

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
FAKULTA EURÓPSKYCH ŠTÚDIÍ A REGIONÁLNEHO
ROZVOJA**

Evidenčné číslo 1127950

**VYUŽITIE GEOTERMÁLNEJ ENERGIE V KOŠICKEJ
KOTLINE**

2010

Simona Šimová

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
FAKULTA EURÓPSKÝCH ŠTÚDIÍ A REGIONÁLNEHO
ROZVOJA**

**VYUŽITIE GEOTERMÁLNEJ ENERGIE V KOŠICKEJ
KOTLINE**

Bakalárska práca

Študijný program:	Environmentálny manažment
Študijný odbor:	4.3.3 Environmentálne manažérstvo
Školiace pracovisko:	Katedra ekológie
Školiteľ:	Ing. Žaneta Pauková, PhD.

Nitra 2010

Simona Šimová

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Simona Šimová vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Využitie geotermálnej energie V Košickej kotline“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 18. mája 2010

Simona Šimová

Pod'akovanie

Úprimne chcem pod'akovať mojej konzultantke Ing. Žanete Paukovej, PhD. za odborné vedenie a usmerňovanie pri vypracovaní tejto bakalárskej práce, ďalej Ing. Petrovi Mozolákovi zo spoločnosti SPP, a. s. a Ing. Drahomírovi Kajanovičovi zo spoločnosti TEKO Tepláreň Košice, a. s. za poskytnutie potrebných informácií a materiálov k napísaniu bakalárskej práce.

Abstrakt

Táto bakalárska práca hodnotí využívanie geotermálnej energie v Košickej kotline. Je to oblasť bohatá na zásoby geotermálnej vody. Jej využívanie má veľký ekologický a ekonomický význam.

Slovensko je krajina s bohatým výskytom dobre využiteľných zdrojov geotermálnej energie. Medzi najvhodnejšie oblasti pre získanie a využitie geotermálnej energie patrí Košická kotlina. Najdôležitejšie geotermálne vrty sa uskutočnili v obci Ďurkov. Tieto vrty poskytli základné informácie o geotermálnych vodách na uvedenej lokalite.

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť súčasný stav a využitie geotermálnych vôd v riešenej oblasti a poukázať na ich prínosy.

Metódy použité v práci boli štúdium odbornej literatúry, internetových zdrojov a osobná konzultácia.

Geotermálne vody v tejto oblasti budú používané na zásobenie teplom domácnosti, výrobu elektrickej energie. Ďalšie spôsoby využívania sú v poľnohospodárstve, chove rýb, rekreáciách a v kúpeľníctve.

Využívaním týchto zdrojov sa znížia ceny energií a dôjde k ubúdaniu nečistôt v regióne.

Kľúčové slová: geotermálna energia, geotermálne vrty, tepelná energia, geotermálne zdroje
Košická kotlina

Abstrakt

This Bachelor thesis evaluate the exploitation of geothermal energy in Košická kotlina. This locality is prolific of reserves of geothermal water. Exploitation of geothermal water has big ecological a economic value.

Slovak republic is country where is situated a many well usable resource of geothermal energy. Košická kotlina is the most suitable locality for acquisition and exploitation of geothermal energy. The most important gethermal bores have realized in Ďurkov. These bores supply main data of geothermal water in inscribed locality.

The mainly target of this thesis is the evaluation of actual state and exploitation of geothermal water in follow-up locality. The next trent of this thesis is point out to addition of using geothermal energy.

The methods of the work were studying special literature, internet's resources and personal consulting.

Exploitation of geothermal water in this area is: for heating buildings, production of electric energy. Next way of using geothermal energy are in agriculture, fish husbandry, recreation, balneal complex.

Exploitation of these resources decrease value of energy and decrease contamination in this region.

Key words: geothermal energy, geothermal bore, thermal energy, geothermal resources, Košická kotlina

Zoznam použitých označení

% - percento

\leq - je menšie alebo rovné

\geq - je väčšie alebo rovné

$^{\circ}\text{C}$ – stupeň Celzia

$^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ – stupeň Celzia na kilometer

$^{\circ}\text{C.m}^{-1}$ – stupeň Celzia na meter

a pod. – a podobne

a.s. – akciová spoločnosť

atď. – a tak ďalej

cca – cirka, približne

CO – oxid uhoľnatý

CO₂ – oxid uhličitý

EU – Európska únia

g.l⁻¹ – gram na liter

G-4 – vrt odvítaný na lokalite Anička

GE – geotermálna energia

GTD-1, GTD-2, GTD-3 – prieskumné vrty na lokalite Ďurkov

GTV – geotermálna voda

GWh - gigawatthodina

GWh.r⁻¹ – gigawatthodina za rok

J – joul

J – juh

J.s⁻¹ – joul za sekundu

JV – juhovýchod

JZ – juhozápad

K – Kelvinov stupeň

K.m⁻¹ – Kelvin na meter

km – kilometer

km² – kilometer štvorcový

l.s⁻¹ – liter za sekundu

l.s⁻¹.km⁻² – liter za sekundu na kilometer štvorcový

m – meter
m³ – meter kubický
MH SR – Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
mm - milimeter
MPa – megapaskal
MW – megawatt
MWe – megawatt elektrickej energie
MWh.r⁻¹ – megawetthodina za rok
MW_t – megawatt tepelný, jednotka tepelného výkonu
MŽP SR – Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
napr. – napríklad
NO_x – oxidy dusíka
NPZ – neobnoviteľné prírodné zdroje
Obr. – obrázok
OPZ – obnoviteľné prírodné zdroje
OZE – obnoviteľné zdroje energie
SCZT – sústava centrálného zásobovania teplom
SO₂ – oxid siričitý
SPP, a.s. – Slovenský plynárenský priemysel
SR – Slovenská republika
SV – severovýchod
SZ – severozápad
t – tona
t. j. – to jest
Tab. – tabuľka
TEKO, a.s. – Tepláreň Košice, a.s.
TJ - terajoul
TJ.rok⁻¹ – terajoul za rok
V – východ
W – watt
W.m⁻¹.K⁻¹ – jednotka tepelnej vodivosti
Z – západ
Zb – zbierka zákonov

Obsah

Úvod	10
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	11
1.1 Prírodné zdroje	11
1.1.1 Charakteristika prírodných zdrojov	11
1.1.2 Delenie prírodných zdrojov	11
1.1.3 Obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje	12
1.2 Geotermálna energia.....	14
1.2.1 Klasifikácia zdrojov geotermálnej energie	16
1.2.2 Základné termofyzikálne veličiny geotermálnych vôd	19
1.2.3 Geotermálny vrt	19
1.2.4 Geotermálna energia vo svete	20
1.2.5 Geotermálna energia na Slovensku.....	24
1.2.6 Potenciál využívania geotermálnej energie na SR.....	25
2 Cieľ	29
3 Metodika práce.....	30
3.1 Charakteristika vymedzeného územia – Košická kotlina.....	30
3.2 Charakteristika prírodných pomerov	30
3.2.1 Geografické pomery.....	30
3.2.2 Klimatické podmienky	31
3.2.3 Hydrologické pomery	31
3.2.4 Pôdne pomery	31
3.2.5 Biotické pomery.....	32
3.3 Zvolené metódy a postupy.....	33
4 Výsledky práce	35
4.1 Potenciál využitia geotermálnych vôd v Košickej kotline	35
4.2 Popis a ciele projektu.....	37
4.3 Centrálné zásobenie teplom mesta Košice	38
4.4 Plán pre centrálné zásobovanie geotermálnym teplom	39
4.4.1 Vedenie a trasa horúcovodného potrubia.....	40
4.5 Varianty riešenia využitia geotermálnej energie	40
4.6 Prínosy projektu.....	43
4.7 Strety záujmov SPP, a.s. a TEKO, a.s.	43
4.8 Elektráreň v Ďurkove	44

4.9	SWOT analýza využitia geotermálnej energie v Košickej kotline.....	44
5	Návrh na využitie poznatkov.....	46
6	Záver.....	47
7	Použitá literatúra	48
8	Prílohy.....	51

Úvod

Rýchlosť rozvoja vedy a techniky za posledné obdobie nadobudla neuveriteľné rozmery. Človek sa stále viac snaží skvalitňovať a uľahčovať svoj život. Všetky poznatky a skúsenosti, ktoré ľudia nadobudli dlhými rokmi vývoja a evolúcie sú používané na uspokojovanie svojich potrieb. Ekologické a energetické problémy patria medzi základné problémy ľudstva, ktoré majú dopad na globálne životné prostredie. V uplynulom polstoročí sa dopyt po energii rapídne zvýšil. Suroviny z neobnoviteľných zdrojov tvorili a dodnes aj tvoria základ využívania v priemysle a energetike. Medzi najväčších znečisťovateľov životného prostredia v súčasnosti patrí energetika.

Základom fungovania väčšiny krajín sú fosílna palivá ako uhlie, ropa a zemný plyn. Stálym využívaním sa ich zásoby rapídne znížili a sú odhadované na niekoľko desiatok rokov do budúcnosti čo je z hľadiska vzťahu k budúcim generáciám z našej strany egoistické a nemorálne. Okrem toho sa pri spaľovaní fosílnych palív dostáva do prostredia veľké množstvo škodlivých látok, ktoré majú negatívny vplyv na zdravie ľudí a výrazne prispievajú k znečisteniu životného prostredia.

Človek, ktorý v súčasnosti disponuje množstvom poznatkov vedeckého charakteru je nútený zobrať zodpovednosť za ďalší osud svojho prostredia. Mal by rozumnejšie a ekologickejšie využívať technológie, čo znečisťujú životné prostredie. Čoho následkom by bolo zlepšenie klimatických podmienok na Zemi a ďalšie generácie by mali minimálne rovnaké podmienky pre život. Aj preto ľudia budú musieť nájsť a využívať nové zdroje energie.

K novým zdrojom energie patria obnoviteľné prírodné zdroje. Obnoviteľné zdroje sú také zdroje, ktoré možno dlhodobo využívať a obnovovať. Patrí k nim využívanie slnečnej energie, veternej energie, vodnej a geotermálnej energie a využitie biomasy. Tieto zdroje predstavujú ekologickú a ekonomickú odpoveď na aktuálne problémy týkajúce sa životného prostredia. Slovensko je z hľadiska využívania týchto zdrojov oproti ostatným krajinám sveta na nízkej úrovni.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Prírodné zdroje

1.1.1 Charakteristika prírodných zdrojov

Hronec (2000) špecifikuje prírodné zdroje ako zdroje a sily prírody, ktoré môže využívať ľudská spoločnosť na uspokojenie svojich potrieb. Za prírodný zdroj považuje len ten, ktorého sa pri jeho vzniku nedotkla ľudská práca.

Podľa zákona NR SR č. 17/1992 Z. z. o životnom prostredí sa pod pojmom prírodné zdroje chápu tie časti živej alebo neživej prírody, ktoré človek využíva alebo môže využívať na uspokojenie svojich potrieb.

Prírodné zdroje sú všetky látky, ktoré sa nachádzajú v prírode a človek ich môže využiť na uspokojenie svojich potrieb. Okrem zdrojov, ktoré majú hmotný charakter sem patria aj energia, priestor, čas a zdroje, uspokojujúce psychické, emocionálne a intelektuálne potreby (Fehér, 2006).

Noskovič (2010) charakterizuje prírodné zdroje (zdroje biosféry) ako súčasť, alebo zložky prírody, ktoré človek využíva na uspokojenie svojich potrieb.

Medzi hlavné prírodné zdroje zaraďuje:

- ovzdušie
- vodu
- pôdu
- nerastné bohatstvo
- rastlinstvo
- živočíšstvo
- slnečnú energiu

1.1.2 Delenie prírodných zdrojov

Podľa Fehér (2006) prírodné zdroje delíme na obnoviteľné a neobnoviteľné. Obnoviteľné zdroje (OPZ) možno dlhodobo (niektoré teoreticky až do nekonečna) obnovovať a využívať. Ich zásoba nie je nemenná (napr. les) a ich ochrana spočíva v optimálnej miere využívania. Neobnoviteľné prírodné zdroje (NPZ) nie je možné reprodukovať, teda postupne môže dôjsť k ich vyčerpaniu (napr. nerasty). Zásoba NPZ je nemenná a ich ochrana spočíva v optimálnej

miere vyčerpávania. Niekedy sa uvádza aj tretia kategória prírodných zdrojov, tzv. environmentálne zdroje, ktoré majú význam pre vznik a udržovanie života na Zemi (ekosystémy).

Podľa Bohna a MacDonald (1991) môžeme rozdeliť zdroje energie na tri základné typy:

- a) vyčerpateľné zdroje – sú také, ktoré sa po použití už nemôžu obnoviť napr. uhlie, ropa, zemný plyn a urán.
- b) obnoviteľné zdroje energie – sú tie, ktoré môžeme natrvalo využívať ak je ich čerpanie správne a udržateľne zorganizované. Môžu byť teda vyčerpateľné. Sú to : drevo, rastliny, metanol, biomasa.
- c) nevyčerpateľné zdroje energie – sú tie, ktoré budú vždy dostupné a nemôžu byť vyčerpané. Sú tiež chápané ako alternatívne zdroje energie. Zahrňujú solárnu energiu, hydroelektrickú energiu (vodné elektrárne), veternú energiu, energiu prílivu a odlivu, energiu oceánov a geotermálnu energiu.

1.1.3 Obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje

Hornec (2000) uvádza, že základom pre klasifikáciu prírodných zdrojov je miera ich reprodukovateľnosti. Na základe tohto kritéria delí prírodné zdroje na obnoviteľné a neobnoviteľné. Za obnoviteľné zdroje označuje slnečnú energiu, vietor a prílivové vlny, ich najdôležitejšou vlastnosťou je, že nie sú vyčerpateľné. Uvádza, že nie sú vyčerpateľné preto, že ich spotrebovanie jednou osobou, neznižuje množstvo energie pre ďalších spotrebiteľov. Príčinou tejto nevyčerpateľnosti je, že zásoby tejto energie sú mimozemského pôvodu a človek ich nemôže ovplyvniť. Autor uvádza za neobnoviteľné zdroje tie, ktorých zásoba nemôže byť v historicky reálnom čase zvyšovaná. Sú to všetky geologické zásoby, ktoré delíme na recyklovateľné a nerecyklovateľné. Recyklovateľné zdroje sú tie, ktoré ako druhotné suroviny môžeme dostať späť do ekonomického reprodukčného procesu (napr. kovy, plastické látky). Nerecyklovateľné zdroje sú tie, ktoré v procese spotreby definitívne zaniknú, sú to predovšetkým fosílné zásoby energie (napr. ropa, uhlie, zemný plyn).

Podľa zákona NR SR č. 17/1992 Z. z. o životnom prostredí sa pod pojmom obnoviteľné prírodné zdroje chápu také zdroje, ktoré majú schopnosť sa pri postupnom spotrebúvaní čiastočne alebo úplne obnovovať, a to samy alebo za príspevia človeka. Neobnoviteľné prírodné zdroje spotrebúvaním zanikajú.

Neobnoviteľné energetické zdroje sú podľa Marka a i. (1988) také, ktoré sa ich využívaním postupne vyčerpávajú až do hranice technicko-ekonomickej a ekologickej

únosnosti (fosílna palivá, jadrové štiepne palivá). Ďalej autori uvádzajú obnoviteľné zdroje energie ako také zdroje, ktoré sa pri ich využívaní neustále obnovujú a sú relatívne bez zmeny neustále k dispozícii (slnečná energia, vietor, geotermálna energia).

Obnoviteľné zdroje energie sú paralelným nosičom energie, ktorý sa obnovuje v súčasnej prírode (Kollár, Brokeš, 2005).

Často používané súslowie obnoviteľný zdroj energie vedie podľa Orla (2001) niekedy k nejasnostiam v dôsledku možného dvojakeho chápania zmienenej väzby „zdroj energie“. Pretože ak chápeme zdroj energie ako určitú kvantitatívne stanovenú zásobu, tak je tento zdroj vyčerpatel'ny a vo svojej pôvodnej podobe nemôže byť obnovený. Zdroj energie je teda z logického hľadiska neobnoviteľný. Preto vzhľadom k tejto dvojitosti výkladu slovnej väzby obnoviteľný zdroj energie dáva autor prednosť termínu obnoviteľná energia a slovo zdroj vypúšťa. Táto kombinácia slov je založená na zákone zachovania energie a je jednoznačná.

Neobnoviteľné zdroje nie sú reprodukovateľné a čiastočne ich charakterizujeme pri nerastných surovinách. Delíme ich na fosílna palivá (uhlie, ropa, zemný plyn) a jadrové palivá. Obnoviteľné zdroje sú reprodukovateľné. Rozlišujeme slnečnú energiu, biomasu, veternú energiu, vodnú energiu, geotermálnu energiu a ako špeciálny druh: využívanie tepelných čerpadiel (Fehér, 2006).

Podľa Orla (2001) sa pod pojmom alternatívne (tiež neklasické) zdroje energie rozumie iný zdroj alebo inak vyrobená energia než tá, ktorá vzniká spaľovaním fosílnych palív alebo štiepením jadrového paliva.

Alternatívne zdroje energie Lacina (2002) charakterizuje ako zdroje iné, neobvyklé, ktoré je možné použiť ako náhradné zdroje za zdroje fosílna. Na rozdiel od klasických zdrojov energie sa obnovujú prirodzeným spôsobom a z hľadiska človeka sú nevyčerpatel'ny. V tomto prípade nedochádza k čerpaniu klasických prírodných zdrojov a súčasne sú eliminované ďalšie nepriaznivé vplyvy energetiky na životné prostredie. Podľa Lacinu (2002) môžeme alternatívne zdroje energie deliť na :

- *obnoviteľné zdroje primárnej energie* – veterná, slnečná, geotermálna, vodná, energia z biomasy a organických odpadov
- *netradičné technické prostriedky získavania a transformácie nositeľov primárnej energie na energiu užitočnú* – často je používaný pojem druhotné zdroje energie – kogeneračné jednotky, tepelné čerpadlá atd.

1.2 Geotermálna energia

Slovo „geotermálna“ pochádza z gréčtiny. „Geos“ znamená „zem“ a „thermal“ znamená „teplo“. Geotermika sa teda zaoberá vnútorným teplom Zeme (Coudert, Jaudin, 1994).

Geotermálna energia je teplo zemského jadra. V zemskej kôre je nositeľom geotermálnej energie najmä magma, horúce horniny, vodná para a voda (Marko a i., 1988).

Fehér (2006) definuje pojem „energia“ ako vlastnosť hmotných systémov, ktorá umožňuje konať prácu na základe vnútorných zmien. Môže mať rôzne podoby: chemickú, tepelnú, potencionálnu, mechanickú, elektrickú a pod.

Energia je schopnosť konať prácu alebo schopnosť produkovať pohyb, teplo alebo svetlo. Energia sa môže zmeniť z jednej formy na druhú, ale nemôže zaniknúť (Bohn, MacDonald, 1991).

Gerhart, Schmollgruber (1994) charakterizujú energiu ako tajomnú silu, ktorú nemôžeme vidieť a ani sa jej nemôžeme dotknúť, ale my všetci ju potrebujeme a denne využívame. Energia má schopnosť konať prácu. V gréčtine slove „energia“ znamená „pôsobiaca sila“ alebo tiež „hnacia sila“. V skutočnosti je energia viac, než len jednoduché slovo, pre nás ľudí to znamená prežitie, stravu, svetlo, teplo a blahobyť.

Energia je schopnosť konať prácu, alebo podávať výkon (Kollár, Brokeš, 2005).

Podľa Marka a i. (1988) energetickými zdrojmi alebo zdrojmi energie budeme rozumieť také formy energie, ktoré sú alebo môžu byť využiteľné pre potreby ľudstva.

Vo vnútri Zeme sa ukrýva obrovský energetický potenciál. V hĺbke 10 až 12 km pod zemou sa nachádza prakticky nevyčerpatelný zdroj energie s teplotou asi 300 °C – geotermálne teplo, ktoré pomaly preniká na povrch a prejavuje sa ako zemetrasenie alebo výbuch sopky, alebo ako vyvieranie horúcich geotermálnych prameňov. Za jeden rok vyžiari Zem teplo, na výrobu ktorého by bolo treba asi 30 miliárd ton najkvalitnejšieho uhlia. Z tohto hľadiska sa geotermálna energia považuje za obnoviteľný zdroj energie. Jediným problémom je, ako tento zdroj výhodne využívať (Vaňová, 2008). Autorka ďalej uvádza, že geotermálna energia je produktom procesov, ktoré sa odohrávajú v zemskej kôre. Viaz sa na geotermálnu vodu, paru alebo na suché horniny. Geotermálna voda a para sa už relatívne dlhodobo využívajú, ale využívanie energie hornín uložených v hĺbke je zatiaľ predmetom vedeckého bádania.

Geotermálna energia predstavuje prírodné teplo, ktoré sa môže v priaznivých podmienkach využívať. Zdrojom tohto tepla je zostatkové teplo Zeme (z plášťa – s prínosom magmatických hmôt alebo bez nich) a teplo, ktoré sa uvoľňuje pri rádioaktívnom rozpade

hornín. Z tohto hľadiska je možné geotermálnu energiu na rozdiel od fosílnych zdrojov energie považovať za „obnoviteľnú“ a z hľadiska znečisťovania prírodného prostredia za „čistú“ (Franko, 1986).

Geotermálna voda nie je typickým obnoviteľným zdrojom, pretože jej rezervy môžu byť obmedzené a nie vždy obnoviteľné. Aj keď je táto forma využívania energie šetrnejšie k životnému prostrediu ako využívanie fosílnych a jadrových palív, predsa len nie je svojou kvalitou porovnateľná so slnečnou energiou. Geotermálna para môže napríklad obsahovať rôzne toxické prvky ako arzén. Napriek tomu je zdrojom s jednoznačnými ekologickými výhodami (Demo, Hronec, Tóthová, 2007).

Marko a i. (1988) definujú geotermálnu energiu ako teplo, ktoré sa vyvíja a akumuluje prírodnými procesmi v hĺbinách Zeme (v zemskom jadre) a prenáša do vodonosných vrstiev (prípadne až na zemský povrch) prostredníctvom horúcich hornín alebo magmy. Podstatou geotermálnej energie je prirodzené teplo zemského jadra.

Bohn a MacDonald (1991) charakterizujú geotermálnu energiu ako prirodzené teplo Zeme, ktoré je výsledkom rozpadu rádioaktívnych látok vo vnútri zeme. Teplo vytvárané pri tomto rozpade je zachytené väčšinou vo vnútri Zeme, ale niekedy unikne prostredníctvom gejzírov alebo sopiek.

Na našej planéte sa geotermálna energia vyskytuje vo dvoch oblastiach:

- *sopečné oblasti* – do ktorých sa voda rýchlo infiltruje, rýchlo sa ohrieva čoho výsledkom je zvýšený geotermický gradient, ktorý do hĺbky 100 m môže dosahovať až 100 °C. Sem patria regióny na Kamčatke, Novom Zélande, Japonsku, Číne, Indonézii, Mexiku, Aljaške, Islande v Taliansku atď. Do tejto skupiny sú zaraďované aj svetoznáme gejzíry v Yellowstonskom národnom parku v USA, Novom Zélande, Islande a pod.
- *oblasti s normálnym geotermickým gradientom* – ktoré reprezentujú pokojné zóny sedimentárnych pánvi, do ktorých sa dostáva voda zo zrážok a infiltruje do útrob Zeme, kde pod vplyvom okolitých hornín zvyšuje svoju teplotu a potom po zlomových systémoch vystupuje na povrch. Medzi najznámejšie regióny patria panva Mississippi – Missouri, Amazonská nížina, Pio de Plata v Amerike, v Austrálii Artezská panva, v Európe Parížska panva, Panónska nížina v Maďarsku a na Slovensku atď.

Chemické zloženie termálnych vôd je veľmi pestré a závisí od zloženia hornín, s ktorými podzemná voda prichádza do styku. Termálna voda najčastejšie obsahuje zvýšený obsah

sodíka, vápnika, draslíka, ale výnimkou nie je ani arzén, bor a iné vzácne prvky (Dobra, Pinka, 2004).

1.2.1 Klasifikácia zdrojov geotermálnej energie

Fendek (1998) definuje geotermálne zdroje ako tú časť geotermálnej energie pevnej, tekutej a plynnej fázy zemskej kôry, ktorú môžeme ekonomicky ťažiť a využívať za súčasne dostupných technológií z povrchu Zeme pre energetické, priemyselné, poľnohospodárske a rekreačno-rehabilitačné účely. Zdrojom tejto energie je zostatkové teplo Zeme, teplo uvoľňujúce sa pri rádioaktívnom rozpade hornín a pohybe litosférických platní, ktorý je sprevádzaný vulkanickou činnosťou a zemetraseniami. Z tohto hľadiska je geotermálna energia považovaná za netradičný obnoviteľný zdroj energie.

Petráš a i. (2001) uvádzajú, že geotermálnu energiu najčastejšie reprezentujú hydrogeotermálne zdroje s teplonosnými látkami, a to geotermálna voda, geotermálna para, prípadne ich zmes. Do tejto skupiny geotermálnych zdrojov patrí aj teplo suchých hornín.

Zdrojmi geotermálnej energie rozumieme teplo, ktoré je akumulované v zemskej kôre do dohodnutej hĺbky (Marko a kol., 1988).

Zdroje geotermálnej energie môžeme klasifikovať na základe niekoľkých kritérií vzťahujúcich sa k ich fyzikálnym a chemickým vlastnostiam alebo geologickým procesom súvisiacich s ich vznikom (Fendek, 1998).

Klasifikácia zdrojov geotermálnej energie, na základe niekoľkých typov teplotných režimov vo vnútri Zeme (P. M. Wright – G. Culver, 1991; Fendek, 1998; Petráš a i., 2001):

- *energiu Zeme*, ktorá je v zmysle tejto klasifikácie chápaná ako tepelná energia v pripovrchovej zóne bez anomálneho zvýšenia teploty počas geologických procesov,
- *energiu magmy*, ktorá predstavuje koncentráciu tepla v pripovrchovej zóne vzájomne nesúvisiacich regiónoch vzniknutú počas jedného alebo viacerých geologických procesov,
- *geotlakovú energiu*, ktorá predstavuje koncentráciu tepla v sedimentárnych panvách vzájomne nesúvisiacich regiónov vzniknutú počas jedného alebo viacerých geologických procesov,
- *energiu tepla suchých hornín*, ktorá je viazaná na väčšie hĺbky spojené so zvýšením teploty počas geologických procesov,
- *energiu hydrogeotermálnu*, ktorá je reprezentovaná prírodnou horúcou vodou a parou.

Zdroje geotermálnej energie delíme na (Fehér, 2006):

- *hydrotermálne zdroje* - pozdĺž zlomov poklesnutá voda ohrievaná okolitými horninami, voda môže byť privedená na povrch prírodným prúdením,
- *geostlačené zóny* - horúce slané vody zachytené pod vysokými tlakmi medzi vrstvami nepriepustných hornín,
- *horúca suchá skala* - do jedného vrtu sa zavedie voda, druhou sa odvádza ohriata, závislé od hĺbky,
- *magmatické zdroje* - magma vzniká asi v hĺbke až 30 km, vo vulkanických oblastiach aj pri povrchu.

Bohn a MacDonald (1991) rozdeľujú geotermálne zdroje do troch hlavných typov:

- prirodzená para a teplá voda (hydrotermálne zdroje),
- stlačená voda a zemný plyn (geostlačené zdroje),
- magma a horúca skala (petrotermálne zdroje).

Podľa nositeľov tepelnej energie rozdeľuje Marko a i. (1988) geotermálne zdroje na tri druhy:

- geotermálne zdroje horúcej vody,
- geotermálne zdroje suchej pary,
- geotermálne zdroje suchých horúcich geologických štruktúr.

Petráš a i. (2001), Fendek (1998) a P. M. Wright – G. Culver (1991) vo vzťahu k prenosu tepla hornín delia zdroje geotermálnej energie na:

- *hydrogeotermálne zdroje*, pri ktorých prenos tepla na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje teplonosná látka vo forme geotermálnej vody alebo geotermálnej pary, pričom využívanie týchto zdrojov geotermálnej energie má dlhodobú tradíciu a prepracované technologické postupy prinášajúce ekonomický efekt,
- *teplo suchých hornín*, pri ktorých prenos tepla na povrch z hornín uložených v hĺbke zabezpečuje teplonosná látka vo forme obvyčajnej vody recirkulujúcej cez umelo vytvorený štrbinový výmenník medzi dvoma hlbokými vrtmi, pričom využívanie týchto zdrojov geotermálnej energie je v súčasnosti v polohe vedeckých projektov realizovaných v zahraničí v posledných rokoch.

Vaňová (2008) uvádza, že najväčší význam má v súčasnosti voda z geotermálnych prameňov, ktorých teplota pri výstupe na zemský povrch je vyššia ako priemerná ročná teplota vzduchu v danej lokalite. Podľa teploty prameňa delíme geotermálne zdroje na :

- nízkoteplotné zdroje (od 20-100 ° C)
- strednoteplotné zdroje (100-150 °C)
- vysokoteplotné zdroje (nad 150 °C)

Geotermické ložiská, čiže miesta s vysokou úrovňou geotermálnej energie delíme na (Kolektív autorov, 2010a):

- *Polia s vysokou hladinou termálnej vody.* Tieto polia charakterizuje normálny geotermický gradient, pričom zdroj tepla neexistuje. Sú to miesta s vhodným geologickým podložím s jedným alebo viacerými zlomami. Najčastejšou formou geotermických polí sú:
 - **horúce pramene** s teplotou vody nad 200 °C, kde horúca voda s prímiesou Na, K, Ca, Au vystupuje z hĺbky na zemský povrch,
 - **fumaroly** t.j. plynné pramene s teplotou vystupujúcich plynov aj nad 1000 °C, ktoré vznikajú odplyňovaním horúcej magmy alebo vyparovaním povrchovej vody,
 - **bahenné sopky** t.j. horúce pramene so značným podielom pevných častíc,
 - **gejzíry** t.j. pramene s teplotou vody do 140 °C pravidelne zásobované horúcou vodou. Otvor zlomu umožňuje únik zmesi vody a pary, pretože voda vo forme pary zaberá 15000-krát väčší objem ako kvapalná voda.
- *Hypertermické polia* teda geotermické miesta saturované vodou (asi 95 %) alebo parou. Tieto polia môžeme rozdeliť na:
 - **hypertermické polia suché** ,tzv. " Hot dry rock ", kde sa voda prehrieva v horúcich skalných horninách vo forme pary. Ohriata para sa potom sústreďuje v rezervoári.
 - **hypertermické polia mokré**, kedy v podzemí neexistuje forma pary. Voda sa ako kvapalina dostáva na povrch a následkom poklesu tlaku sa na povrchu časť vody premení na paru.

Zásoby geotermálnych vôd rozdeľujeme na obnovované a neobnovované zásoby. U obnovovaných sa ťažba realizuje cez jeden vrt, a ochladená voda je vypustená do tokov. Neobnovované zásoby geotermálnej vody sa musia pravidelne dopĺňať, preto okrem

ťažobného vrtu sa musí navítať aj tzv. reinjektážny vrt, cez ktorý je geotermálna voda po odovzdaní tepla vo výmenníku spolu so škodlivými plynmi a soľmi zatláčaná späť do podzemia. Je to spôsob, ktorý plne zodpovedá dnešným environmentálnym kritériám (Kolektív autorov, 2004).

1.2.2 Základné termofyzikálne veličiny geotermálnych vôd

Teplota – je stavová veličina opisujúca teplotný stav telesa. Rozlišujeme:

- termodynamickú
- Celziovú teplotu

Najnižšia možná teplota je $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo zodpovedá nule Kelvina (0K).

Geotermický gradient – je odvodená fyzikálna veličina, ktorá charakterizuje zmenu teploty s hĺbkou. Vyjadrujeme ho v jednotkách $\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$ alebo $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$.

Tepelná vodivosť – charakterizuje proces šírenia tepla v prostredí. Teplotná vodivosť vyjadruje množstvo tepla, ktoré v ustálenom stave prechádza jednotkovým prierezom látky pri jednotkovom teplotnom gradiente za jednotku času. Jej rozmer je $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Tepelný tok – je množstvo tepla prechádzajúce cez plochu za jednotku času. Vyjadruje sa v jednotkách $\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$, čo zodpovedá jednotke watt (W) (Petráš a i., 2001).

1.2.3 Geotermálny vrt

Petráš a i. (2001) a Fendek (1998) na definujú geotermálneho vrtu ako základného prostriedku k získaniu informácií a údajov o parametroch horninového prostredia a vôd v geotermálnom rezervoári, resp. štruktúre. Z hľadiska využívania zdrojov geotermálnej energie jeho hlavným poslaním je zabezpečiť prepravu týchto zdrojov z rezervoáru na povrch alebo prípadne späť, a to minimálne počas ekonomickej návratnosti celého užívateľského zariadenia. Podľa účelu rozlišujeme geotermálne vrty:

- *exploatačné* – určené pre ťažbu geotermálnych zdrojov,
- *reinjektážne* – určené na likvidáciu tepelne využitých geotermálnych zdrojov spätným zatláčaním do rezervoáru.

Na základe komplexného zhodnotenia hydrogeotermálnej štruktúry s prihliadnutím na požiadavky perspektívneho užívateľa sa vyberie vhodná lokalita na realizáciu geotermálneho vrtu. Situovanie vrtu závisí od viacerých faktorov, medzi ktoré patrí (Fendek, 1998):

- *etapa geologických prác* (základn geologický výskum, vyhľadávací a podrobný prieskum),
- *geologické podmienky* (v rámci nich sú zahrnuté aj morfoštruktúrne, tektonické, hydrogeologické a geotermické pomery),
- *technicko-spotrebitel'ské podmienky* (morfológické a urbanistické pomery, využívanie a likvidácia geotermálnych vôd).

Petráš a i. (2001) ďalej uvádzajú, že vrty realizované v rámci základného geologického výskumu a vyhľadávacieho prieskumu sú situované tak, aby sa získal základný obraz o priestorovom rozložení geotermálnych zdrojov, o ich množstve, teplote a chemickom zložení a aby sa nimi preukázala možnosť zachytenia ekonomicky využiteľného množstva geotermálnych vôd.

Koncepcia vrtných súprav v geotermike je v podstate rovnaká ako pri prieskume na ropu (aj tie vznikli z vrtných súprav využívaných v 19. Storočí na vyhľadávanie vody). Hĺbka vrtov sa všeobecne pohybuje od 500 do 2000 m. Najbežnejšej metóde vrtania sa hovorí „rotaty“ (slovo prevzaté z angličtiny, otáčavý). Priestor potrebný na montáž vrtnej súpravy má približne rozmer futbalového ihriska. Vrtanie sa uskutočňuje nepretržite valivým dlátom. Tri kužele obopínajú os vrtného nástroja, ktorý sa pomocou vrtných tyčí stále otáča pri hĺbení vrtu. Korunový vrták je zo špeciálnej ocele, čo umožňuje rozrušovať prevrtávané horniny. Jeho rozmery a tvar (je ozubený) závisia od tvrdosti prevrtávaných hornín. Na manipuláciu vrtnej korunky a vrtných tyčí je potrebné hornú časť opatriť systémom kladiiek. Motory (dieselové, alebo elektrické) zabezpečujú aj pohon rôznych čerpadiel potrebných na chod systému (Coudert, Jaudin, 1994).

1.2.4 Geotermálna energia vo svete

Ľudstvo od nepamäti využíva horúce vody z útrob Zeme na liečebne a relaxačné účely. Mimo kúpeľníctva a rekreácie geotermálne vody sa využívajú na výrobu elektrickej energie napr. Larderello v Taliansku, Wairakei na Novom Zélande, ďalej San Francisco v Kalifornii v USA, zámorský departement Francúzska na ostrove Quadeloupre pri meste Bouillante atď. Mnohé krajiny sveta ako USA, Island, Francúzsko, Japonsko atď. využívajú GE na vykurovanie budov, škôl, nemocníc a pod. V poslednom čase sa rozšírilo využívanie GE na pestovanie šampiňónov, skorej zeleniny a ovocia vrátane tropických odrôd. V Taliansku sa pestujú orchidee. Mnohé krajiny využívajú GE na sušenie dreva, kvetov, d'ateliny, kávy, čaju a pasterizáciu mlieka. Nezaostáva ani jej využitie pre chov hydiny, rýb a vodného vtáctva,

ojedinele aj chov krokodílov a aligátorov (napr. v Japonsku). GE sa dá využiť aj na výrobu chladu za účelom klimatizácie budov napr. Nový Zéland. V niektorých krajinách ako Island, Nový Zéland, ostrov San Miguel na Azorských ostrovoch, využívajú prírodné horúce pramene ako atrakciu pre turistov, na prípravu špeciálnych jedál. Využívanie GE najmä na vykurovanie ľudských obydľí, šetrí klasické palivá, a tým obmedzuje spaľovanie týchto palív, čím sa znižujú úniky škodlivých emisií do ovzdušia čo v konečnom štádiu vylepšuje životné prostredie a zdravie obyvateľstva (Dobra, Pinka, 2004).

V zemskej kôre je akumulované obrovské množstvo GE už do hĺbky 3000 m, ktorá je bežnými technológiami vrtania pomerne ľahko dosiahnuteľná. Podľa údajov uvedených v tab. 1 sa dá predpokladať, že z tohto zdroja by bolo možné kryť aj rastúcu energetickú potrebu ľudstva až približne 100 000 rokov.

Tab. 1 Svetové zásoby GE a spotreba energie na svete

Geotermálna energia (do hĺbky 3 km)	$43 \cdot 10^{24}$ J
z toho 85 % pri teplote do 100 °C	$36 \cdot 10^{24}$ J
Spotreba energie vo svete	$0,3 \cdot 10^{21}$ J
z toho 40 % pri teplote do 100 °C	$0,1 \cdot 10^{21}$ J

Zdroj: Böszörményi, 2001

Dnešný okolo 2 % -ný podiel GE na krytí celkovej energetickej potreby ľudstva ďaleko zaostáva za možnosťami. Vo všetkých krajinách s dobrými podmienkami pre stavbu geotermálnych elektrární sa GE pochopiteľne využíva vo veľkej miere aj v zásobovaní teplom. Aj geotermálne teplárenstvo však úspešne konkuruje konvenčnému teplárenstvu. Mnohé krajiny disponujú veľkým potenciálom GE, ktorý v súčasnosti využívajú len v zásobovaní teplom. V prvom rade treba spomenúť Maďarsko, ktoré v súčasnosti na tento účel využíva okolo 1300 MW tepelného výkonu z geotermálnych zdrojov, ale aj Francúzsko. V Európe najdlhšiu tradíciu využívania GE v zásobovaní teplom má Island, kde horúce gejzíry vykurojú hlavné mesto Reykjavik už vyše 100 rokov. Aj z tohto dôvodu patrí toto mesto k najčistejším na svete. Geotermálnou vodou vykurojú aj skleníky, v ktorých celý rok pestujú zeleninu a ovocie, dokonca napr. aj banány (Böszörményi, 2001).

Vysokoteplotné zdroje či už vo forme suchej alebo prehriatej pary sú vhodné na výrobu elektrickej energie a vo svete sa vyskytujú len výnimočne. Patria sem Landerello v Taliansku, The Heysers v USA, Kirildere v Turecku, Achuachapan v El Salvadore, Koweran na Novom Zélande, Namaskard a Namfjall na Islande a iné. Hĺbka geotermálnych systémov je 500 až

1 000 m, prípadne aj viac. Teplota geotermálnych vôd je do 190 °C. Strednoteplotné zdroje vo forme horúcej vody s teplotou nad 110 °C nachádzame v lokalitách Paučeska na Kamčatke, na Kurilských ostrovoch, v Matsukawe v Japonsku, v Cerre Prieto v Mexiku a inde. Oba spomínané typy zdrojov geotermálnych vôd sa nachádzajú v oblastiach aktívneho vulkanizmu. Nízkotepotné zdroje vo forme teplej vody s teplotou do 110 °C sa vyskytujú vo väčšom počte aj v oblastiach bez aktívneho vulkanizmu. Najväčšie množstvo GE na svete sa využíva v Číne 8 724 GWh.r⁻¹ (18,4%), potom nasleduje Japonsko 7 500 MWh.r⁻¹ (15,8%) a takmer rovnaké množstvo sa využíva v USA 5 640 GWh.r⁻¹ (11,9%), a na Islande 5 603 GWh.r⁻¹ (11,8%). Z európskych krajín sa GE využíva najviac v Turecku 4 337 GWh.r⁻¹ (9,2%), v Gruzínsku 1 752 MWh.r⁻¹ (3,7%) a vo Francúzsku 1 360 GWh.r⁻¹ (2,9%), na Slovensku predstavuje ročná výroba tepla 588 GWh.r⁻¹ (0,81% zo svetového inštalovaného výkonu). V tabuľke 2 sú uvedené štáty, ktoré najviac priamo využívajú GE na výrobu tepelnej energie a v tabuľke 3 sú uvedené krajiny, ktoré využívajú GE na výrobu elektrickej energie. (Petráš a i., 2001).

Tab. 2 Priame využitie GE vo svete na výrobu tepelnej energie

Por. č.	Štát	Inšalačný výkon MW	%	GWh.r ⁻¹	%
1	USA	5366	32,9	5640	11,9
2	Čína	2814	17,3	8724	18,4
3	Island	1469	9,0	5603	11,8
4	Japonsko	1159	7,1	7500	15,8
5	Turecko	820	5,0	4377	9,2
6	Švajčiarsko	547	3,4	663	1,4
7	Nemecko	397	2,4	436	0,9
8	Maďarsko	391	2,4	1328	2,8
9	Kanada	378	2,3	284	0,6
10	Švédsko	377	2,3	1147	2,4
11	Francúzsko	326	2,0	1360	2,9
12	Taliansko	326	2,0	1048	2,2
13	Nový Zéland	308	1,9	1967	4,1
14	Rusko	307	1,9	1703	3,6
15	Rakúsko	255	1,6	447	0,9
16	Gruzínsko	250	1,5	1752	3,7

17	Mexiko	164	1,0	1089	2,3
18	Jordánsko	153	0,9	428	0,9
19	Rumunsko	152	0,9	797	1,7
20	Slovenská republika	132	0,8	588	1,2
21	Chorvátsko	113	0,7	154	0,3
22	Bulharsko	107	0,7	455	1,0
23	Spolu	16 311	100,0	47 490	100,0

Zdroj: Petráš a i., 2001

Tab. 3 Využívanie GE vo svete na výrobu elektrickej energie

Por. č.	Krajina	Inštalovaný výkon MWe	Podiel zo svetovej výroby el. energie %
1	USA	2850,0	35,0
2	Filipíny	1848,0	22,7
3	Mexiko	743,0	9,1
4	Taliansko	742,0	9,1
5	Indonézia	589,5	7,2
6	Japonsko	530,0	6,5
7	Nový Zéland	364,0	4,5
8	Kostarika	120,0	1,5
9	San Salvador	105,0	1,3
10	Nikaragua	70,0	0,9
11	Island	50,6	0,6
12	Keňa	45,0	0,6
13	Čína	28,8	0,4
14	Turecko	21,0	0,3
15	Portugalsko	16,0	0,2
16	Rusko	11,0	0,1
17	Etiópia	8,5	0,1
18	Francúzsko	4,2	0,1
19	Grécko	2,0	0,0
20	Rumunsko	1,5	0,0
21	Argentína	0,7	0,0

22	Thajsko	0,3	0,0
23	Zambia	0,2	0,0
24	Spolu	8151,3	100,0

Zdroj: Petráš a i., 2001

1.2.5 Geotermálna energia na Slovensku

Pokrytie energetických potrieb Slovenska je v súčasnosti vážne diskutovaným ekonomickým problémom. Preto má štát tendenciu podporovať využitie netradičných obnoviteľných ekologických zdrojov energie. Energetický potenciál v SR týchto zdrojov predstavuje asi 4 % primárnych energetických zdrojov použiteľných v roku 2005 resp. 2010, t.j. asi 40 000 TJ.rok⁻¹. 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 je sumarizovaný v Atlase geotermálnej energie Slovenska, podľa ktorého použiteľné energetické zdroje predstavujú 5 538 MW_t. Obnoviteľná časť tohto množstva je 553 MW_t a neobnoviteľná 4 985 MW_t. Je zrejmé, že skutočne použiteľné geotermálne zdroje by mali byť menšie ako vyššie uvedené. Geotermálna voda sa v SR používa v 35 oblastiach, najmä na rekreačné a poľnohospodárske účely, menej pre zateplovanie domov. Využíva sa celkove 83 MW_t s nízkou účinnosťou (asi 30 %) kvôli sezónnemu použitiu (Wittenerger, Pinka, Sidorová, 2006).

Geotermálna energia je alternatívny zdroj energie, územne rozptýlený, ktorého využívanie má z hospodárskeho hľadiska nielen ekonomický, ale aj ekologický význam. Na Slovensku je vymedzených 26 geotermálnych oblastí, resp. štruktúr na získanie a využívanie geotermálnych vôd ako zdrojov geotermálnej energie, ako môžeme vidieť na obrázku 1 a 2 v prílohe. Sú to viedenská panva, centrálna depresia podunajskej panvy, komárňanská vysoká kryha, komárňanská okrajová kryha, levická kryha, topoľčiansky záliv a Bánovská kotlina, Hornonitrianska kotlina, skorušinská panva, Turčianska kotlina, Liptovská kotlina, levočská panva Z a J časť, stredoslovenské neovulkanity SZ časť, stredoslovenské neovulkanity JV časť, komjatická depresia, dubnícka depresia, trnavský záliv, piešťanský záliv, Trenčianska kotlina, Ilavská kotlina, Žilinská kotlina, hornostrhársko-trenčská prepadlina, Rimavská

dotlina, levočská panva SV časť, Košická kotlina, humenský chrbát a štruktúra Beša-Čičarovce (Remšík, 2008).

1.2.6 Potenciál využívania geotermálnej energie na SR

Vláda SR vo svojom uznesení č. 282 z 23. apríla 2003 schválila Koncepciu využívania obnoviteľných zdrojov energie, ktorá definuje základný rámec pre rozvoj využívania obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na Slovensku. Podiely jednotlivých druhov obnoviteľných a druhotných zdrojov energie na celkovom množstve technicky využiteľného potenciálu sú podľa tejto koncepcie uvedené v tab. 4. a potenciál termálnej energie geotermálnych vôd na Slovensku v tab. 5 (MŽP SR, 2006a).

Tab. 4 Technicky využiteľný potenciál OZE

Druh	Technicky využiteľný potenciál	
	TJ	%
biomasa	60 458	46,7
geotermálna energia	22 680	17,5
solárna energia	18 720	14,5
odpadové teplo	12 726	9,8
biopalivá	9 000	6,9
malé vodné elektrárne	3 722	2,9
veterná energia	2 178	1,7
Celkom	129 484	100,0

Zdroj: MŽP SR, 2006a

Tab. 5 Potenciál termálnej energie GTV na SR MW_t

Regenerovaná			Bez regenerácie		
pravdepodobná	Overená	predpokladaná	pravdepodobná	overená	predpokladaná
321	147	85	4511	29	445
Celkový potenciál využiteľnej geotermálnej energie: 5538 MW _t					

Zdroj: Kolektív autorov, 2003

Na priame energetické využitie sú vhodné vody s nízkou teplotou, to znamená do 100 °C. Na Slovensku, kde sa nachádza viac ako sto geotermálnych prameňov s teplotou vody 16 až 126 °C, sú veľmi dobré predpoklady na využívanie geotermálnej energie – energetický potenciál týchto vôd je vyše 5000 MW. Podľa správy rezortu životného prostredia sa v našich podmienkach ušetrí za rok pri výrobe 25 MW tepelnej energie z geotermálnych zdrojov pri 200 dňoch vykurovania asi 42 600 ton hnedého uhlia alebo 16 miliónov m³ zemného plynu.

Doterajšie využívanie tejto energie však nie je rovnomerné a dostatočné zlepšenie tohto stavu závisí od technických a ekonomických podmienok štátu (Vaňová, 2008).

Bédi (2001) uvádza v tab. 6 nasledujúci potenciál geotermálnej energie v jednotlivých oblastiach Slovenska:

Tab. 6 Potenciál GE jednotlivých oblastí SR

Lokalita	Energetický potenciál MW	Očakávaný energetický výkon MW	Ročná výroba energie TJ
Košická kotlina	1200	200	6000
Popradská kotlina	70	25	220
Liptovská kotlina	30	10	100
Dunajská panva	200	50	400
Levická kryha	126	50	440
Spolu	1626	335	7160

Zdroj: Bédi, 2001

K výhodám využívania geotermálnej energie patrí, že (Petráš a i., 2001):

- predstavuje vlastný (domáci) zdroj energie, nezávislý od medzinárodných konfliktov,
- predstavuje lacnejší zdroj energie ako fosílna palivá,
- patrí do skupiny alternatívnych obnoviteľné zdroje energie,
- znižuje zaťaženie dopravných komunikácií redukciami transportu klasických fosílnych energetických zdrojov,
- znižuje nebezpečenstvo ohrozenia životného prostredia redukciami transportu, spracovania a využívania fosílnych palív (havárie produktovodov, výstavba a prevádzka zásobníkov plynov a ropných produktov, skládkové hospodárstvo, emisie),
- umožňuje ovládanie ceny energie,
- prevádzka má minimálne dôsledky na okolité životné prostredie.

Využívanie geotermálnej energie sa tiež stáva hybnou silou rozvoja malého a stredného podnikania v regiónoch, napríklad pri pestovaní rýchlejšej zeleniny a kvetov, chove rýb a hydiny, pri výstavbe a využívaní zariadení určených na rekreačné a rehabilitačné účely. Nevyhnutným podkladom pre rozvoj využívania geotermálnej energie sú údaje o distribúcii,

kvantite a kvalite jej zdrojov, o podmienkach na ich optimálne využitie na rôzne účely (MŽP SR, 2006b).

Problémy s využívaním tejto energie, ktoré charakterizuje Fehér (2006):

- ekonomické,
- veľký obsah solí v termálnej vode (vytvárajú sa nánosy),
- obsah škodlivých plynov vo vode,
- veľký záber na pôdy.

Využívanie zdrojov geotermálnej energie nie je uspokojivé, za hlavné príčiny existujúceho stavu možno považovať vysoké finančné náklady na realizáciu geotermálnych vrtov, na zabezpečenie potrebnej techniky a technológií, ale aj nízku informovanosť o možnostiach podpory na realizáciu projektov, z domácich, resp. zahraničných zdrojov. Napriek uvedeným bariéram je v posledných rokoch zaznamenaný rast záujmu o využívanie geotermálnej energie. V ostatnom období bol geotermálny výskum zameraný do Hornonitrianskej kotliny, topolčianskeho zálivu a Bánovskej kotliny a Rimavskej kotliny (Remší, 2008).

Z doterajších poznatkov o súčasnom využívaní termálnych vrtov vyplýva niekoľko výrazných príčin dost' veľkého počtu nevyužívaných vrtov (MH SR, 2007):

- nízka výdatnosť vrtov, ktorá nevyhovuje dolnej hranici energetického výkonu – 0,6 MW_t,
- nízka teplota geotermálnej vody,
- chemické zloženie geotermálnej vody nevyhovujúce podmienkam plánovaného využitia,
- chemické zloženie geotermálnej vody nezodpovedajúce kritériám na vypúšťanie tepelne využitej vody do blízkych povrchových tokov.

Bariéry rozvoja:

- nedostatočný rozvoj techniky a technológií,
- vysoké investičné náklady,
- chemické zloženie.

Geotermálna energia sa v geotermálnych energetických systémoch využíva v 14 lokalitách na poľnohospodárske účely – na dodávku tepla na vykurovanie skleníkov, fóliovníkov a na vyhrievanie (temperovanie) pôdy. V 6 lokalitách na dodávku tepla na

vykurovanie sídlisk, bytov, sociálno-hospodárskych budov, športových hál a reštaurácií, v 3 lokalitách na prípravu technologickej vody pre chov rýb a v 30 lokalitách v oblasti cestovného ruchu pre potreby areálov termálnych kúpalísk. Údaje o využívaní zdrojov GE na jednotlivé účely sú v tab. 7.

Tab. 7 Využívanie geotermálnej energie k 1. 1. 2000

Miesto využívania	Inštalovaný výkon		Ročná spotreba energie TJ.r ⁻¹
	MW	%	
Vykurovanie budov	15,2	11,5	277,5
Vykurovanie skleníkov	22,5	17,0	355,4
Rybné hospodárstvo	2,3	1,7	36,2
Rekreačné účely	90,9	68,7	1437,1
Tepelné čerpadlá	1,4	1,1	12,1
Spolu	132,3	100,0	2118,3

Zdroj: Takács, 2002

Na Slovensku sa GE využíva hlavne na rekreačné účely – 90,9 MW (68,7 %), na vykurovanie skleníkov a fóliovníkov – 22,5 MW (17,0 %) a na vykurovanie budov – 15,2 MW (11,5 %). Využívanie GE dopĺňajú aplikácie pre rybné hospodárstva – 2,3 MW (1,7 %) a tepelné čerpadlá (TČ) – 1,4 MW (1,1 %). Ich aplikácie znamenajú veľkú perspektívu pri zlepšení prevádzky celého energetického systému (Takács, 2002).

2 Cieľ

Cieľom bakalárskej práce bolo zhodnotiť súčasný stav a využitie geotermálnej energie na príklade Košickej kotliny (Východné Slovensko).

Parciálne ciele bakalárskej práce:

- identifikácia zdrojov geotermálnej energie vo vybranej oblasti,
- možnosti efektívneho využitia geotermálnej energie v riešenej oblasti,
- zhodnotiť prínos geotermálnej energie pre mesto Košice,
- vypracovanie SWOT analýzy využitia geotermálnej energie.

3 Metodika práce

3.1 Charakteristika vymedzeného územia – Košická kotlina

Košická kotlina sa rozprestiera medzi Slanskými vrchmi a Slovenským rudohorím, resp. Šarišskou vrchovinou. Jej územie má pretiahnutý tvar, v južnej časti sa stáča na JZ a zaberá plochu približne 868 km² (Fendek, 1998).

Kotlina sa rozkladá v juhovýchodnej časti Slovenska. Na západe susedí so Slovenským krasom a Slovenským rudohorím, na severe so Šarišskou vrchovinou a Ondavskou vrchovinou, na východe prechádza v Slanské vrchy a južná strana tvorí štátnu hranicu s Maďarskom. Terén je pestrý a variabilný, rozľahlé roviny sa striedajú s nevysokými kopcami. Najvyššími vrcholmi sú Dialňa (384 m) a Červený grúnik (305 m). Porast v tejto oblasti tvoria prevažne listnaté lesy s hojným výskytom dubu, buku, hrabu a brezy. Najvýznamnejšími riekami Košickej kotliny sú Torysa, Hornád, Bodva a Ida (Fraňo a i., 1977).

3.2 Charakteristika prírodných pomerov

3.2.1 Geografické pomery

Košická kotlina je súčasťou Východoslovenskej neogénnej panvy. Južnú časť Košickej kotliny z východnej strany lemuje mladovulkanické pohorie Slanských vrchov, zo západnej strany ju ohraničujú výbežky paleozoických prvohorných útvarov Slovenského Rudohoria a mezozoických a predmezozoických útvarov Čiernej hory. Južná časť z celkovej plochy Košickej kotliny zaberá cca 50 %. Geotermický potenciál tejto časti územia bol definovaný na základe prieskumných štruktúrnych vrtov na uhľovodíky, geofyzikálneho prieskumu a hydrogeologického prieskumu pre pitnú vodu.

V Košickej kotline je výskyt geotermálnych vôd spojený hlavne s dolomitmi triasu, menej s dolomitickými vápencami a vulkanicko – sedimentárnymi horninami neogénu. Teplota vody v tejto oblasti kolíše v hĺbke 2 500-3 000 m 115 °C-130 °C, v rozmedzí 130 °C-150 °C lokálne aj viac v hĺbke 3 000-3 500 m. Geotermický stupeň vo Východoslovenskom neogéne kolíše v rozmedzí 36-53 °C.km⁻¹ a v skalách podložia – mezozoika v rozmedzí 25-33 °C.km⁻¹. Hustota tepelného toku kolíše od 75-110 mW.m⁻² (Dobra, Pinka, 2004).

Základnými geochemickými typmi hornín v Košickej kotline sú ílovce, pieskovce a tiež andezity a intermediárne subvulkanické intruzíva (Abaffy a i., 2002).

3.2.2 Klimatické podmienky

Košická kotlina sa nachádza v teplej oblasti, kde je priemerne 50 a viac letných dní za rok (s denným maximom teploty vzduchu ≥ 25 °C), južná časť kotliny sa nachádza v teplej, mierne suchej oblasti s chladnou zimou. Priemerné ročné teploty sa tu pohybujú v mesiaci január v teplotách ≤ -3 °C. Severovýchodná časť Košickej kotliny je umiestnená v oblasti s teplej, mierne vlhkej a s chladnou zimou, kde sa priemerné ročné teploty v mesiaci január pohybujú v teplote ≤ -3 °C. Severozápad Košickej kotliny leží v mierne teplej oblasti, kde je v priemere menej ako 50 letných dní za rok a júlový priemer teploty vzduchu v tejto oblasti je ≥ 16 °C. Táto oblasť sa tiež nachádza v mierne teplom, mierne vlhkom, pahorkatinovom až vrchovinovom okrsku. Priemerná ročná teplota v mesiaci júl sa tu pohybuje ≥ 16 °C. Priemerná ročná teplota vzduchu sa v Košickej kotline pohybuje je 8,6 °C. Extrémne hodnoty teploty vzduchu kolíšu v rozmedzí + 37 °C do – 30 °C. Priemerný ročný úhrn atmosferických zrážok sa pohybuje od 600 mm v rovinách až po 900mm v Slanských vrchoch. Priemerný ročný počet dní so snežením je 31 (Abaffy a i., 2002).

3.2.3 Hydrologické pomery

Významnými vodnými tokmi na území Košickej kotliny sú rieka Hornád a Torysa. Priemerný ročný úhrn atmosferických zrážok je 625 mm (Kolektív autorov, 2010b). Počet dní so snehovou pokrývkou v období od 1961-1990 bol v prevažnej časti kotliny od 40-60 dní. Jej priemerná výška sa pohybovala okolo 80 mm. Priemerný špecifický odtok sa v Košickej kotline pohybuje na juhu kotliny od 3-5 l.s⁻¹.km⁻² a v ostatných častiach od 5-10 l.s⁻¹.km⁻² (Abaffy a i., 2002).

3.2.4 Pôdne pomery

V západnej a severnej časti kotliny sú kambizeme zo zvetralín kyslých až neutrálnych hornín. Vo východnej časti kotliny a v Slanských vrchoch sú kambizeme modálne a kultizemné nasýtené až kyslé, sprevodné rankre a kambizeme pseudoglejové a podzoly

modálne, sprievodné litozeme a rankre. Na juhu kotliny sú prevažne pseudogleje modálne, kultizemné a luvizemné nasýtené až kyslé.

Retenčná schopnosť je na väčšine územia veľká a priepustnosť stredná.

Pôdna reakcia je neutrálna (6,5-7,3) až slabo alkalická (7,3-7,8) prevažne v južnej a západnej časti kotliny a slabo kyslá až po silno kyslú (6,5-5,0) v severovýchodnej a východnej časti.

Vlhkostný režim pôd je v tejto oblasti mierne vlhký a v oblasti Slanských vrchov mierne suchý.

Zo zrnitosť pôdy má najväčší záber hlinitá zrnitostná trieda (Abaffy a i., 2002).

3.2.5 Biotické pomery

Z hľadiska fyto geograficko – vegetačné členenia sa Košická kotlina sa nachádza v dvoch fyto geografických oblastiach a to: oblasť západokarpatskej flóry (*Carpaticum occidentale*) a oblasť panónskej flóry (*Pannonicum*). Reliéf kotliny je pomerne rôznorodý, a preto aj potenciálna vegetácia je pestrá. Lužné lesy sú v nížinných oblastiach Košickej kotliny a v alúviách tokov zasahujúcich do okolitých pohorí. Z drevín tvoria porasty predovšetkým vrbu, topoľ, jaseň, brest, dub a jelša. Dubovo – hrabové lesy sa zaberajú veľké plochy v kotline. Dubové lesy sa vyskytujú ostrovčekovite medzi dubovo – hrabovými lesmi. Oblasti kotliny, ktoré ležia vo vyšších nadmorských výškach sú porastené podhorskými bukovými lesmi a jedľovo – bukovými lesmi. V najvyšších a najchladnejších polohách Volovských vrchov sú prirodzenými porastami ihličnaté lesy najmä jedľové a jedľovo – smrekové lesy. Vzácné rastliny, ktoré rastú v kotline sú: rumenica turnianska, poniklec slovenský, klinček včasný, ľan chľpatý, sleziník severný, plavúň sploštený, hlaváčik jarný.

V kotline sa vyskytujú predovšetkým živočíchy listnatého lesa, lúk a polí, ako sú bažant poľný, zajac poľný, jeleň lesný, srnec lesný, diviak lesný, muflón lesný, daniel škvrnitý aj líška hrdzavá. Nachádza sa tu veľká druhová diverzita hmyzu a netopierov. Z obojživelníkov sú tu najmä všetky štyri druhy mlokov, skokan zelený a salamandra škvrnitá. Žijú tu aj niektoré druhy vzácných zvierat ako: užovka stromová, vlk dravý, rys ostrovid, orol kráľovský, orol kriľavý, výr skalný, včelárík zlatý, jasoň červenooký, roháč obyčajný (SAŽP, 2002).

3.3 Zvolené metódy a postupy

Objektom skúmania v tejto práci je geotermálna energia a možnosti jej využitia v Košickej kotline. Najmä využitie geotermálnej energie na výrobu tepla pre priemyselné objekty a domácnosti.

Pracovné postupy:

Zber údajov

- preštudovanie vedeckej a odbornej literatúry zameranej na získanie informácií o prírodných zdrojoch, alternatívnych zdrojoch energie a o geotermike z domácich aj zahraničných zdrojov
- štúdium literatúry zameranej na využitie geotermálnej energie na Slovensku, a jej využitie v Košickej kotline.
- prezretie internetových stránok pre účely doplnenia informácií a obrazovej ilustrácie
- štúdium materiálov o okrese Košice a obci Ďurkov
- zozbieranie informácií o Košickom geotermálnom projekte od teplárenskej firmy TEKO a spoločnosti SPP, a.s.

Analýza získaných údajov

- vyselektovanie potrebných informácií k danej téme zo zozbieraných podkladov, literatúry a internetu.

Syntéza údajov

- zhromaždenie informácií potrebných pre vytvorenie záveru, a to: údaje o súčasných postupoch pri využívaní geotermálnej energie, informácie o výhodách využitia tejto energie a informácie o predpokladoch využitia GE do budúcnosti.

Metóda komparácie

- porovnanie získaných a preštudovaných údajov

Metóda dedukcie

- zozbierané informácie a materiály, ktoré nám boli poskytnuté od spoločností TEKO a SPP, tiež údaje získané z literatúry a internetu sme použili k vytvoreniu celkových výsledkov práce.

Metóda riadeného rozhovoru

- osobná konzultácia s Ing. Drahomírom Kajanovičom členom predstavenstva TEKO, tepláreň Košice, a.s., a osobná konzultácia s Ing. Petrom Mozolákom podpredsedom SPP, a.s.

SWOT analýza

- vypracovanie SWOT analýzy zameranej na využitie geotermálnej energie v Košickej kotline, zhodnotenie silných a slabých stránok, príležitostí a hrozieb projektu.

4 Výsledky práce

4.1 Potenciál využitia geotermálnych vôd v Košickej kotline

Región východného Slovenska je geotermicky najaktívnejšou oblasťou Slovenska. Najperspektívnejšou oblasťou z hľadiska energetického využívania geotermálnych vôd je Košická kotlina východne od Košíc (Böszörményi, 2001).

Geotermálna aktivita v kotline narastá v smere zo Z na V, resp. JV. Teplotné pole má podobný obraz, teplota v hĺbke 1000 m sa pohybuje od 45 °C (západná časť) do 65 °C (východná časť – Ďurkov). Značná variabilita teplôt súvisí s tým, že Košická kotlina tvorí prechodnú oblasť medzi vysoko geotermicky aktívnou oblasťou východoslovenského neogénu a menej geotermicky aktívnymi okolitými oblasťami. Na základe hydrogeotermálnych pomerov v rezervoári geotermálnych vôd bola v kotline vymedzená oblasť s rozlohou približne 200 km², kde je možné získať geotermálne vody vhodné na výrobu elektrickej energie. Vrtmi hlbokými 2 500-3 500 m je v tejto lokalite možné získať geotermálne vody s teplotou v rezervoári 115-165 °C a výdatnosťou 50-60 l.s⁻¹. V tejto oblasti je perspektíva výroby 25-30 MW elektrickej energie z GTV (Fendek, 1998).

V tejto štruktúre začiatkom 80-tých rokov na severnom okraji Košíc na lokalite Anička bol odvrtný vrt G-4 do hĺbky 310 m, v ktorom v rozpukaných dolomitoch bola narazená termálna voda o teplote 26 °C, ktorá pri znížení hladiny o 15 m dosahuje výdatnosť 4 l.s⁻¹. Najperspektívnejšou je hydrogeoterálna štruktúra v katastrálnom území Svinica na lokalite Ďurkov. V minulosti sa na tejto lokalite zúčastni izraelskej firmy ORMAT uvažovalo s využitím geotermálneho poľa na výrobu elektrickej energie o kapacite 211 MWh.r⁻¹. V roku 1998 za účasti združenia Geoterm Košice poľská firma PNIG z Jasla na tejto lokalite odvrátila 1 dublet geotermálnych vrtov z čoho jeden vrt GTD-1 vertikálny-t'ážobný bol odvrtný do hĺbky 3 210 m a druhý GTD-2 reinjektážny s úhybom v hĺbke 600 m o dĺžke 3 730 m. V januári 1999 bol dokončený ďalší reinjektážny vrt GTD-3 s úhybom o dĺžke 2 620 m. Podľa predbežných výsledkov hydrodynamických skúšok hlavne čo sa týka výdatnosti prekročil všetky očakávania. Jeho výdatnosť dosahovala vyše 150 l.s⁻¹ pri teplote vody na ústí vrtu 126 °C (Dobra, Pinka, 2004).

Geotermálne vody Košickej kotliny na lokalite Ďurkov sú viazané na porušené triasové dolomity, ktoré boli pod nepriepustným komplexom neogénnych sedimentov navrtané v hĺbkovom intervale od 2160 do 3210 m ako je možné vidieť na obr. 3 v prílohe. Ide o fosílné geotermálne vody v uzavretej hydrogeotermálnej štruktúre so statickými zásobami.

Geotermálna voda je vysoko mineralizovaná a dosahuje hodnoty 28-30 g.l⁻¹. Z uvedeného dôvodu musí byť geotermálna voda po odobratí tepla vtláčaná späť do hydrogeotermálnej štruktúry reinjektážnym vrtom.

Zistený geotermálny energetický zdroj s výkonom 110 MW_t tepla má byť využívaný na vykurovanie mesta Košice. Počíta sa aj s inými aktivitami, t. j. s vybudovaním akvaparku, skleníkov a pod. Záleží to však od hlavných realizátorov tohto výnimočného investičného diela (Dobra, Ďurkove, Pinka, 2007).

Po ukončení vrtných prác a karotážnych meraní na vrte GTD-1 a GTD-2 sa uskutočnila hydrodynamická skúška, ktorej cieľom bolo overenie hydraulických a tepelno tlakových pomerov vo vrte a potvrdenie ekonomicky využiteľného množstva geotermálnej vody vo vrte. Na základe výsledkov hydrodynamických skúšok pre ekonomické aspekty projektu využitia GE na vrte GTD-1 boli potvrdené nasledujúce hodnoty: teplota vody na ústí vrtu dosahovala 125 °C s výdatnosťou 56 l.s⁻¹ pri voľnom prelive. Tlak na ústí vrtu dosahoval 0,92 MPa. Mineralizácia dosahovala 30 g.l⁻¹ pri 96 % obsahu CO₂. Geotermálny rezervoár v mezozoických dolomitoch bol zistený v hĺbkovom intervale 2 160-3 210 m, pričom prítoková zóna sa nachádza v hĺbkovom intervale od 2 100-2 500 m.

Na vrte GTD-2, ktorý bol lokalizovaný 6 m západne od vrtu GTD-1 boli potvrdené nasledujúce hodnoty: teplota vody na ústí vrtu dosahovala 124 °C s výdatnosťou 70 l.s⁻¹. Dynamický tlak na ústí vrtu dosahoval 0,2 MPa. Mineralizácia termálnej vody dosahovala 28 g.l⁻¹, pri 98 % obsahu CO₂. Geotermálny rezervoár v dolomitoch mezozoika vo vyššej časti na kontakte s konglomerátmi karpátu bol zistený v hĺbkovom intervale od 2 850-3 150 m.

Na základe hore uvedených výsledkov výdatnosť geotermálneho zdroja na vrtoch GTD-1 a GTD-2 prekročila zistenú výdatnosť na pôvodných prieskumných vrtoch na uhl'ovodíky viac ako 10 násobne. Na vrte GTD-3 viac ako 25 násobne, výdatnosť na tomto vrte sa pochybuje vyše 150 l.s⁻¹. Technické riešenie ťažby GTV na obidvoch vrtoch môže priniesť ďalšie prípadné zvýšenie teploty ťaženej vody.

Geotermálna voda v tejto lokalite je vysoko mineralizovaná. Obsah minerálnych solí sa pohybuje od 28-30 g.l⁻¹ čo zhruba zodpovedá priemerným hodnotám minerálnych solí morskej vody. Z dôvodov vysokej mineralizácie geotermálna voda po odobratí tepla musí byť vtláčaná späť do ložiska (Dobra, Pinka, 2004).

4.2 Popis a ciele projektu

Z geotermálneho hľadiska projekt Geoterm – projekt využitia GE v Košickej kotline na zásobenie teplom, pokrýva jednu z najpriaznivejších geotermálnych zón v SR, ktorá je situovaná v Ďurkove - Svinici, Bidovciach a Olšovanych asi 14 km východne od Košíc, viď obr. 4 v prílohe. Z výsledkov prieskumných vrtov ktoré sa uskutočnili na lokalite Ďurkov kvôli vyhľadávaniu ložísk nafty a plynu a boli realizované v rokoch 1968 – 1971 bol indikovaný rezervoár geotermálnych vôd. Na lokalitu Ďurkov boli situované tri prieskumné geotermálne vrty (Mozolák, 2010).

Základné parametre projektu (Geoterm Košice, 2010):

- Rezervoár je lokalizovaný v hĺbke 2 100 až 3 500 metrov pod zemou,
- Geotermálna voda má teplotou približne 125 °C,
- Celkový projektovaný tepelný výkon predstavuje 100 MW_t,
- Tepelný výkon pokryje významnú časť potreby tepla pre domácnosti v meste Košice,
- Projekt prispeje k zlepšeniu kvality ovzdušia prostredníctvom významného zníženia znečisťujúcich látok (SO₂, NO_x, CO, tuhých znečisťujúcich látok) a látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu Zeme (CO₂),
- Podľa aktuálnych modelov sa investičné náklady pohybujú v intervale cca. 60 mil. EUR,
- Na financovanie projektu sa plánujú použiť prostriedky vlastného kapitálu, komerčné úvery, dotácie a podpory zo štrukturálnych fondov.

Hlavné ciele projektu (Geoterm Košice, 2010):

- Vyvrtanie aspoň 6 geotermálnych dubletov hlbokých 2-3 km, výstavba geotermálnych stredísk a transport geotermálnej vody teplovodom do spoločnosti TEKO, a.s.,
- Využitie geotermálny zdroj, čistú a obnoviteľnú energiu, na zníženie emisií znečisťujúcich látok a skleníkových plynov v regióne Košíc pre zvýšenie kvality životného prostredia jeho obyvateľov,
- spolupráca TEKO a.s. a Geoterm Košice, a.s. na centrálnom vykurovaní mesta Košice a tým napomôcť zmene palivovej základne na environmentálne kvalitatívne vyššiu,
- Napomôcť stabilizácii ceny tepla v meste Košice,
- Napomôcť plneniu smerníc EU, ktoré predpokladajú zvýšenie využívania energie obnoviteľných zdrojov a zníženie produkcie skleníkových plynov.

Fáza realizácie projektu:

- Dokončené vykúpenie pôdy pre vybudovanie geotermálnych staníc
- Je vypracovaná kompletná projektová dokumentácia
- Sú vydané všetky potrebné stavebné povolenia a rozhodnutia príslušných orgánov

Projekt je pripravený na realizáciu to znamená, že nasledujúcou fázou je fáza výstavby. Čaká sa na dohodu medzi SPP, a.s. a TEKŎ, a.s. o cene a dodávke tepla (Mozolák, 2010).

4.3 Centrálné zásobenie teplom mesta Košice

Tepláreň Košice, a.s. je najväčším výrobcom a distribútorom tepla vo forme horúcej vody a pary v sústave centralizovaného zásobovania teplom na Slovensku. Rozsiahlou sústavou centrálného zásobovania teplom (SCZT), ktorá pokrýva takmer celé územie mesta, zabezpečuje zatepľovanie 75 000 košických domácností, väčšiny školských a zdravotných zariadení, nákupným centrá, podnikateľským subjektom, priemyselným podnikom a iným budovám. To znamená, že teplom na vykurovanie a prípravu teplej úžitkovej vody spoločnosť zásobuje až 85 % domácností mesta Košice. Asi 70 % tepelnej energie TEKŎ, a.s. pochádza z prírodného plynu a 30% z uhlia. Ročne sa spotrebuje zhruba 178 826 000 m³ zemného plynu a 102 673 ton 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 zatepľovaní v meste Košice. Geotermálna energia je tu ekonomickou voľbou pre nahradenie zastaraného vybavenia TEKŎ, a.s., ktoré je málo účinné a nevyhovuje normám na ochranu pred znečisťovaním ovzdušia, vid' tab. 8. Kvôli tomu vznikla povinnosť spoločnosti TEKŎ, a.s. platiť daň za znečistenie životného prostredia. Množstvo energie, ktoré je nahraditeľné geotermálnou energiou je okolo 800 GWh, v prípade odhadovaného zníženia celkových emisií pri využití GE, vid' tab. 9 (TEKŎ, 2006).

Tab. 8 Odhadované celkové emisie do ovzdušia z TEKŎ za jeden rok

Zložka	Tony za rok
CO ₂	1 510
SO ₂	1 100
NO _x	1 410
Tuhé zložky	60

Zdroj: TEKŎ, 2006

Tab. 9 Odhadované celkové zníženie emisií z TEKO pri využití GE o:

Zložka	Tony za rok
CO ₂	350
SO ₂	670
NO _x	550
Tuhé zložky	40

Zdroj: TEKO, 2006

4.4 Plán pre centrálné zásobovanie geotermálnym teplom

Teplu z oblastí vrto v bude dopravované potrubím z tepelného centra v Olšovanoch do tepelného centra TEKO, a.s. Košice. Výstavba výmenníkových staníc tepla sa plánuje v Bidovciach, Ďurkove, Olšanoch a v prípade potreby zvýšenia kapacity sa uvažuje aj o výstavbe v obci Svinice. Horúcovod bude spájať tieto geotermálne strediská spolu s prečerpávacou stanicou TEKO, a.s. Košice ako je uvedené na obrázku 5 a 6 v prílohe. Horúca primárna sieťová voda, ktorá bude ohrievaná geotermálnou vodou vo výmenníkových staniaciach, sa pomocou diaľkových napájačov privedie do teplárne Košice. Po prechode mestskými rozvodmi sa ochladená voda znovu potrubím dopraví do výmenníkových stredísk, kde sa opätovne začerpá reinjektážnymi vrto do rezervoáru.

Geotermálna voda bude slúžiť na ohrievanie sieťovej vody na 120 až 125 ° C, čo je teplota potrebná pri vonkajšej teplote 0 ° C. Pri nižších vonkajších teplotách sa bude sieťová voda v teplárnach dohrievať podľa potreby plynom.

Podľa geologických prieskumov, ktoré sa uskutočnili v Košickej kotline sa prakticky využiteľný potenciál odhaduje na 300 MW_t. Zo začiatku sa bude využívať praktický potenciál tepelnej energie obmedzene na 100-110 MW_t.

Podľa výsledkov z testovaných troch vrto v obci Ďurkov sa teplota výstupnej vody z vrto pohybuje okolo 125 °C, prietok 60-65 l.s⁻¹ a reinjektážna teplota max. 55-60 °C, čo znamená, že jeden geotermálny vrt je schopný poskytnúť tepelný výkon 16 až 18 MW. Z uvedených údajov vyplýva, že na zaistenie požadovaného výkonu (100 MW) z geotermálneho územia musí byť navrtaných aspoň 6 ťažobných vrto.

V každej s týchto lokalít je plánované vyvrtáť dva dublety (ťažobný + reinjektážny vrt) (TEKO, 2006).

4.4.1 Vedenie a trasa horúcovodného potrubia

Vykurovacía voda bude privedená 14 km dlhým teplovodom do Košíc, kde bude využitá na vykurovanie.

Horúcovodné potrubie bude viesť popri miestnych komunikáciách, tak aby tieto cesty neboli porušené. Pri tejto výstavbe sa ráta aj s istým časovým obmedzením poľnohospodárskej činnosti.

Hĺbka jeho umiestnenia bude 800 mm pod povrchom, čím nebude ovplyvnená samotná činnosť poľnohospodárskej prevádzky.

Horúcovodné potrubia budú vyrobené z predizolovaných rúr, to znamená, že vonkajší a vnútorný obal, je zabezpečený vodičom, ktorý signalizuje porušenie izolácie rúr. Predizolované rúry budú vsadené do pieskového lôžka a následné zahrnuté odstránenou zeminou, vid' obr. 7 v prílohe.

V niektorých častiach trasy, z dôvodu náročnosti terénu resp. terénnych prekážok bude horúcovodné potrubie vedené po povrchu. V prípade, vodných tokov bude horúcovodné potrubie viesť popod ne, okrem rieky Hornád, kde bude vystavaná oceľová mostná konštrukcia na vysokých, alebo nízkych podperách.

Málo frekventované cestné komunikácie budú prekopané a cestné komunikácie prvej a druhej triedy budú pretláčané.

Pred výstavbou horúcovodného potrubia bude potrebné prekontrolovať trasu elektronickými prístrojmi, kadiaľ bude potrubie viesť, z dôvodu zistenia umiestnenia telekomunikačných, vodovodných vedení, elektrických káblov, plynovodov a pod. Táto kontrola bude realizovaná kvôli bezpečnosti výkopových prác.

V niektorých prípadoch sa môže horúcovodné potrubie križovať s iným podzemnými vedeniami a preto bude potrebné zrealizovať ručný výkop a prechod jednoduchým krížením.

Po ukončení stavebných, podzemných a zemných prác treba upraviť terén do pôvodného stavu, aby tieto práce nemali vplyv na životné prostredie, jeho vzhľad či kvalitu (TEKO, 2006).

4.5 Varianty riešenia využitia geotermálnej energie

Na využitie tepla z geotermálnej energie v Košickej kotline boli vypracované dva základné varianty:

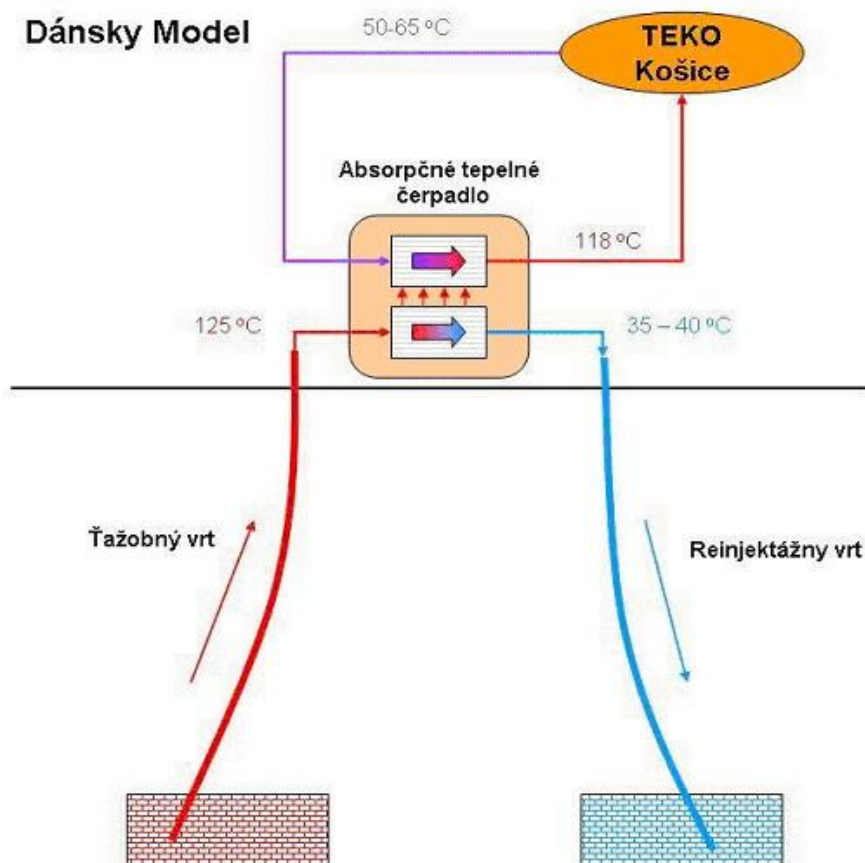
- Dánsky model – pripravený firmou Houe & Olsen

- Francúzsky model – pripravený firmou Cabinet Boisdet

DÁNSKY MODEL

Je to model, vid' obr. 8, ktorý navrhuje zvýšenie využitia tepelného rozsahu použitím absorpčných tepelných čerpadiel. Podstatou je zníženie teploty vratnej vody z vykurovacieho systému na 37 °C, čo predstavuje zvýšenie využiteľnej teploty o 15 %. Tento rozdiel znamená vyššie využitie tepla z jedného geotermálneho vrtu a 4 MW. Týmto sa zníži počet dubletov, a to zo 6 na 5.

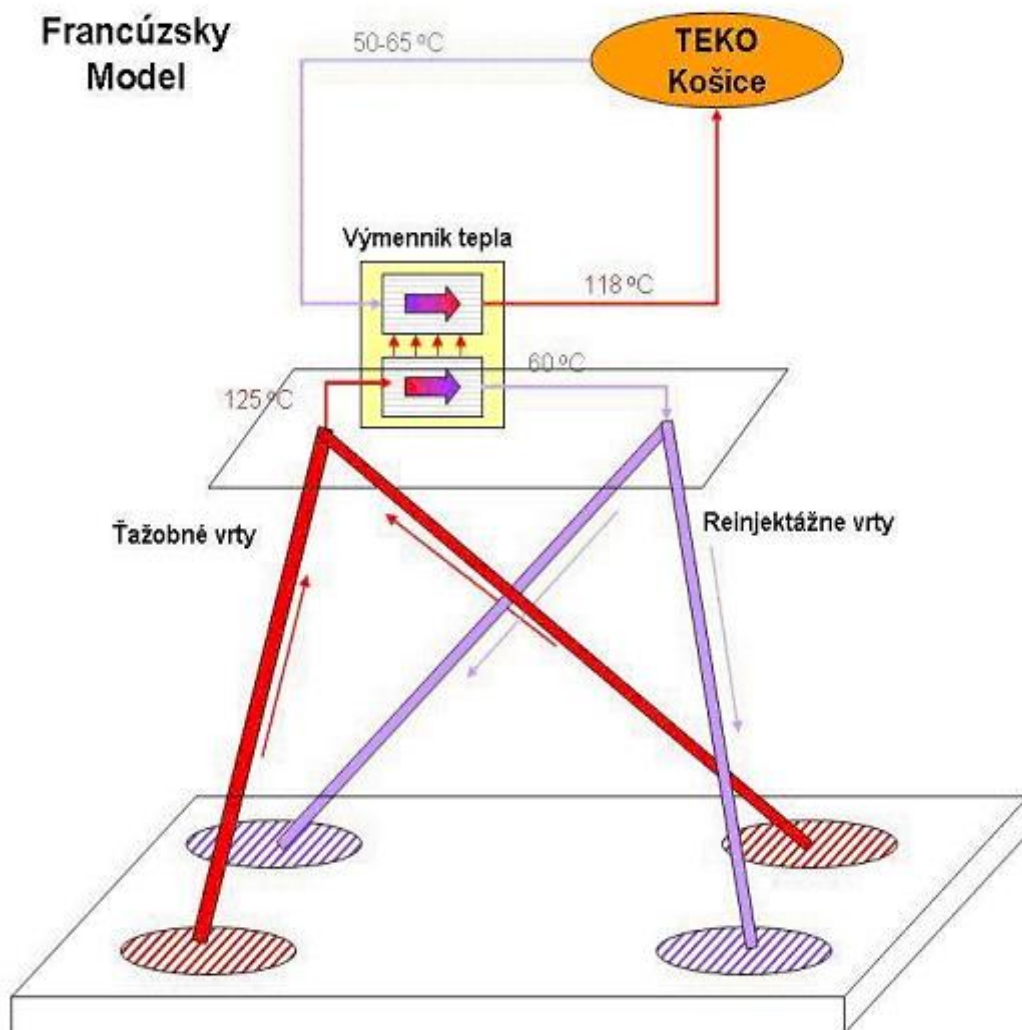
Tento systém má zabezpečiť využitie väčšieho teplotného spádu čím sa zvýši produkcia tepla pri menšom počte vrtov, čo bude mať vplyv na reinjektáž. Tento vplyv spočíva v lepšom zatlačení chladnejšej geotermálnej vody do rezervoáru. Nevýhodou tohto modelu je, že sa vylučuje možnosť využitia vratnej teploty na vykurovanie okolitých obcí (SPP, a.s., 2004).



Obr. 8 Schéma dánskej koncepcie riešenia (Geoterm Košice, 2010)

FRANCÚZSKY MODEL

Tento model, vid' obr. 9, preferuje 6 dubletov pre zdroj vody bez aplikácie tepelných čerpadiel. Spočíva v rešpektovaní vratnej teploty, ktorá je 60 °C. Výhodou tohto modelu je, že umožňuje využitie tejto teploty prevažnú časť roka na vykurovanie okolitých obcí, pričom v zimnom období je na dohriatie na požadovanú teplotu potrebné menej energie. Nevýhodou sú zložitejšie podmienky reinjektáže geotermálnej vody (SPP,a.s., 2004).



Obr. 9 Schéma francúzskej koncepcie riešenia (Geoterm Košice, 2010)

Využitie odpadového tepla pre rozvojové účely priľahlých obcí môže byť na účely (Mozolák, 2010):

- realizácie technológie sušenia poľnohospodárskych produktov
- vyhrievania skleníkov
- rybného hospodárstva
- v rekreačných a liečebných zariadeniach

4.6 Prínosy projektu

Využívanie geotermálnej energie pre vykurovanie mesta Košice bude predstavovať viacero prínosov pre túto oblasť. V prvom rade to bude ekologický prínos, a to vo forme významného zníženia emisií spaľovacích procesov (NO_x, SO₂, CO, popolček a prvkov poškodzujúcich ozónovú vrstvu, predovšetkým CO₂), nakoľko TEKO, a.s. spaľuje zemný plyn aj uhlie.

Ďalším prínosom bude zníženie závislosti na dovoze primárnych zdrojov tepla, teda zemného plynu a uhlia, ktorého spaľovanie bude z časti nahradené obnoviteľným zdrojom energie.

V neposlednom rade bude viesť využívanie geotermálnej energie k nižšej cene tepla pre obyvateľov mesta (Mozolák, 2010).

4.7 Strety záujmov SPP, a.s. a TEKO, a.s.

Predstavitelia košickej teplárne TEKO, a.s. a SPP, a.s., ktorá je najväčším akcionárom spoločnosti Geoterm Košice, a.s. sa nedokázali dohodnúť na cenách tepla, ktoré by sa malo vyrábať z geotermálnej energie. *Geoterm Košice, a. s.* je akciová spoločnosť s majoritným podielom SPP (95,82%) , ktorá je vlastníkom geotermálnych vrtov v lokalite Ďurkov, Svinica a Bidovce pri Košiciach. Ďalšími akcionármi spoločnosti Geoterm sú CFG Orleans, Dalkia International, Slovgeoterm, a.s. a Mesto Košice.

Tepláreň Košice, a.s. je a bude garantom udržania dlhodobo prijateľnej ceny tepla, a preto nemôžeme dopustiť, aby projekt Geoterm zvýšil cenu tepla v Košiciach. Košická tepláreň preto požiadala SPP, a.s. o odpredaj konkrétnej parcely v rámci ložiska Bidovce, ktoré spoločnosť Geoterm nevyužíva. S tým však SPP, a.s. ani Geoterm nesúhlasili. Tepláreň Košice je významným klientom SPP, a.s. a strata, prípadne podstatné zníženie odberu plynu zo strany TEKO, a.s. by malo negatívny dopad na samotné SPP, a.s.

Pre vyriešenie tohto sporu má vzniknúť spoločný podnik Slovenského plynárenského priemyslu, Teplárne Košice a združenia obcí Olšavského mikroregiónu, ktorý zabezpečí využitie významného geotermálneho zdroja, ktorý sa nachádza neďaleko Košíc v okolí obcí Ďurkov – Bidovce (Kajanovič, 2010).

4.8 Elektrárne v Ďurkove

Ďalším projektom v Košickej kotline je výstavba geotermálnej elektrárne v obci Ďurkov. Plánovaný výkon elektrárne je 3,5 MW, pričom by mala zásobovať 11 000 domácností. Výstavba sa mala uskutočniť v prvej polovici roku 2010, no projekt je stále vo fáze vybavovania stavebného povolenia. Financovanie projektu sa odhaduje na 30 mil. eur a návratnosť tejto investície by mala trvať 15 rokov (Mozolák, 2010).

4.9 SWOT analýza využitia geotermálnej energie v Košickej kotline

Silné stránky:

- Lokalita s najvyšším výskytom geotermálnej energie na Slovensku
- Výskyt vôd vysokej kvality a mineralizácie
- Existencia vypracovaných projektov
- Existencia vrtov na lokalite Ďurkov
- Možnosť produkcie elektrickej energie z vyskytujúcich sa zdrojov
- Ekonomickosť využívania tepelného vykurovania Košíc a okolitých obcí
- Minimálne množstvo znečisťujúcich látok do prostredia

Slabé stránky:

- Vysoké náklady projektov
- Nezáujem zainteresovaných spoločností na vzájomnej dohode
- Nedostatok skúseností z oblasti využívania geotermálnej energie

Príležitosti:

- Využívanie dotácií a fondov z EU na zníženie investičnej náročnosti
- Vytvorenie nových pracovných miest
- Nárast životnej úrovne
- Produkcia obnoviteľnej energie

- Minimalizovanie emisií
- Podpora zo strany miestnej správy

Ohrozenia:

- Nedostatok finančných prostriedkov na realizáciu projektov
- Zmeny cien ostatných zdrojov energie na trhu
- Nedostatočná vládna podpora

5 Návrh na využitie poznatkov

Zhodnotili sme využiteľný potenciál geotermálnej energie v Košickej kotline a poukázali sme na praktické možnosti jej využitia v riešenej oblasti.

V práci navrhujem:

- trvalo udržateľne využívať existujúce geotermálne vrty
- zatlačanie využitej geotermálnej vody reinjektážnymi vrtmi späť do ložiska
- nahradiť zastarené vybavenie CZT TEKO, a.s, čo bude viesť k zníženiu emisií v Košickom regióne
- navrtanie aspoň šiestich ťažobných vrtov, čo umožní zaistiť požadovaný výkon 100 MW
- umiestniť horúcovodné potrubia tak, aby bolo čo najmenšie zaťaženie životného prostredia a aby bol čo najmenší vplyv na poľnohospodársku činnosť
- po ukončení stavebných, podzemných a zemných prác upraviť terén do pôvodného stavu, prípadne previesť rekultiváciu
- zohľadniť oblasť využívania geotermálnej energie
- zníženie spotreby fosílnych palív a zvýšenie využívania geotermálnej energie
- aktívnejšiu spoluprácu medzi zainteresovanými spoločnosťami
- rozvoj a výstavbu geotermálnej elektrárne v obci Ďurkov
- poukázať na výhodný socioekonomický vplyv (vytvorenie nových pracovných miest, zvýšenie životnej úrovne)

6 Záver

Projekt využívania geotermálnej energie v Košickej kotline predstavuje významnú realizáciu v oblasti využívania obnoviteľných zdrojov energie. Využívanie geotermálnej energie znamená prínos pre energetickú a ekologickú oblasť.

Do budúcnosti možno počítať s výrazným zrastom cien fosílnych palív a preto sa ako dobré riešenie javí využívanie geotermálnej energie v Košickej kotline. Môžeme skonštatovať, že cena tepla vyrobeného z geotermálnej energie bude nižšia alebo porovnateľná s cenou tepla vyrábaného s fosílnych palív. Tak isto je dôležité spomenúť, že tento zdroj je významným domácim zdrojom energie, čo znižuje závislosť na dodávkach primárnych zdrojoch tepla.

Významnou možnosťou využívania GE je výroba elektrickej energie, ktorá by sa mohla do budúcnosti zvyšovať. Riešením by bolo vybudovanie ďalších geotermálnych elektrární v Košickej kotline.

Ďalšími možnosťami využitia geotermálnych vôd by mohlo byť odvádzanie odpadového tepla na: vyhrievanie skleníkov, rekreácie, kúpeľníctvo, chov rýb a i.

Najväčším prínosom projektu z environmentálneho hľadiska je, že geotermálna energia je bezemisný zdroj energie, čím sa zvýši kvalita životného prostredia v okolí Košíc.

Každá problematika má svoje plusy a mínusy. Výnimkou nie je ani problematika geotermálnej energie. Začaté práce na lokalite Ďurkov zostali na mŕtvom bode, kvôli nezájmu zainteresovaných spoločností na vzájomnej dohode o cenách tepla. Môžeme len dúfať, že samospráva vyvinie maximálne úsilie k využitiu geotermálnych zdrojov v prospech obyvateľov tohto regiónu.

Na ochranu prírodných zdrojov sa odporúča zaviesť monitoring kvôli optimálnej exploatácii geotermálnych vôd a ich využívaniu.

Potenciál geotermálnych vôd v Slovenskej Republike je veľký, preto je vzhľadom na celosvetový trend podpory využívania obnoviteľných zdrojov energie iba otázkou času, kedy sa začne geotermálna energia využívať vo väčšej miere.

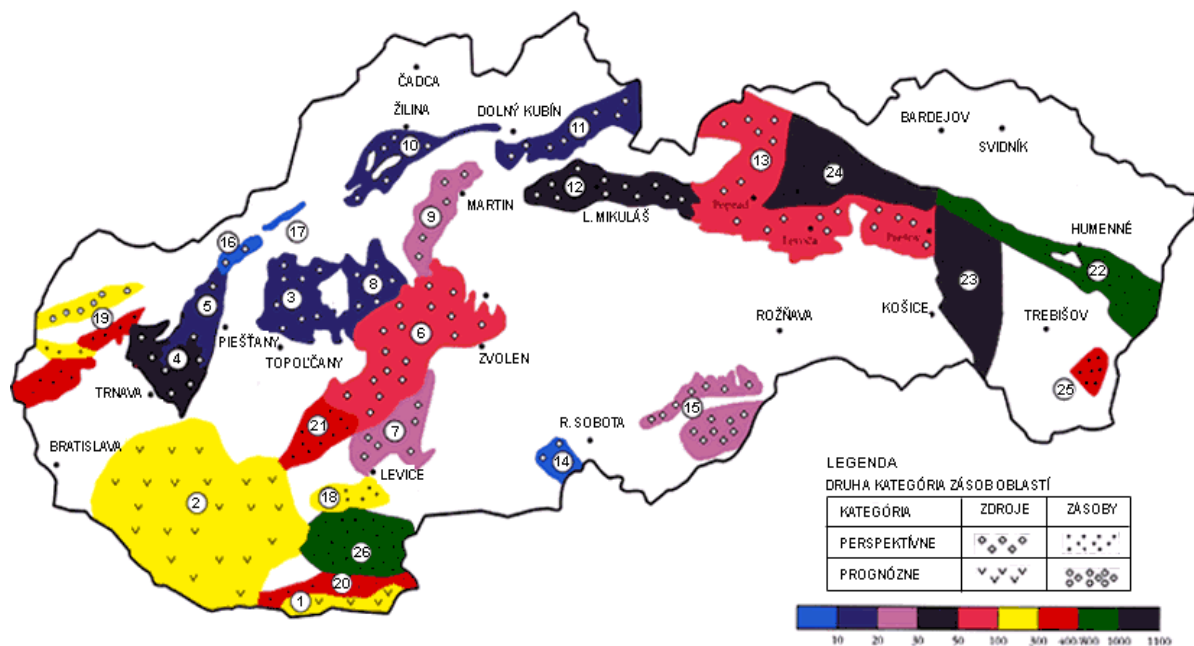
7 Použitá literatúra

1. ABAFFY, Dušan a i. 2002. *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia, 2002. 344 s. ISBN 80-88833-27-2.
2. BÉDI, E. 2001. *Obnoviteľné zdroje energie*. Bratislava : Fond pre alternatívne energie, 2001. 143 s. ISBN 80-85369-12-6.
3. BOHN, Ralph C. – MACDONALD, Angus J. 1991. *Power and energy technology*. 3. vyd. Mission Hills, CA : Glencoe/McGraw-Hill, 1991. 448 s. ISBN 0-02-676490-3.
4. BÖSZÖRMÉNYI, Ladislav. 2001. *Vývoj predstáv o košickom geotermálnom projekte*. Košice : Vydavateľstvo Štroffek, 2001. 110 s. ISBN 80-88896-33-9.
5. COUDERT, Jean M. – JAUDIN, Florence. 1994. *Geotermika : od gejzíru k radiátoru*. Košice : Francúzsky dom východného Slovenska, 1994. 56 s.
6. DEMO, M. – HRONEC, O. – TÓTHOVÁ, M. a i. 2007. *Udržateľný rozvoj*. Nitra : SPU, 2007. 440 s. ISBN 978-80-8069-826-3.
7. DOBRA, Eduard – PINKA, Ján. 2004. *Herliansky gejzír*. Košice : Elfa, 2004. 103 s. ISBN 80-89066-74-7.
8. DOBRA, E. – ĎUROVE, J. – PINKA, J. 2007. Od Herlianskeho gejzíru po overenie zdrojov geotermálneho potenciálu v Košickej kotline. In *Acto Montanistica Slovaca*, roč. 12, 2007, č. 1, s. 171-175.
9. FEHÉR, Alexander. 2006. *Prírodné zdroje, ich využitie a ochrana*. Nitra : SPU, 2006. 126 s. ISBN 80-8069-692-6.
10. FENDEK, Marián. 1998. Geotermálna energia Slovenska. In *Obnoviteľné zdroje energie – možnosti regiónu : zborník prednášok k regionálnym seminárom*. Bratislava : ADAPT, 1998, s. 36-56. ISBN 80-968042-0-0.
11. FRANKO, Ondrej a i. 1986. Náčrt rozvoja geotermálnej energie v Slovenskej socialistickej republike. In *Geotermálna energia Slovenska a jej využitie : zborník referátov z vedeckého seminára usporiadaného Geologickým ústavom Dionýza Štúra*. Bratislava : Geologický ústav Dionýza Štúra, 1986, s. 9-13.
12. FRAŇO, Jozef a i. 1977. *Vlastivedný slovník obcí na Slovensku*. 2. Vyd. Bratislava : VEDA, 1977. 367 s.
13. Geoterm Košice, 2010. *Projekt Geoterm* [online] [cit. 2010-03-05]. Dostupné na internete: <<http://www.geoterm-kosice.sk/projekt.html>>.
14. GERHART, Agata – SCHMOLLGRUBER, Christa. 1994. *Die Energie*. Wien : ARGE Umwelteziehung, 1994. 59 s.

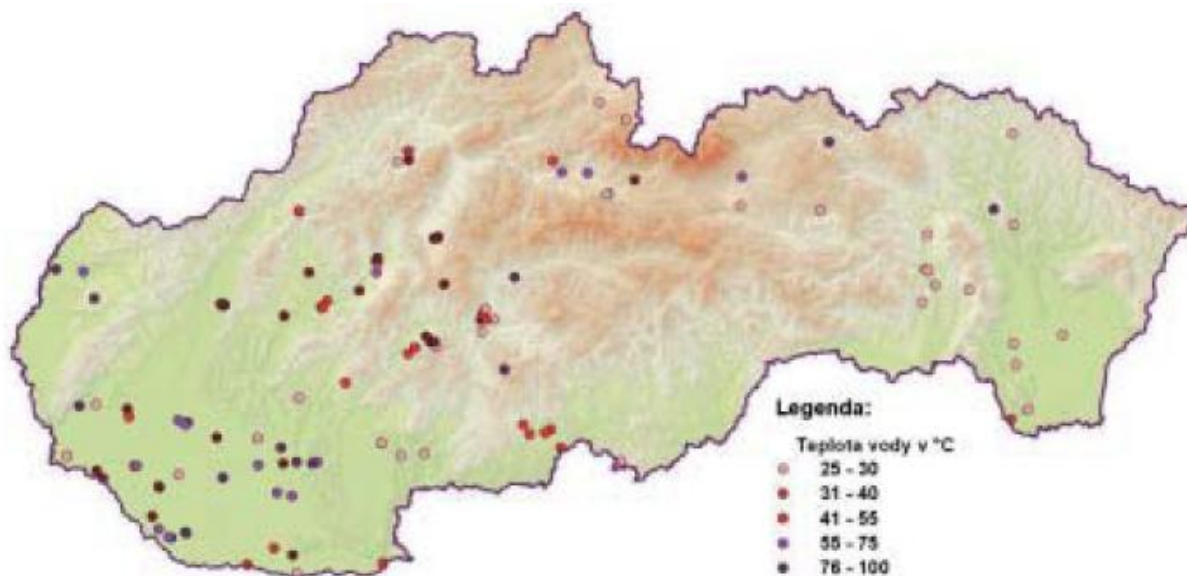
15. HRONEC, Ondrej a i. 2000. *Prírodné zdroje*. Košice : Royal Unicorn, 2000. 235 s. ISBN 80-968128-7-4.
16. KAJANOVIČ, Drahomír. 2010. Geotermálny projekt v Košickej kotline [elektronická pošta]. Správa pre: Simona ŠIMOVÁ. 2010-03-28 [cit. 2010-05-09]. Osobná komunikácia.
17. Kolektív autorov, 2003. *Koncepcia obnoviteľných zdrojov energie* [online] [cit. 2010-01-29]. Dostupné na internete:
<http://www.sea.gov.sk/energeticke_aktivity/legislativa_predpisy_sr/koncepcia_oze.pdf>
18. Kolektív autorov, 2004. *Geotermálna energia* [online] [cit. 2010-02-05]. Dostupné na internete: <<http://www.seas.sk/encyklopedia/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia/>>.
19. Kolektív autorov, 2010a. *Geotermálna energia* [online] [cit. 2010-02-12]. Dostupné na internete: <<http://www.kvt.sjf.stuba.sk/WEB/Geotermalna%20energia.ppt>>.
20. Kolektív autorov, 2010b. *Košice* [online] [cit. 2010-03-26]. Dostupné na internete:
<<http://sk.wikipedia.org/wiki/Ko%C5%A1ice#Geol.C3.B3gia>>.
21. KOLLÁR, Vojtech. – BROKEŠ, Peter. 2005. *Environmentálny manažment*. Bratislava : Sprint, 2005. 327 s. ISBN 80-89085-37-7.
22. LACINA, P. 2002. Možnosti využitia obnoviteľných zdrojov energie na vidieku. In *Súčasný problémy rozvoja vidieckeho priestoru : zborník referátov z vedeckej konferencie Katedry regionálneho rozvoja v Račkovej doline*. Nitra : SPU, 2002, s. 101-104. ISBN 80-8069-017-0.
23. MARKO, Štefan a i. 1988. *Energetické zdroje a premeny*. Bratislava : Alfa, 1988. 447 s. ISBN 80-05-00084-7.
24. MH SR, 2007. *Stratégia vyššieho využitia obnoviteľných zdrojov energie v SR* [online] [cit. 2010-01-29]. Dostupné na internete:
< http://www.sea.gov.sk/energeticke_aktivity/legislativa_predpisy_sr/strategia_oze.pdf>.
25. MOZOLÁK, Peter. 2010. Projekt geotermálneho tepla a energie v Košiciach [elektronická pošta]. Správa pre: Simona ŠIMOVÁ. 2010-03-29 [cit. 2010-04-23]. Osobná komunikácia.
26. MŽP SR, 2006a. *Správa o geotermálnom prieskume Slovenskej republiky* [online] [cit. 2010-02-05]. Dostupné na internete:
< http://www.enviro.gov.sk/servlets/page/868?c_id=5130&o_id=5224>.

27. MŽP SR, 2006b. *Geotermálne vody, ich využitie a zneškodnenie 2006* [online] [cit. 2010-01-29]. Dostupné na internete:
<http://www.enviro.gov.sk/servlets/page/868?c_id=5141&o_id=6360>.
28. NOSKOVIČ, Jaroslav a i. 2010. *Ochrana a tvorba životného prostredia* 4. vyd. Nitra : SPU, 2010. 152 s. ISBN 978-80-552-0344-7.
29. OREL, Vojtěch a i. 2001. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. vyd. Praha : FCC Public, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
30. PETRÁŠ, Dušan a i. 2001. *Nízkotepelné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie*. Bratislava : Jaga group, 2001. 271 s. ISBN 80-88905-12-5.
31. REMŠÍK, Anton. 2008. Nové výsledky výskumu geotermálnej energie na Slovensku. In *Enviromagazín*, roč. 13, 2008, č. 6, s. 8.
32. SAŽP, 2002. *Správa o stave životného prostredia Košického kraja* [online] [cit. 2010-03-5]. Dostupné na internete:
<http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/ks2002/ks2002_ke.pdf>.
33. SPP, a.s. 2004. *Modely pre využívanie geotermálneho tepla v Košiciach : výskumná správa*. Bratislava : SPP, a.s. 15 s.
34. TAKÁČZ, J. 2002. *Geotermálna energia a jej aplikácie v systéme centrálného zásobovania teplom* [online] [cit. 2010-02-05]. Dostupné na internete:
<<http://www.enef.eu/history/2002/pdf/Takacs.pdf>>.
35. TEKO, a.s. 2006. *Centrálne zásobenie teplom z geotermálneho zdroja : výskumná správa*. Košice : TEKO, a.s. 22 s.
36. VAŇOVÁ, Jitka. 2008. *Všetko o vykurovaní a úspore energií*. Bratislava : Jaga group, 2008. 160 s. ISBN 1335-9142.
37. WITTENERGER, G. – PINKA, J. – SIDOROVÁ, M. 2006. Nové možnosti a perspektívy budovania horúcovodného potrubia z geotermálnych výmenníkových staníc do TEKO Košice. In *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 11, 2006, č. 1, s. 60-63.
38. WRIGHT, P. – CULVER, G. 1991. *Nature of geothermal resources*. Oregon : Geo-Heat Center Oregon Institute of Technology, 1991. 52 s.
39. *Zákona č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí*

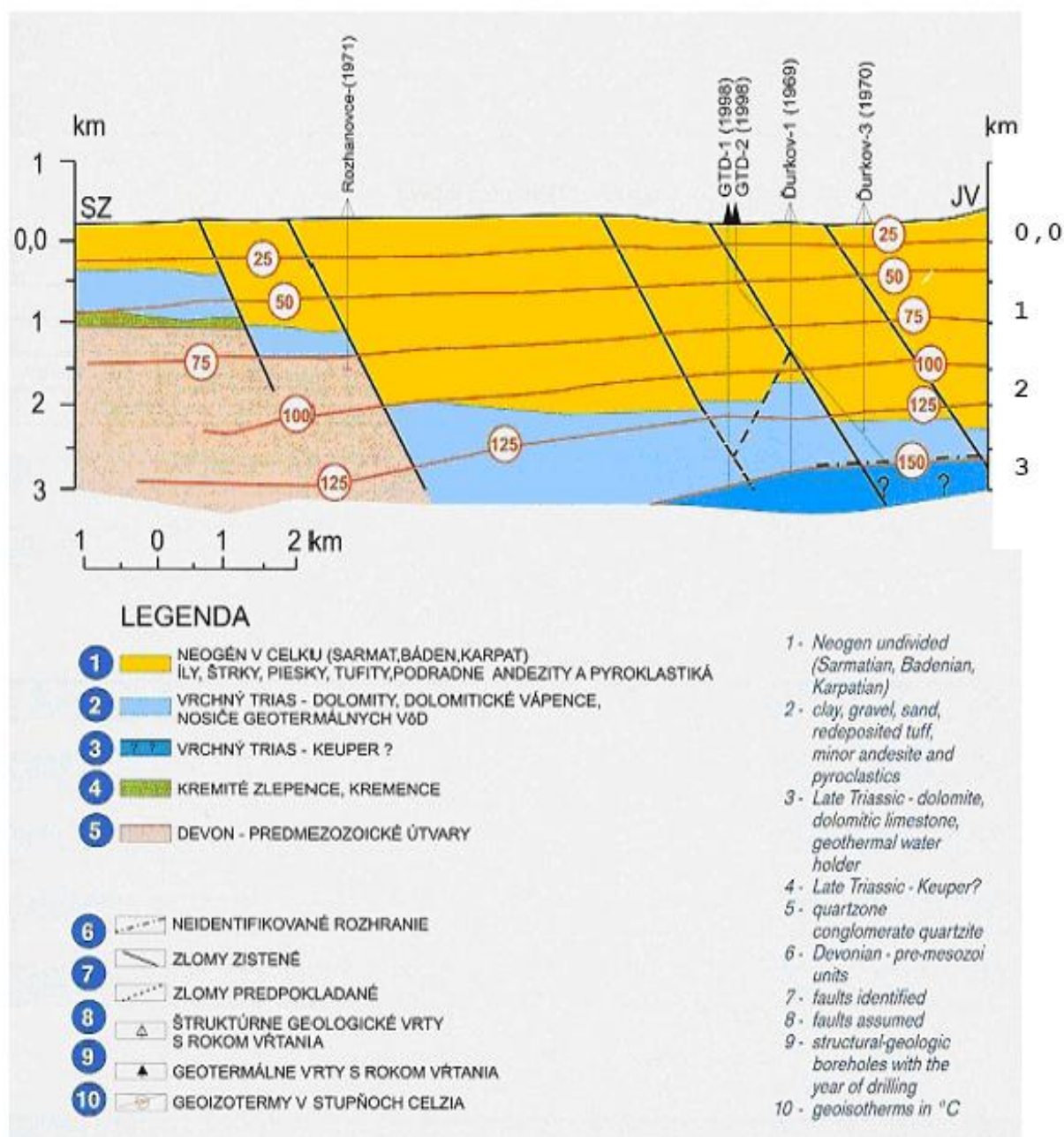
8 Prílohy



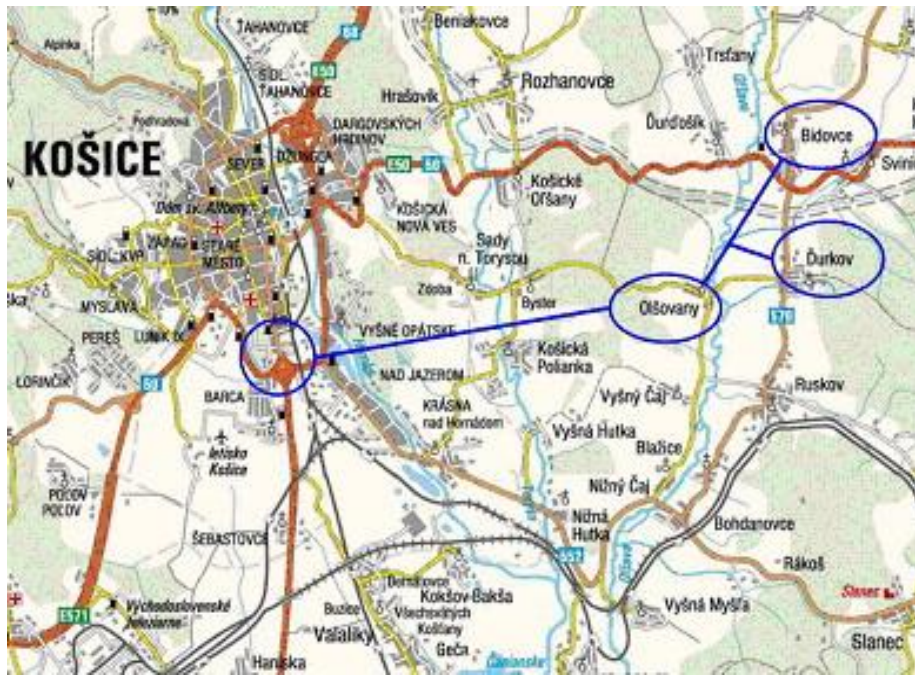
Obr. 1 Mapa tepelno-energetického potenciálu geot. vôd na SR
(<http://www.kvt.sjf.stuba.sk/WEB/Geotermalna%20energia.ppt>)



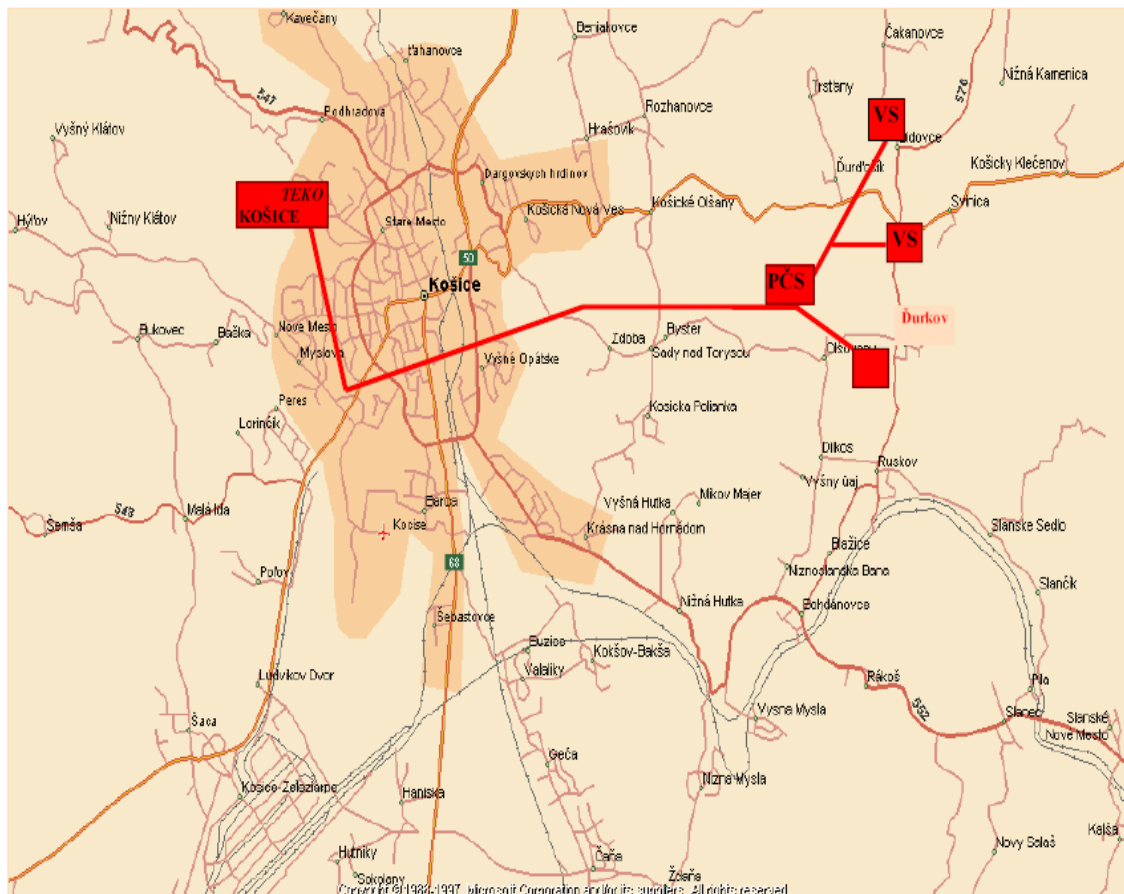
Obr. 2 Rozmiestnenie geotermálnych vrtov na území SR a ich teplotné charakteristiky
(<http://www.kvt.sjf.stuba.sk/WEB/Geotermalna%20energia.ppt>)



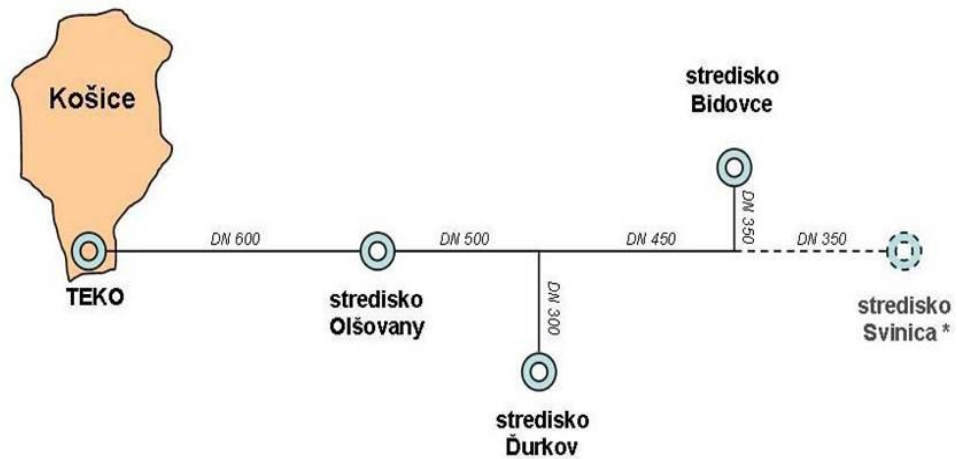
Obr. 3 Schematický hydrogeotermálny rez Košickou kotlinou (Dobra, Pinka, 2004)



Obr. 4 mapa lokalizácie projektu (Geoterm Košice, 2010)

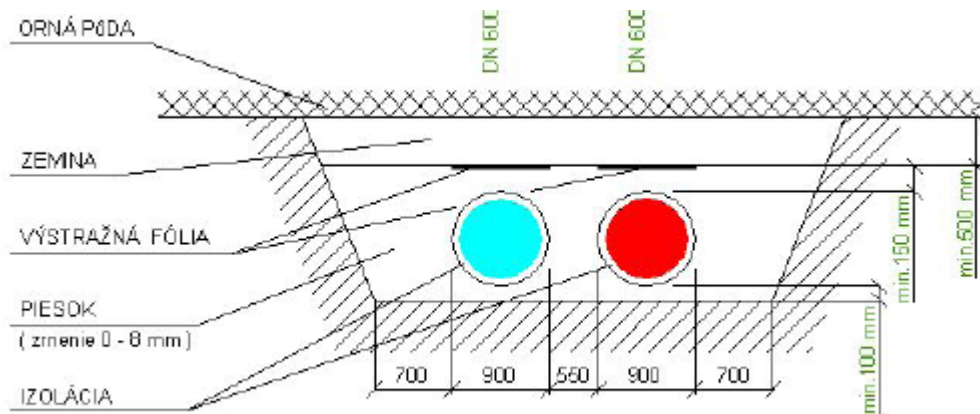


Obr. 5 Schéma plánovanej trasy horúcovodného potrubia (TEKO, 2006)



* uvažuje sa v prípade potreby zvýšenia kapacity resp. pre účely výroby elektrickej energie

Obr. 6 Schéma geotermálnych stredísk a teplovodov projektu (Geoterm Košice, 2010)



Obr. 7 Uloženie horúcovodného a vratného potrubia (TEKO, 2006)