

Revitalizácia vodného zdroja Lekárovce

Ladislav Tometz¹

Revival of the groundwater source Lekárovce

There are some important groundwater sources, supplying drinking water for inhabitants in the East - Slovakian region. The groundwater source near the village Lekárovce, situated in the water-bearing sandy gravel strata of a river Uh alluvium, is one of them. The source had been utilised intensively from 1961 and because of the long-standing exploitation three of its five wells depreciated. Three new wells, which hydrodynamical tests were realized on, were prepared for the revival purposes. A proposal for a sustained retrieval of the groundwater, based on the results of tests and analytical calculations and mathematical modelling, was given. It is recommended in given conditions to realize the retrieval of an groundwater amount of 30,0 liters per second for drinking purposes.

Key words: supplementary groundwater sources, proposal of retrieval amount, numerical modelling.

Úvod

Vo Východoslovenskom regióne, zvlášť v jeho najvýchodnejšej časti sa nachádza niekoľko významnejších zdrojov podzemných vôd využívaných pre hromadné zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Ich dlhodobou exploatáciou presahujúcou v niektorých prípadoch 20 - 30 rokov dochádza často na odberných objektoch k ich starnutiu a následnej potrebe vybudovania náhradných zdrojov.

Nemenej významnou sa v uvedených podmienkach javí aj ochrana zdrojov podzemnej vody, ktoré sú situované do prostredia s výraznou možnosťou ohrozenia ich kvality. V takýchto podmienkach sa nachádza aj zdroj podzemnej vody pri obci Lekárovce v Michalovskom okrese. Situovaný

je do náplavov rieky Uh na hraniciach Slovenska s Ukrajinou (obr.1). Zdroj pozostáva z piatich pôvodných exploatačných studní vybudovaných v rokoch 1961 až 1979. Dlhodobé využívanie zdroja výrazne poznačilo technický stav niektorých studní do takej miery, že v roku 1995 sa stali nefunkčnými. S cieľom revitalizácie a intenzifikácie vodného zdroja Lekárovce, jeho prevádzkovateľ - Východo-slovenské vodárne a kanalizácie - rozhodol o vybudovaní náhradných hydrogeologických vrtov. Predmetné práce boli realizované v rámci doplňujúceho hydrogeologického prieskumu (Šťastný a Tometz, 1995), ktorého úlohou bol aj návrh optimálnych podmienok využívania tohoto vodného zdroja.

Územie na ktorom je predmetný vodný zdroj vybudovaný sa nachádza v údolnej nive rieky Uh medzi obcou Lekárovce a štátnou hranicou Slovenska s Ukrajinou (obr.1). V zmysle regionálneho geomorfologického členenia je súčasťou celku Východoslovenská rovina a jeho časti Kapušanské pláňavy. Reliéf má charakter poriečnej nivy s fosílnymi agradačnými valmi. Priemerná nadmorská výška tu dosahuje hodnotu okolo 108 m n.m.

Z klimatického hľadiska patrí územie do oblasti teplej, okrsku teplého, mierne suchého s chladnou zimou. Klíma je nížinná s priemernou ročnou teplotou 9,5 °C a dlhodobým priemerným úhrnom zrážok 662 mm. Hydrologicky patrí územie do povodia Bodrogu, ktorého je Uh ľavostranným prítokom, s priemerným prietokom v roku 1995 31,8 m³.s⁻¹.

Geologická stavba

Na základe regionálneho geologického členenia Západných Karpát je územie súčasťou jednotky Východoslovenská panva (Vass et al., 1988) a na jeho stavbe sa podieľajú sedimenty neogénu a kvartéru.

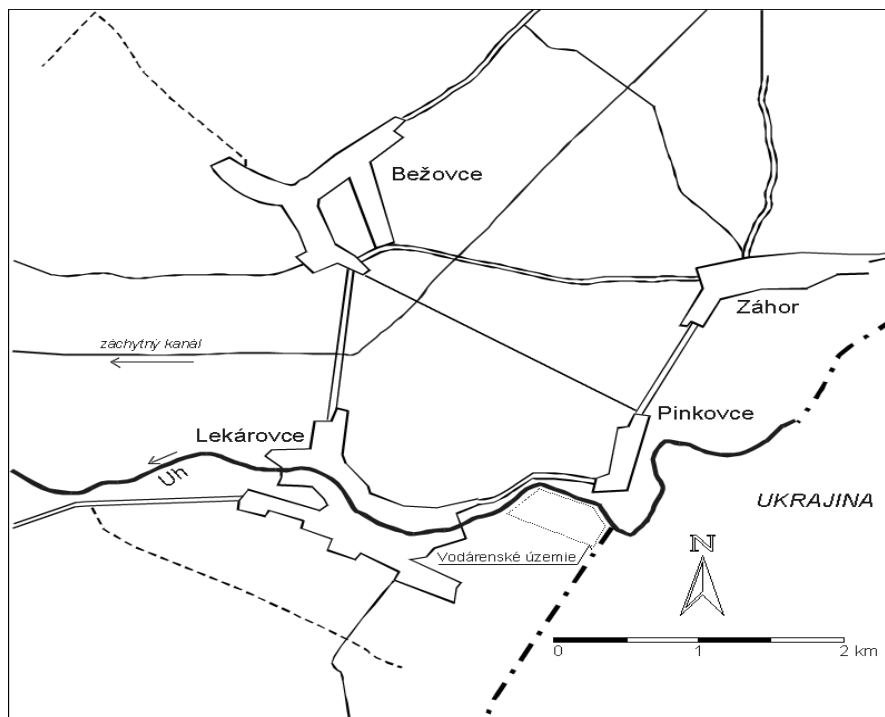
¹ Ing. Ladislav Tometz, Katedra geológie a mineralógie Fakulty BERG Technickej univerzity, Park Komenského 15. 043 84 Košice
(Recenzenti: RNDr. Ján Jetel, CSc. a Doc.Ing. Tibor Sasvári, CSc. Revidovaná verzia doručená 17.9.1997).

Neogén predstavujú molasové sedimenty čečehovského súvrstvia. Nachádza sa v podloží kvartérnych útvarov a predstavujú ho v podstatnej časti pestré íly s vložkami pieskov a štrkov.

Kvartérne útvary tu zastupujú fluvialne nívne sedimenty. Od povrchu terénu, spravidla do hĺbky max. 4,5 m sa nachádza hlina, v ktorej s prechodom do hĺbky (max. 8,5 m p.t.) pribúda piesčitá frakcia. Pod touto vrstvou sa nachádza štrk s výrazným podielom piesku. Hrúbka tohoto horizontu sa mení

v rozmedzí 3 - 6 m. Pod uvedeným štrkovým horizontom sa nachádza vrstva ílu 5 - 7 m hrubá. Druhý horizont, pozostávajúci z priepustných piesčitých štrkov, sa nachádza v rozmedzí hĺbok 23 - 27 m p.t. V podloží druhého štrkového horizontu sa nachádza íl, nesúci typické znaky neogénneho súvrstvia. Celková hrúbka kvartérnych sedimentov tu nepresahuje 35 m.

Do skúmaného územia okrajovo zasahuje zlomová tektonika SSZ - JJV smeru, s tzv. centrálnym ptrukšianskym zlomom neogénneho veku.



Obr.1. Situovanie záujmového územia.

Prírodné pomery záujmového územia

Preskúmanosť územia

Geologická preskúmanosť predmetnej časti Východoslovenskej nížiny je na pomerne dobrej úrovni. Základné poznatky o geologickej stavbe obsahujú práce, realizované v rámci zostavenia geologických máp v mierkach 1:200 000 (Čechovič et al., 1963) a 1:50 000 (Baňacký et al., 1989). V citovaných prácach sú podrobne uvedené aj práce lokálneho charakteru.

Prvé poznatky o hydrogeológii záujmového územia priniesli práce Porubského (1956) a Pospíšila (1967). Lokálnym prieskumom pre výstavbu vodného zdroja Lekárovce sa zaoberali Šťava (1961), Žák (1974) a Hrabková (1979). Najnovšie poznatky o hydrogeológii na vodárenskom území zhodnotili Šťastný a Tometz (1995) a vo vzťahu k znečisteniu a ochrane podzemných a povrchových vôd Uhu Ostrolucký (1994).

Hydrogeologické pomery

Prostredie na ktoré je v daných podmienkach viazaná podzemná voda predstavujú dva horizonty piesčitých štrkov. V prvom horizonte sa hladina podzemnej vody nachádza v hĺbke okolo

8,0 m p.t. a má charakter voľnej hladiny. Naopak pre druhý horizont je charakteristická napätá zvodeň so zistenou hladinou podzemnej vody v úrovni okolo 23,0 m p.t. Hydraulickú spojitosť oboch horizontov v súčasnom stave do značnej miery ovplyvňuje skutočnosť, že záujmové územie bolo v minulosti podrobené prieskumu s veľkým počtom hydrogeologických vrtov, ktoré umožňujú vzájomnú komunikáciu oboch zvodní. Uvedené práce poukázali na hodnoty hydraulických parametrov - koeficienta filtrácie v rozmedzí $k = 8 \cdot 10^{-4}$ až $4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pre oba horizonty, ktorých zrnitostné zloženie je podobné.

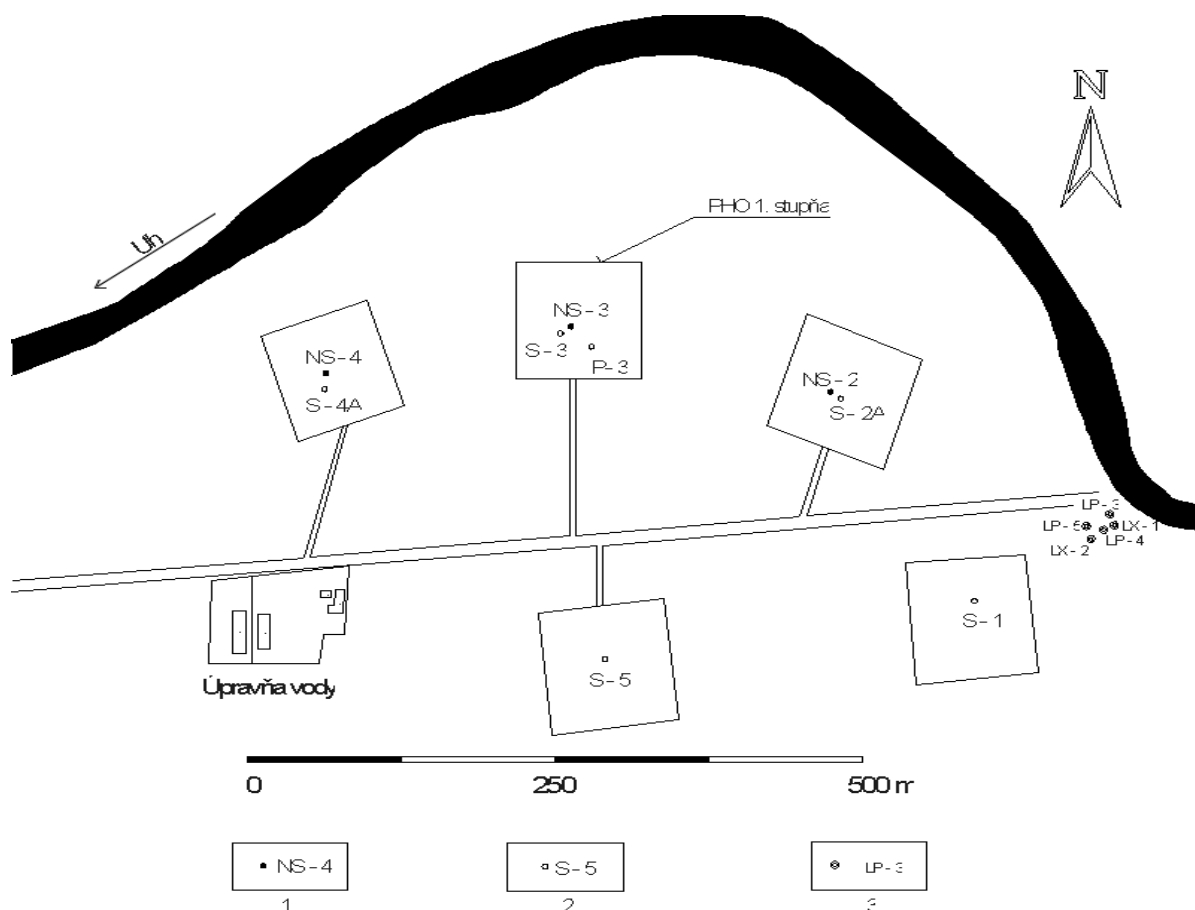
Smer prúdenia podzemnej vody stanovil vo svojej práci Ostrolucký (1994), a to od JJV k SSZ. Z hľadiska vzťahu povrchového toku Uh a podzemnej vody prevláda názor, že táto je v čase vyšších stavov vody v rieke jej vodami dotovaná a naopak, v čase minimálnych prietokov pôsobí rieka ako drén. Prieskumné práce v rámci realizácie a revitalizácie vodného zdroja Lekárovce overili možnosť, odoberať jedným vrtom 5 až $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody.

Kvalita podzemnej vody je do značnej miery ovplyvnená zvýšeným obsahom železa a mangánu. K ohrozeniu kvality podzemnej vody tu došlo v rokoch 1993 a 1994 v dôsledku ropných havárií na povrchovom toku Uh. Stanovisko k tejto problematike zaujal Ostrolucký (1994), keď závery uvedených prác dokumentovali, že vplyv znečistenia povrchového toku na predmetné zdroje podzemnej vody nebol preukázaný. Valita podzemnej vody sa v daných podmienkach vylepšuje pre jej použitie na pitné účely v miestnej úpravni.

Charakteristika vodného zdroja Lekárovce

Vodný zdroj Lekárovce je situovaný na ľavom brehu rieky Uh, keď jednotlivé odberné studne sa od nej nachádzajú vo vzdialenosti 150 - 200 m (obr. 2). Exploatačné objekty s označením S - 1 až S - 5 boli vybudované na základe prieskumných prác (Šťava, 1961; Žák, 1974; Hrabková, 1979). Dlhodobé intenzívne využívanie týchto studní sa odrazilo na ich technickom stave. Výrazná prítomnosť piesčitej frakcie štrkových súvrství a spôsob vystrojenia studní spôsobili ich postupné starnutie (zanášanie pieskom), čo bolo dôsledkom výrazného poklesu odoberateľného množstva. Výdatnosti studní s označením S - 2, S - 3 a S - 4 poklesli z pôvodných hodnôt pohybujúcich sa v rozmedzí $5 - 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pre jeden objekt, na hodnoty blízke $1,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. V danom stave sa prevádzkovateľ vodného zdroja rozhodol vybudovať náhradné zdroje podzemnej vody tak, aby boli situované do rovnakých hydrogeologických podmienok, s využitím už vymedzených hraníc pásiem hygienickej ochrany

1. stupňa a vodárenských rozvodov.(obr. 2).



Obr. 2: Situovanie studní, pozorovacích a prieskumných objektov na vodárenskom území Lekárovce. 1 - náhradné zdroje, 2 - pôvodné exploatačné studne a pozorovacie vrty, 3 - vrty prieskumu pre ochranu podzemných vôd.

Z toho dôvodu boli na začiatku roka 1995 vybudované v bezprostrednej blízkosti starých studní (S-2,3,4) náhradné zdroje s označením NS - 2, NS - 3 a NS - 4. Základné parametre o ich vŕtaní a vystrojení uvádza tabuľka č.1.

Tab.1. Základné technické parametre náhradných zdrojov.

Označenie vrtu	Hĺbka vrtu [m]	Otvorená časť výstroje od - do [m p.t.]	Litológia zvodneného horizontu
NS - 2	30,0	9,0 - 15,0 22,0 - 26,0	štrk piesčitý štrk piesčitý
NS - 3	32,0	8,0 - 12,0 23,0 - 27,0	štrk piesčitý až piesok so štrkom štrk hrubozrnný silne piesčitý
NS - 4	30,0	23,5 - 27,5	štrk slabo piesčitý

Všetky vrty boli realizované nárazovo-točivým spôsobom s priemerom vŕtania 508 mm a vystrojené ocelovou rúrou o priemere 324 mm, s použitím mostíkového filtra pre otvorenú časť výstroje. Ústie vrtov bolo do hĺbky 5 - 8 m p.t. vyplnené ílovým tesnením. Medzikružie v ostatnej časti medzi vrtom a výstrojou bolo vyplnené obsypom (štrčíkom) o zrnitosti 8 - 15 mm, za účelom vytvorenia prirodzeného filtra, zabraňujúceho vniku piesčitých častíc do studne.

Následne po vrtných prácach boli na nových objektoch vykonané hydrodynamické skúšky, aby sa overil technický stav studní a určili základné hydraulické parametre zvodneného prostredia, ako aj návrhli parametre (zníženie hladín a odoberateľné množstvá podzemnej vody), potrebné pre realizáciu spoločnej čerpacej skúšky ako rozhodujúceho podkladu pre návrh exploatačného

množstva. Charakteristické údaje o samostatných čerpacích skúškach a vypočítaných hodnotách hydraulických parametrov uvádza tabuľka č.2.

Tab.2. Charakteristické údaje o samostatných čerpacích skúškach.

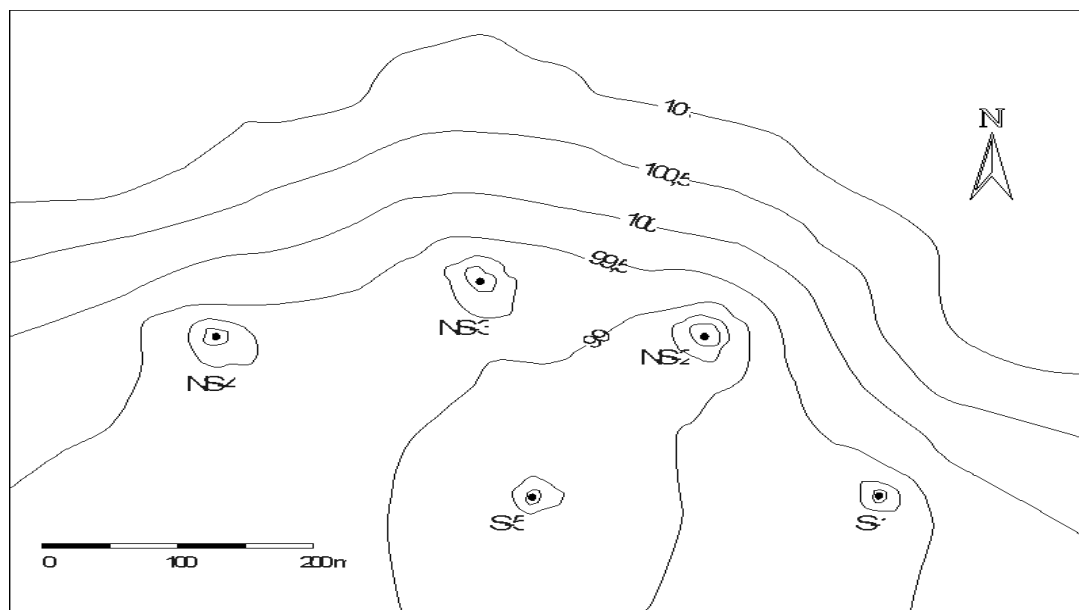
Studňa	Výdatnosť $Q [l.s^{-1}]$	Zníženie [m p.t.]	Koef.prietočnosti $T \cdot 10^{-3} [m^2.s^{-1}]$	Koeficient filtrácie $k \cdot 10^{-4} [m.s^{-1}]$
NS - 2	10,64	3,35	4,1	4,1
NS - 3	6,91	2,19	2,5	3,1
NS - 4	6,25	5,19	2,3	5,7

Po zhodnotení výsledkov samostatných čerpacích skúšok, ktoré overili dobrý technický stav nových studní a podali výsledky pre spoločné čerpanie, bol zahájený spoločný odber podzemnej vody zo všetkých funkčných objektov, teda aj studní S - 1 a S - 5, ktoré v tom čase prevádzkovala miestna vodáreň s úpravňou. Ako vstupné údaje pre návrh exploatačného množstva podzemnej vody zo zdroja Lekárovce boli použité výsledky spoločnej čerpacej skúšky (tab. 3).

Tab.3. Charakteristické údaje o spoločnej čerpacej skúške.

Studňa	Výdatnosť $Q [l.s^{-1}]$	Zníženie [m]
NS - 2	11,21	4,13
NS - 3	6,89	3,74
NS - 4	6,25	6,44
S - 1	4,65	2,52
S - 5	4,65	2,81

Izolínie zníženia hladiny podzemnej vody na konci spoločnej čerpacej skúšky sú znázornené na obr. 3.



Obr.3. Izolínie zníženia hladiny podzemnej vody na konci čerpacej skúšky.

Návrh optimálneho využívania vodného zdroja Lekárovce

Pri návrhu optimálneho využívania zdroja podzemnej vody vodárenského územia pri obci Lekárovce sa vychádzalo z kritérií, ktoré zohľadňujú hydrogeologické pomery, hydraulické vlastnosti zvodneného prostredia, kvantitatívne a kvalitatívne ukazovatele. Samotný návrh je obmedzený na stanovenie prevádzkových výdatností s príslušnými hodnotami zníženia hladín podzemnej vody v exploatačných objektoch.

Pred návrhom je potrebné prijať schematizáciu skúmanej hydrogeologickej štruktúry tak, aby bola úloha riešiteľná dostupnými hydraulickými metódami. Schematizácia bola určená nasledovne:

- Zvodnený kolektor je homogénny, s premenlivou hrúbkou v rozmedzí 4 - 10 m.
- Kolektor je ohraničený z jednej strany riekou, ktorá predstavuje okrajovú podmienku I. druhu ($H = \text{konšt.}$).
- Priemerný koeficient prietochnosti zvodneného kolektora $T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.
- Nedokonalosť hydraulickej komunikácie zvodnenca s napájacou hranicou je simulovaná jej odsunutím o 100 m.

Spracované boli dva návrhy optimálneho odoberateľného množstva podzemnej vody dvoma nezávislými metódami, a to analyticky, vychádzajúc zo všeobecných poznatkov prúdenia vody k studni pre neustálené prúdenie v napätej zvodni (Theisova studňová rovnica) s aplikáciou pre poloohraničenú zvodnenú vrstvu s lineárnou hranicou typu $H = \text{konšt.}$ (Jetel, 1982) a na základe matematického modelovania prúdenia podzemnej vody k predmetným odberným objektom.

Pre analytické riešenie bola použitá rovnica [1] v tvare

$$s = 0,366 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{\rho}{r}, \quad [\text{m}], \quad [1]$$

kde :

s - celkové zníženie pri ideálnej okrajovej podmienke [m],

Q - odoberané množstvo podzemnej vody [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

T - koeficient prietochnosti [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],

ρ - vzdialenosť medzi pozorovacím vrtom a zrkadlivo zobrazeným čerpacím vrtom [m],

r - polomer čerpaceho vrtu [m].

Dosadením vstupných hodnôt do uvedenej rovnice boli vypočítané hodnoty exploatačného zníženia, ktoré uvádza tabuľka č.4.

Tab.4. Vstupné a výsledné hodnoty pre výpočet exploatačného zníženia analytického riešenia.

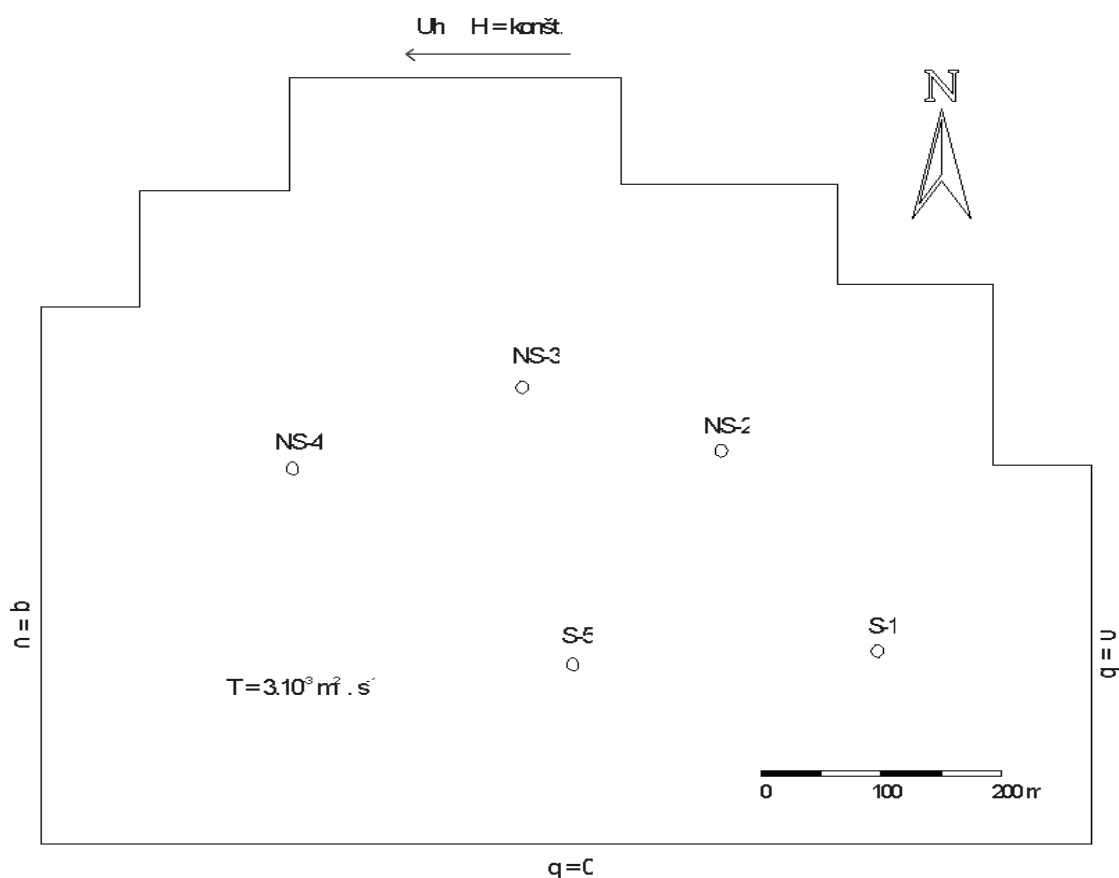
Studňa	Výdatnosť $Q \cdot 10^{-3} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Koef.prietoch. $T \cdot 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$	Vzdialenosť $\rho [\text{m}]$	Polomer studne $r [\text{m}]$	Zníženie $s [\text{m}]$
NS - 2	11,21	4,1	600	0,162	3,57
NS - 3	6,89	2,5	700	0,162	3,67
NS - 4	6,25	2,3	600	0,162	3,55
S - 1	4,65	2,6	900	0,210	2,38
S - 5	4,65	2,5	900	0,210	2,47

Porovnaním vypočítaných hodnôt zníženia so skutočne dosiahnutými hodnotami počas čerpacích skúšok (tabuľka č. 3) kde ich hodnoty sa až na vrt NS - 4 výrazne neodlišujú. Použitú metódu možno aplikovať aj pre výpočet exploatačného množstva, ktoré zohľadňuje minimálne prietochné množstvo vody v povrchovom toku U_h . Tento sa v daných podmienkach javí ako jediný zdroj dotácie podzemných vôd. Hodnoty odporučených znížení a vypočítaného odberného množstva uvádza tabuľka č. 5.

Tab.5. Výsledné hodnoty exploatačných množstiev analytického riešenia.

Studňa	Odporučené zníženie $s [\text{m}]$	Exploatačné množstvo $Q [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$
NS - 2	3,0	9,5
NS - 3	3,0	5,6
NS - 4	3,0	5,1
S - 1	2,0	4,5

S - 5	2,0	4,5
SUMA	-	29,2



Obr.4. Schéma modelu pre určenie exploatačných parametrov metódou sieť s 25 x 17 výpočtovými blokmi o rozmeroch max. (100 x 100) m a min.(5 x 5) m.

Hodnoty odporučených znížení boli volené podľa hodnôt znížení, dosiahnutých pri čerpacích skúškach, s ohľadom na úzku hydraulickú spojitosť podzemnej vody s vodou v povrchovom toku. Úrovni odporučeného znížení hladiny podzemnej vody (97,5 m n.m.) odpovedá úroveň hladiny v povrchovom toku okolo hodnoty 101,0 m n.m. čo predstavuje priemerný stav.

Druhou, nezávislou metódou stanovenia exploatačných parametrov (zníženie a výdatnosť) bolo matematické modelovanie. Riešenie prúdenia podzemnej vody k predmetným odberným objektom bolo vykonané na základe metodiky zostavenej Šťastným. Použitý bol program pre PC, s vyššie uvedenou schematizáciou. Modelovanie bolo urobené pre ustálené prúdenie a dvojrozmernú úlohu. Kolektor bol rozdelený na (25 x 17) výpočtových blokov, pričom odberné objekty boli simulované odberom z blokov veľkosti (5 x 5) m. Schéma modelu je znázornená na obr. 4.

Pre získanie návrhu optimálneho zníženia hladiny podzemnej vody v exploatačných studniach bolo dosadené v prvej fáze riešenia sumárne odberné množstvo vody, neprevyšujúce $30,0 \text{ l.s}^{-1}$. Takto boli dosiahnuté hodnoty znížení pri zodpovedajúcich výdatnostiach podľa tabuľky č. 6.

Tab.6. Výsledné hodnoty exploatačného zníženia pri modelovom riešení s navrhovaným sumárnym odberným množstvom vody $30,0 \text{ l.s}^{-1}$.

Studňa	Výdatnosť $Q [\text{l.s}^{-1}]$	Zníženie [m]
NS - 2	10,0	3,85
NS - 3	6,0	3,82
NS - 4	6,0	3,79
S - 1	4,0	2,81

S - 5	4,0	2,71
-------	-----	------

Analytickým a modelovým riešením bola preukázaná možnosť prevádzkového čerpania hodnotených exploatačných studní v sumárnom množstve 29,2, resp. 30,0 l.s⁻¹. V podmienkach reálneho dlhodobého odberu je limitujúcim faktorom zníženie hladiny podzemnej vody na úroveň vyššiu, ako 97,0 m n.m. t.j. v rozmedzí úrovne 9 - 11 m p.t.

Z hľadiska perspektívneho zvýšenia odoberateľného množstva podzemnej vody na záujmovom území sa javí ako najvýhodnejšia možnosť intenzifikácie zdroja v oblasti (PHO 1. stupňa) studne S - 1, ktorá je situovaná v podobných podmienkach, ako studňa NS - 2, s najväčšou dokumentovanou výdatnosťou (viac ako 10 l.s⁻¹). Takáto intenzifikácia umožňuje predpokladať zvýšenie odberného množstva až do rozsahu 35 - 40 l.s⁻¹.

Modelovým riešením uvedeného stavu pri určení sumárneho odoberateľného množstva v hodnote 38 l.s⁻¹ boli dosiahnuté hodnoty zníženia uvedené v tabuľke č.7.

Tab.7. Výsledné hodnoty exploatačného zníženia určeného modelovým riešením pri uvažovanom sumárnom odbernom množstve 38,0 l.s⁻¹.

Studňa	Výdatnosť Q [l.s ⁻¹]	Zníženie s [m]
NS - 2	10,0	4,05
NS - 3	6,0	3,56
NS - 4	6,0	5,21
S - 1	10,0	4,75
S - 5	6,0	3,67

Záver

Práce realizované v rámci revitalizácie zdroja podzemnej vody, slúžiaceho na pitné účely, nachádzajúceho sa pri obci Lekárovce, potvrdili pôvodné znalosti o hydrogeologických pomeroch záujmového územia. Vybudovaním náhradných exploatačných studní (NS - 1, 2 a 3) a vykonaním hydrodynamických skúšok na týchto objektoch sa overila možnosť exploatovať zo všetkých studní predmetného vodného zdroja výrazne väčšie množstvo podzemnej vody, ako bolo možné odoberať za posledné desaťročie.

Výsledky hydrodynamických skúšok, analytického riešenia a matematického modelovania poukázali na možnosť dlhodobého odoberania podzemnej vody zo všetkých využívaných objektov (NS-2, NS-3, NS-4, S-1 a S-5) v množstve 30,0 l.s⁻¹ pri dodržaní prevádzkového zníženia hladiny podzemnej vody na úrovni 97,5 m n.m.

Modelovým riešením bola preukázaná aj možnosť odberu využiteľného množstva podzemnej vody z vodného zdroja Lekárovce v množstve 38,0 l.s⁻¹, pri predpoklade dokonalého overenia hydraulických vlastností zvodneného prostredia v okolí jestvujúcich exploatačných studní S-1 a S-5.

Literatúra

- Bañacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Straka, P., Škvarka, L., Šucha, P., Vass, D., Vozárová, A. a Vozár, J.: Vysvetlivky ku geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov 1:50 000. *GÚDŠ Bratislava, 1989.*
- Čechovič, V., Bouček, B., Franko, O., Fusán, O., Kullman, E., Kuthan, M., Kvitkovič, J. a Zorkovský, V.: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR, 1:200 000, list Trebišov - Čierna. *GÚDŠ Bratislava, 1963.*
- Hrabková, T.: Lekárovce, hydrogeologický prieskum pre získanie zdrojov podzemnej vody. *Manuskript - Geofond, Bratislava, 1979.*
- Jetel, J.: Určovanie hydraulických parametrov hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. *ÚÚG Praha, 1982, s. 118 – 120.*

- Šťastný, V. a Tometz, L.: Lekárovce - hydrogeologický prieskum, doplňujúce zdroje podzemnej vody. Manuskript - archív VVaK Košice, 1995.
- Ostrolucký, J.: Lekárovce - Pinkove - Uh, prieskum pre ochranu podzemnej vody. *Manuskript - archív Geoconsultu Košice, 1994.*
- Porubský, A.: Hydrogeologický prieskum náplavov Uhu. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1956.*
- Pospíšil, J.: Lekárovce - V. Kapušany, hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1967.*
- Šťava, J.: Lekárovce - hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1961.*
- Vass, D., Began, A., Gross, P., Kahan, Š., Köhler, E., Lexa, J. a Nemčok, J.: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR. *SGÚ, GÚDŠ - Geofond, Bratislava, 1988.*
- Žák, A.: Lekárovce - doplňujúci hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1974.*