



45



9. MEDZINÁRODNÁ BANÍCKA KONFERENCIA 9th INTERNATIONAL MINING CONFERENCE

ROZMIESTNENIE ZDROJOV PODZEMNÝCH VÔD NA VÝCHODNOM SLOVENSKU A ICH VYUŽITEĽNOSŤ

GROUNDWATER RESOURCES DISTRIBUTION IN THE EAST SLOVAKIA AND THEIR EXPLOITABILITY

Ján Jetel¹ a Ladislav Tometz²

Abstract: Uneven spatial distribution of groundwater resources in the East Slovakia is unfavourable to their economical exploitability. Hitherto, the assessment of groundwater resources in particular regions expresses only the groundwater amount and quality without taking into account the dispersal of catchworks. The authors suggest to express the spatial concentration of groundwater exploitation points by several quantitative indices for complementing the resources assessment.

Prehľadné zobrazenie rozmiestnenia využívaných zdrojov podzemných vôd na obr. 1 naznačuje priestorovú nerovnomernosť výskytu týchto zdrojov, odrážajúcu pestrosť geologickej stavby a morfológie povrchu územia východného Slovenska s výskytom najrôznejších typov hornín od kryštalinika po kvartérne sedimenty od nížin až po vysokohorský reliéf. Nerovnomernosť sa prejavuje aj v rozdielnych kvantitatívnych charakteristikách týchto zdrojov, čo dokumentujú výsledky početných regionálnych prieskumov ([1], [2], [3], [4], [5], [7], [9], [12], [14], [18], [19], [21]) a prognózných štúdií ([10], [11], [13], [22] a i.).

Kryštalinické horniny budujú predovšetkým Spišsko-gemerské rudohorie a Vysoké Tatry, v menšej miere Branisko, Čiernu horu a Zemplínske vrchy. V granitoidoch a ich metamorfitoch sa obeh podzemných vôd viaže na pripovrchovú zónu zvýšenej priepustnosti zasahujúcu zväčša do hĺbok okolo 40-60 m. Výdatnosť vrtov má spravidla rozpätie 0,1-3 l.s⁻¹, ojedinele na zlomoch dosahuje až 10 l.s⁻¹, výdatnosti prameňov prevažne nepresahujú 0,5 l.s⁻¹, výnimočne prevyšujú 1 l.s⁻¹. Menej priaznivé pomery vykazujú paleozoické epimetamorfity (s výnimkou tektonicky porušených metavulkanitov s výdatnosťami vrtov do 1 l.s⁻¹, ojedinele do 3 l.s⁻¹).

Významné hydrogeologické štruktúry s krasovo-puklinovou priepustnosťou sú budované mezozoickými karbonátmi. Pri využití podzemných vôd tu má značný význam zachytenie prameňov, ktorých výdatnosť sa pohybuje od niekoľko l.s⁻¹ až po niekoľko stoviek l.s⁻¹ [22]. Veľká časť vôd karbonátových komplexov je drénovaná povrchovými tokmi. Pre nestálosť výdatnosti krasových prameňov sa využitie optimalizuje realizáciou exploatačných vrtov, kde sa často na trvalý odber odporúčajú výdatnosti až okolo 50-100 l.s⁻¹ na 1 vrt.

Najväčší plošný rozsah majú flyšové horniny centrálnokarpatského paleogénu a vonkajšieho flyšu. Vzťah priepustnosti týchto hornín a ich litológie je veľmi zložitý. Ukázalo sa, že v značnej časti skúmaných

¹ RNDr. Ján Jetel, CSc., Geologická služba Slovenskej republiky, regionálne centrum Košice, Werferova 1, 040 11 Košice. Tel. 095/437 877

² Ing. Ladislav Tometz, Katedra geológie Fakulty BERG TU Košice, Park Komenského 15, 043 84 Košice. Tel.: 095/6332721

regiónov a litostratigrafických členov paleogénu neplatí najmä v pripovrchovej zóne tradičná predstava o antagonizme priepustných pieskovcov a slabo priepustných ílovcov a prachovcov, takže rastúci podiel pieskovcov nevedie k rastu priemernej priepustnosti a niekedy má dokonca opačný efekt [16], [19], [6]. Väčšie výdatnosti sa viažu na priebeh tektonicky podmienených puklinových zón v dolinách. Priemerná výdatnosť pripadajúca na 1 vrt leží zväčša v rozpätí 0,5 - 3 l/s.

Neogénne panvy vyplňujú prevažne ílovité sedimenty fungujúce ako hydrogeologické izolátory, s polohami pieskových, štrkových a pieskovcových kolektorov. Hydraulické vlastnosti hornín vykazujú značnú variabilitu, výdatnosti jednotlivých vrtov majú široké rozpätie - najčastejšie okolo 0,2 - 10 l.s⁻¹ ([12], [13], [17]" a k). Hydraulické parametre neovulkanitov Slanských a Vihorlatských vrchov sú značne závislé od tektonického porušenia. Predstavy o významne vyššej priemernej priepustnosti andezitov oproti komplexom vulkanoklastík sa novšími prácami [16] nepotvrdili. Priemerná výdatnosť na 1 vrt dosahuje najčastejšie 2 - 8 l.s⁻¹, ojedinele (na "zlomových pásmach) môže významne prekročiť hodnotu 10 l.s⁻¹.

Najvýznamnejšími kvartérnymi kolektormi sú fluviaálne štrky a piesky v dnových výplniach nív väčších tokov. Osobitné postavenie majú silne priepustné glaci-fluviaálne sedimenty predpolia Vysokých Tatier, dosahujúce hrúbku niekoľko sto metrov. Hrúbka fluviaálnych zvodnencov na dolných tokoch riek môže dosahovať až niekoľko desiatok metrov s prevahou piesčitej frakcie nad štrkovou. Smerom k horným úsekom tokov hrúbka zvodnencov klesá (najčastejšie na 3 - 10 m) a zvyšuje sa podiel štrkovej frakcie. V juhovýchodnej a južnej časti územia a v doline Popradu možno z fluviaálnych zvodnencov ziskávať jedným vrtom aj niekoľko desiatok l.s⁻¹, v ostatných úsekoch údolných nív riek sú charakteristické výdatnosti 1- 0 l.s⁻¹ na 1 vrt.

Z uvedeného prehľadu a z obr. 1 vyplýva, že priestorové rozmiestnenie využiteľných zdrojov podzemných vôd na východnom Slovensku je veľmi nepravidelné nielen z hľadiska rozdielov medzi jednotlivými hydrogeologickými celkami, ale aj vnútri týchto celkov. Nepravidelnosť rozmiestnenia sa nepriaznivo premieta do ekonomických aspektov využitia zdrojov a riešenia priestorových koncepcií vodárenského zásobovania predovšetkým rastom nákladov na exploataciu pri rastúcej rozptýlenosti v dôsledku potreby realizácie väčšieho počtu záchytných objektov a väčšej dĺžky rozvodnej siete.

Doterajšie spôsoby oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody berú do úvahy iba celkovú sumu využiteľného množstva a jeho kvalitu. Aj keď je spravidla vypočítané využiteľné množstvo špecifikované z hľadiska výdatností jednotlivých konkrétnych jestvujúcich alebo fiktívnych objektov, samotná rozptýlenosť zdrojov sa kvantitatívne nevyjadruje a nie je hodnotená ako samostatný ukazovateľ. Podľa nášho názoru by bolo účelné nabadúce doplniť oceňovanie využiteľného množstva podzemnej vody kvantitatívnym vyjadrením rozptýlenosti zdrojov, resp. ich priestorovej koncentrácie niektorým z ukazovateľov, ktoré navrhujeme.

Určitém nepriamym ukazovateľom rozptýlenosti zdrojov je sčasti modul využiteľného množstva q_v , stanovený ako podiel využiteľného množstva a príslušnej plochy (l.s⁻¹.km⁻²). Týmto spôsobom je kartograficky vyjadrená potenciálna produktivita v jednotlivých hydrogeologických rajónoch v „Mape využiteľných zásob podzemnej vody Slovenska“ [24]. Tento ukazovateľ však ešte neinformuje priamo o stupni rozptýlenosti zdrojov, ale skôr o rozdieloch v úrovni vodohospodárskej produktivity medzi jednotlivými rajónmi.

Najjednoduchším priamym ukazovateľom rozptýlenosti využiteľných zdrojov podzemnej vody v jednotlivých územiach je počet n objektov (vrtov, studní a prameňov), ktorými má byť zachytené vypočítané využiteľné množstvo podzemnej vody Q . Pre vzájomnú porovnateľnosť rozptýlenosti vyjadrenej počtom objektov n v územiach s rozdielnymi využiteľnými množstvami a s rozdielnymi plochami je potom vhodným ukazovateľom priemerná výdatnosť Q_i pripadajúca na jeden záchytný objekt, t. j. celkové využiteľné množstvo delené počtom uvažovaných exploatačných objektov (Q/n). Ukazovateľom koncentrácie zdrojov je podiel priemernej výdatnosti jedného objektu Q_i na celkovom využiteľnom množstve Q , t. j. pomer Q_i/Q , ktorý sa súčasne rovná recipročnej hodnote počtu objektov, t. j. $1/n$.

Praktickým príkladom použitia najjednoduchších ukazovateľov rozptýlenosti a koncentrácie zdrojov môžu byť hodnoty, ktoré sme ako príklad stanovili z údajov ocenenia využiteľných zdrojov hydrogeologického rajónu P 122 Paleogén povodia Svinky [7]. Pre plochu 274 km² tu bolo stanovené v kategórii C₂ a C₁ využiteľné množstvo 152 l.s⁻¹ s uvažovaným odberom zo 129 jestvujúcich alebo fiktívnych objektov (vrtov a prameňov). Modul využiteľného množstva má hodnotu $q_v = 0,55$ l.s⁻¹.km⁻². Prvým ukazovateľom rozptýlenosti zdrojov je tu počet exploatačných objektov $n = 129$, priemerná výdatnosť na 1 objekt sa rovná

$Q_i = 152/129 = 1,18$ l.s⁻¹, koncentráciu zdrojov vyjadriť bezrozmerný ukazovateľ $Q_i/Q = 1/n = 0,0078$. Pri vyjadrení rozptýlenosti a koncentrácie zdrojov obdobnými charakteristikami možno porovnávať jednotlivé územia aj podľa uvedených aspektov ekonomiky využitia, čo by bolo nesporne osožné pri plánovaní vodárenských investícií a pri územnom riešení koncepcií zásobovania vodou. Pre orientáciu sme vyrátali uvedené charakteristiky aj pre niektoré iné územia paleogénu. Tak napr. pre paleogén Spišskej Magury [19] je pri $Q = 94$ l.s⁻¹ a $q_v = 0,24$ l.s⁻¹.km⁻² $n = 130$, $Q_i = 0,72$ l.s⁻¹ a $Q_i/Q = 0,0077$. Vyššiu koncentráciu vykazuje skúmaná časť Čergova [5], kde pri $Q = 180$ l.s⁻¹ a $q_v = 0,78$ l.s⁻¹.km⁻² vyjde $n = 71$, $Q_i = 2,54$ l.s⁻¹ a $Q_i/Q = 0,014$.

Ďalší vývoj charakteristík na hodnotenie koncentrácie a rozptýlenosti využiteľných zdrojov podzemnej vody by mohol vychádzať z princípov vyjadrenia rozptýlenosti v iných geologických aplikáciách matematickej štatistiky [20]. Bolo by možné používať napr. Fisherov „ukazovateľ rozptýlenosti“ [8]: pre územie rozdelené na N štvorcov rovnakej veľkosti, v ktorom je rozmiestnený celkový počet bodov n , ho definuje vzťah $(\sum f_i x_i^2 - M \sum f_i x_i) / M$, kde $x_i = 0, 1, 2, 3 \dots$ (počet bodov v štvorci), $f_i =$ počet štvorcov obsahujúcich x_i bodov, $M = n/N$. Jeho hodnota klesá s rozptýlenosťou bodov, takže v skutočnosti ide o ukazovateľ koncentrácie.

Na rozptýlenosť záchytných objektov by bolo možné aplikovať aj princíp relatívnej informačnej entropie, ktorý Pelto [23] navrhol používať pri mapovaní mnohozložkových systémov. Pre naše účely rozdelíme územie s celkovým počtom n jestvujúcich a fiktívnych záchytných objektov na N rovnakých štvorcov. V každom štvorci stanovíme z počtu objektov n_i v danom štvorci (pri $n_i \neq 0$) hodnotu $p_i = n_i/n$ a z ich sumy stanovíme relatívnu informačnú entropiu $H_r = -(\sum p_i \ln p_i) / \ln N$. Hodnota H_r sa pohybuje od 0 pri maximálnej koncentrácii (všetky objekty v jedinom štvorci) až po $H_r = 1$ pri maximálnej rozptýlenosti (vo všetkých štvorcoch rovnaký počet objektov). Bude však treba optimalizovať počet a rozmer používaných štvorcov.

Naznačené spôsoby hodnotenia rozptýlenosti a koncentrácie zdrojov v jednotlivých územiach nie sú náročné a aj preto odporúčame ich zavedenie do komplexu hydrogeologického hodnotenia jednotlivých rajónov. Ďalší aspekt exploatačnej ekonomiky - vzdialenosť záchytných území od potenciálnych miest spotreby - by však mal byť vecou projektanta-vodohospodára, lebo už priamo nesúvisí s hydrogeologickým hodnotením.

Literatúra

- [1] Bajo, I., Bujalka, P., Haluška, M.: Hydrogeológia neovulkanitov Slanských a Vihorlatských vrchov. *Miner. slov., Monografia 1, Bratislava, 1983, 126 s.*
- [2] Bajo, I., Cibulka, L.: Nízke Beskydy - oblasť Stropkov - Svidník - vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1985.*
- [3] Bajo, I., Cibulka, L.: Nízke Beskydy - oblasť Zborov - vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript - archív Geoconsult Košice, 1987.*
- [4] Bajo, I. et al.: Vihorlat - Popričny - vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript - archív Geoconsult Košice, 1976.*
- [5] Bajo, I. et al.: Paleogén Čergova - hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geoconsult Košice, 1994.*
- [6] Bajo, I., Jetel, J.: Nové hydrogeologické poznatky z východného Slovenska. *Miner. slov., 27, 6, 1965, s. 425-428.*
- [7] Cibulka, L. et al.: Paleogén povodia Svinky - hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1993, 172 s.*
- [8] Fisher, R. A.: Statistical methods for research workers. *Oliver & Boyd, Edinburgh, 1946.*
- [9] Frankovič, J.: Čierna hora - hydrogeológia. Záverečná správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu s ocenením zásob podzemných vôd. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1981.*
- [10] Halečka, J.: Prognózy zdrojov pitných vôd v okrese Stará Ľubovňa a ich možné využitie do r. 2010. *Manuskript - archív VVaK Košice, 1990, 88 s.*
- [11] Halečka, J.: Prognózy zdrojov pitných vôd v okrese Poprad a ich možné využitie do roku 2010. *Manuskript - archív VVaK Košice, 1991, 102 s.*
- [12] Halešová, A.: Neogén a kvartér východnej časti Košickej kotliny. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1984.*
- [13] Halešová, A., Petrivaldský, P.: Košice - prognóza zdrojov pitnej vody v okrese. *Manuskript - archív VVaK Košice, 1991, 64 s.*
- [14] Haluška, J.: Slanské pohorie - hydrogeológia. Záverečná správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu. *Manuskript - archív Geoconsult Košice, 1980.*
- [15] Jetel, J.: Nové poznatky hydrogeologického výskumu na východnom Slovensku a v karpatskom flyši. In: M. Kaličiak (ed.): *Geologický výskum východného Slovenska - Výsledky a perspektívy. GÚDŠ Bratislava, 1992, s. 91-113.*
- [16] Jetel, J.: Priepustnosť a prietoknosť neovulkanitov v južnej časti Slanských vrchov. *Geol. Práce, Spr. 98, Bratislava, 1993, 37-44.*
- [17] Jetel, J.: Hydrogeológia. In: M. Kaličiak (ed.): *Vysvetlivky ku geologickej mape Slanských vrchov a Košickej kotliny - južná časť, 1:50 000. Vydav. D. Štúra, Bratislava, 1996, s. 123-158.*
- [18] Jetel, J., Molnár, J., Vranovská, A.: Hydrogeologický výskum Hornádskej kotliny - záverečná správa. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1990, 288 s.*
- [19] Jetel, J., Nemčok, J., Tkáč, J.: Hydrogeologický výskum Spišskej Magury - záverečná správa. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1993, 222 s.*
- [20] Miller, R. L., Kahn, J. S.: Statistical analysis in the geological sciences. *Wiley & Sons, New York, 1962.*

- [21] Neupauer, E. et al.: Levočské vrchy - vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1990.*
- [22] Orvan, J.: Okr. Rožňava - prognóza zdrojov pitnej vody do roku 2010. *Manus. - VVaK Košice, 1992, 71s.*
- [23] Pelto, C. R.: Mapping of multicomponent systems. *J. Geol., 62, 5, Chicago, 1954.*
- [24] Šuba, J. et al.: Mapa využiteľných zásob podzemnej vody Slovenska. *SHMÚ Bratislava, 2. vyd., 1990.*