

Zhodnotenie režimu podzemnej vody kvartérnej nivy Váhu v úseku Liptovský Hrádok — Okoličné

IGOR MUCHA*—RASTISLAV PAVELEK**

Evaluation des eaux souterraines de la terrasse quaternaire du Wag située entre Liptovský Hrádek et Okoličné

La contribution présente l'évaluation des eaux souterraines de deux localités — Liptovský Hrádok et Okoličné — dans le but de vérifier les résultats de la recherche hydrogéologique de base et d'estimer les réserves d'eaux souterraines. On utilise l'analogie hydraulique différentielle à l'aide de l'intégrateur hydraulique et l'analogie continue électrique sur le papier conducteur en se servant d'appareillage EMPO.

Východiskové údaje

Študované územie leží v Liptovskej kotline, ktorá má horský charakter a je odvodňovaná riekou Váh. Kotlinu tvorí centrálno-karpatský paleogén, vystupujúci v štyroch odlišných litofaciálnych súvrstviach. Kvartér kotliny tvoria eluviálne a deluviálne sedimenty, pleistocénne riečne terasy a mladé fluválne náplavy jednotlivých údolí.

Lokalita Závažná Poruba — Uhorská Ves v celkovej ploche 2,144 km² sa nachádza na ľavom brehu Váhu a je ohraničená zo severu Váhom, z juhu odvodňovacím kanálom, záchytným drénom a terasovým stupňom, od SZ Váhom a odpadovým kanálom. Južnú časť okrajovej podmienky okrem toho ovplyvňuje drenážna sústava, ktorej plošné rozmiestnenie nepoznáme.

Výška terénu sa pohybuje od kóty 587,70 m n. m. na sz. okraji až po kótu 606,00 m n. m. na jv. okraji územia. Spád územia od Uhorskej Vsi po dolný okraj územia je 4,4 ‰.

Lokalitu tvoria riečne náplavy (A.TUŽINSKÝ 1972), ktorých šírka je priemerne 900 až 1000 m. Hrúbka náplavov kolíše od 3,50—9,30 m a náplavy tvoria povodňová hlina, ktorej mocnosť kolíše od 0,30 m do 2,0 m. Hlina je jemne piesočná a obsahuje obliaky štrku. Pod touto vrstvou náplavovej hlíny sa nachádza štrk, ktorý je vo vyšších polohách silne zahlinený, v nižších polohách prechádza do piesočnatého štrku. Piesočnatý štrk je veľmi dobre zvodnený. Koeficienty filtrácie sa pohybujú rádovo 10⁻⁴—10⁻³ m/s (V. BANSKÝ 1970).

Podzemná voda prúdiaca v riečnych náplavoch s hladinou v hĺbke 1,0—2,9 m vytvára laterálny prúd s Váhom a je napájaná z troch základných zdrojov:

- a) brehovou infiltráciou z Váhu a Štiavnice,
- b) vsakovaním atmosférických zrážok,

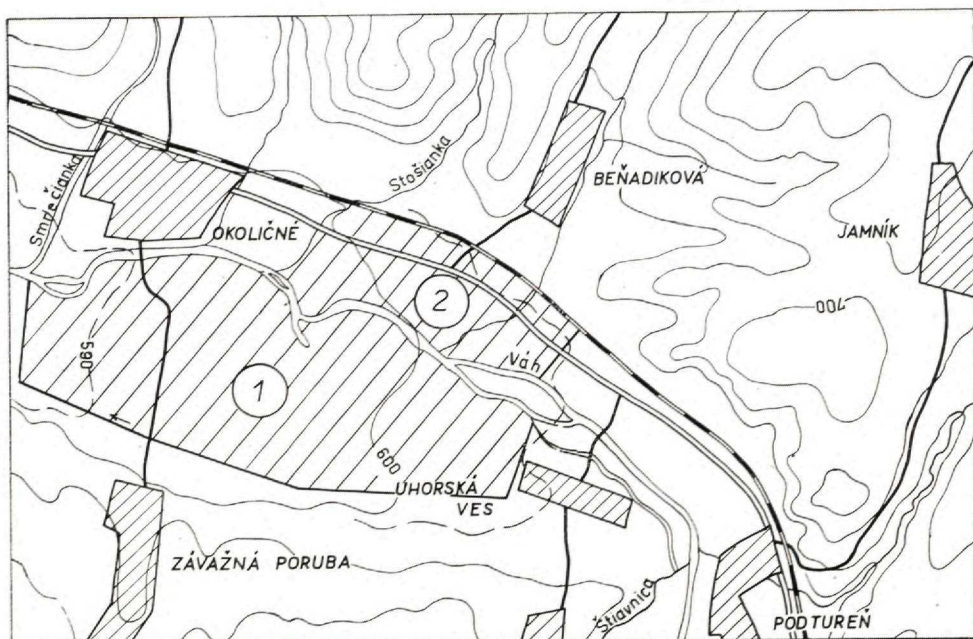
* RNDr. Igor Mucha, CSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, 811 00 Bratislava, Zadunajská 15.

** Ing. Rastislav Pavelek, Geologický ústav UK, 811 00 Bratislava, Zadunajská 15.

c) prítokom z terasy na j. okraji ovplyvneným drenážnym systémom a odvodňovacím kanálom zaústeným do Váhu.

Z hydraulického hľadiska možno režim prúdenia podzemnej vody charakterizovať ako neustálené nerovnomerné prúdenie podzemnej vody s voľnou hladinou po nepriepustnom podloží. Nepriepustné podložie tvoria flyšové sedimenty centrálno-karpatského paleogénu v ílovcovej fácií a je uklonené v smere toku rieky.

Ako sme už uviedli, úlohu sme riešili metódou hydraulickej analógie modelovaním na hydraulickom integrátore systému Lukjanova (M. A. VEVIOROVSKAJA — I. P. KRAVČENKO — S. A. RUMJANCEV 1962; I. MUCHA et al. 1974).



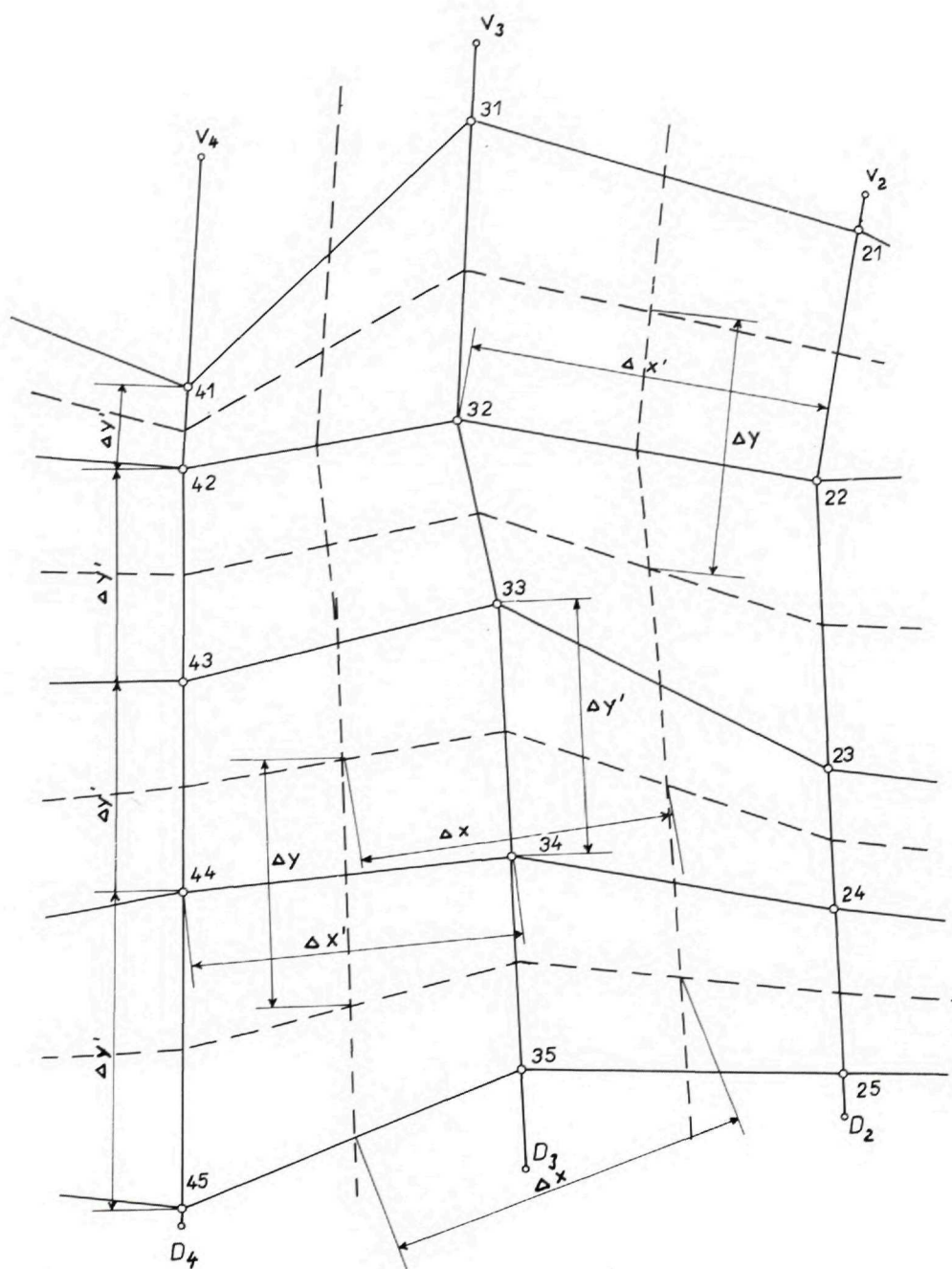
Obr. 1 ▲

Okrajové podmienky riešenia tvorí Váh na S územia a hlavný zvodný drén na jv. strane územia (obr. 1 a 3—5), ktorý do km 2,320 ide ako otvorený kanál, od km 2,320 ide v smere na vrt HV—9 ako drén (obr. 3—5). Okrajovou podmienkou na tomto úseku je spojnice kóty priemernej hladiny v odpadovom kanáli 596,30 m n. m. a kóty priemernej hladiny vo vrte HV—9 601,65 m n. m. (obr. 6).

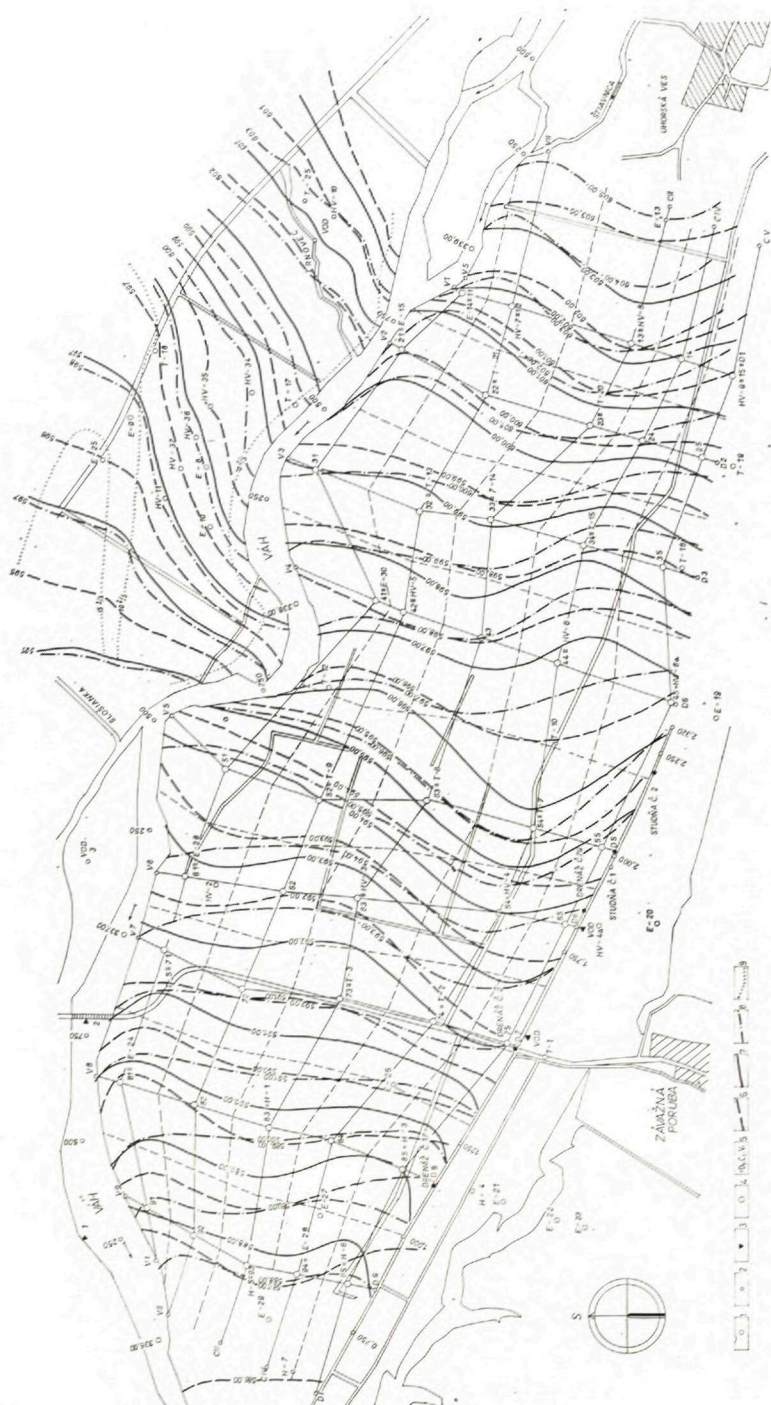
Celá okrajová podmienka drenáže, ktorá zároveň stabilizuje vplyv prítoku z terasy, je modelovaná priemernou hladinou (obr. 6 a tab. 1). Okrajová podmienka Váhu (obr. 6) bola modelovaná na hydraulickom integrátore ako časový priebeh hladiny z roku 1969 s verifikáciou k 12. IV. 1969.

Ako minimálny stav bola použitá výška hladiny vody na Váhu k 14. III. 1960 (dlhoročné minimum), maximálny stav k 26. VII. 1960 (50-ročná voda) a priemerný stav k 30. IV. 1969 (tab. 2 a obr. 6).

Zrážky ako samostatný zdroj napájania podzemnej vody sme nebrali do úvahy, pretože okrajová podmienka (v poľnohospodárskej drenáži) znižuje a pri vyšších stavoch takmer vylučuje vplyv zrážok.



Obr. 2



Obr. 3

Lokalita Stošice — Beňadiková sa nachádza na pravom brehu Váhu (obr. 1). Jej celková plocha je 0,8072 km². Terén územia stúpa od okraja z kóty 597,50 m n. m. až po kótu 607,00 m n. m. na sv. okraji.

Povrch územia (A. TUŽINSKÝ 1972) tvorí jemne piesočnatá hlina, miestami ílovitá, s mocnosťou až 2 m, pod ktorou sa nachádza štrk fluvialných náplavov v celkovej mocnosti 8,7—11,10 m. Štrk je slabo vytriedený, veľkosť obliakov kolíše od 2 do 15 cm. Vo vrchných partiách je štrk silne zahlinený. Podložie štrku lokality tvorí centrálnokarpatský paleogén. Povrch nepriepustného podložia je uklonený v smere toku Váhu a od svahov k rieke. Hladina podzemnej vody je v hĺbke 2,7—5,9 m pod povrchom územia. Koeficient filtrácie sa rádo pohybuje okolo 10⁻⁴ m/s (A. TUŽINSKÝ 1972).

Režim podzemnej vody má približne rovnaký charakter ako na lokalite Závažná Poruba — Uhorská Ves. K okrajovej podmienke Váhu (obr. 3—6, tab. 2), ktorá je od rieč-

Tab. 1

Okrajová podmienka	Drenáž	Staničenie v km	Kóta priemernej hladiny v m n. m.
1	2	3	4
D ₁	Drén	3,130	601,65
D ₂		2,930	600,34
D ₃		2,665	598,57
D ₄		2,370	596,62
D ₅	Otvorený kanál	2,005	594,40
D ₆		1,810	593,40
D ₇		1,505	591,97
D ₈		1,040	589,10
D ₉		0,860	588,05
D _I		0,485	585,88

Tab. 2

Číslo okrajovej podmienky	Tok	Staničenie v km	Vodný stav			Priemerný výškový rozdiel medzi okraj. podmienkami v m
			Minimálny 14. III. 60 v m n. m.	Priemerný 30. IV. 69 v m n. m.	Maximálny 26. VII. 60 v m n. m.	
1	2	3	4	5	6	7
V _{II}	Váh	339,290	604,13	604,45	605,56	2,12
V _I		338,935	601,97	602,33	603,37	0,33
V ₁		338,900	601,63	602,00	603,20	1,10
V ₂		338,700	600,57	600,90	602,15	1,88
V ₃		338,360	598,72	599,02	600,25	1,42
V ₄		338,110	597,03	597,60	598,90	3,25
V ₅		337,535	593,85	594,35	595,45	1,50
V ₆		337,155	592,33	592,85	593,85	1,00
V ₇		337,013	591,33	591,85	593,04	1,75
V ₈		336,655	589,70	590,10	591,20	1,20
V ₉		336,400	588,45	588,90	590,00	2,20
V _{I'}		336,165	586,20	586,70	588,05	0,20
V _{II'}		336,050	586,10	586,50	587,60	

neho km 337,4 až po riečny km 339,25 totožná pre obe lokality, sa pri riešení priraduje ako okrajová podmienka potoka Stošianka na sv. okraji územia a okrajová podmienka potoka Trnovec pred sv. okrajom územia s priemerným sklonom 4 %. Úlohu sme riešili pomocou elektrickej analógie na vodivom papieri (I. MUCHA et al. 1974) zariadením EMPO a pre vodné stavy na Váhu k 12. IV. 1969 (verifikácia modelu), priemerný stav k 30. IV. 1969, maximálny stav k 26. VII. 1960 a minimálny k 14. III. 1960.

Metodika a výsledky riešenia

Riešená úloha lokality Závažná Poruba — Uhorská Ves je z hydraulického hľadiska veľmi blízka dvojrozmernej plošnej úlohe.

Pri riešení úlohy je celá plocha lokality 1 pokrytá výpočtovou sieťou, ktorá tvorí sústavu nepravidelných štvoruholníkov (obr. 3—5). V uhlových bodoch štvoruholníkov výpočtovej siete sú na modeli umiestnené nádoby, ktoré reprezentujú akumuláciu schopnosť zvodnej vrstvy a jej zmeny na ploche štvoruholníka ohraničeného týmito bodmi (obr. 2). Hlavným kritériom pri rozmiestnení uzlových bodov bola poloha siete hydrogeologických vrstov a pozorovacích trúbok hladiny podzemnej vody na území (obr. 3—5).

Bolo rozmiestnených 44 merných bodov. Priečne siete s brehovou čiarou Váhu na s. strane, drenážou na s. strane, ako i priečne siete so spojnicou V_{II} — drenáž na str. V a V_{II} — drenáž na z. strane určujú miesta na napojenie okrajových podmienok a majú číselné označenie podľa profilov výpočtovej siete.

Na výpočet odporov zvodnenej vrstvy v prírode medzi dvoma uzlovými bodmi boli použité tieto vzorce:

$$R_x = \frac{\Delta x'}{T \Delta y}; \quad R_y = \frac{\Delta y'}{T \Delta x}, \quad (1)$$

kde T — koeficient prietochnosti (m^2/s)

$\left. \begin{array}{l} \Delta x' \\ \Delta y' \end{array} \right\}$ dĺžky filtračnej cesty medzi dvoma uzlovými bodmi (obr. 2)

$\left. \begin{array}{l} \Delta x \\ \Delta y \end{array} \right\}$ šírka úseku zvodnenej vrstvy v priečnom smere na $\Delta x' \Delta y'$ (obr. 2)

Voľný objem zeminy jednotlivých dielov územia okolo uzlových bodov siete sme vypočítali z výrazu:

$$C = m \Delta x \Delta y \quad (2)$$

Hodnotu m sme použili podľa V. BANSKÉHO (1970) ako koeficient akumulácie $m = 0,23$. Na modelovanie času sme zvolili jeho mierku

$$\alpha_T = \frac{t_p}{t_m} = 10,$$

kde t_p — čas v dňoch v prírode

t_m — čas v minútach na integrátore

Vypočítané hodnoty hydraulického odporu R ($deň/m^2$) voľného objemu zeminy C (m^2) a mierky času α_T ($deň/min$) sme dosadili do výrazu pre mierku času v tvare

$$\alpha_T = \frac{R \cdot C}{Q \cdot \omega} \quad (4)$$

a určili sme mierku podobnosti plôch vyjadrujúcich voľný objem zeminy v prírode a na integrátore tak, že sa $10\,000\,m^2$ v prírode rovná $1\,cm^2$ na integrátore.

Mierku podobnosti výšok sme zvolili 1 : 40, teda zmene výšky hladiny v piezometri (uzlový bod výpočtovej siete) o 1 mm zodpovedá zmena výšky hladiny podzemnej vody v prírode o 4 cm.

Okrajová podmienka výpočtovej siete bola vytvorená diferencovane na okrajoch výpočtovej siete, ale kontinuálne v čase. Okrajová podmienka drenáže označená D_1 — D_9 a D_I (tab. 1, obr. 3—6) bola vytvorená prepadmi s konštantnou výškou pri vyšších vodných stavoch zodpovedajúcou priemernej hladine vody v dréne a odvodňovacom kanáli (obr. 6). Pri minimálnom stave hladín podzemnej vody hladina klesá pod drenážny systém, čo bolo samočinne modelované poklesom hladiny na prepadoch, a tým ich vyradením z činnosti.

Okrajová podmienka na Váhu bola modelovaná diferencovane na okrajoch výpočtovej siete, ale kontinuálne v čase (tab. 2, obr. 3—6). Časový priebeh kolísania hladiny bol modelovaný kontinuálne pre tri rozličné časti okrajovej podmienky Váhu, a to podľa kolísania V_{II} (spolu s V_I , V_1), podľa V_2 (V_3 , V_4 , V_5) a podľa V_6 (V_7 , V_8 , V_9 , V_I , V_{II}). Okrajová podmienka C_{III} a C_{IV} bola modelovaná lineárnou výškou hladiny medzi V_{II} a D_I C_{III} C_V (zodpovedajúcou bodom na drenáži v km 3,43, obr. 6 a situácia na obr. 3—5).

Okrajová podmienka drenáže je komplikovaná najmä preto, že do nej ústi zo záujmového územia plošná drenážna sústava neznámeho tvaru a priebehu, ako i neznámeho hydraulického vplyvu na vlastnú zvodnenú vrstvu. Jej vplyv sa prejavil hlavne pri verifikácii modelu (výškové nezhody v uzloch výpočtovej siete) a pri spätnom prepočte hodnôt koeficienta prietochnosti. Vplyv drenáže sa takto bral do ohľadu pri verifikácii modelu zmenou hydraulických odporov.

Model sme verifikovali pre nestacionárne okrajové podmienky zodpovedajúce vodnému stavu na Váhu k 12. IV. 1969 (obr. 3). Výsledkom verifikácie je zmena hydraulických odporov oproti pôvodne vypočítaným, a tým i zmena pôvodne určených koeficientov prietochnosti (obr. 5). Pretože sme nepoznali účinok plošnej drenáže pri okrajovej podmienke drénu a charakter jv. okraja medzi drénom v km 3,43 a okrajovou podmienkou Váhu V_{II} , verifikáciou určené hydraulické odpory (a tým i vypočítané hodnoty koeficienta prietochnosti) zobrazujú spoločný odpor zvodnenej vrstvy a drenáže pre verifikovaný vodný stav. Výrazne sa to prejavuje hlavne medzi bodmi výpočtovej siete D_{II} —95, C_{III} —13 a 44—54. Čiastočný vplyv drenáže vidieť tiež medzi bodmi 85—95, 65—75, 55—65, 45—55 a 15—25. Pri verifikácii na vyšší vodný stav by sa prejavil vplyv drenáže podstatne viac a naopak. Verifikácia ďalej preukázala plošnú anizotropiu hodnôt koeficienta prietochnosti. Koeficient

Tab. 3

Číslo okrajovej podmienky	Vodný stav							
	Minimum 14. III. 60		Minimum 26. VII. 1960		Priemer 30. IV. 1969		Verifikácia 12. IV. 1969	
	kóta	SJ %	kóta	SJ %	kóta	SJ %	kóta	SJ %
V_{II}	604,13	64,52	605,45	79,80	604,45	65,80	604,33	65,32
V_I	601,97	55,88	603,37	61,48	602,33	56,92	602,23	56,92
V_1	601,63	54,52	603,20	60,80	602,00	56,00	601,88	55,52
V_2	600,57	50,28	602,15	56,60	600,90	51,60	600,78	51,12
V_3	598,72	42,88	600,25	49,00	599,02	44,08	598,87	43,48
V_4	597,03	36,12	598,90	43,60	597,60	38,40	597,45	37,80
V_5	593,85	23,40	595,45	29,80	594,35	25,40	594,15	24,60
V_6	592,33	17,32	593,85	23,40	592,85	19,40	592,65	18,60
V_7	591,33	10,32	593,05	20,20	591,85	15,40	591,65	14,60

prietočnosti v smere pozdĺž Váhu je priemerne 1,6-krát vyšší ako v smere kolmo na Váh (bez uvažovania hodnôt ovplyvnených drenážou). Ukazuje sa, že najvyššie hodnoty koeficienta prietočnosti sú okolo bodov 52, 62, 72, 63 a medzi bodmi 23, 33, 34, 44 (obr. 5). Príslahlá časť k brehu Váhu má nižšie hodnoty koeficienta prietočnosti, čo môže byť spôsobené dopĺňujúcim hydraulickým odporom koryta Váhu (kolmatácia, neúplné zarezanie). Presnosť verifikácie je veľmi dobrá, výnimky sú výsledkom hlavne vplyvu drenáže, napr. v bodoch 64 a 74 (porovnaj obr. 3). V bodoch 11 a 21 je pravdepodobne chyba v meraní prírodných stavov.

Hydraulický model možno považovať za verifikovaný, pretože 17-krát sa model zhodoval s prírodou, 37-krát bol rozdiel medzi modelom a prírodou menší alebo rovný ± 5 cm, 40-krát bol rozdiel menší alebo rovný ± 10 cm. Teda pri chybe ± 10 cm má model s prírodou 90,92 % totožnosť. Anomálie, ktoré predstavujú hodnotu 6,8 %, sú pri verifikácii modelu v dovolených hraniciach a mohla ich spôsobiť tiež chyba pri meraní v prírode alebo niektoré neznáme a neuvažované faktory (drenáž, mŕtve ramená).

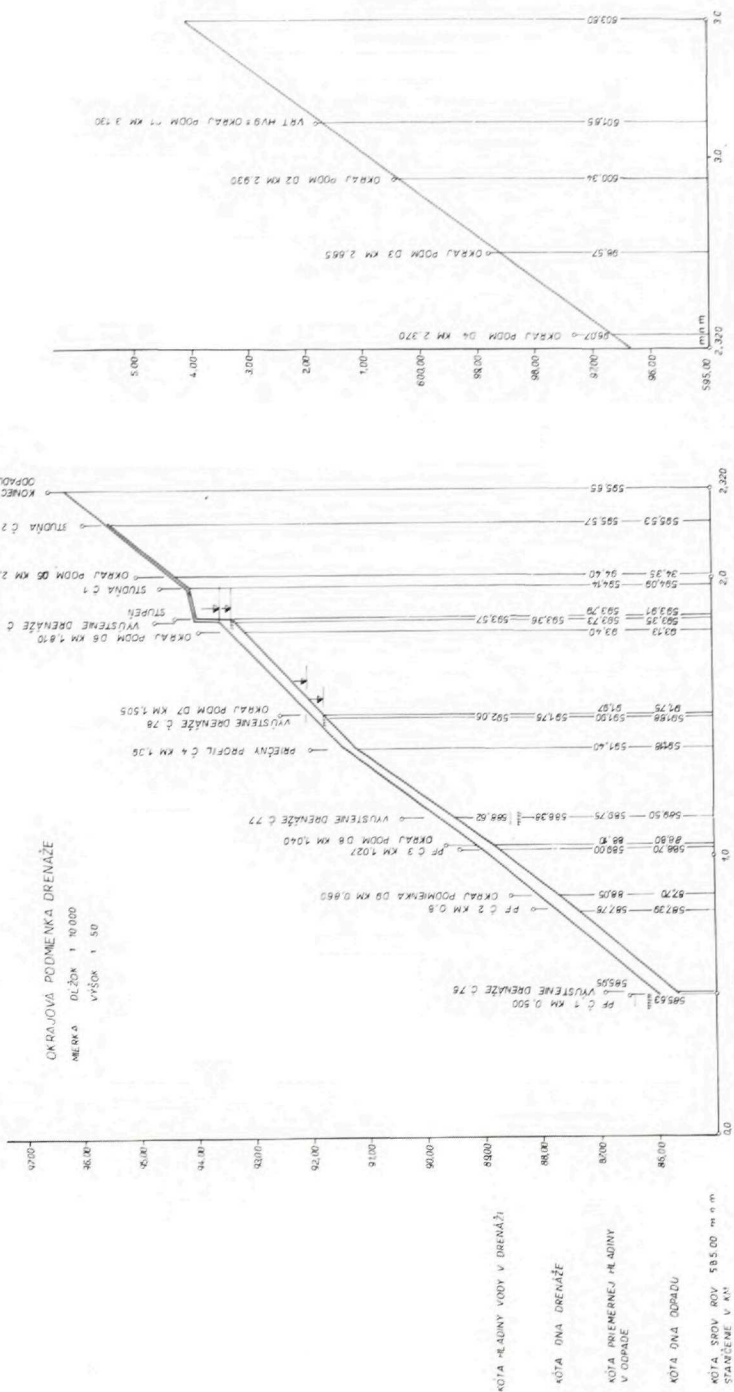
Riešenie minimálneho stavu hladín podzemnej vody bolo vykonané pre minimálny vodný stav vo Váhu (dlhodobé minimum), ktorý bol 14. III. 1960. Riešenie sa uskutočnilo pre stacionárny stav minima a prirodzený pokles hladiny pod úroveň drenáže. Vplyv drenáže, verifikovaný zníženými odpormi, sa prejavil hlavne medzi bodmi výpočtovej siete 64–74. Pretože nepoznáme hydraulické vlastnosti drenáže v tomto úseku, predpokladáme jej účinok i pri minimálnom stave.

Výsledok modelovania predstavuje ustálený minimálny limitný stav hladiny podzemnej vody pre dlhodobé minimum okrajovej podmienky. Skutočný stav hladiny podzemnej vody 14. III. 1960 sa bude rovnať alebo bude v bodoch výpočtovej siete vyšší. Výsledky hydroizohypsy (obr. 4) ukazujú, že podzemná voda prúdi laterálne s Váhom a že v miestach nárazových brehov v meandri voda infiltruje do územia a opačne.

Riešenie priemerného stavu hladiny podzemnej vody bolo vykonané pre okrajové podmienky k 30. VI. 1969, čo predstavuje dlhodobú priemernú hladinu na Váhu. Riešenie bolo vykonané pre stacionárny stav okrajových podmienok a pri účinku drenáže. Porovnanie hydroizohýps prírodného nestacionárneho a modelovaného stacionárneho stavu (obr. 3 a 4) poukazuje na rozličný vplyv drenáže pri rozličnom vodnom stave a na predchádzajúce kolísanie prirodzenej hladiny podzemnej vody, prípadne na nepresnosti v meraní na pozorovacích objektoch.

Riešenie maximálneho stavu hladiny podzemnej vody (obr. 4) bolo vykonané pre okrajové podmienky k 26. VII. 1960, čo predstavuje 50-ročnú vodu na Váhu. Okrajová podmienka Váhu bola modelovaná stupňovite pre jednotlivé okrajové podmienky výpočtovej siete konštantne v čase a rovnako aj okrajová podmienka drenáže. Riešenie predstavuje limitný stacionárny maximálny stav hladiny podzemnej vody. Riešenie neuvažuje zaplavenie územia, ako to bolo napr. pri povodni 29. VI. 1958. Pri riešení v niektorých bodoch vystúpila piezometrická tlaková výška (hladiny podzemnej vody) nad terén. Priebeh hydroizohýps (obr. 4) poukazuje na infiltráciu po celej dĺžke Váhu a na účinok drenáže. Celkový smer prúdenia podzemnej vody je tým stočený čiastočne smerom k drenáži.

Prúdenie podzemnej vody lokality Stošice — Beňadiková bolo modelované metódou elektrického modelovania polí na vodivom papieri (MUCHA et al. 1974) so základným merným odporom 80 000 Ω . Riešenie sme vykonali simulovaním filtračnej lokality postupnou zmenou filtračného prostredia podľa daných a predpokladaných hydrogeologických pomerov. Podľa testov vykonaných na modeloch z vodivého papiera sme uvažovali s 5 % nepresnosťou spôsobenou nehomogenitou papiera. Stacionárna okrajová podmienka Váhu bola vytvorená kontinuálnym lineárnym napätím medzi jednotlivými bodmi okrajovej podmienky uvedenej v tab. 3, tab. 2 a znázornená na obr. 3. Sklon hladiny vody



Obr. 6a



Obr. 6b

v potoku Stošianka a Trnovec sa modeloval taktiež lineárnym deličom napätia s hodnotou sklonu 4 ‰ . Ostatnú oblasť splňujúcu podmienku $H/x = 0$ sme ohranili ukončením papiera, a tým i prúdového poľa.

Takto realizovaný matematický model filtračnej oblasti sme transformovali na tzv. strojový tvar metódou normovaných premenných na bezrozmerný tvar. Túto bezrozmernú závislú premennú možno priamo zobraziť ako výstupnú veličinu počítačovej jednotky vyjadrenú v častiach strojovej jednotky alebo v %. Potom rozsah počítača — strojová jednotka $SJ = 100 \text{ ‰}$ bola priradená rozdielu výšok 25 m, takže $1 \text{ m} = 4 \text{ ‰ SJ}$ a to 0 ‰ pre kótu 588,0 m n. m. a 100 ‰ pre kótu 613,00 m n. m. Okrajové podmienky sú zahrnuté v tabuľke 3.

Tab. 4

Studňa	Kóta hladiny podzemnej vody 12. IV. 1969	Kóta dosiahnutá pri verifikácii	Rozdiel (m)
1	2	3	4
HV—10	600,24	600,72	+ 0,48
HV—34	598,73	598,70	— 0,03
HV—35	598,18	598,12	— 0,06
HV—36	597,57	597,58	+ 0,01
HV—37	597,22	597,16	— 0,06
HV—11	596,64	596,71	+ 0,07

Tab. 5

Studňa	Kóta hladiny podzemnej vody pri vodnom stave na Váhu			
	Priemerný 30. 4. 1969 prírodný	Priemerný 30. 4. 1969 modelovaný	Minimálny 14. 3. 1960 modelovaný	Minimálny 26. 7. 1970 modelovaný
HV—10	600,64	601,20	600,75	602,73
HV—34	598,88	598,89	598,60	600,11
HV—35	598,35	598,33	597,98	599,33
HV—36	597,79	597,79	597,40	599,01
HV—37	597,39	597,33	596,92	598,50
HV—11	596,89	596,83	596,40	598,02

Tab. 6

Vrt	Použité východiskové hladiny na verifikáciu				
	Kóta hladiny 12. 4. 1969	Kóta terénu	Hrúbka (m)	k (m/s)	T (m ² /s) 12. 4. 1969
HV—10	600,24	604,71	11	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$7,44 \cdot 10^{-3}$
HV—34	598,73	601,21	8,7	$1,41 \cdot 10^{-2}$	$8,77 \cdot 10^{-3}$
HV—35	598,18	602,13	9,8	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$8,13 \cdot 10^{-3}$
HV—36	597,57	601,63	9,6	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$5,07 \cdot 10^{-3}$
HV—11	596,64	600,78	9,0	$0,59 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-3}$
HV—37	597,22	601,17	10,5	$1,62 \cdot 10^{-3}$	$10,61 \cdot 10^{-3}$

Verifikácia bola vykonaná dňa 12. IV. 1969, pričom sa prúdenie podzemnej vody považovalo za takmer ustálené. Verifikovali sa výsledky pre studne uvedené v tab. 4. Výsledky vlastného riešenia sú uvedené vo forme hydroizohýps na obr. 3—5, vo forme tabuľky (tab. 5). Na obr. 4 sú okrem toho zobrazené izočiarly mernej výdatnosti každej jednotkovej studne. Pod mernou výdatnosťou jednotkovej studne rozumieme fiktívnu studňu s polomerom $r = 0,25$ m, ktorá má preukázať relatívne výhodnejšie miesta odberu podzemnej vody.

Z overenia modelu vyplýva podstatné zvýšenie priepustnosti (koeficienta filtrácie a prietochnosti) severne a severovýchodne od radu studní HV—11, HV—34 až HV—37. Porovnaním kót hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch a okrajovej podmienky (Váh), tabuľka 3 a 4, ako aj z tvaru hydroizohýps k 12. IV. 1969 (obr. 3) vidieť, že v celom priebehu okrajovej podmienky voda z Váhu infiltruje do územia a tečie sz. smerom k potoku Stošianka, ktorý vlastne celé územie drénuje. Za predpokladu správnych kót odmerných vrtoch v tomto území je takýto priebeh hladiny podzemnej vody možný vtedy, ak koeficient prietochnosti je s. a sz. od prieskumných vrtoch podstatne vyšší ako v príbrežnej zóne, a to minimálne o jeden rád, približne má hodnotu $T = 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Použité východiskové hodnoty na verifikácie sú uvedené v tab. 6.

Pri predpoklade pomerne rovnomerného rozdelenia koeficienta prietochnosti vychádzajú kóty hladiny vody vo všetkých vrtoch približne o 1 m vyššie.

Minimálny a maximálny stav hladiny podzemnej vody určený modelovaním metódou elektrickej analógie predstavuje limitný stav hladiny podzemnej vody pri dlhodobom trvaní minimálnych a maximálnych okrajových podmienok zistených 14. III. 1960 a 26. VII. 1960.

Záver

V práci sa metódou modelovania na analógových počítačoch určuje priebeh minimálnej, maximálnej a priemernej hladiny podzemnej vody.

Na lokalite Závažná Poruba — Uhorská Ves boli hydraulickým integrátorom plošne určené koeficienty prietochnosti, plošné nerovnorodosti zvodnenej vrstvy, bola zistená a stanovená v priemere 1,6-krát zvýšená priepustnosť v smere pozdĺž Váhu oproti priepustnosti kolmo na Váh. Okrem toho bol zistený doplňujúci hydraulický odpor do príbrežnej časti územia (kolmatácia, neúplnosť zarezania koryta Váhu). Graficky boli vymedzené koeficienty prietochnosti (obr. 5), a tým vyznačené miesta vhodné na vodárenské využitie.

Na lokalite Stošice — Beňadiková boli metódou elektrickej analógie okrem hydroizohýps pre minimálny, maximálny a priemerný stav podzemnej vody vyriešené izočiarly výdatnosti jednotlivých jednotkovej studne (obr. 3—4) a bolo poukázané na niektoré zmeny hydraulických parametrov zvodnenej vrstvy.

Doručené 28. V. 1973
Odporúčil A. Porubský

LITERATÚRA

- BANSKÝ, V. 1970: Metodika oceňovania zásob podzemných vôd v úzkych údolných nivách a jej praktické aplikovanie na území Uhorská Ves—Okolíčné. Manuskript — Archív Kat. inž. geol. a hydrogeol. PF UK, Bratislava.
DUBA, D. 1968: Hydrológia podzemných vôd, Bratislava, SAV.
MUCHA, I.—MELIORIS, L.—BANSKÝ, V.—BÖHM, V. 1973: Metódy hydrogeologického výskumu. Učebný text — v tlači, Bratislava. SPN.

- TUŽINSKÝ, A. 1972: Hydrogeologické pomery fluvialnych sedimentov Liptovskej kotliny. Zborník prác absolventov k 20. výročiu výuky inžinierskej geológie a hydrogeológie. Bratislava, sr. 58—72, Katedra inž. geol. a hydrogeol. PF UK.
- VEVJEROVSKAJA, M. A.—KRAVČENSKO, S. A. I. P.—RUMJANCEV, 1962: Metody analogii primenitel'nye k filtracionnym rasčeta. Izd. Mosk. univerz. Moskva.

Evaluation of the ground-water regime of the Quaternary flood plain of the river Váh between the towns of Liptovský Hrádok and Okoličné

IGOR MUCHA — RASTISLAV PAVELEK

In the paper presented the results of basic hydrogeological investigations are evaluated from the view point of the ground-water regime and as a basis for future appraisals of ground-water reserves.

The area studied consists of young fluvial deposits, in the upper part of loam, in the lower part of loam and gravel or sand and gravel in the total thickness of 8 to 12 m and a coefficient of permeability 10^{-4} to 10^{-3} m/s. The impermeable substratum of the water-bearing sediments with unconfined ground-water level consists of flysch sediments. The area is limited by the river Váh, at one of the localities by an opened and covered drainage and at the other by an impermeable boundary (fig. 1).

In solving the problem the method of hydraulic analogy by modelling on the hydraulic integrator of Lukjanov's system and the method of electric modelling of fields on an electrically conductive paper by means of an EMPO apparatus were applied.

At the Závažná — Uhorská Ves locality, the ground-water regime consists of influent seepage from the rivers Váh and Štiavnica, infiltration of precipitation, inflow from a terrace on the southern border, and agricultural drainage on the whole locality.

In evaluating the ground-water regime of the Quaternary flood plain of the river Váh, the following problems have been solved by the method of hydraulic analogy:

- Course of the minimum ground-water table for a long-term minimum of the extreme marginal condition to March 14, 1960.¹
- Course of the average ground-water table for the extreme marginal condition of the river Váh to April 4th, 1969 which represents a long-term average level of the river Váh.¹
- Course of the maximum ground-water table for extreme marginal conditions to July 26, 1960 which represents a 50-year water in the river Váh.
- The coefficients of transmissibility were determined areally and the inhomogeneities of the aquifers were established. Likewise the increased permeability along the river Váh has been established and it has been determined that it is on the average 1.6 times higher than the permeability at right angle to the river Váh.

The solutions have been verified at unstable flow and carried out for the stationary conditions of the extreme marginal conditions and taking into account the effects of drainage.

At the Stošice—Beňadiková locality the ground-water regime is controlled by influent seepage and infiltration of atmospheric precipitation. The ground water produces a lateral flow with the river Váh.

For the evaluation of the ground-water regime, by means of modelling and electrical analogy have been determined the minimum, average, and maximum levels of ground water, which represent extreme conditions of ground water at a long-term duration of the minimum (March 14th, 1960), average (April 30, 1969), and maximum (July 26, 1960) extreme marginal conditions (figs. 3 and 4).

Moreover, discharge isolines of a unit well have been constructed and several changes in the hydraulic parameters of the aquifer have been indicated.

Translated by E. Česáňková