

ROSTISLAV NETOPII

O KLASIFIKACI PRAMENŮ PODZEMNÍ VODY PODLE  
PROMĚNLIVOSTI JEJICH VYDATNOSTÍ

Rostislav Netopil: Classification des sources d'eau souterraine selon la variabilité de leur rendement. Geografický časopis, Bratislava 1972, XXIV, 1, 9 figures, 4 tableaux, 7 travaux cités.

Dans ce travail scientifique original, l'auteur évalue de façon critique les méthodes de déterminer la mesure de variabilité de rendement quotidien ou hebdomadaire des sources souterraines, fondées exclusivement sur la détermination du rendement maximum et minimum et sur une classification correspondante des sources (1, 2, 7). En comparant différentes mesures de la variabilité des rendements hebdomadaires des sources choisies sur le territoire de la ČSSR (Tab. 4), il vient à la conclusion que le coefficient de variance  $V$ , comme un quotient de la déviation significative et du diamètre ( $V = \frac{\sigma}{Qa}$ ), serait la mesure la plus objective et adéquate pour la variabilité des sources. Selon la fréquence des sources, ayant la même mesure de variabilité du rendement, il propose une nouvelle classification (Tab. 4), valable en attendant en territoire tchecoslovaque seulement. L'article contribue à une connaissance plus profonde de cette qualité importance des sources, de la variabilité de leur rendement, pour laquelle les hydrologues aussi s'intéressent pratiquement en vue de l'utilisation des sources comme eau potable, et au perfectionnement de la méthodique de recherche du phénomène mentionné.

## DOSAVADNÍ ZPŮSOBY POSUZOVÁNÍ PROMĚNLIVOSTI VYDATNOSTÍ PRAMENŮ

Při zkoumání základních prvků režimu podzemních vod se setkáváme stále častěji s problémem, které z měr variability čili proměnlivosti vydatností pramenů mohou být nejjvýstižnější a zároveň vhodné pro praktické potřeby a pro účely rajónizace podzemních vod. Není třeba pochybovat o tom, že míra proměnlivosti jakéhokoliv hydrologického jevu je jednou z jeho základních vlastností, kterou bychom měli poznat. Její kvalitativní znak nejen upřesňuje povahu tohoto jevu, ale může přispět i k řešení mnoha praktických úkolů spojených s využíváním pramenů. U pramenů podzemní vody, ať již jde o vody prosté nebo minerální, jde především o proměnlivost vydatností zjišťovaných soustavným měřením v denních, častěji v týdenních intervalech. Těmto okamžitým naměřeným hodnotám je přisuzován význam průměrných denních vydatností. Dosavadní poznatky totiž ukazují, že změny vydatností mnoha pramenů se mění v průběhu dne jen zcela nepatrně. V případech jednou za týden prováděných měření se jejich řady pokládají za systematický výběr z předpokládaných delších řad denních vydatností. Vydatnosti pramenů se v průběhu jednoho týdne nemění obvykle ani rychle,

ani ve velkém rozsahu. Malé rychlosti pohybu podzemní vody v horninném prostředí dostatečně prokazují i pozvolné změny vydatností pramenů v tak krátkých časových intervalech. Můžeme tedy předpokládat, že systematický výběr týdenních vydatností z dostatečně dlouhého období několika roků neovlivní nepříznivě hodnoty výsledku zkoumaného jevu, tj. skutečné, přirozené proměnlivosti vydatností.

K vyjádření míry proměnlivosti vydatností, nebo jak se často v hydrologické a hydrogeologické literatuře říká stupně stálosti či nestálosti pramenů, se v praxi i v mnohých novějších učebnicích používá rozličných ukazovatelů (měr). Vysvítá z toho, že třídění a klasifikace pramenů podle této jejich vlastnosti nejsou jednotná. Tak např. ve známé učebnici Ven Te Chowa (1964) uvedl G. B. Maxey, autor příslušného oddílu (VI—I, str. 35), míry variace, doporučené O. E. Meinzerem (1923) již téměř před padesáti roky. Tou je rozdíl nejvyšší a nejnižší vydatnosti, zjištěné v delším časovém období, dělený průměrnou vydatností, čili

$$V = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_a} \cdot 100 \%$$

Jde tedy v podstatě o poměr variačního rozpětí a průměru. Z obecné statistiky je známo, že variační rozpětí řady proměnných je jednou z měr variace, ne však zcela objektivní nebo spolehlivou, neboť nevyjadřuje vzájemný poměr mezi všemi členy řady navzájem a mezi nimi a průměrem. Podle uvedeného míry variace  $V$  rozlišoval G. B. Maxey u stálých čili nevysychajících pramenů (I):

I a prameny stálé (constants springs), jejichž míra variace nepřesahuje 25 %,

I b prameny subvariabilní (subvariabl springs), jejichž míra variace je v rozmezí 25 až 100 %,

I c prameny variabilní (variabl springs), jejichž míra variace je větší nežli 100 %.

Kromě stálých pramenů (perennial springs) rozlišoval druhou skupinu pramenů nestálých (II., intermittent springs), z nichž se výtok vody na rozličně dlouhou dobu přerušuje. Nepočítal mezi ně však gejzíry, z čehož by vyplývalo, že by mezi ně nenáležely ani tzv. občasné nebo hladové prameny, vyskytující se v krasových územích.

V naší hydrologické literatuře a také v hydrologické praxi se užívalo a dosud užívá klasifikace pramenů podzemních vod, prováděné podle stupně stálosti nebo nestálosti jejich vydatností. Ten se určuje podle poměru nejnižší k nejvyšší dosud zjištěné okamžité vydatnosti. Stupnice, podle níž se míra stálosti či nestálosti pramenů posuzuje a podle níž se prameny třídí, je uvedena v tab. 1.

Tabulka 1

Povaha pramene podzemní vody podle rozsahu změn vydatností  
(Podle O. Duba 1957, HMÚ 1967)

Poměr vydatnosti nejnižší k nejvyšší	Typ pramene	Jmenné označení pramene
1 : 1	I	velmi stálý
od 1 : 1 do 1 : 2	II	stálý
od 1 : 2 do 1 : 10	III	nestálý
od 1 : 10 do 1 : 30	IV	velmi nestálý
od 1 : 30 a více	V	celkově nestálý

Tento způsob posuzování míry stálosti a nestálosti vydatností pramenů, uvedený v učebnici O. Duba (1957), se použil i u všech pramenů v ČSSR, uvedených v díle Hydrometeorologického ústavu (HMÚ) *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky*, II, oddíl podzemní voda II/13 (1967). Pokud se uvedená klasifikace pramenů objevuje i v jiných učebnicích, jde obvykle o klasifikaci převzatou. Při tvorbě učebnice autor nemůže mnohé metody výzkumu prověřovat, pakliže sám v onom úzce zaměřeném okruhu zkoumání nepracuje. Aplikuje-li se však taková metoda při speciálním výzkumu nebo při zpracovávání rozsáhlých výsledků soustavného pozorování nebo měření na větším území, měly by se v první řadě prověřit její objektivnost a spolehlivost. Poněvadž jsem se s problémem její aplikace setkal nejen při vlastním výzkumu režimu podzemních vod, nýbrž i při výzkumných úkolech jiných pracovníků, chtěl bych poukázat na její nedostatky. Stává se totiž, že někteří se opírají o autoritu tvůrců učebnic nebo o význam oficiálních publikací HMÚ, v nichž jsou metodické přístupy pokládány za jakousi neoficiální státní normu výzkumu.

Před kritickým rozбором dosavadní praxe klasifikace pramenů podzemních vod podle proměnlivosti jejich vydatností je třeba si objasnit, zda termín stálost či nestálost (tab. 1) má shodný význam či náplň jako termín proměnlivost či variabilita. Přístup k označení míry stálosti a nestálosti pramenů, vyplývajících z tab. 1, ukazuje, že jde o totožný význam tohoto výrazu. Stálost a nestálost nemá v tomto případě význam jako tytéž výrazy u O. E. Meinzera nebo G. M. Maxeye. Domnívám se však, že výraz stálost by se měl vztahovat jen na prameny se stálou vydatností, tj. na prameny nevysychající a nestálost na prameny občasné a na kratší dobu vysychající. Pro prameny, u nichž by byla doba vysychání delší nežli doba výtoky vody, by bylo vhodné označení prameny občasné (epizodické). Zásadní rozdělení pramenů na stálé (perenní) a nestálé či občas vysychající (intermitentní) a na prameny občasné (epizodické) bychom měli dodržovat, neboť tyto jejich vlastnosti jsou výrazné a typické a ze jmeného označení přímo poznatelné. Míru proměnlivosti či variability lze pak vhodnou objektivní metodou určit pro všechny tři základní skupiny pramenů.

## NEDOSTATKY DOSAVADNÍ KLASIFIKACE PRAMENŮ A JEJICH TRÍDĚNÍ

Míře variability vydatností pramenů podzemní vody, dané poměrem nejnižší k nejvyšší zjištěné vydatnosti (tab. 1) a z ní vyplývající klasifikaci pramenů lze vytknout následující nedostatky:

1. Na první pohled je nápadné, že se uvažuje v klasifikační stupnici o skupině pramenů, u níž se předpokládá poměr minimální ku maximální vydatnosti 1:1. To vyžaduje, aby maximální vydatnost byla stejná jako minimální, čili absolutní stálost vydatnosti pramene po řadu roků. Takový případ v přírodě neexistuje. Je tedy první skupina pramenů, označovaná jako velmi stálé (typ I), něčím zcela neskutečným, a proto také zbytečná.

2. Poměr minimální k maximální vydatnosti pramene nelze pokládat za míru variability, která by byla objektivní. Na několika čistě náhodných teoretických příkladech je možné to vystihnout. Uvažujme přitom o pramenech poměrně málo vydatných, tj. právě takových, které jsou v našich geografických poměrech daleko častější nežli prameny velikých vydatností. Jejich vydatnosti se mění v čase v rozsahu sotva několika litrů za sekundu. V tab. 2 jsou takové předpokládané rozsahy změn vydatností, čili jejich variační rozpětí, uvedeny. Srovnáme-li v tab. 2 případy pořadového čísla 1 a 2, č. 3 a 4 a č. 6 a 7, z nichž vycifujeme, že jde o poměrně malé rozdíly ve změnách

Tabulka 2

Poř. číslo	Q <sub>max</sub>	Q <sub>min</sub>	$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$	$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{1}{x}$	Q <sub>max</sub> - Q <sub>min</sub>	Typ pramene podle	
						tab. 1	Meinzera
1	7,0	0,7	10	1 : 10	6,3	III	1 c
2	6,5	0,5	13	1 : 13	6,0	IV	1 c
3	6,3	0,3	21	1 : 21	6,0	IV	1 c
4	6,2	0,2	31	1 : 31	6,0	V	1 c
5	6,5	0,3	21,7	1 : 21,7	6,2	IV	1 c
6	8,0	0,3	26,6	1 : 26,6	7,7	IV	1 c
7	8,0	0,2	40,0	1 : 40	7,8	V	1 c

vydatností, neprojevující se výrazněji v hodnotě variačního rozpětí, vidíme, že i při nepatrných změnách nejen maximálních vydatností, nýbrž zvláště minimálních, je výsledné číslo jejich poměru výrazně odlišnější a zařazení pramene podle toho o jednu až dvě třídy rozdílné. Je třeba si uvědomit, že přesnost měření minimálních vydatností není taková, abychom chybu v rozsahu 0,1 až 0,2 l/s nemohli připustit. Zcela spolehnout se nelze ani na změřené maximální vydatnosti. Každý, kdo pracoval se záznamy o měření pramenů, se nejednou setkal s nevysvětlitelnými náhlými poklesy nebo vzestupy vydatností. Někdy budí takové změny dojem posunutí desetinné tečky. Konečně nelze opomenout ani možné změny jak maximálních, tak i minimálních vydatností s časem. Je tedy vidět, že výsledek poměru maximální a minimální vydatnosti může na podobné změny být značně citlivý.

3. Výsledek poměru dvou mezních hodnot řady proměnných vydatností pramenů nelze pokládat za objektivní míru variability též proto, že neměří současně jak variabilitu ve smyslu vzájemné odlišnosti jednotlivých znaků souboru denních či týdenních vydatností, tak i variabilitu ve smyslu odlišnosti jednotlivých znaků od jejich průměru. Nesplňuje tedy základní požadavky, kladené na objektivní míru variability.

4. Vyloučí-li se z klasifikační tab. 1 neexistující první skupina pramenů stálých, ze zbylých čtyř skupin je jen jedna skupina pramenů stálých a tři skupiny pramenů různě nestálých. Poněvadž uvedené třídění pramenů nevychází ze statistického zhodnocení změn vydatnosti pramenů v čase ani z četnosti výskytu ukazatelů rozliční míry jejich variability v prostoru, nemohlo přihlížet k pojmu průměrnosti, nadprůměrnosti a podprůměrnosti daného jevu, tj. variability vydatností. V přírodě neexistují prameny s neproměnlivou vydatností. Jsou jen prameny s rozličnou mírou variability svých vydatností. Při velkém počtu proměnných hodnot variability vydatností je snadné vypočítat průměrnou míru variability nebo hodnotám nejčastěji se vyskytujícím přisoudit význam hodnot průměrných. Takové prameny, jejichž míra variability denních nebo týdenních vydatností by byla blízká hodnotě střední variability, by bylo možné pokládat za prameny středně nebo průměrně proměnlivé či se středně proměnlivou vydatností. Při vhodném vymezení hranic střední proměnlivosti vydatností by zbyly prameny nadprůměrné či značně proměnlivé a podprůměrné či málo proměnlivé (variabilní). V jejich rozsahu by bylo možno provést případně detailnější třídění. Kdybychom z podobného hlediska posuzovali míru nestálosti vydatností pramenů na našem území, jak je uvedena v díle Hydrologické poměry ČSSR, II, 13, zjistíme, že nejčastěji se vyskytujícím je typ III, tj. prameny označované jako nestálé. Ty činí 46 % všech (publikovaných), zatímco typ II jen 16 %, typ IV 21 % a typ V 17 %. Posuzováno z hlediska čet-

Tabulka 3

Míry variability týdenních vydatností pramenů na území ČSSR

Název pramene	Situace pramene katastr, povodí	Období	$V = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	Typ	$V = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_a}$	Typ	$V = \frac{Q_{0}}{Q_{3,0}}$	Typ	$V = \frac{Q_{0} - Q_{3,0}}{10 Q_a}$	$V = \frac{Q_M - Q_a}{11 Q_a}$	$V = \frac{\sigma}{Q_a}$	$Q_a$ l/s
			4		6		8		10	11	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dolinky	Slanská Huta Bodrog (Roňava)	1956 1965	59,2	V	6,15	c	9,43	4	0,239	0,574	1,01	1,23
U stinadla	Horní Dunajovice Dyje (dolní část)	1956 1965	1,4	II	0,35	b	1,2	1	0,018	0,058	0,040	1,80
Černava	Chvalčov-Tesák Moštěnka	1958 1965	12,4	IV	3,49	c	3,64	2	0,118	0,334	0,486	2,45
Močidlo	Díbrava Váh (Křížnianka)	1959 1965	20,0	IV	2,88	c	4,1	2	0,133	0,359	0,502	2,38
Prameň č. 2	Kamenná Poruba Váh (Rajčianka)	1959 1965	6,16	III	3,10	c	2,06	2	0,074	0,191	0,274	2,73
Prachatice	Chrástov Jihlava (horní)	1959 1965	3,04	III	1,31	c	1,5	1	0,040	0,110	0,213	1,71
Cicava	Světlá Moravská Dyje	1960 1965	7,7	III	2,61	c	3,63	2	0,122	0,297	0,478	2,05
Berkův les	Čejkov Jihlava (horní)	1961 1965	8,54	III	2,88	c	3,14	2	0,113	0,280	0,560	0,68
Brůdek	Mlíčov Jihlava (horní)	1961 1965	6,34	III	1,37	c	2,31	1	0,077	0,131	0,224	1,25
Havlíkova stud.	Arnolec Jihlava (horní)	1961 1965	6,12	III	2,28	c	1,96	1	0,067	0,142	0,254	0,36
Bezedná studna	Lázně Bělohrad Cidlina (Javorka)	1958 1965	3,87	III	1,34	c	2,09	2	0,068	0,197	0,316	8,29

nosti jejich výskytu měly by prameny nestálé na našem území význam pramenů středně variabilních.

Ve snaze vyloučit nedostatky oné míry variability vydatností pramenů podzemních vod dané poměrem maximální a minimální vydatnosti, navrhl jsem poněkud jiný přístup (5). Ten spočíval ve využití hodnot průměrného překročení denních nebo týdenních vydatností pramenů, odvozených z čar překročení, čili čar kumulativního rozdělení četnosti výskytu ( $S$  křivky). Míra rozkolísanosti čili variability se podle toho určila z poměru vydatností průměrně překročených 10 a 90 % v případě, vyjadřuje-li se překročení v procentech, čili

$$V = \frac{Q_{10}}{Q_{90}}$$

nebo z poměru vydatností průměrně překročených 30 a 330 dny v roce, vyjadřuje-li se překročení počtem dnů v roce, čili

$$V = \frac{Q_{30}}{Q_{330}} .$$

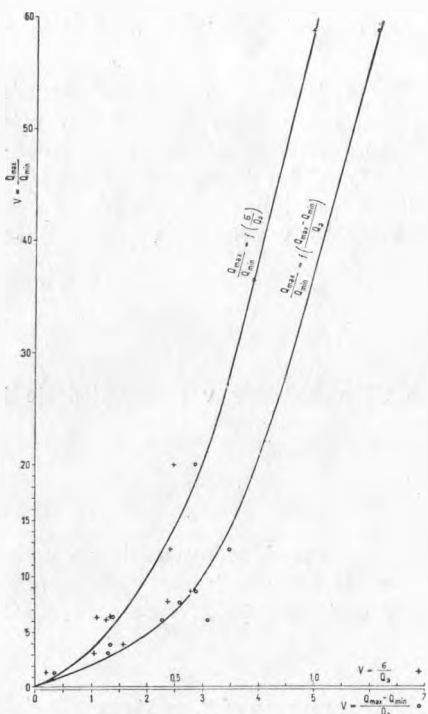
U navrhované pětičlenné stupnice míry rozkolísanosti pramenů se uvažovalo po praktických zkušenostech a možnosti její úpravy jak co do rozsahu jednotlivých stupňů, tak i co do jmenného označení pramenů podle míry variability jejich vydatností, které by z takové úpravy mohlo vyplynout.

#### POROVNÁNÍ ROZLIČNÝCH MĚR VARIABILITY VYDATNOSTÍ PRAMENŮ

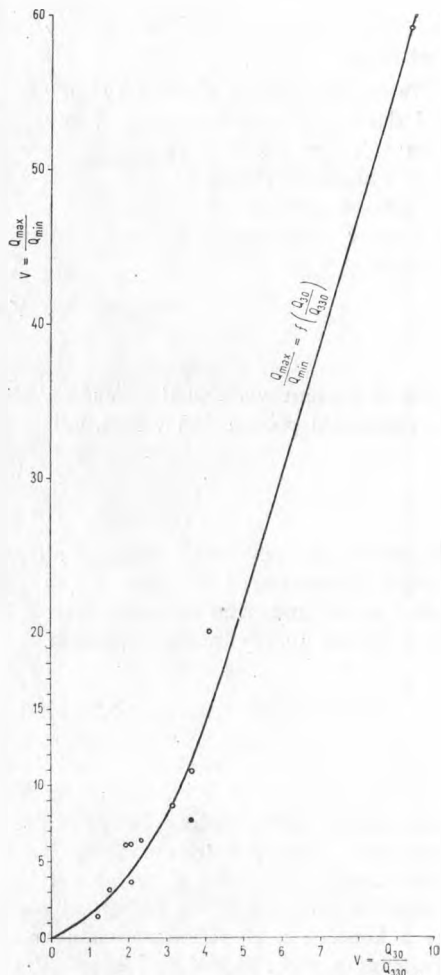
Ač způsob posuzování míry rozkolísanosti vydatností pramenů pomocí hodnot průměrného překročení je mnohem objektivnější nežli podle poměru dvou mezních hodnot, jejichž bezprostřední vliv vylučuje, má také svoje nedostatky a nevýhody. O tom nás může přesvědčit jeho porovnání s měrami relativní variability, odvozenými z poměru decilové odchylky a průměru ( $V = d/Qa$ ), z poměru průměrné odchylky a dlouhodobého průměru ( $V = \bar{d}/Qa$ ) při použití hodnot průměrně překročených  $M$  dní v roce a konečně z poměru směrodatné odchylky a dlouhodobého průměru ( $V = \sigma/Qa$ ). Poslední z nich, známá pod označením variační koeficient, je všeobecně pokládána za neobjektivnější míru variability, a to z důvodů, které budou dále uvedeny. Postupy výpočtu jednotlivých měr variability obsahuje kterákoliv učebnice statistiky, nebo je možné se s nimi seznámit ve studii, kde jsou aplikovány pro případ posuzování variability denních průtoků (6).

Hodnoty měr variability vydatností pramenů, vypočítané všemi výše uvedenými způsoby, obsahuje tab. 3. Prameny v ní uvedené jsou vybrány zcela nahodile z území našeho státu. Při jejich výběru jsem přihlížel hlavně k tomu, aby doba měření vydatností, prováděného jednou týdně, byla co nejdělsí. Byla však omezena časovým rozsahem údajů, publikovaných v Hydrologických ročenkách, díl II, podzemní vody. Nebylo však možné z nich získat pro všechny prameny stejně dlouhé řady týdenních vydatností. Dále se přihlíželo k tomu, aby se prameny lišily svojí průměrnou vydatností i proměnlivostí vydatností.

Vzájemný vztah mezi hodnotami měr variability vydatností všech jedenácti vybraných pramenů, vypočítanými celkem šesti způsoby, je zřejmý z jejich grafického znázornění na obr. 1 až 8. Hlavním záměrem takového srovnávání je zjistit těsnost vztahu



Obr. 1. Vztah mezi rozličnými měrami variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.

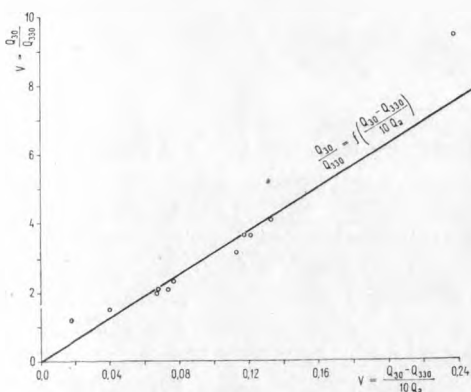
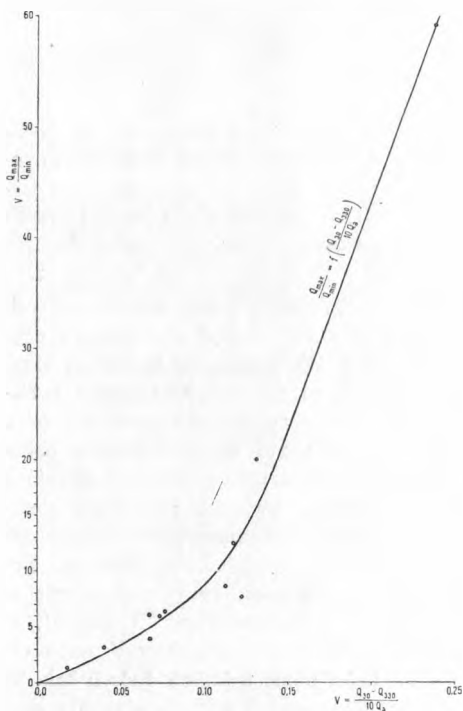


Obr. 2. Vztah mezi rozličnými měrami variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.

mezi variačním koeficientem  $V = \sigma/Qa$ , jako nejspolehlivějším a nejobektivnějším z nich a všemi ostatními měrami variability. Z obr. 1 až 3 je zřejmé, že vztah mezi mírou variability danou poměrem nejvyšší a nejnižší vydatnosti ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) a variačním koeficientem  $V = \sigma/Qa$  i variačními koeficienty odvozenými pomocí decilové odchylky a pomocí průměrné odchylky řady týdenních vydatností překročených  $M$  dní v roce (viz tab. 3, sloupec 10 a 11) je velmi volný. S ohledem na pramen Dolinky (tab. 3, řádek 1), který vykazuje všeobecně nejvyšší míru variability týdenních vydatností ze všech vybraných pramenů, by vyhovoval spíše vztah parabolický nežli lineární, který je však příznačný pro vztahy mezi posledními čtyřmi měrami variace v tab. 3 (sloupec 8, 10, 11, 12). Podobně je tomu i se vztahem mezi měrami variability danými podílem variačního rozpětí a průměru (tab. 3, sl. 6) a podílem maximální a minimální vydatnosti (sl. 4), zřejmým z obr. 1, který je sice těsnější, avšak dosti obtížně nahraditelný vztahem lineárním, který by byl velmi volný. Z obr. 4 a 5 vy-

plyvá nejen těsnější, nýbrž i zřetelně lineární vztah mezi mírou variability  $V = Q_{70}/Q_{330}$  a variačními koeficienty odvozenými pomocí decilové odchylky a směrodatné odchylky. Takový korelační vztah svědčí jistě o tom, že používání míry variability jako poměru vydatností překročených průměrně 30 a 330 dny v roce je výhodnější a její hodnoty jsou spolehlivější nežli v případě používání podílu nebo rozdílu dvou mezních hodnot řady týdenních vydatností. Obr. 6, 7 a 8 prokazují velmi těsný vztah mezi všemi variačními koeficienty, vypočítanými podle hodnot směrodatné odchylky, decilové odchylky a průměrné odchylky (tab. 3, sl. 10 a 11), který by bylo možné nahradit funkčním lineárním vztahem, vyjádřeným rovnicemi přímky. Ty jsou uvedeny na každém z grafů. K tomu připomínám, že výpočet směrodatné odchylky byl prováděn pomocí skupinového rozdělení četností. Průměrná vydatnost pramenů, která nebyla v Hydrologických ročenkách do r. 1965 uváděna, byla počítána rovněž ze skupinového rozdělení četností, kontrolována pomocí čar překročení a u některých pramenů i výpočtem aritmetického průměru řady týdenních vydatností. Všechny výsledné hodnoty průměrných vydatností byly buď zcela shodné nebo velmi si podobné.

Jsem přesvědčen o tom, že hodnocení míry variability vydatností pramenů podzemních vod by mělo být prováděno naprosto stejnou metodou jako hodnocení variability denních průtoků řek. Vždyť většina pramenů je v podstatě počátkem řek a množství vody, které z pramenů vytéká, je částí podzemní složky celkového odtoku vody z povodí jako jedné složky celkového oběhu vody v přírodě. Pro vzájemné srovnávání variability pramenů a říčního odtoku je nutné, aby jejich míra byla stanovena naprosto stejnou metodou. Z číselných hodnot rozličných měř variability vyplývá, že nejsou přímo porovnatelné.



Obr. 4. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.

Obr. 3. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.



Za nejvhodnější míru variability se pokládá směrodatná odchylka proto, že měří současně jak variabilitu ve smyslu vzájemné odlišnosti jednotlivých znaků souboru (tj. hodnot týdenních či denních vydatností pramenů), tak i variabilitu ve smyslu odlišnosti jednotlivých znaků od jejich průměru ( $Q_a$ ). Je druhou mocninou rozptylu, čili

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\text{var } x}$$

Rozptyl je pak průměrem ze čtverců odchylek jednotlivých znaků souboru od jejich aritmetického průměru. V případě týdenních vydatností pramene

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_a)^2}{n} \quad \text{a} \quad \sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_a)^2}{n} \quad \text{kde}$$

$Q_i$  jsou týdenní vydatnosti pramene a  $Q_a$  je průměrná vydatnost z řady týdenních vydatností o  $n$  členech. V případě denních vydatností se nahradí  $Q_i$  hodnotami  $Q_d$ .

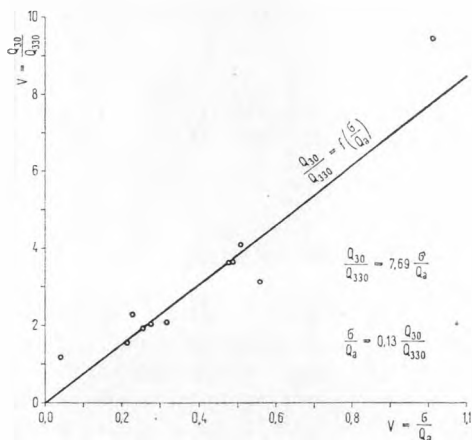
Poněvadž jsou řady týdenních nebo denních vydatností z delšího období dosti rozsáhlé, lze použít k výpočtu rozptylu a směrodatné odchylky skupinového rozdělení četností. Použije-li se středu intervalů  $x_i$  jako skupinových průměrů a třídnicích četností  $n_i$ , pak lze rozptyl vypočítat podle rovnice

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot n_i}{\sum x_i} - Q_a^2.$$

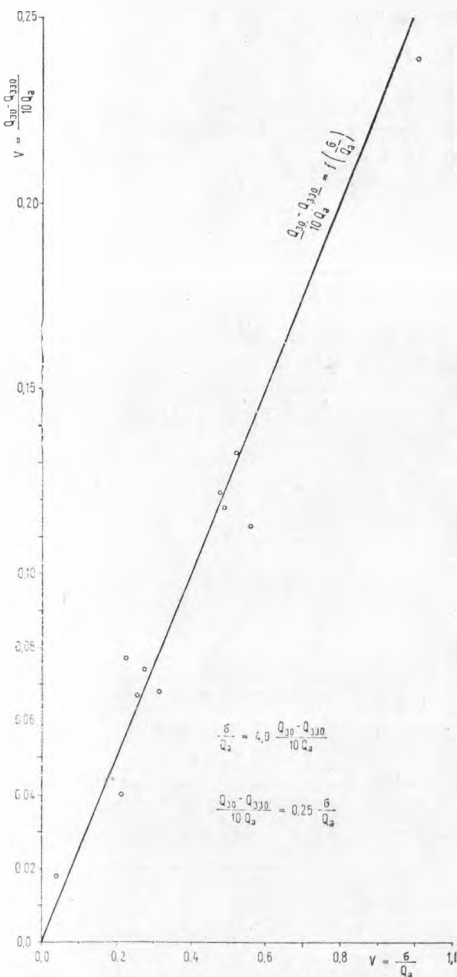
Směrodatná odchylka  $\sigma$  měří absolutní variabilitu vydatností pramenů. Je proto nutné ke vzájemnému srovnávání rozličně vydatných pramenů použít relativní variability. Tou rozumíme absolutní variabilitu vztahenou k úrovni celého souboru vydatností. Mírou relativní variability je pak variační koeficient  $V$  (též  $C_v$ ), který je podílem směrodatné odchylky a aritmetického průměru souboru týdenních nebo denních vydatností pramenů, čili  $V = \sigma/Q_a$ .

Poněvadž vztah mezi variačním koeficientem vypočítaným pomocí směrodatné odchylky a variačními koeficienty odvozenými pomocí decilové odchylky a pomocí průměrné odchylky z řady  $M$  denních vydatností je těsný a dá se nahradit funkčním vztahem lineárním, je možné pomocí rovnice přímky (obr. 6 až 8) odvodit variační koeficient  $V = \sigma/Q_a$  i méně pracnějším způsobem, jsou-li  $M$  denní vydatnosti k dispozici. Důležité je však to, aby před použitím takového postupu byl na dostatečném počtu případů vzájemný vztah spolehlivě ověřen. Jak jsem poukázal již ve studii o metodách výpočtu variability denních průtoků (6), kde jsou postupy výpočtu variačních koeficientů dostatečně vysvětleny, má variační koeficient odvozený pomocí směrodatné odchylky přede všemi ostatními měrami variability ještě jednu důležitou přednost. Pro posouzení variability jiných hydrologických a klimatických jevů, které mohou mít se změnami vydatností pramenů určitou souvislost, nebo je mohou přímo ovlivňovat, se používá variačního koeficientu, rovněž symbolicky označovaného písmeny  $V$  nebo  $C_v$  a vypočítaného rovněž pomocí směrodatné odchylky nebo pomocí jiných vzorců tak, že jeho výsledná hodnota zůstává nezměněna. Je tedy přednost takového variačního koe-

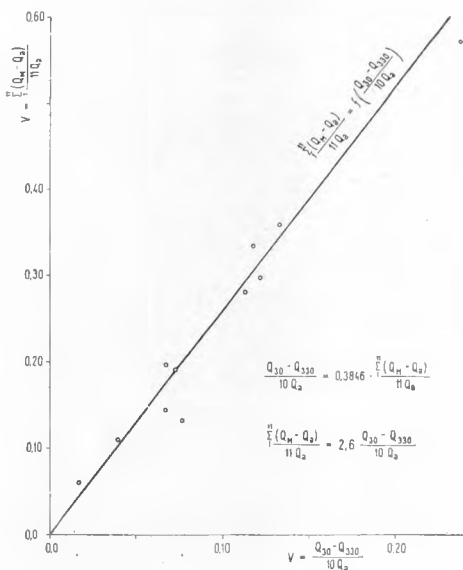
ficientu jako míry variability vydatností pramenů podzemní vody v tom, že je možné ho bezprostředně srovnávat s mírou variability jiných hydrologických či klimatických jevů a podle toho ihned poznat, který z jevů vykazuje větší stupeň proměnlivosti.



Obr. 5. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.



Obr. 7. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.



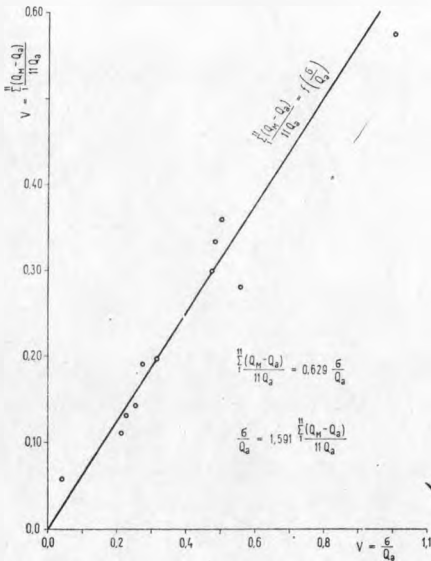
Obr. 6. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.

Návrh klasifikace pramenů podzemní vody podle překročení hodnot míry variability jejich denních nebo týdenních vydatností

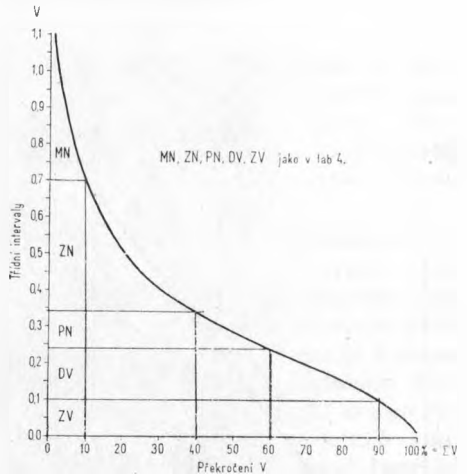
Překročení V v %	Jmenné označení pramene	Symbolický označení pramene
0—10	mimořádně nevyrovnaný	MN
11—40	značně nevyrovnaný	ZN
41—60	průměrně nevyrovnaný	PN
61—90	dostí vyrovnaný	DV
91 a >	značně vyrovnaný	ZV

NÁVRH NA NOVOU KLASIFIKACI A TŘÍDĚNÍ PRAMENŮ

Pokud jde o klasifikaci pramenů podzemní vody podle míry variability jejich denních nebo týdenních vydatností, není zatím možné předložit konkrétní stupnici, podle které by bylo možné prameny třídit. Tu lze navrhnout až po určení míry variability vydatností alespoň několika set pramenů, rozptýlených po celém území našeho státu. Jejich výběr můžeme pokládat za náhodný, neboť mezi prameny, které na našem území existují, budou jistě zastoupeny prameny vytékající z rozličného horninného prostředí, rozličných geologických struktur, v rozličných výškových pásmech, s vyživovacím územím s rozličnými fyzickogeografickými poměry, o rozličné vydatnosti a nestejné míře variability vydatností. Tato stupnice může být zatím přizpůsobena jen našim geogra-



Obr. 8. Vztah mezi rozličnými měřeními variability týdenních vydatností pramenů podzemních vod.



Obr. 9. Čára kumulativního rozdělení četnosti hodnot  $V = \frac{\sigma}{Q_d}$  jako míry variability vydatností pramenů podzemních vod — základ třídění pramenů.

fickým podmínkám, a proto platná jen pro území našeho státu. Při jejím sestavování bychom se měli přidržovat následující zásady. Nejčastěji se vyskytující číselné hodnoty variačního koeficientu  $V$  jako míry variability vydatností pramenů budou jistě blízké hodnotám průměrným, což vyplývá ze statistického významu obou hodnot. Málo četně se vyskytující hodnoty budou vzácnějšími a tedy i mimořádnějšími, a to jak jde o hodnoty vysoké, které charakterizují vysokou variabilitu vydatností pramenů, tak i hodnoty nízké, které charakterizují nízkou variabilitu čili značnou vyrovnanost vydatností. Mohou tedy číselné hodnoty variačního koeficientu  $V$  tvořit řadu proměnných, kterou lze rozřadit do vhodně zvolených třídních intervalů. Z postupných součtů třídních četností, počínaje od intervalu s nejvyššími hodnotami  $V$  (kumulace zhora), lze vynesť čáru překročení (kumulativního rozdělení četností) a pomocí ní vymezit hranice jednotlivých skupin pramenů. Tu je možné držet se zásady, používané již při posuzování povahy a výjimečnosti výskytu jiných hydrologických jevů. Tuto zásadu přibližuje obr. 9 a tab. 4 s návrhem na klasifikaci a jmenné označení pramenů. Čím větší počet pramenů na rozsáhlejších území bude možné tímto postupem zhodnotit, tím snažší bude možné upřesnit hranice navrhované stupnice, která se může stát stupnicí všeobecně platnou. Zatím jen velmi povšechně je možné uvažovat o tom, že by prameny, jejichž míra variability nepřesahuje hodnotu 0,1, bylo možné pokládat za značně vyrovnané, prameny s hodnotou  $V$  blízkou 0,3 za průměrně nevyrovnané a s hodnotou blízkou nebo přesahující 0,7 za mimořádně nevyrovnané, které se touto vlastností blíží míře proměnlivosti denních průtoků řek.

## ZÁVĚR

Způsob posuzování míry stálosti či nestálosti vydatností pramenů podzemních vod, jakého se u nás stále ještě používá a třídění pramenů do pěti typů, založené na onom způsobu, nejsou vyhovující. Prokazuje se to srovnáváním oné míry proměnlivosti vydatností pramenů, vypočítané jen z poměru maximální a minimální vydatnosti, s hodnotami variačních koeficientů jako měrami relativní variability vydatností pramenů, které se odvozují pomocí směrodatné odchylky nebo pomocí hodnot průměrného překročení týdenních vydatností ( $M$  denní vydatnosti). Přes prokázanou objektivnost míry variability pramenů, odvozené z poměru vydatností průměrně překročených 30 a 330 dny v roce nebo 10 a 90 %, jejich užívání autor doporučil v r. 1964, se dospívá k přesvědčení, že nejvýhodnější pro posouzení proměnlivosti vydatností pramenů bude variační koeficient  $V$  jako poměr směrodatné odchylky a průměru, neboť tato míra variace je snadno porovnatelná se stejným způsobem určenou mírou variability jiných hydrologických a geografických jevů, které jsou se změnami vydatností pramenů v čase v určité korelaci.

V souvislosti s pojmem variabilita či proměnlivost vydatností pramenů podzemních vod se doporučuje rozlišovat v zásadě prameny stálé (perenní), nestálé či občas vysýchající (intermitentní) a občasné (periodické). Ve skupině pramenů stálých, které jsou u nás nejčastějšími, se doporučuje rozlišovat pět typů s různou mírou variability vydatností. Pro jejich dělení je nejvhodnější využít čar kumulativního rozdělení četností výskytu hodnot variačního koeficientu  $V$  na celém našem území.

## LITERATURA

1. DUB, O.: Hydrologia, hydrografia, hydrometria, SVTL, 1957. — 2. Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Díl II. Hydrometeorologický ústav, Praha, 1967. — 3.

Hydrologické ročenky. II. Podzemní vody. Hydrometeorologický ústav, Praha. — 5. MEINZER, O. E.: Outline of Ground-Water Hydrology, U. S. Geological Survey-Water-Supply-Paper. 494, 1923. — 5. NETOPIL, R.: K problému hydrologického rajónování území ČSSR podle režimu podzemních vod. Sborník ČSZ, sv. 69, 1964, č. 1. — 6. NETOPIL, R.: Metody výpočtu variability denních průtoků na příkladu řek Čech a Moravy. Geografický časopis, 1970, č. 3. — 7. VEN TE CHOW: Handbook of applied Hydrology. McGraw-Hill Book Comp. New York, San Francisco, Toronto, London, 1964.

Rostislav Netopil

TO THE CLASSIFICATION OF GROUNDWATER SPRINGS ON THE BASIS OF THE VARIABILITY OF YIELDS

The establishment of the measures of variability of groundwater discharges on the basis of the ratio of minimum and maximum yields established so far and the resulting classification of groundwater springs into 5 classes used in practice in the Hydrometeorological Institute ČSSR, are not satisfactory. The autor tries to find a relation between various measures of variability of groundwater yields collected in Czechoslovakia's territory and arrives at conclusion that the most objective measures of variability is—besides the variation coefficient  $V$  as ratio of the standard deviation  $\sigma$  and the long-lasting average  $Qa$  — the coefficients of the measures of variability for the derivation of which the values of the average excess of weekly or daily springs yields are used (Table 3, columns 8, 10, 11, 12). Generally, the using of the variation coefficient  $V$  is recommended (Tab. 3, col. 12) this measure of variability being easily comparable with the equally established measure of variability of other hydrological and geographical phenomena which are in a certain relation to the change of the spring yield. The author recommends to use the curves of cumulative distribution of frequency (duration curves) with the cumulation from above for the classification of the springs on the basis of this property which express the frequency of occurrence of the values of measures of variability of the springs yields on entire Czechoslovakia's territory (Table 4).

Translated by Autor

Fig. 1—8. Relation between different measures of the variability of weekly underground water discharges.

Fig. 9. Line of cumulative distribution of the frequency values  $V = \frac{\sigma}{Qa}$  as a variability measure of the groundwater springs yields — a base of springs classification.