

ROSTISLAV NETOPIĽ

METÓDY VÝPOČTU VARIABILITY DENNÍCH PRŮTOKŮ  
NA PŘÍKLADU ŘEK ČECH A MORAVY

Der autor dieses Beitrages sucht die Gelegenheit zur verlässlichen Erfassung und ebenso zur leichten Berechnung der Streuungscharakteristik des täglichen Durchflusses. Dem gegenseitigen Vergleich der verschiedenen Variationsmaße nach entwirft er die einfache Berechnung des Variationskoeffizienten  $V$ , dessen Zahlwert demselben Variationskoeffizienten entspricht, welches auf mühsamer Weise aus dem umfangreichen Kollektiv der täglichen Durchflüsse als Quotient der Standardabweichung  $\sigma$  und des langjährigen Durchflußjahresmittels  $Q_a$  festgesetzt wird. Die Leichtigkeit der Variationskoeffizientenberechnung wird damit ermöglicht, daß die notwendige Zahlwerte der Durchflüsse schon von dem Hydrometeorologischen Institut der CSSR veröffentlicht werden.

Na řekách se denní průtoky mění v časovém sledu velmi rozličným způsobem. Na některých se při značné pravidelnosti změn v čase mohou denní průtoky lišit značně svojí velikostí. Na jiných řekách bývá časový sled změn denních průtoků v jednotlivých hydrologických rocích značně odlišný, přičemž rozpětí, v němž se průtoky mění, bývá rozličně veliká. Takové změny denních průtoků jsou tedy značně nestálé tak co do času, jak i velikosti.

Nejlepší představu o proměnlivosti denních průtoků řek poskytují čáry denních průtoků. Z nich je možné poznat jejich hlavní rysy, které mohou být pro jednotlivé řeky typickými. Můžeme za ně pokládat: 1. velikost změn denních průtoků, danou rozdílem mezi nejvyšším (maxim.) a nejnižším (minim.) průtokem v celém období řady let (variační rozpětí) a 2. rychlost změn denních průtoků, kterou by bylo možno vystihnout trváním vysokých průtoků a četností jejich opakování nebo rychlostí vzestupu a poklesu průtoků za povodní a počtem povodní v roce. Tyto poslední charakteristiky proměnlivosti denních průtoků vystihují však jen povodňová období na řekách a nepřihlízejí k obdobím nízkých vodností, a nemohou proto vystihnout vzájemný poměr mezi nízkými a vysokými průtoky. Přesto však mohou prudké, krátkodobé a velké změny denních vodností řek i delší souvislá období vysokých průtoků vystrídaná delšími obdobími nízkých průtoků, svědčit o velké proměnlivosti či rozkolísanosti denních průtoků. Jejich opakem jsou řeky s velmi vyrovnanými denními průtoky. Na nich jsou rozdíly ve velikosti denních průtoků malé a jejich změny probíhají zvolna. Ačkoliv uvedené rysy změn denních průtoků by bylo možno z čar denních průtoků poznat a slovně popsat, bylo by jistě velmi obtížné vyjádřit je čísly, jejichž hodnoty jediné umožňují řeky vzájemně srovnávat a klasifikovat.

Pokud se v naší starší hydrologické literatuře setkáváme se snahou vystihnout míru vyrovnanosti denních průtoků řek, případně i míru vyrovnanosti pramenů podzemní vody, dělo se tak obvykle jen poměrem nejvyššího k nejnižšímu průtoku, nebo poměrem

nejvyšší k nejnižší vydatnosti pramene, které se zjistily v určitém období, případně poměrem obou oněch krajních hodnot a dlouhodobého průměru. Varičního rozpětí řady denních průtoků jako jedné z nejjednodušších měr proměnlivosti či variability se s ohledem na velmi rozdílné vodnosti řek nepoužívalo.

V posledním desetiletí se zásluhou prací O. D u b a [1, 2] obracela větší pozornost na využití překročení či trvání průtoků řek, odvozené z čar překročení, které se jevílo pro posouzení míry rozkolísanosti denních průtoků výhodnějším. Zatím se však v hydrologické praxi nepoužívalo na vystižení míry rozkolísanosti denních průtoků řek těchto křivek, nebo hodnot překročení denních průtoků, vyjádřeného počtem dnů v roce („M“ denní průtoky), případně procenty, ve větším rozsahu. V hydrologii podzemních vod jsem poukázal na možnost využití čar překročení pro posouzení míry rozkolísanosti hladiny podzemní vody a vydatnosti pramenů ve své studii z r. 1964 [4]. Na možnost využití hodnot průměrného překročení denních průtoků pro posouzení míry variability denních průtoků se zaměřuje předkládaná studie.

### MÍRY VARIABILITY

Variace (variabilita), měnlivost či proměnlivost, v hydrologii označovaná též často termínem vyrovnanost či nevyrovnanost, případně rozkolísanost, zkoumá u řady hodnot průtoků rovnocenných svým významem, jak se jednotlivé hodnoty liší jednak od střední hodnoty, jednak vzájemně. Měření variace je tedy účelné nejen pro posouzení kvality středních hodnot jako měr úrovně řady průtoků (v našem případě denních), nýbrž má i smysl pro srovnávání vyrovnanosti, resp. nevyrovnanosti jednotek z hlediska zkoumaného jevu v různých souborech. K tomu účelu lze použít několika měr variace, od nichž se vyžaduje, aby dobře charakterizovaly variabilitu zkoumaného jevu v tom smyslu, že vyšší číselná velikost míry variace bude odrazem skutečně větší variace, tj. odrazem skutečně větších rozdílů jednotlivých hodnot denních průtoků od jejich střední hodnoty a od sebe navzájem. Při takovém požadavku na míru variace nebude možno používat ani variačního rozpětí, které je pouhým rozdílem nejvyšší a nejnižší hodnoty řady denních průtoků, závisí pouze na dvou extrémních hodnotách a neříká nic o skutečné variaci mezi nimi, ani jejich podílu, který není vůbec pokládán za míru variace z hlediska statistiky.

Abyste mohly posoudit výhody, případně nevýhody některých měr variace i jejich výpočtu a vzájemné vztahy mezi jejich číselnými hodnotami, k tomu slouží výběr 23 souborů denních průtoků (znaků), zvolených s ohledem na rozličné tvary čar překročení i na rozdílnou hodnotu jejich průměru. Prvních osm z nich je sestaveno nahodile a uvažuje se u nich období desetileté, druhých 15 jsou pak skutečně řady denních průtoků řek z území Čech a Moravy. Při výběru prvních osmi souborů jsem přihlížel k rozličným tvarům čar překročení denních průtoků, jak se s nimi můžeme setkat u řek s odlišným režimem průtoků. Aby nedošlo ke zkreslení čar překročení případným rozdílným měřítkem průtoků, nebylo možné zařadit do oněch souborů příklady velmi vodných řek. Je proto variační rozpětí řad denních průtoků poměrně malé. K sestavení prvních osmi náhodných souborů denních průtoků jsem se rozhodl proto, že na našich řekách není proměnlivost denních průtoků i v třicetiletém období 1931–1960 natolik vzájemně odlišná, jak by bylo potřebné pro teoretické řešení výběru nejvhodnější míry variace. A získat potřebné údaje o denních vodnostech řek jiných geografických pásem nebo oblastí je značně nesnadné. Domnívám se také, že míra spolehlivosti některých měr variace, ověřená na jedněch souborech, by měla být platná i pro jiné soubory, i když jejich znaky mohou mít jinou kvalitativní hodnotu.

Pro první orientaci o míře variace souboru denních průtoků může posloužit *decilová odchylka*, která je průměrem kladných odchylek jednotlivých sousedních decilů. Těmi jsou hodnoty, které rozdělují uspořádanou řadu hodnot denních průtoků na deset skupin o stejně velikém počtu členů (10% rozsahu souboru). U řad denních průtoků jsou to tedy hodnoty průtoků překročených 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 a 90 %. Označíme-li si decilovou odchylku jako  $D_1$  můžeme psát

$$D_1 = \frac{(Q_{10} - Q_{20}) + (Q_{20} - Q_{30}) + \dots + (Q_{80} - Q_{90})}{8} = \frac{Q_{10} - Q_{90}}{8}, \quad (1)$$

Tabulka 1

Míry variace denních průtoků

	Prvních osm souborů denních průtoků							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$D_1 = \frac{Q_{10} - Q_{90}}{8}$	18,4	4,12	3,0	10,25	13,62	14,75	6,37	16,0
$D_2 = \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10}$	15,5	3,7	2,7	9,0	11,8	12,8	5,4	13,7
$V_1 = \frac{Q_{10} - Q_{90}}{8 Q_a}$	0,175	0,032	0,111	0,342	0,194	0,250	0,092	0,302
$V_2 = \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10 \cdot Q_a}$	0,148	0,029	0,099	0,297	0,167	0,218	0,078	0,260
$V_3 = \frac{P_1}{P} = \frac{O > Q_a}{O_r}$	0,24	0,039	0,15	0,48	0,285	0,35	0,127	0,42
$V'_3 = \frac{P_2}{P} = \frac{O < Q_a}{O_r}$	0,76	0,961	0,85	0,52	0,715	0,65	0,873	0,58
$V = \frac{\delta}{Q_a} =$ $\frac{\sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i^2 \cdot n_i)}{\sum n_i}} - Q_a^2}{Q_a}$	0,53	0,104	0,391	1,18	0,642	0,814	0,325	0,962
$V_4 = \frac{\sum_1^n (Q_M - Q_a)}{n \cdot Q_a}$	0,410	0,064	0,219	0,756	0,432	0,588	0,195	0,708
$V_5 = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_a)}{13 Q_a}$	0,512	0,105	0,407	1,16	0,637	0,798	0,300	0,959
$Q_a = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{\sum n_i} \text{ m}^3/\text{s}$	105	128	27	30	70	59	69	53

kde  $Q_{10}$ ,  $Q_{20}$  atd. jsou denní průtoky průměrně překročené 10, 20 % atd. Je tedy decilová odchylka osminou rozpětí krajních decilů a podle toho závisí na tom, jak veliké je rozpětí v jehož rámci leží prostředních 80 % prvků souboru.

Vzhledem k tomu, že se překročení denních průtoků podle našich zvyklostí vyjadřuje nikoliv procenty nýbrž počtem dní v roce, je možné nahradit výpočet decilové odchylky následovně:

$$D_2 = \frac{(Q_{30} - Q_{60}) + (Q_{60} - Q_{90}) + \dots + (Q_{300} - Q_{330})}{10} = \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10} \quad (2)$$

kde  $Q_{30}$  a  $Q_{330}$  jsou průtoky průměrně překročené po dobu 30 a 330 dnů v roce.

Decilové odchylky, vypočtené podle hodnot překročení denních průtoků, vyjádřeného procenty i počtem dnů v roce, jsou uvedeny pro případ prvních osmi souborů v tab. 1. Je z nich vidět, že se obě hodnoty  $D_1$  a  $D_2$  poněkud vzájemně liší, avšak vztah mezi nimi je velmi těsný, jak je vidět z obr. 3, na němž jsou vyneseny pro všech 23 souborů.

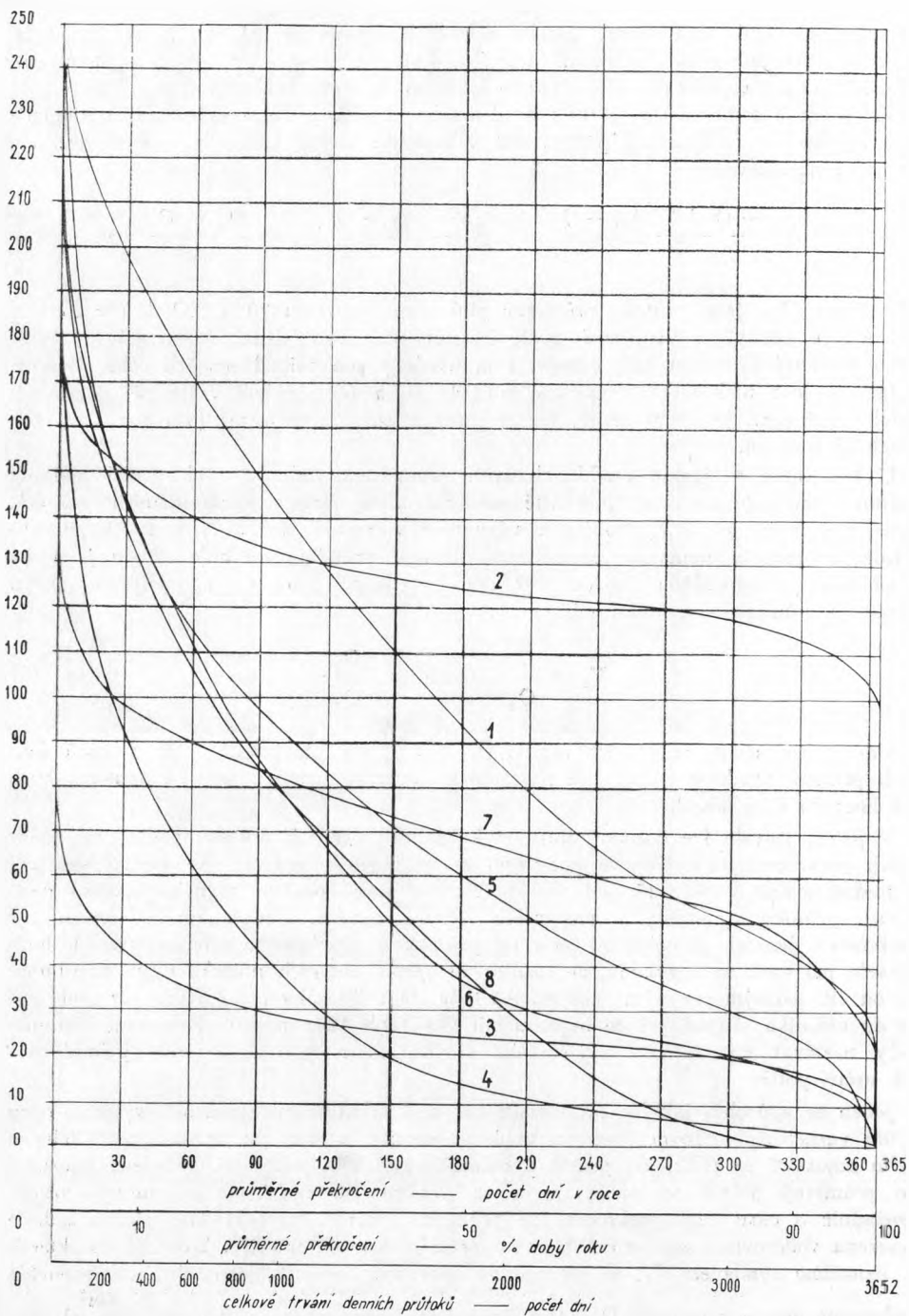
U řek velmi vzájemně rozdílných svojí průměrnou vodností však pouhá hodnota decilové odchylky nemůže objektivně posoudit míru variace jejich denních průtoků, neboť nepřihlíží právě k této jejich významné vlastnosti. Udává v podstatě jen absolutní rozpětí, v němž se určitá část denních průtoků pohybuje. Proto je třeba s ohledem na rozdílnou vodnost řek použít relativní variace, tj. podílu absolutní variace a průměrného průtoku, čili

$$V_1 = \frac{D_1}{Q_a} \quad \text{nebo} \quad V_2 = \frac{D_2}{Q_a} \quad (3)$$

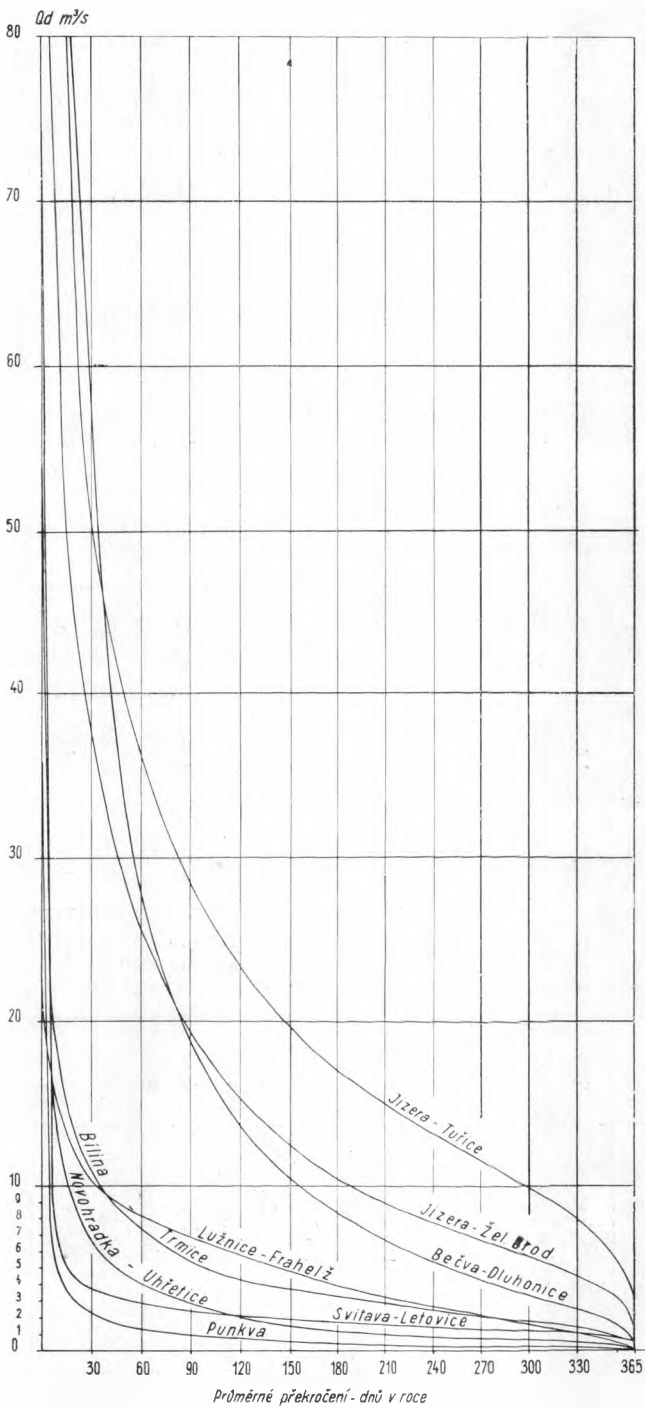
Hodnoty obou těchto relativních variací ( $V_1$  a  $V_2$ ) jsou pro prvních osm souborů denních průtoků uvedeny v tab. 1 a pro soubory denních průtoků českých a moravských řek hodnota  $V_2$  v tab. 2.

V jistém smyslu lze posoudit míru rozkolísanosti denních průtoků podle tvaru čáry jejich překročení [2]. Takové posouzení je však jen orientační, ne zcela objektivní a možné jedině v případě, je-li pro hodnoty průtoků použito stejného měřítka nebo jsou-li průtoky vyjádřeny v procentech ročního odtoku. Pouhé srovnání tvaru čar překročení denních průtoků, ať jsou již průtoky v absolutních nebo relativních hodnotách, má totiž tu nevýhodu, že rozdíly ve variaci denních průtoků nelze postihnout mírou čili jediným číselným znakem. Ač tedy lze třídit řeky podle tvaru čar překročení do několika skupin, jak to např. učinil O. D u b [2], mohou při použití této metody nastávat při nutnosti vzájemného srovnávání míry rozkolísanosti jednotlivých řek určité potíže.

Jeden ze způsobů, jak lze při využití čar překročení denních průtoků vyjádřit míru jejich variability jediným číselným znakem, spočívá v tom, že se určí podíl odtečeného množství po průměrný průtok a ročního odtečeného množství. Odtečené množství po průměrný průtok se zjistí tak, že se planimetrem změří plocha omezená osami souřadnic a částí čáry překročení po průměrný průtok. Je tedy tato plocha nahoře omezena vodorovnou souřadnicí hodnoty průměrného průtoky  $Q_a$ . Tato plocha, kterou si označíme symbolem  $P_1$ , se převede na náhradní obdélník, jehož délka  $d$  odpovídá vodorovné úsečce v hodnotě  $Q = 0$  a šířka  $\bar{s}$  střednímu průtoky ( $Q_s = \frac{P_1 \text{ mm}^2}{d \text{ mm}}$ ). Ná-

$m^3/s$ 

Obr. 1. Čáry překročení prvních osmi souborů denních průtoků.



Obr. 2. Čáry překročení denních průtoků vybraných řek Čech a Moravy.

Tabulka 2

Vypočítané a odvozené variační koeficienty jako míry variace denních průtoků vybraných řek Čech a Moravy. Období 1931—1960

Řeka vodoměrná stanice		$Q_a$ $m^3/s$	Variační koeficienty $V$								
			vypočítané					odvozené			
			$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V'_4$	$V$	podle $V_2$	podle $V_3$	podle $V_4$	podle $V'_4$
Morava	Raškov	5,89	0,167	0,272	0,420	0,438	1,003	1,091	1,020	1,050	1,018
Desná	Šumperk	3,95	0,181	0,292	0,441	0,495	1,109	1,177	1,095	1,102	1,137
Mor. Sázava	Lupěné	4,26	0,226	0,388	0,582	0,680	1,474	1,478	1,455	1,455	1,525
Bečva	Dluhonice	17,3	0,261	0,440	0,662	0,781	1,666	1,700	1,650	1,655	1,736
Jihlava	Dvorce	1,97	0,185	0,313	0,522	0,546	1,226	1,210	1,174	1,305	1,244
Svratka	Borovnice	1,53	0,212	0,350	0,550	0,590	1,346	1,386	1,312	1,375	1,336
Svratka	Židlochovice	15,3	0,198	0,354	0,511	0,595	1,319	1,294	1,328	1,278	1,346
Svitava	Rozhrání	1,26	0,081	0,161	0,204	0,283	0,668	0,530	0,604	0,510	0,692
Svitava	Letovice	2,14	0,128	0,251	0,316	0,371	0,928	0,850	0,941	0,790	0,877
Punkva	Skalní mlýn	0,87	0,236	0,392	0,611	0,718	1,725	1,569	1,462	1,528	1,604
Lužnice	Frahelž	4,52	0,202	0,320	0,521	0,572	1,308	1,308	1,200	1,302	1,298
Novohradka	Uhřetice	2,26	0,273	0,420	0,658	0,803	1,765	1,765	1,575	1,645	1,782
Jizera	Žel. Brod	16,5	0,200	0,340	0,514	0,545	1,308	1,308	1,275	1,285	1,242
Jizera	Tuřice	23,9	0,181	0,320	0,445	0,530	1,177	1,177	1,200	1,112	1,210

$$V_2 = \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10 Q_a}$$

$$V_3 = \frac{O > Q_a}{O_r}$$

$$V_4 = \frac{\sum_{i=1}^{11} (Q_M - Q_a)}{11 Q_a}$$

$$V'_4 = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (Q_M - Q_a)^2}{11}}}{Q_a}$$

$$V = \frac{\sigma}{Q_a}$$

sobí-li se střední průtok  $Q_s$  m<sup>3</sup>/s počtem vteřin v roce (tj. 31 536 000), získá se hledané odtečené množství po průměrný průtok. Výpočet ročního odtečeného množství je všeobecně známý ( $Q_a \cdot 31\,536\,000$  m<sup>3</sup>). Ke stejnému výsledku lze dospět i tak, že se vypočítá podíl plochy  $P_1$  a plochy  $P$  omezené celou čarou překročení, svislou osou souřadnic po hodnotu  $Q_{max}$  a vodorovnou souřadnicí v hodnotě  $Q = 0$ . Podíl lze vyjádřit desetinným číslem i procenty. Tato metoda má však kromě toho, že vyžaduje vynesení čáry překročení do pravouhlé sítě souřadnic alespoň po hodnotu  $Q_a$  a měření ploch  $P_1$  a  $P$  planimetrem i tu nevýhodu, že hodnoty míry variability, které si označíme symbolem  $V'_3$ , mají ve srovnání s jinými statistickými měrami variace opačný význam. Jejich vyšší hodnota vyjadřuje menší míru variace. To odporuje jednomu z požadavků kladených na míru variace, o němž je zmínka již v předešlé části textu. To lze odstranit tak, že se hodnota  $V'_3$ , převede na hodnotu rovnou  $1 - V'_3$ , vyjadřuje-li se desetinným číslem, nebo na hodnotu  $100 - V'_3$ , vyjadřuje-li se procenty. V podstatě to znamená, že k jejímu výpočtu použijeme poměru odtečeného množství nad průměrným průtokem  $0 > Q_a$  a celoročního odtečeného množství. Tuto míru variace si označíme symbolem  $V_3$ . Její hodnoty jsou pro prvních osm souborů denních průtoků v tab. 1 a pro soubory denních průtoků vybraných českých a moravských řek v tab. 2 (jen  $V_3$ ).

V obecné statistice se za jednu z nevhodnějších měr variace pokládá směrodatná odchylka  $\sigma$ , neboť měří současně jak variaci ve smyslu vzájemné odlišnosti jednotlivých znaků souboru (tj. hodnot denních průtoků), tak i variaci ve smyslu odlišnosti jednotlivých znaků od jejich průměru (tj. od  $Q_a$ ). 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, čili v případě denních průtoků

$$\sigma^2 = \text{var } x = \frac{\sum_{d=1}^n (Q_d - Q_a)^2}{n} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{\sum_{d=1}^n (Q_d - Q_a)^2}{n} , \quad (5)$$

kde  $Q_d$  jsou denní průtoky a  $Q_a$  je dlouhodobý průměrný průtok z řady denních průtoků o  $n$ -členech.

Poněvadž jsou řady denních průtoků z mnohaletého období velmi 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 psát

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot n_i}{\sum n_i} - Q_a^2 . \quad (6)$$

Ačkoliv odhad celkového rozptylu může být po užití této metody poněkud zkreslen, lze jí použít s úspěchem proto, že je poměrně jednoduchá v případě, máme-li k dispozici tabulky četností výskytu denních průtoků z víceletého období. Poněvadž Hydrologická



střediska HMÚ provádějí třídění denních průtoků do třídních intervalů, postačuje upravit tabulky četností denních průtoků s ohledem na vhodný rozsah třídních intervalů, a rozptyl vypočítat.

Směrodatná odchylka měří absolutní variaci denních průtoků. Je proto nutné ke vzájemnému srovnávání rozličně vodných řek použít relativní variability. Tou rozumíme absolutní variaci vztahenou k úrovni celého souboru denních průtoků. Mírou variace je pak *variační koeficient*  $V$ , který je podílem směrodatné odchylky a aritmetického průměru souboru denních průtoků ( $Q_a$ ), čili

$$V = \frac{\sigma}{Q_a} \quad (7)$$

Význam variačního koeficientu jako objektivní míry variability lze osvětlit na příkladech řek č. 2 a 3 z prvních osmi souborů denních průtoků (obr. 1). U obou jsou rozdíly hodnot denních průtoků od průtoků průměrného a od sebe navzájem velmi blízké, což prokazují velmi si blízké hodnoty směrodatných odchylek (11,49 a 10,86) a velmi podobný tvar čar překročení. Řeky jsou však odlišné svojí vodností. Avšak blízké hodnoty směrodatné odchylky měřené absolutní hodnotou dlouhodobého průměrného průtoků  $Q_a$  m<sup>3</sup>/s znamenají ve skutečnosti u méně vodné řeky větší relativní variabilitu a u vodnější řeky menší variabilitu denních průtoků (u č. 2  $V = 0,09$  u č. 3  $V = 0,40$ ).

#### VYUŽITÍ „M“ DENNÍCH PRŮTOKŮ K VÝPOČTU MÍRY VARIABILITY DENNÍCH VODNOSTÍ ŘEK

Vydeme-li z předpokladu, že rozličnou míru rozkolísanosti denních průtoků může vystihnout tvar čary jejich překročení, nabízí se úvaha, jak je možné posoudit právě ony vzájemné odlišnosti těchto čar překročení, aniž bychom byli nuceni vypočítat poměrně pracně variační koeficient  $V$ . Z čar překročení jsou odvozeny průtoky překročení „M“ dní v roce, čili tzv. „M“ denní průtoky. Hodnoty těchto průtoků jsou v podstatě jen uspořádaným výběrem z celého souboru denních průtoků a čára překročení vyjadřuje průběh jejich postupné změny v pořadí od nejvyššího po nejnižší v souvislosti s četností jejich výskytu. Proto sestava absolutních hodnot „M“ denních průtoků určuje průběh čary překročení a představuje-li výběr hodnot provedený podle přesného pravidla, může se stát základem nového souboru znaků, jejichž variabilitu bude možno vyjádřit některou mírou variability.

Pro spolehlivé posouzení míry variability denních průtoků podle „M“ denních průtoků by se zdálo potřebné, aby se též přihlíželo k průtokům překročeným méně nežli 30 dny v roce. Bez zřetele k těmto vysokým průtokům by totiž mohla být míra variability zkeslena. Čary překročení denních průtoků mají u většiny našich řek velmi strmý průběh právě v hodnotách překročení kratšího nežli 30 dnů v roce. To svěčí o tom, že ač ne tak časté jsou velmi vysoké průtoky za povodní. Rozdíly mezi nejvyšším denním průtokem, který se vyskytl v daném období a průtokem průměrně překročeným po dobu 30 dnů v roce jsou obvykle značné.

Pokud by šlo o možnost rozšíření řady „M“ denních průtoků připadaly by v úvahu nejvyšší a nejnižší denní průtoky, které se v období „n“ roků vyskytly. S jejich použitím u prvních osmi souborů denních průtoků a v ojedinělých případech u souborů denních průtoků našich řek se dosáhlo zdánlivě dobrých výsledků. Variační koeficient,

symbolicky označovaný  $V_5$ , se v onech případech odvodil z podílu průměrné odchylky  $\bar{d}$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$ . Jeho číselná hodnota byla velmi blízká číselné hodnotě variačního koeficientu  $V$  (tab. 1) vypočítaného z podílu směrodatné odchylky  $\sigma$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$  (vzorec 6, 7). V jiných případech souborů denních průtoků našich řek byly však rozdíly mezi variačními koeficienty  $V_5$  a  $V$  tak veliké, že to prokazovalo neoprávněnost rozšiřovat řady „M“ denních průtoků o nejvyšší denní průtok. Zřejmě se zde projevuje i to, že jde o průtok velmi proměnlivý v čase a jeho obvykle poměrně vysoká hodnota může výrazně ovlivnit i výslednou hodnotu míry variace.

Poněvadž průtoky překročené méně nežli 30 dní v roce nejsou zveřejňovány, připadala by v úvahu pro výpočet míry variability jen řada průtoků průměrně překročených 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 a 330 dní v roce. Průtoky překročené průměrně 355 dní v roce nemusí být použity, neboť jsou velmi blízké průtokům překročeným 330 dní v roce a jejich použití či nepoužití nemůže prakticky ovlivnit výslednou hodnotu variačního koeficientu. Tvůří tedy řadu „M“ denních průtoků 11 členů ( $n = 11$ ). Všechny jsou zveřejněny v Hydrologických ročenkách pro jednotlivé roky i pro delší období a v díle Hydrologické poměry ČSSR, díl II., [6], a tedy snadno dosažitelné.

Vzájemný poměr mezi všemi členy „M“ denních průtoků a poměr mezi nimi a střední hodnotou může vyjádřit některá míra variability. Nejvhodnější z nich mohou být:

a) variační koeficient, odvozený z poměru směrodatné odchylky  $\sigma$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$ , který si označíme symbolem  $V'_4$ .

Je tedy

$$V'_4 = \frac{\sigma}{Q_a} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_M - Q_a)^2}{n}}}{Q_a} \quad (8)$$

b) variační koeficient  $V_4$ , odvozený z průměrné odchylky  $\bar{d}$ . Výpočet průměrné odchylky je poměrně jednoduchý a dostatečně spolehlivý. Označíme-li si jednotlivé odchylky každého člena řady „M“ denních průtoků od střední hodnoty ( $Q_a$ ) symbolem  $d_i$  ( $d_i = Q_M - Q_a$ ), můžeme průměrnou odchylku vyjádřit jako

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{\sum_1^n (Q_M - Q_a)}{n} \quad (9)$$

a variační koeficient  $V_4$ :

$$V_4 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n \cdot Q_a} = \frac{\sum_1^n (Q_M - Q_a)}{n \cdot Q_a} \quad (10)$$

Hodnoty variačních koeficientů  $V_4$  a  $V'_4$ , vypočítané podle výše uvedených vzorců jsou v tab. 2. Z ní je vidět, že všechny hodnoty variačního koeficientu  $V_4$  jsou vyšší. Vztah mezi oběma je však poměrně těsný, jak je vidět z obr. 7. To prokazuje, že oba mohou vyjadřovat míru variability denních průtoků stejně spolehlivě. S ohledem na toto zjištění je z praktického hlediska výhodnější méně pracný výpočet s použitím průměrné odchylky  $\bar{d}$  jako absolutní míry variace.

Hodnoty variačního koeficientu  $V_4$  se opět kvalitou liší od hodnot variačních koeficientů  $V$ ,  $V_2$  a  $V_3$ , vypočítaných podle jiných způsobů. Je však mezi nimi navzájem velmi těsný vztah, který prokazuje, že měří míru variability denních průtoků shodně a dále to, že výpočet variačního koeficientu  $V_4$ , využívající hodnot „ $M$ “ denních průtoků, je zcela opodstatněný.

#### VZTAHY MEZI JEDNOTLIVÝMI MĚRAMI VARIACE DENNÍCH PRŮTOKŮ

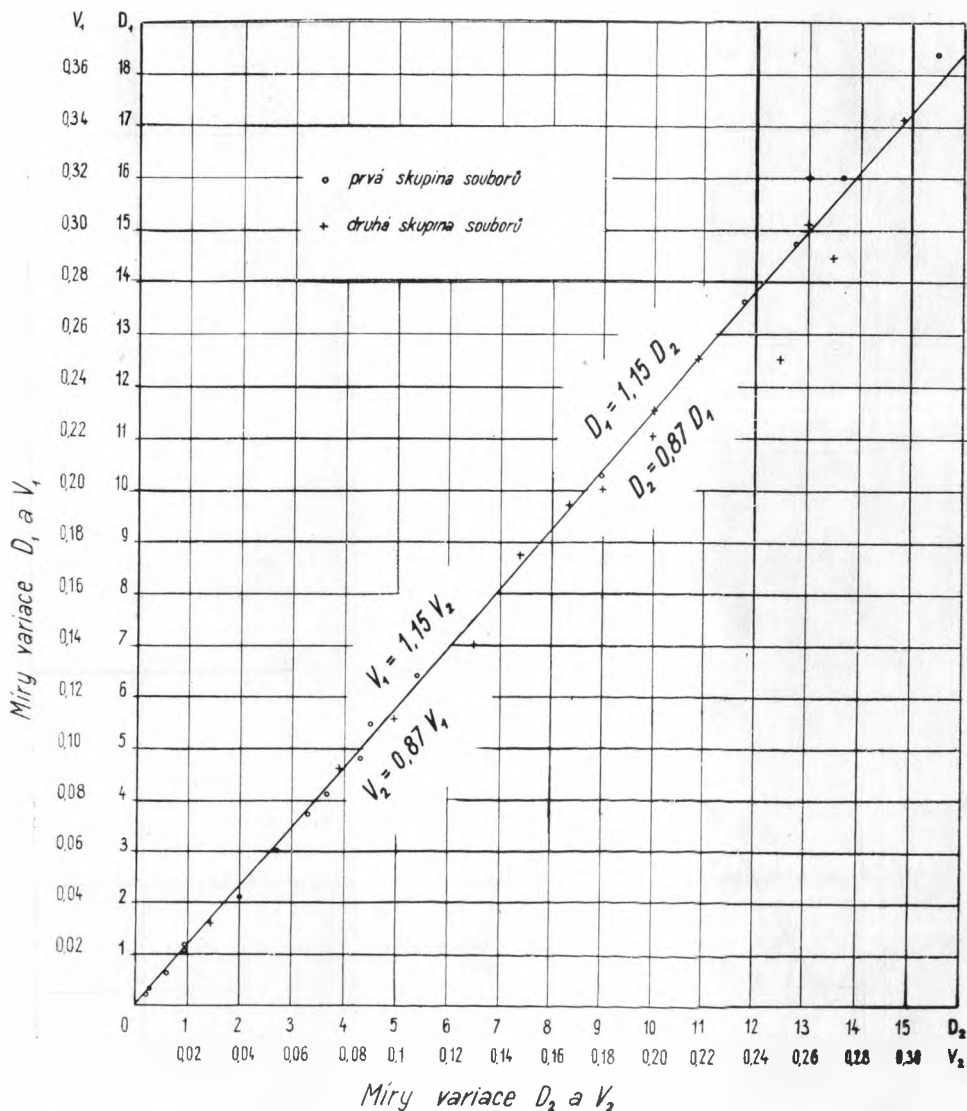
Na stupeň spolehlivosti jednotlivých měr variace denních průtoků, posuzovaný z hlediska všeobecné statistiky, bylo poukázáno již v úvodní části práce. Číselné hodnoty všech měr variace denních průtoků se vzájemně liší, jak je nejlépe vidět v tab. 1 a 2, avšak každá z nich bezesporu vyhovuje podmínkám, kladeným na míru variace, tj. umožňuje srovnávání vyrovnanosti, případně nevyrovnanosti denních průtoků rozličně vodných řek. Ověření míry jejich spolehlivosti je možné kromě jiných metod i podle těsnosti vzájemného vztahu mezi nimi. Tento je možno posuzovat grafickou korelační metodou. Výhoda jejího použití vyplývá nejen z její přehlednosti, nýbrž i z následujících poznatků. Výsledné hodnoty variačního koeficientu jsou závislé nejen na metodě, kterou byly vypočteny, nýbrž i na spolehlivosti výchozích hodnot průtoků. Každá z metod připouští určitý stupeň zkeslení výsledku, čili určitou odchylku od ideálně správné hodnoty. Tuto odchylku může do značné míry ovlivnit zvláště přesnost výpočtu dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$  a u metod, při nichž se používá hodnot překročení denních průtoků, i přesnost jejich určení. U některých z vybraných řek z území Čech a Moravy jsou průměrné průtoky z období 1931–1960, uváděné v Hydrologických poměrech ČSSR, II., [6], nižší nežli vypočtené ze skupinového rozdělení četností nebo odvozené pomocí čáry překročení, např. Punkva 0,87 a 0,935, Svitava v Rozhrání 1,26 a 1,31, Svitava v Letovicích 2,14 a 2,20, Svratka v Borovnici 1,53 a 1,59 m<sup>3</sup>/s. Tyto rozdíly v hodnotách dlouhodobého průměrného průtoku, ač zdánlivě ne příliš veliké, se však zřetelně projevily i ve všech vztazích mezi měrami variace denních průtoků všech patnácti vybraných řek z Čech a Moravy a mohly vyvolat dojem menší těsnosti těchto vztahů.

Podobně může ovlivnit hodnoty některých měr variace i způsob a přesnost výpočtu hodnot průtoků překročených „ $M$ “ dní v roce. Ty se v Hydrometeorologickém ústavě stanovují početní metodou. Jejich výsledky jsou závislé na zvoleném rozsahu třídních intervalů a s ním související četnosti výskytu denních průtoků. Konečně je možné připustit i možné chyby v takových výpočtech, případně chyby v tisku při vydávání díla Hydrologické poměry ČSSR, II., [6], z nichž se hodnoty překročení použily. Z toho všeho vyplývá, že matematicky přesně stanovená míra těsnosti vztahů nemusí být objektivní.

Vztah mezi decilovou odchylkou  $D_1$ , vypočítanou z průtoků průměrně překročených 10 a 90 %, které byly odvozeny z čar překročení a decilovou odchylkou  $D_2$ , vypočítanou z průtoků průměrně překročených 30 a 330 dny v roce a odvozených jak z čar překročení, tak i převzatých z díla Hydrologické poměry ČSSR, II. je znázorněn na obr. 3. Je z něho vidět, že je velmi těsný a dá se v případě obou souborů denních průtoků, a tedy i všeobecně, nahradit lineárním funkčním vztahem, vyjádřeným rovnici přímky

$$D_1 = 1,15 D_2 \text{ nebo } D_2 = 0,87 D_1. \quad (11)$$

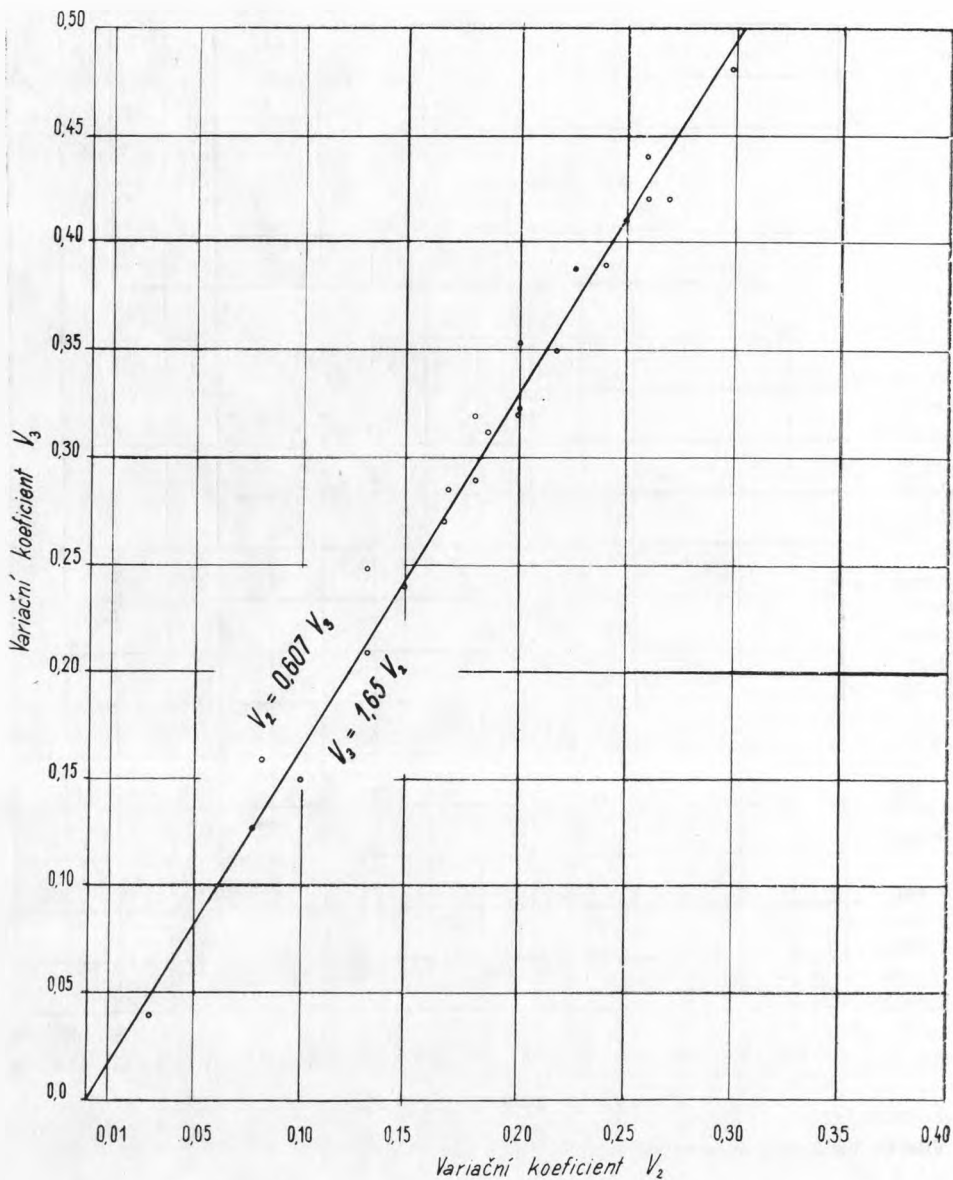
Naprosto stejný vztah je i mezi variačními koeficienty  $V_1$  a  $V_2$  jako podíly decilových odchylek  $D_1$  a  $D_2$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$  (vzorec 3, obr. 3), tedy



Obr. 3. Vztah mezi měrami variace.

$$V_1 = 1,15 V_2 \text{ nebo } V_2 = 0,87 V_1. \quad (12)$$

Vztah mezi variačním koeficientem  $V_2$  a variačním koeficientem  $V_3$ , který je podílem odečteného množství nad dlouhodobým průměrným průtokem a celkového průměrného ročního odečteného množství, znázorňuje obr. 4. Vztah je opět značně těsný, a to jak v případě prvních osmi souborů, tak i v případě patnácti vybraných souborů denních průtoků řek z Čech i Moravy.

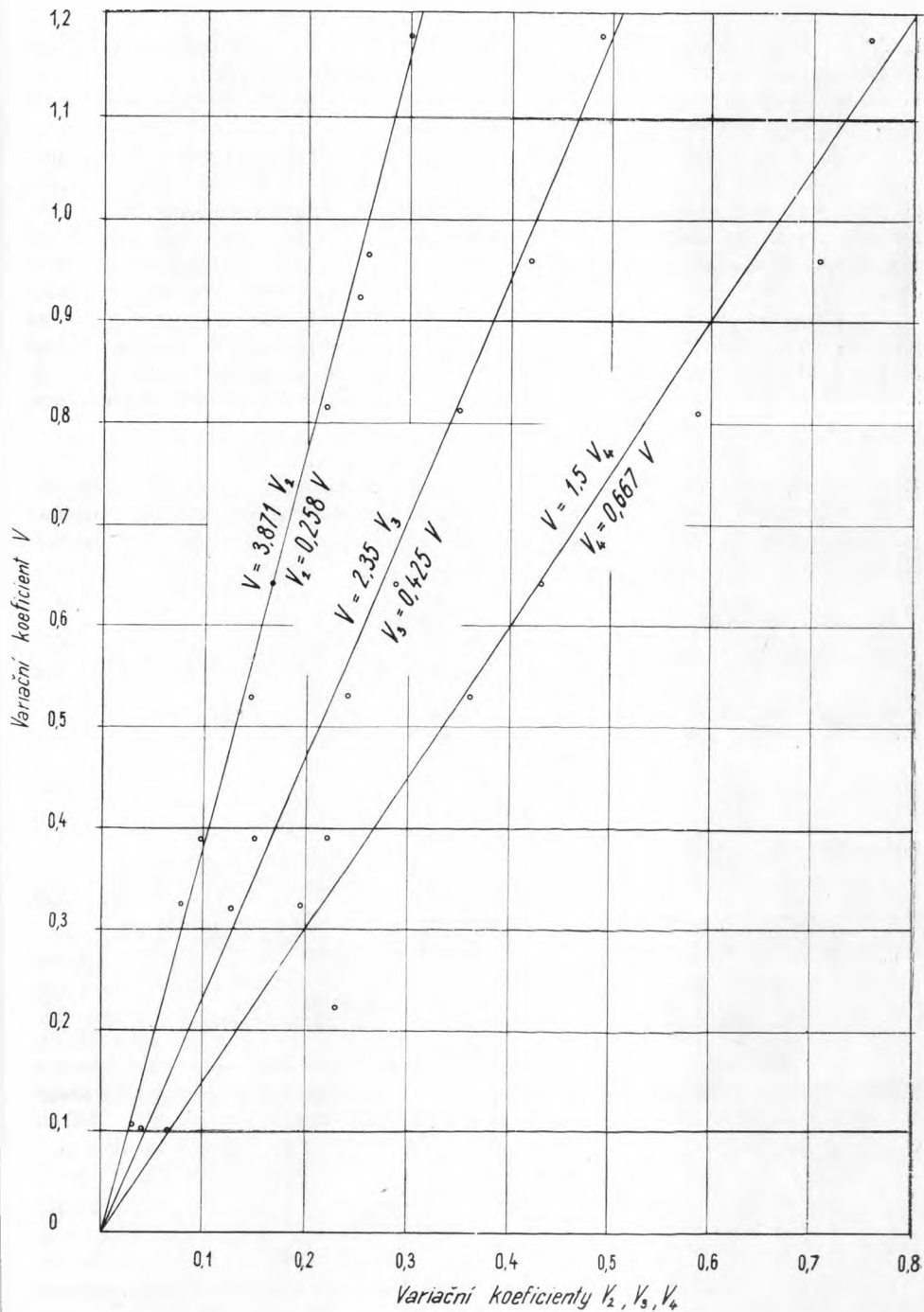


Obr. 4. Vztah mezi variačními koeficienty.

Dá se nahradit funkčním vztahem, vyjádřeným lineární rovnicí

$$V_2 = 0,607 V_3 \text{ nebo } V_3 = 1,65 V_2. \quad (13)$$

Zjištění značné těsnosti vztahu mezi variačními koeficienty  $V_2$  a  $V_3$  a možnost na-



Obr. 5. Vztah mezi variačními koeficienty.

hradit ho rovnicí přímky, potvrzuje oprávněnost užívání variačního koeficientu  $V_2$  jako spolehlivé míry variace denních průtoků. Možnost vzájemného převodu dovoluje vyhnout se v případě potřeby pracnější metodě stanovení variačního koeficientu  $V_3$ , který se bez takového zjištění vztahu zdál být spolehlivější.

S ohledem na rozličný stupeň spolehlivosti, s jakým mohou měřit variabilitu denních průtoků jednotlivé variační koeficienty a dále i s ohledem na pracnost jejich výpočtu, je třeba poznat míru těsnosti vztahů zvláště mezi variačními koeficienty  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  a variačním koeficientem  $V$ , jejichž číselné hodnoty jsou pro vybraných patnáct řek z území Čech a Moravy (u  $V$  jen 10) uvedeny v tab. 2, pro prvních osm souborů denních průtoků v tab. 1. Je celkem pochopitelné, že nás budou zajímat především vztahy platné pro míry variace denních průtoků našich řek. Variační koeficient  $V$  má přede všemi ostatními bezesporu tu přednost, že se odvozuje z celého souboru denních průtoků, tedy i z průtoků nejvyšších, zatím co ostatní jen z omezené části celého souboru (asi 80 %) a variační koeficient  $V_3$  z oběmu odtoku, který skutečné hodnoty denních průtoků do jisté míry zastírá.

Z porovnání všech uvedených variačních koeficientů s variačním koeficientem  $V$  vyplývají velmi těsné vztahy (obr. 6, 7, 8). To by prokazovalo, že každý ze způsobu jejich výpočtu je spolehlivý. Jejich hodnoty, ač kvalitativně odlišné, lze vzájemně provádět, neboť tak dalece těsný vztah mezi nimi, jaký se ukázal být, lze nahradit funkčním vztahem vyjádřeným rovnicí přímky.

Pro vztah mezi variačními koeficienty  $V$  a  $V_2$  platí

$$V = 6,538 V_2 \text{ nebo } V_2 = 0,153 V, \quad (14)$$

pro vztah mezi variačními koeficienty  $V$  a  $V_3$  platí

$$V = 3,75 V_3 \text{ nebo } V_3 = 0,267 V, \quad (15)$$

pro vztah mezi variačními koeficienty  $V$  a  $V_4$  platí

$$V = 2,5 V_4 \text{ nebo } V_4 = 0,4 V, \quad (16)$$

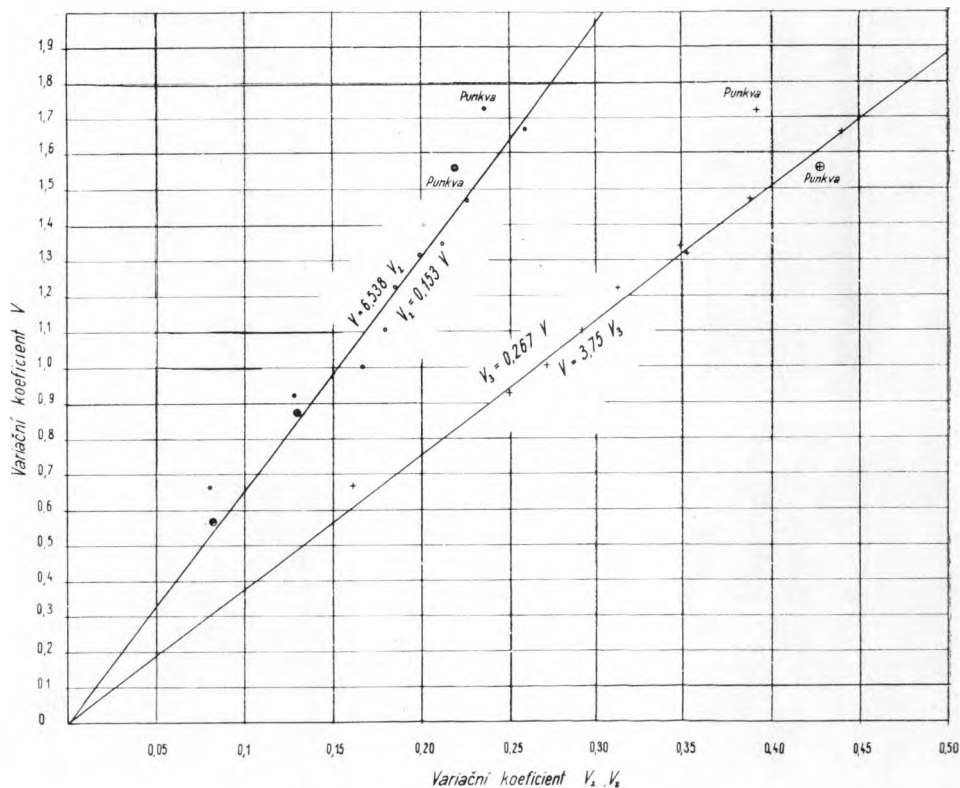
a konečně pro vztah mezi variačními koeficienty  $V$  a  $V'_4$  platí

$$V = 2,095 V'_4 + 0,1 \text{ nebo } V'_4 = 0,477 V - 0,05. \quad (17)$$

Při posuzování stupně pracnosti je nejméně náročný způsob výpočtu variačního koeficientu  $V$  pomocí variačního koeficientu  $V_2$ , neboť vyžaduje jen tři jednoduché početní úkony za předpokladu, že jsou k dispozici průtoky průměrně překročené 30 a 330 dní v roce a dlouhodobý průměrný průtok. Jeho výpočet lze tedy vyjádřit rovnicí

$$V = 6,538 \frac{\bar{Q}_{30} - \bar{Q}_{330}}{10 Q_a}. \quad (18)$$

Rozdíly mezi hodnotami variačního koeficientu  $V$ , vypočítaného ze vztahu mezi ostatními variačními koeficienty, jsou uvedeny v tab. 2. Je z nich vidět, že jsou v největším počtu případů v rozsahu menším jedné desetiny. Větší rozdíly několika desetin



Obr. 6 Vztah mezi variačními koeficienty.

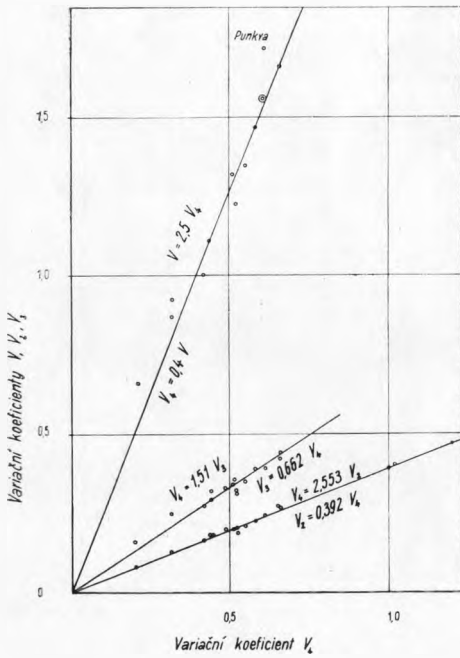
obvykle souhlasily s případy řek, u nichž se vyskytly nesrovnalosti s vypočítanou hodnotou dlouhodobého průměrného průtoku.

Variační koeficient  $V$ , který je v podstatě podílem směrodatné odchylky  $\sigma$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$  má přede všemi ostatními mírami variace denních průtoků ještě jednu důležitou přednost. Při hodnocení jiných hydrologických a klimatických jevů, jako např. variability měsíčních a ročních vodností řek, variability měsíčních a ročních úhrnů srážek, se široce používá variačního koeficientu, označovaného symbolicky  $C_v$  nebo  $V$ , který se získá rovněž z podílu směrodatné odchylky  $\sigma$  a dlouhodobého průměru, nebo se vypočítá pomocí vzorců. Přesnost variačního koeficientu  $V$  jako míry variace denních průtoků je tedy v tom, že je možné ji přímo srovnávat s mírou variability jiných hydrologických a klimatických jevů a tak poznat, který z jevů vykazuje větší stupeň proměnlivosti.

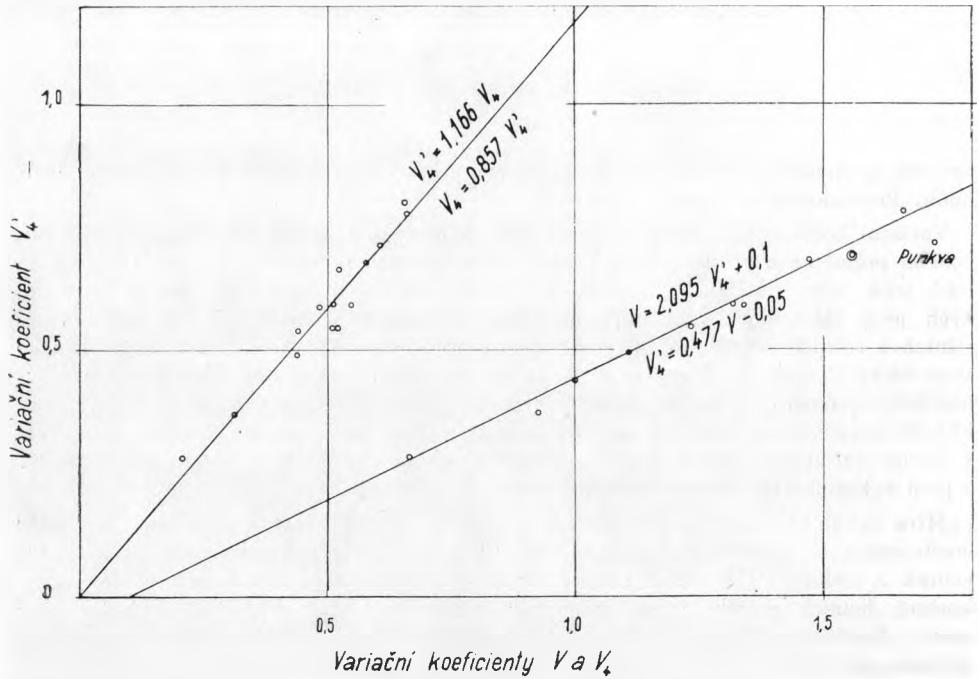
Míra variability denních průtoků řek na území Čech a Moravy vyjádřená variačním koeficientem  $V$ , vypočteným podle vzorce 18, je v příložených tabulkách. Byla určena jednak z období 1931–1960 pro vodočetné stanice, kde to dovolovaly údaje o překročení denních průtoků z onoho období, jednak z období 1951–1960 z ostatních stanic. Poněvadž si rozbor výsledků vyžaduje další obsáhlejší vysvětlení, uvedu jej při jiné příležitosti.



Obr. 7. Vztah mezi variačními koeficienty.



Obr. 8



Tabulka 3

Míra variability denních průtoků řek na území Čech a Moravy

Řeka — vodoměrná stanice	V	V	Řeka — vodoměrná stanice	V	V
	1931	1951		1931	1951
	1960	1960		1960	1960
<b>P o v o d í L a b e</b>					
Labe — Debrné		1,24	Zábrdka — Dolní Bukovina		0,19
Labe — Království	1,26	1,29	Bělá — Malá Bělá		0,37
Úpa — Horní Maršov		1,17	Jizera — Bakov		1,24 <sup>2</sup>
Úpa — Horní Staré Město		1,12	Kněžmostka — Trenčín		1,37
Úpa — Česká Skalice	1,14	1,15	Jizera — Tuřice	1,17	1,16
Labe — Jaroměř (most)		1,21	Labe — Brandýs n/Lab.	1,29	1,22
Metuje — Maršov	1,01	0,82	Teplá Vltava — Lenora		1,23
Metuje — Hronov	1,16	1,33	Teplá Vltava — Chlum		1,29
Metuje — Náchod	1,20	1,18	Studená Vltava — Černý Kříž		1,18
Metuje — Krčín (N. Město)		1,40 <sup>1</sup>	Vltava — Vyšší Brod	1,18	1,24
Metuje — Jaroměř (most)		1,13	Vltava — Český Krumlov	1,22	1,22
Labe — Josefov (Jaroměř)	1,22	1,22	Vltava — Břež		1,22
Divoká Orlice — Klášterec		1,34	Mašle — Římov		1,29
Divoká Orlice — Nekoř	1,53	1,56	Stropnice — Pašínovice		1,25
Orlice — Týniště n/Orl.	1,36	1,35	Mašle — Roudné		1,05
Labe — Němčice		1,33	Vltava — Hluboká n/Vl.		1,17
Loučná — Litomyšl		1,38	Lužnice — Pilař	1,71	1,41
Děšinka — Tržek		1,31	Lužnice — Frahelž	1,32	1,24
Loučná — Cerekvice		1,22	Nežárka — Lásenice		1,38 <sup>3</sup>
Loučná — Zámorsk		0,93	Nežárka — Stráž n/Než.		1,31 <sup>4</sup>
Loučná — Dašice	1,12	0,93	Nové Reky — Mlaka	1,81	1,67
Chrudimka — Hamry	1,40	1,40	Nežárka — Hamr	1,48	1,46
Chrudimka — Přemylov	1,42	1,48	Lužnice — Klenovice		1,33
Chrudimka — Padrtý	1,48	1,27	Lužnice — Bechyně	1,32	1,35
Chrudimka — Slatiňany	1,43	1,30	Vltava — Týn n/Vlt.		1,20
Krounka — Předhradí		1,52	Vltava — Zvíkov	1,28	1,22
Novohradka — Ůhřetice	1,78	1,61	Vydra — Modrava		1,22
Chrudimka — Nemošice	1,57	1,44	Otava — Rejstejn		1,09
Labe — Pardubice			Otava — Sušice	1,19	1,14
Doubrava — Bilek		1,33	Ostružná — Kolinec		1,23
Doubrava — Pařížov		1,53	Otava — Katovice	1,16	1,08
Doubrava — Žleby	1,56	1,47	Volyňka — Lčovice		1,32
Vrchlice — Kutná Hora		1,38	Volyňka — Němčice	1,29	1,29
Cidlina — Nový Bydžov	1,44	1,40	Blanice — Podedvory		1,10
Čidlina — Sány	1,68	1,90	Blanice — Husinec pod. nádr.		1,13
Labe — Nymburk	1,33	1,22	Blanice — Protivín		1,18
Výrovka — Doubravčany		1,24	Blanice — Heřmaň	1,19	1,17
Výrovka — Plaňany		1,12	Otava — Písek	1,17	1,10
Mumlava — Janov		1,35	Lomnice — Dolní Ostrovec	1,31	1,44
Jizera — Vilémov	1,37	1,30	Skalice — Varvažov	1,37	1,48
Jizerka — Dol. Štěpanice	1,52	1,37	Otava — Zvíkov	1,18	1,10
Jizera — Dolní Sytová		1,27	Vltava — Zvíkov	1,23	1,14
Oleska — Slaná		1,46	Vltava — Kamýk n/Vlt.		1,45 <sup>5</sup>
Kamenice — Josefův Důl	1,46	1,44	Sázava — Chlístov		1,32
Kamenice — Bohuňovsko	1,26	1,31	Sázava — Zruč n/Sáz.		1,33
Jizera — Železný Brod	1,31	1,29	Želivka — Želiv	1,42	1,42
Libuňka — Polešany		1,22	Želivka — Dolní Kralovice	1,42	1,16
Žehrovska — Žďár u Svijan		1,09	Sázava — Kácov		1,33
Mohelka — Chocnějovice		1,10	Sázava — Poříčí n/Sáz.	1,42	1,35
Malá Mohelka — Podhora		0,78	Vltava — Zbraslav	1,22	1,15
			Mže — Tachov		1,18

Řeka — vodoměrná stanice	V	V	Řeka — vodoměrná stanice	V	V
	1931 1960	1951 1960		1931 1960	1951 1960
Mže — Stříbro	1,34	1,34	Moravice — Leskovec		1,44
Mže — Plzeň	1,37	1,33	Moravice — Branka		1,44
Radbuza — Staňkov	1,36	1,20	Opava — Děhylov	1,50	1,29
Radbuza — Plzeň, Litice	1,35	1,22		1,50 <sup>2</sup>	
Úhlava — Nýrsko	1,02	1,05	Odra — Přívoz (Ostrava)	1,48 <sup>5</sup>	1,39
Úhlava — Klatovy		1,20 <sup>6</sup>	Ostravice — Šance	1,41	1,40
Úhlava — Štěnovice	1,31	1,14		1,44 <sup>4</sup>	
Berounka — Plzeň, Bílá Hora	1,31	1,26	Ostravice — Frýdek (most)	1,52 <sup>5</sup>	1,45
Úslava — Plzeň, Koterov	1,78	1,24	Lučina — Bludovice		1,26
Klabava — Nová Huť		1,25	Lučina — Radvanice		1,18
Střela — Plazy		0,59	Ostravice — Ostrava	1,45	1,37
Berounka — Liblín		1,34	Odra — Bohumín	1,48	1,37
Berounka — Křivoklát	1,31	1,29		1,50 <sup>6</sup>	
Litavka — Králův Dvůr		1,52	Olše — Ropice		1,45
Berounka — Beroun		1,28	Olše — Věrnovice		1,32
Berounka — Dobřichovice	1,35	1,29	Stěnavá — Jetřichov		1,04
Vltava — Modřany	1,26	1,14	Lužická Nisa — Liberec		1,10
	1,24 <sup>7</sup>		Lužická Nisa — Hrádek n/N.		1,11
Labe Mělník		1,27 <sup>8</sup>	Smědava — Viska v Čechách		1,32
Labe — Roudnice		1,15			
Ohře — Cheb		1,17	Poznámky:		
Odrava — Jesenice		1,19	1 z období 1923—1960		
Ohře — Citice	1,29	1,28	2 z období 1926—1960		
Teplá — Cihelny		1,46	3 z období 1939—1960		
Ohře — Kadaň	1,45	1,50	4 z období 1926—1960		
Ohře — Louny	1,44	1,48	5 z období 1941—1960		
Labe — Ústí n/Lab.		1,18	6 z období 1920—1960		
Bílina — Trmice	1,34	1,22			
Ploučnice — Česká Lípa		0,78	Povodí Moravy		
Ploučnice — Stružnice		0,80	Morava — Vlaské		1,27
Ploučnice — Benešov n/Pl.	0,84	0,84	Telečský pot. — Staré Město		1,06
Labe — Děčín	1,23	1,14	Krupá — Habartice		1,28
	1,26 <sup>9</sup>		Morava — Raškov	1,09	1,11
Poznámky:			Desná — Rapotín		1,15
1 z období 1921—1944			Desná — Šumperk	1,18	1,15
2 z období 1841—1950				1,16 <sup>1</sup>	
3 z období 1947—1960			Březná — Hoštejn		1,46
4 z období 1931—1950			Mor. Sázava — Lupěné	1,48	1,50
5 z období 1931—1954				1,52 <sup>2</sup>	
6 z období 1931—1943 +			Morava — Moravičany	1,36	1,35
+1953—1960				1,29 <sup>5</sup>	
7 z období 1901—1960			Třebůvka — Hraničky		1,09
8 z období 1920—1945			Třebůvka — Loštice	1,20	1,10
9 z období 1926—1960				1,23 <sup>4</sup>	
Povodí Odry			Morava — Nové Sady	1,32	1,30
Odra — Spálov		1,75	Olešnice — Brodek		1,76
Odra — Odrý		1,78	Vsetínská Bečva — V. Karlov.		1,61
Odra — Bernartice		1,90	Kychovka — Kychová	1,58	1,35
Odra — Svinov (Ostrava)	1,72	1,59	Zděchovka — Zděchov	1,68	1,60
	1,72 <sup>1</sup>		Vsetínská Bečva — Ústí		1,67
Opava — Opava		1,35	Senice — Lužná		1,70
			Vsetínská Bečva — Vsetín	1,73 <sup>5</sup>	1,66

Řeka — vodoměrná stanice	V	V	Řeka — vodoměrná stanice	V	V
	1931 1960	1951 1960		1931 1960	1951 1960
Bystřička — Bystřička pod př.	1,84 <sup>6</sup>	1,76	Svitava — Bílovice n/Sv.	1,14	1,07
Vsetínská Bečva — Jarcová	1,67 <sup>7</sup>	1,64		1,14 <sup>25</sup>	
Rožnovská Bečva — Krásno	1,61 <sup>8</sup>	1,56	Svratka — Židlochovice	1,29	1,02
Bečva — Teplice	1,71	1,56		1,08 <sup>26</sup>	
Bečva — Dluhonice	1,71	1,59	Jihlava — Dvorce	1,21	1,28
	1,69 <sup>9</sup>		Jihlava — Ptáčov	1,42 <sup>27</sup>	1,48
Okluka — Plumlov nad př.	1,94 <sup>10</sup>	1,78	Oslava — Olší	1,53	1,36
Hloučela — Plumlov pod př.	1,61 <sup>11</sup>	1,58	Oslava — Nesměř	1,55	1,39
Haná — Vyškov	1,60 <sup>12</sup>	1,54	Oslava — Oslavany	1,75	1,41
Brodečka — Otaslavice	1,79 <sup>13</sup>	1,72	Rokytná — Mor. Krumlov		1,35
Moštěnka — Prusy		1,32	Jihlava — Ivančice	1,44	1,33
Morava — Kroměříž	1,40	1,15	Dyje — Dolní Věstonice	1,22	1,04
	1,40 <sup>14</sup>		Stupava — Koryčany		1,27
Dřevnice — Slušovice		1,32	Kyjovka — Kyjov		1,24
Všemínka — Slušovice	1,51 <sup>15</sup>	1,56	Morava — Moravský Ján	1,37	1,10
Bratřejovka — Vizovice	1,48 <sup>16</sup>	1,15		1,39 <sup>28</sup>	
Fryštácký pot. — Kostelec		1,44			
Dřevnice — Gottwaldov		1,47			
Luhačovický pot. — Luhačov.	1,27 <sup>17</sup>	1,33	Poznámky:		
Olšava — Uh. Brod		1,30	1 z období 1926—1960		
Olšava — Kunovice		1,33	2 z období 1926—1960		
Velička — Strážnice		1,44	3 z období 1920—1960		
Morava — Strážnice	1,53	1,86	4 z období 1922—1960		
Myjava — Štefanov	1,28	0,93	5, 6, 7, 8 z obd. 1941—1960		
	1,42 <sup>18</sup>		9 z období 1920—1960		
Moravská Dyje — Dačice		1,39	10, 11 z obd. 1935—1960		
Dyje — Podhradí	1,47 <sup>19</sup>	1,41	12 z období 1940—1960		
Želetavka — Jemnice		1,46	13 z období 1941—1960		
Dyje — Vranov pod př.		1,14	14 z období 1916—1960		
Dyje — Znojmo, Trouznice		1,06	15 z období 1937—1960		
Dyje — Trávní Dvůr		1,03	16 z období 1942—1960		
Jevišovka — Výrovce		1,41	17 z období 1939—1960		
Jevišovka — Božice		1,41	18 z období 1923—1960		
Svratka — Borovnice	1,39	1,27	19 z období 1934—1960		
Svratka — Dalečín		1,46	20 z období 1941—1958		
Svratka — Vir pod př.		1,49 <sup>20</sup>	21 z období 1936—1960		
Loučka — Skryje		1,52	22 z období 1926—1960		
Loučka — Dolní Loučky	1,46 <sup>21</sup>	1,53	23 z období 1940—1960		
Svratka — Veverská Bitýška	1,40 <sup>22</sup>	1,24	24 z období 1923—1960		
Svratka — Brno, Pisárky	1,40 <sup>23</sup>	1,62	25 z období 1918—1960		
Svitava — Rozhrání	0,53	0,44	26 z období 1921—1960		
Křetínka — Letovice	1,44	1,31	27 z období 1932—1960		
	1,43 <sup>24</sup>		28 z období 1895—1960		
Svitava — Letovice	0,82	0,70			
Punkva — Skalní Mlýn	1,54	1,60			

## ZÁVĚR

Pro poznání stupně variability denních průtoků řek je možné použít rozličných měr variace. S ohledem na rozličnou vodnost řek jsou však nevhodnější variační koeficien-

ty jako relativní míry variace. K výpočtu variačního koeficientu pomocí decilové odchylky lze použít denních průtoků průměrně překročných 30 a 330 dní v roce (vzorec 2 pro  $V_2$ ). Vzájemným porovnáním číselných hodnot variačních koeficientů  $V_2$ ,  $V_4$ ,  $V'_4$ , odvozených podle vzorců 3, 7 a 10, variačního koeficientu  $V_3$  (vzorec v tab. 1) vypočítaných pro vybraných 13 řek z území Čech a Moravy, se ukázalo, že mezi všemi existuje natolik těsný vztah, že ho lze nahradit lineárními rovnicemi (13, 14, 15, 16, 17). Za nejvhodnější míru variability denních průtoků je možné pokládat variační koeficient  $V$ , určený z podílu směrodatné odchylky  $\sigma$  a dlouhodobého průměrného průtoku  $Q_a$  (vzorec 7), neboť se při jeho výpočtu užívá úplného souboru denních průtoků. Dá se též porovnávat s analogickými variačními koeficienty, vyjadřujícími jiné hydrologické nebo klimatické jevy, kterých se již u nás používá. Podle velmi těsného vztahu mezi ním a variačním koeficientem  $V_2$ , stanoveným pomocí decilové odchylky, lze jej velmi snadno odvodit pomocí lineární rovnice (18), která tento vztah vyjadřuje. Snadnost jeho výpočtu umožňují údaje o průtocích průměrně překročných 30 a 330 dní v roce, publikované Hydrometeorologickým ústavem [6]. Hodnoty variačního koeficientu  $V$ , vystihujícího variabilitu denních průtoků řek Čech a Moravy podle období 1931—1960 a 1951—1960, jsou uvedeny pro praktické použití v tab. 3.

#### LITERATURA

1. Dub O., *Všeobecná hydrologia Slovenska*, 1954. — 2. Dub O., *Hydrologia, hydrografia, hydrometria*. Bratislava 1957, s. 275. — 3. Dub O., Němec J., *Hydrologie*, 1969. — 4. Netopil R., *K problému hydrologického rajónování území ČSSR podle režimu podzemních vod*. Sborník ČSZ, sv. 69, 1964. — 5. Cyhelský L., Novák I., *Statistika I*. 1967. 6. *Hydrologické poměry ČSSR II.*, 1967.

Do redakcie došlo 9. 4. 1970

Rostislav Netopil

#### METHODS OF THE CALCULATION OF VARIABILITY OF DAILY DISCHARGES EXEMPLIFIED BY THE RIVERS OF BOHEMIA AND MORAVIA

Various variability measures may be used for depicting the variability degree of river daily discharges. Regarding the different water rate of the rivers, however, variation coefficients as relative variation measures are the most suitable. To calculate the variation coefficient by means of the decile deviation the daily discharges exceeded on an average by 30 and 330 days in a year (formula 2 for  $V_2$ ) may be used. In mutual comparing the numerical values of the variation coefficients  $V_2$ ,  $V_4$ ,  $V'_4$  deduced according to the formulas 3, 7, 10 and the variation coefficient  $V_3$  (the formula in Table 1), calculated for selected 13 rivers from the territory of Bohemia and Moravia it has been stated that there are relations existing between them all close in such a degree that they can be replaced by the linear equations (13, 14, 15, 16, 17). The variation coefficient  $V$  evaluated from the quotient of the standard deviation  $\sigma$  and the long-term average discharge  $Q_a$  may be considered as the most suitable measure of the variability of daily discharges, because a complete set of daily discharges is used when calculated. It can be compared also with analogical variation coefficients expressing other hydrological and climatic phenomena being already used in this country. Regarding the very close relation between it itself and the variation coefficient  $V_2$  stated by means of the decile deviation it can be deduced very easy by means of the linear equation (18) expressing this relation. The easy calculation is enabled by the data of the discharges exceeded on an average

by 30 and 330 days in a year, published by the Hydrometeorological Institute (Lit. 6). The values of the variation coefficient  $V$  depicting the variability of river daily discharges of the territory of Bohemia and Moravia in a period of 1931—1960 and in 1951 and 1960 are quoted in Table 3.

From the Czech translated by A. Krajčír

Fig. 1. Lines exceeding the first eight sets of daily discharges.

Fig. 2. Lines exceeding the daily discharges of selected rivers from the territory of Bohemia and Moravia (period 1931—1960).

Fig. 3. Correlations between variation measures.

Fig. 4—8. Correlations between variation coefficients.