

## STATISTICKÉ CHARAKTERISTIKY REŽIMU PODZEMNÍCH VOD PODLE LIMNIGRAMŮ A PODLE MĚŘENÍ V TÝDENNÍCH INTERVALECH

Č. Brázda

Katedra geografie přírodovědecké fakulty UJEP,  
Brno, Kotlářská 2, ČSSR

### SHRNUTÍ

V pozorovacích profilech a sítích sloužících k pravidelnému sledování hladiny podzemní vody na území ČSSR se získávají údaje o úrovních hladiny podzemní vody dvojným způsobem:

1. jednorázovým měřením hladiny podzemní vody v týdenních intervalech (měření  $1 \times$  týdně),
2. vyhodnocováním spojených záznamů limnigrafů (průměrné denní stavy hladiny podzemní vody).

Vzniká otázka, do jaké míry mohou měření prováděná  $1 \times$  týdně vystihnout skutečný pohyb hladiny podzemní vody a jak dalece mohou zkreslit statistické charakteristiky režimu podzemních vod. Jelikož měření v týdenních intervalech, tak jak je provádějí dobrovolní pozorovatelé Hydro-meteorologického ústavu, nebyla pro vybrané pozorovací objekty k dispozici, bylo nutno nejprve vybrat z řad denních průměrů hodnoty, které by odpovídaly (i když s určitými výhradami) jednorázovým měřením v týdenních intervalech. Tím byly získány soubory s nestejným rozsahem (výběrové soubory průměrných denních stavů hladiny podzemních vody z období 1961—1970 a výběry týdenních stavů z téhož období), které bylo možno porovnávat.

Porovnání výběrů s nestejným rozsahem bylo zaměřeno především na zjišťování míry shody rozdělení a na odhad statistických charakteristik. Byla potvrzena velmi dobrá shoda rozdělení četností, z níž bylo možno odvodit závěr, opírající se i o zjištění jiných autorů, že měření prováděná v týdenních intervalech během delšího období (v našem případě šlo o desetiletí 1961—1970), mohou postačit ke spolehlivému odhadu aritmetického průměru, modu a dalších charakteristických úrovní, odvozovaných ze skupinového rozdělení četností. Pokud jde o charakteristiky režimu podzemních vod stanovené z kratších časových úseků, k nimž řadíme například měsíční průměry, nelze vyloučit větší rozdíly, i když v řadě případů může být shoda výsledků velmi dobrá. Zde je třeba brát v úvahu variabilitu jednotlivých prvků souboru měření. Větší hodnoty směrodatné odchylky anebo variačního koeficientu nás mohou upozornit na možnost významných rozdílů při výpočtu měsíčních průměrů a z řad údajů o hladině podzemní vody změřených v týdenních intervalech.

S většími rozdíly se setkáváme při porovnávání extrémních, zejména pak maximálních hodnot. Zde se ukazují měření  $1 \times$  týdně jako nespolehlivá.

Závěry obsažené v této studii byly získány rozbořením měření hladiny podzemní vody na šesti pozorovacích objektech (pozorovacích sondách) při dolním toku řeky Jihlavy, Dyje a Moravy. Tyto pozorovací objekty slouží ke sledování podzemní vody ve fluviatilních sedimentech údolní nivy, jejíž hladina leží v malé hloubce a je hydraulicky spjata s vodou v povrchových tocích. Tyto okolnosti je třeba mít na mysli při zevšeobecňování uvedených poznatků.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ПО ДАННЫМ САМОПИСЦЕВ И ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В НЕДЕЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ

В наблюдательных профилях и сетях, служащих для регулярного наблюдения уровня грунтовых вод на территории ЧССР, данные об уровнях грунтовых вод получают двумя способами:

1. одновременное измерение уровня грунтовых вод, проводимое один раз в неделю — в недельные интервалы,
2. оценкой непрерывных величин, полученных с помощью самописцев (среднесуточные уровни грунтовых вод).

Встает вопрос, в какой степени измерения, проводящиеся один раз в неделю, могут определить действительное движение уровня грунтовых вод и насколько могут исказить статистические характеристики режима грунтовых вод. Поскольку измерения в недельные интервалы, проводимые добровольными наблюдателями Гидрометеорологического института, не имелись в нашем распоряжении для избранных наблюдательных объектов, было необходимо из рядов среднесуточных величин прежде всего избрать такие, которые соответствовали бы (хотя с известной оговоркой) измерениям, проводимым в недельные интервалы. Таким образом были получены выборки неодинакового объема, которые можно было сопоставлять друг с другом.

Сравнение выборок неодинакового объема (числа членов) было ориентировано прежде всего на установление меры соответствия распределения частот и на оценку статистических характеристик. Было подтверждено очень хорошее соответствие распределения частот, из которого можно было сделать вывод, опирающийся и на сведения других авторов, что измерений, проводящихся в недельные интервалы в течение более длительного периода (в нашем случае в течение десятилетия (1961—1970) достаточно для надежного арифметического среднего, модуса и других характерных предсказаний уровней, производимых от распределения частот. В отношении характеристики грунтовых вод, устанавливаемой на основании непродолжительных периодов времени, к которым мы относим напр. среднесуточные величины, не могут быть исключены сравнительно большие различия, несмотря на то, что в ряде случаев может быть соответствие результатов очень хорошее. Здесь следует учитывать изменчивость отдельных членов выборки измерения. Большие величины стандартного отклонения или коэффициента вариации могут обратить наше внимание на возможность значительных различий при исчислении среднесуточных величин из рядов данных об уровне грунтовых вод, полученных в недельные интервалы.

С большими различиями мы встречаемся при сравнении экстремных, в частности максимальных величин. Здесь оказываются измерения один раз в неделю не надежными.

Выводы, приведенные в данной работе, были получены с помощью анализа измерения уровня грунтовых вод в шести наблюдательных объектах (наблюдательных зондах) при нижнем течении рек Иглавы, Дые и Моравы. Эти наблюдательные объекты служат для исследования грунтовых вод в флувиатильных осадках поймы небольшой глубины, уровень которой гидравлически соединена с водой в поверхностных течениях. Эти обстоятельства необходимо учитывать при обобщении приведенных сведений.

### Summary

## STATISTICAL CHARACTERISTICS OF UNDERGROUND WATER} RÉGIME ACCORDING TO LIMNIGRAMS AND ACCORDING TO MEASUREMENTS IN WEEKLY INTERVALS

In the observation profiles (sections) and network serving the regular investigation of the level of underground water on the territory of The C.S.S.R. the data about the levels of underground water are obtained in two ways:

1. by single measurements of the level of underground water in weekly intervals (measurement once a week),

2. by evaluating continuous records of limnigraphs (average daily values of the level of underground water).

There is a question to what extent the measurements carried out once a week can give the true picture of the actual variation of the level of underground water and to what extent they can distort the statistical characteristics of the régime of underground waters. Since the measurements in weekly intervals — as carried out by voluntary observers of the Hydrometeorological Institute — were not at our disposal for the chosen observation objects, it was necessary at first to choose from series of daily averages those values that would correspond (even with some reservations) to single measurements carried out in weekly intervals. Thus were obtained sets of different ranges that could be compared to each other.

Comparing sets with different ranges (number of members) was, above all, aimed at finding out the rate of agreement of frequency distribution and at estimating statistical characteristics. We could confirm very good agreement of frequency distribution from which it was possible to derive a conclusion based also on the results found out by other authors, that the measurements carried out in weekly intervals for a long period of time (in our case it was the period of the years, 1961—1970) could suffice to a reliable estimate of the arithmetic average, modus and further characteristics levels derived from the group distribution of frequencies. As for the characteristics of underground water régimes determined from shorter periods of time, e.g. monthly averages, greater differences cannot be excluded, even if in a number of cases the agreement of results can be very good. Here it is necessary to take into consideration the variability of the individual members of the sets of measurements. Higher values of the decisive deviation or the variation coefficient can draw our attention to the possibility of important differences in calculating the monthly averages from series of data about the level of underground water measured in weekly intervals.

Greater differences are met in comparing extreme and, above all, maximum values. Here the measurements carried out once a week prove unreliable.

The conclusions contained in this paper were obtained by the analysis of measurements of underground water level in six observation objects (observation probes) near the lower parts of the rivers Jihlava, Dyje and Morava. These observation objects serve the following of underground water in the fluvial deposits of the valley mead. The level of underground water lies in a small depth and is hydraulically connected with the water in surface streams. These circumstances must be borne in mind in generalising the information mentioned above.

## 1. ÚVOD

S postupným rozvojem a zdokonalováním pozorování podzemních vod na území ČSSR souvisí i snaha po automatizaci měření stavů hladiny podzemní vody. Proto byly již v minulých letech mnohé objekty sloužící k měření hladiny podzemní vody v rámci pozorovacích sítí Hydrometeorologického ústavu opatřeny registračními přístroji — limnigrafy. Záznamy těchto přístrojů umožňují vyhodnocení průměrných denních stavů hladiny podzemní vody v příslušných pozorovacích sondách. Ve většině případů však měří hladinu podzemní vody dobrovolní pozorovatelé, a to 1 × týdně. Z některých lokalit, např. z jednoho pozorovacího profilu, získáváme pak řady hodnot, jež jsou z hlediska způsobu provádění měření a určování jednotlivých prvků statistických souborů nehomogenní (denní průměry × jednorázově zaměřené stavy v týdenních intervalech). Vzniká tedy otázka, do jaké míry mohou měření konané 1 × týdně postihnout skutečný pohyb hladiny podzemní vody a jak dalece mohou tyto údaje zkraslit statistické charakteristiky režimu podzemní vody.

Tato otázka není nová. Setkáváme se s ní v praxi řady autorů, zabývajících se režimem podzemních vod. V této souvislosti je možno citovat např. *R. Netopila* (1961, 1964 aj.), *M. Sommera* (1963) a *H. Kříže* (1972). Tito autoři upozorňují především na možnost rozdílu zejména u maximálních stavů hladiny podzemní vody, které při měření v týdenních intervalech nemusí vždy souhlasit se skutečnou kulmi-

nací hladiny podzemní vody. R. Netopil v souvislosti s takovým předpokladem poukazuje na nevhodnost používání variačního rozpětí k hodnocení kolísání hladiny podzemní vody a doporučuje jiné charakteristiky proměnlivosti.

J. Taraba (1971) při aplikovaném výzkumu podzemních vod v oblasti mezi Bzencem a Veselím nad Mor. (údolní niva řeky Moravy) zjistil až čtyřicetcentimetrové rozdíly v hodnotách extrémních měsíčních stavů hladiny podzemních vody podle jednorázových měření konaných denně a v týdenních intervalech.

Podrobněji se problematikou vlivu počtu měření (resp. rozsahu souboru) na statistické zhodnocení stavů hladiny podzemní vody a vydatností pramenů zabývali V. Kříž a V. Zelený (1967) a v poslední době V. Pelikán a K. Plesník (1971).

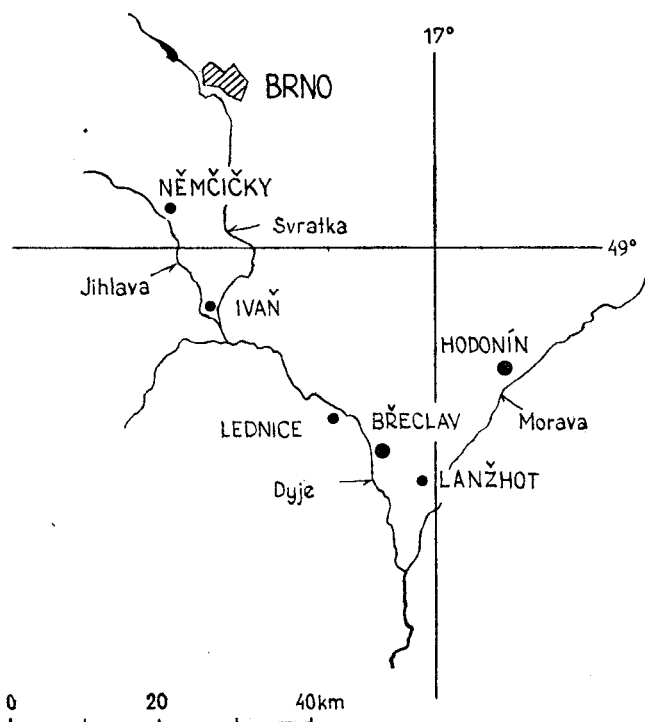
V. Kříž a V. Zelený posuzovali vliv počtu měření na příkladu pramene v povodí Malé Ráztoky v Moravskoslezských Beskydech. Porovnávali některé statistické charakteristiky vypočtené podle každodenních pozorování a podle měření v týdenních intervalech za sedmileté období 1959—1965. Dospěli k závěru, že pozorování konaná  $1 \times$  týdně jsou postačující pro odhad většiny základních statistických charakteristik vydatností, vztahujících se k celému sedmiletému období. Mezi průměry za celé pozorovací období zjistili jen nepatrné diference, u ročních vydatností byly rozdíly rovněž jen velmi malé. Průměrné měsíční vydatnosti za studované období se podle týdenního a denního pozorování lišily až o 15 %. U maximálních hodnot docházelo téměř vždy k rozdílu, často dosti podstatnému. Minimální hodnoty se naproti tomu téměř vždy dobře shodovaly. Hodnoty m-denních vydatností se v jednotlivých rocích vzájemně více nebo méně lišily, průměrné m-denní hodnoty za celé pozorovací období však již vykazaly dostatečnou shodu.

V. Pelikán a K. Plesník řešili otázku potřebné délky intervalů mezi jednotlivými měřeními na příkladu vrtu HG-13 v Luhačovicích (minerální voda v údolí Luhačovicického potoka) a podle měření vydatností pramene P-24 ve Slovenském krasu. K dispozici měli řady denních měření, z nichž pak vybrali hodnoty odpovídající měřením v týdenních a měsíčních intervalech. Při využití samočinného počítače „Minsk-22“ zpracovali pro oba pozorovací objekty několik výběrových souborů, jež se od sebe lišily svými rozsahy, a to nejen co do počtu měření, ale i co do jejich časového vymezení. Výběry denních měření byly zpracovány pro rok 1964 a dále pro časové úseky 1964—1965, 1964—1966, 1964—1967, 1964—1968 a 1964—1969. Zjistili, že nejsou podstatné rozdíly mezi výsledky měření konanými denně a v týdenních intervalech. V případě vrtu HG-13 a pramene P-24 se od sebe významněji nelišily většinou ani maximální hodnoty, u nichž by se daly očekávat největší rozdíly. Naproti tomu se vyskytly větší diference u hodnot modu.

Měření konaná  $1 \times$  za měsíc se ukázala v mnohých případech jako nespolehlivá pro vystižení změn hladiny podzemní vody a vydatností pramenů a pro odhad příslušných statistických charakteristik. Uspokojivější výsledky mohou podobná měření v měsíčních intervalech poskytnout po jejich doplnění extrémními hodnotami změřenými v průběhu jednotlivých měsíců.

Jak vyplývá z uvedených poznatků, má na statistické charakteristiky režimu podzemních vod často větší vliv délka pozorovacího období než délka intervalů mezi jednotlivými měřeními. Měření konaná  $1 \times$  týdně mohou být při dostatečně dlouhých řadách pozorování postačující ke spolehlivému odhadu základních statistických charakteristik režimu podzemních vod až na extrémní, zejména pak maximální hodnoty. Provedené rozbory řad pozorování se však týkají jen malého počtu pozorovacích objektů a některé dílčí výsledky nejsou jednoznačné. Větší zevšeobecnění dosavadních zkušeností a poznatků o vlivu rozsahu souboru (počtu měření) na

statistické zpracování údajů o kolísání hladiny podzemní vody a vydatností pramenů je obtížné. Dosavadní poznatky byly totiž získány zpracováním měření na malém počtu pozorovacích objektů ve vzájemně odlišných hydrogeologických podmínkách. Tyto pozorovací objekty jsou navíc situovány mimo území rozlehlých údolních niv, v nichž je umístěna většina pozorovacích sond Hydrometeorologického ústavu. Proto jsem se snažil navázat na práce uvedených autorů a pokusil jsem se doplnit jejich zkušenosti a poznatky o výsledky získané studiem stavů hladiny podzemní vody na dolním toku řeky Jihlavy, Dyje a Moravy (obr. 1).



Obr. 1. Situační náčrt

## 2. POLOHA POZOROVACÍCH OBJEKTŮ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Pozorovací objekty vybrané k řešení problematiky nastíněné v úvodní kapitole jsou součástí základní pozorovací sítě HMÚ a slouží ke sledování změn hladiny podzemní vody ve čtvrtohorních říčních sedimentech. Jde o vrty vystrojené perforovanými pažnicemi a opatřené limnigrafy. Základní údaje o těchto pozorovacích objektech obsahuje tab. 1.

Pozorovací vrt Z-317 (Němčičky) leží při dolním toku Jihlavy, vrt Z-331 (Ivaň) je situován v soutokové oblasti Jihlavy a Svratky. Další vrty Z-334 a Z-347 (Lednice

a Břeclav II) slouží ke sledování hladiny podzemní vody podél dolního toku Dyje. Zbývající dva vrty Z-241 a Z-238 (Lanžhot a Hodonín) leží při dolním toku Moravy.

Hydrogeologické poměry v prostoru uvedených pozorovacích vrtů jsou obdobné. Vrty jsou vyhloubeny ve čtvrtohorních sedimentech uložených v podobě širokých údolních niv, jež se vytvořily podél vodních toků v tektonicky pokleslých neogenních sníženinách Dyjskosvrateckého a Dolnomoravského úvalu. V litologickém složení sedimentů údolních niv převládají štěrkopísky, uložené pod vrstvou jemnozrnných soudržných zemin (převážně hlinité povahy) a spočívající většinou na pelitických sedimentech neogenního stáří. Štěrkopísky jsou dobře propustné, avšak ve stupni jejich propustnosti existují místní rozdíly. Podzemní voda obsažená ve štěrko-piscích je hydraulicky spjata s vodou v povrchových tocích. Výkyvy hladiny podzemní vody zaznamenané limnigrafy jsou proto závislé na změnách vodních stavů.

Tab. 1. Údaje o pozorovacích objektech

Označení vrtu	Místo (obec)	Nadmořská výška (m)		Vzdálenost od povrch. toku (m)
		terénu	odměrného bodu	
Z-317	Němčičky	188,49	189,07	500
Z-331	Ivaň	170,97	171,48	350
Z-334	Lednice	162,10	162,54	150
Z-347	Břeclav II	157,35	157,79	350
Z-241	Lanžhot	154,35	154,65	80
Z-238	Hodonín	164,72	165,13	30

### 3. METODIKA ZPRACOVÁNÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Při řešení vytýčeného úkolu šlo v podstatě o vzájemné porovnání běžně používaných statistických charakteristik režimu podzemních vod vypočtených ze souborů průměrných denních stavů hladiny podzemní vody (podle záznamů limnigrafů) a ze souborů uměle vytvořených systematickým (mechanickým) výběrem denních průměrů v týdenních intervalech. Podkladem k sestavení těchto souborů (resp. výběrů) s nestejným rozsahem byly limnigrafické záznamy z let 1961—1970, získané na brněnském středisku HMÚ. Určitým nedostatkem tohoto porovnání je, že hodnoty vybrané v týdenních intervalech nelze zcela ztotožnit s jednorázovým zaměřením hladiny podzemní vody, jak je provádějí 1 × za týden dobrovolní pozorovatelé. Je třeba vzít v úvahu i rozdílnou techniku měření a s ní související odlišný charakter možných chyb, s nimiž je třeba počítat především u měření konaných dobrovolními pozorovateli. S těmito okolnostmi bylo možno vyrovnat se jen částečně např. tím, že týdenní hodnoty byly z řad denních průměrů vybírány mechanicky tak, aby případně vždy na středu, tj. na termín, v němž dobrovolní pozorovatelé zaměřují hladinu podzemní vody v pozorovacích sítích HMÚ. K dalším okolnostem nebylo možno přihlídnout přímým způsobem a proto jsem se snažil alespoň zčásti kompenzovat některé rozdíly plynoucí např. ze subjektivních chyb pozorovatelů tím, že bylo k porovnání zvoleno delší pozorování období vztahující se k desetiletí 1961—1970. Měřeními v intervalech delších než 1 týden jsem se nezabýval, neboť

taková měření jsou v hydrologické praxi neobvyklá a jak ostatně již prokázali V. Pelikán a K. Plesník (1971) nemohou být sama o sobě považována za vyhovující pro hodnocení režimu podzemních vod.

Porovnání řad průměrných denních stavů hladiny podzemní vody s řadami hodnot změřenými v týdenních intervalech se vztahuje k šesti pozorovacím vrtům HMÚ, jež jsou uvedeny v tab. 1. Byla studována především míra shody rozdělení četností průměrných denních stavů hladiny podzemní vody s rozdělením vybraných hodnot, odpovídajících měřením  $1 \times$  týdně. Obdobně jako při posuzování míry shody rozdělení statistických souborů v klimatologii (M. Nosek, 1972), bylo i v našem případě použito statistického testu dobré shody rozdělení, a to neparametrického Kolmogorovova-Smirnovova testu pro dva různě velké výběry o rozsahu větším než 40 prvků ( $n_1 > n_2 > 40$ ) (R. Reisenauer, 1970). Za nulovou hypotézu bylo přijato, že mezi řadami hodnot získaných vyhodnocením limnigramů a mezi hodnotami zastupujícími měření  $1 \times$  týdně není významný rozdíl. Tento předpoklad mohl být vzhledem k dosavadním znalostem o vlivu rozsahu výběru na statistické zpracování údajů o kolísání hladiny podzemní vody považován za velmi pravděpodobný. Pro testování byla velká pravděpodobnost uvedeného předpokladu vyjádřena hladinou významnosti  $p = 0,05$ . Při ověřování takto formulované nulové hypotézy bylo podle R. Reisenauera (1970) zvoleno testovací kritérium

$$D_2 = \text{maximum } |F_{1,j} - F_{2,j}|. \quad (1)$$

Toto kritérium odpovídá maximálnímu rozdílu relativních kumulovaných četností dvou výběrů s rozdílným počtem členů (s nestejným rozsahem). Symbolem  $F_{1,j}$  jsou označeny kumulované četnosti denních stavů hladiny podzemní vody, symbol  $F_{2,j}$  pak značí četnosti vztahující se k měření  $1 \times$  týdně.

Při zvolené hladině významnosti byla odhadnuta kritická hodnota testovacího kritéria podle vzorce

$$D_{2;0,05} = 1,36 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}, \quad (2)$$

kde  $n_1$  = rozsah 1. výběru (denní stavy hl. podz. vody)  
 $n_2$  = rozsah 2. výběru (měření  $1 \times$  týdně)

Výsledky Kolmogorovova-Smirnovova testu jsou obsaženy v tab. 2. ;

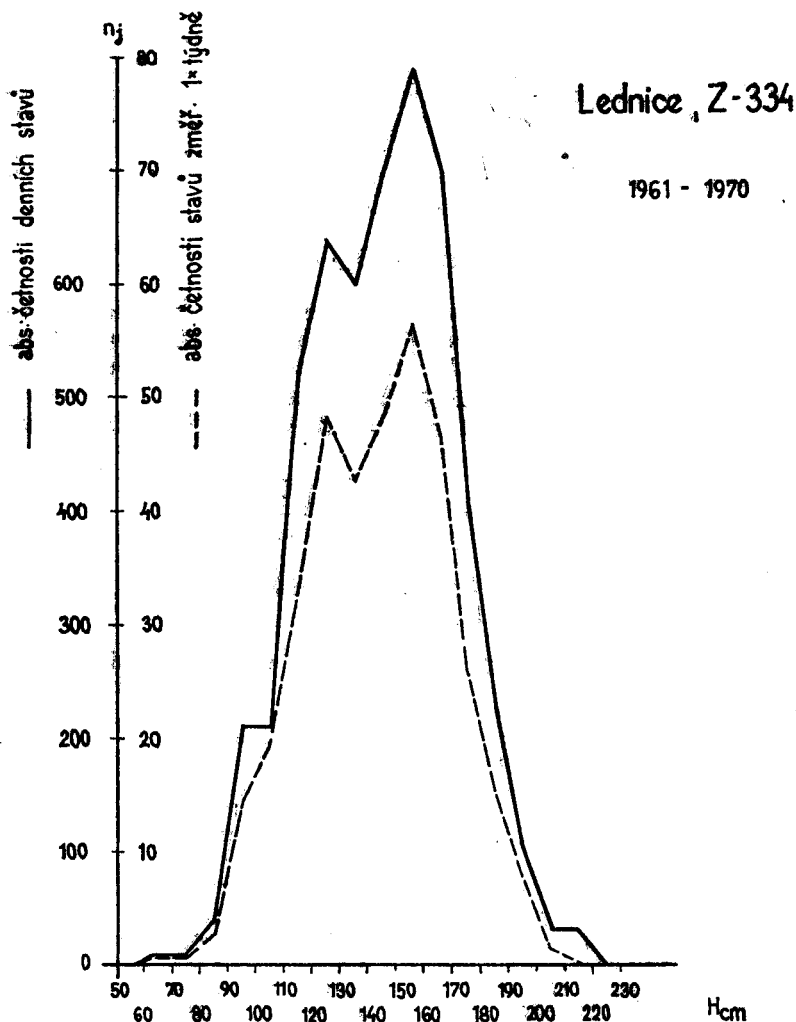
Tab. 2. Výsledky Kolmogorovova-Smirnovova testu ( $p = 0,05$ )

Pozorovací objekt	Testovací kritérium $D_2$	Kritická hodnota $D_{2,0,05}$
Němčičky Z-317	0,011	0,064
Ivaň Z-331	0,007	0,064
Lednice Z-334	0,020	0,064
Břeclav II Z-347	0,012	0,064
Lanžhot Z-241	0,012	0,064
Hodonín Z-238	0,006	0,064

Z tabulky 2 je zřejmé, že testovací kritérium  $D_2$  je ve všech případech menší než jeho kritická hodnota, čili

$$D_2 < D_{2;0,05}$$

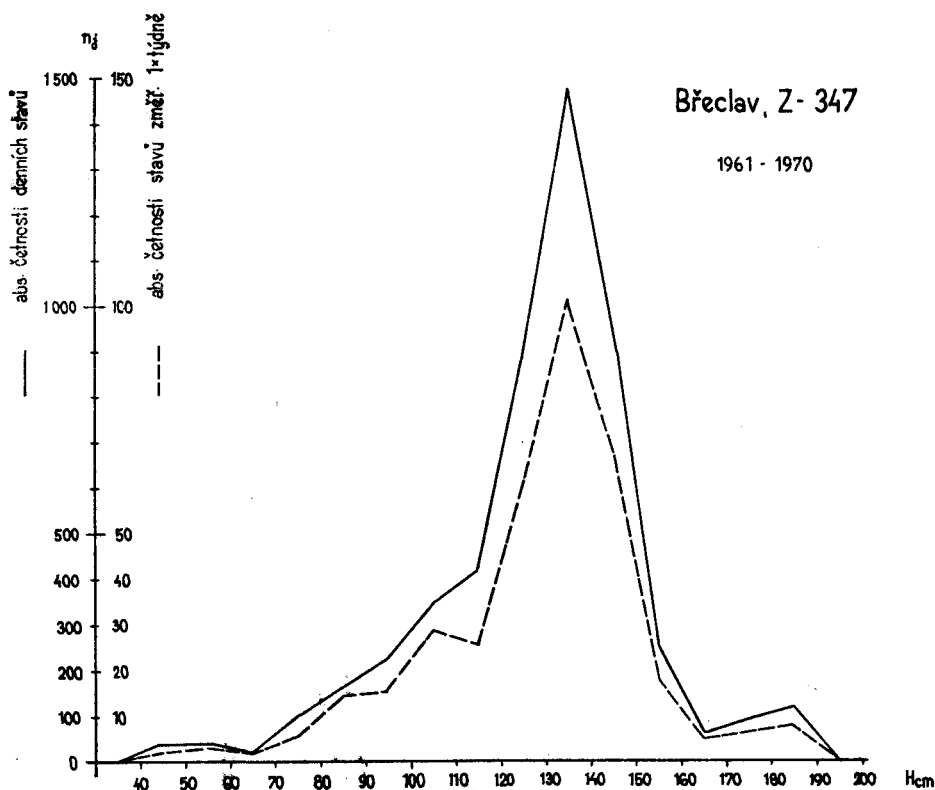
Proto můžeme konstatovat, že na zvolené 5%-ní hladině významnosti není rozdíl v rozdělení výběrových souborů denních hodnot a hodnot odpovídajících měřením  $1 \times$  týdně statisticky významný. Protože se od sebe významněji neliší rozdělení četností, nebudou se od sebe prakticky lišit ani základní parametry souborů sledovaných hodnot. Aby bylo možno doložit toto tvrzení, byly z tabulek skupinového rozdělení četností odhadnuty desetileté průměry, hodnoty modu, směrodatné odchylky a variačního koeficientu. Tyto charakteristiky obsahuje tab. 3.



Obr. 2. Polygon četností — Lednice, Z-334



Dobrou shodu rozdělení četností stavů hladiny podzemní vody odpovídajících denním průměrům a měření 1 × týdně názorně vyjadřují i polygony četností na obr. 2—4. Z velmi dobré shody těchto rozdělení vyplývá, že měření v týdenních intervalech mohou zcela postačit k určování úrovní hladiny podzemní vody, charakterizovaných určitým průměrným překročením, tj. při určování tzv. charakteristických úrovní hladiny podzemní vody ve smyslu terminologie R. Netopila.



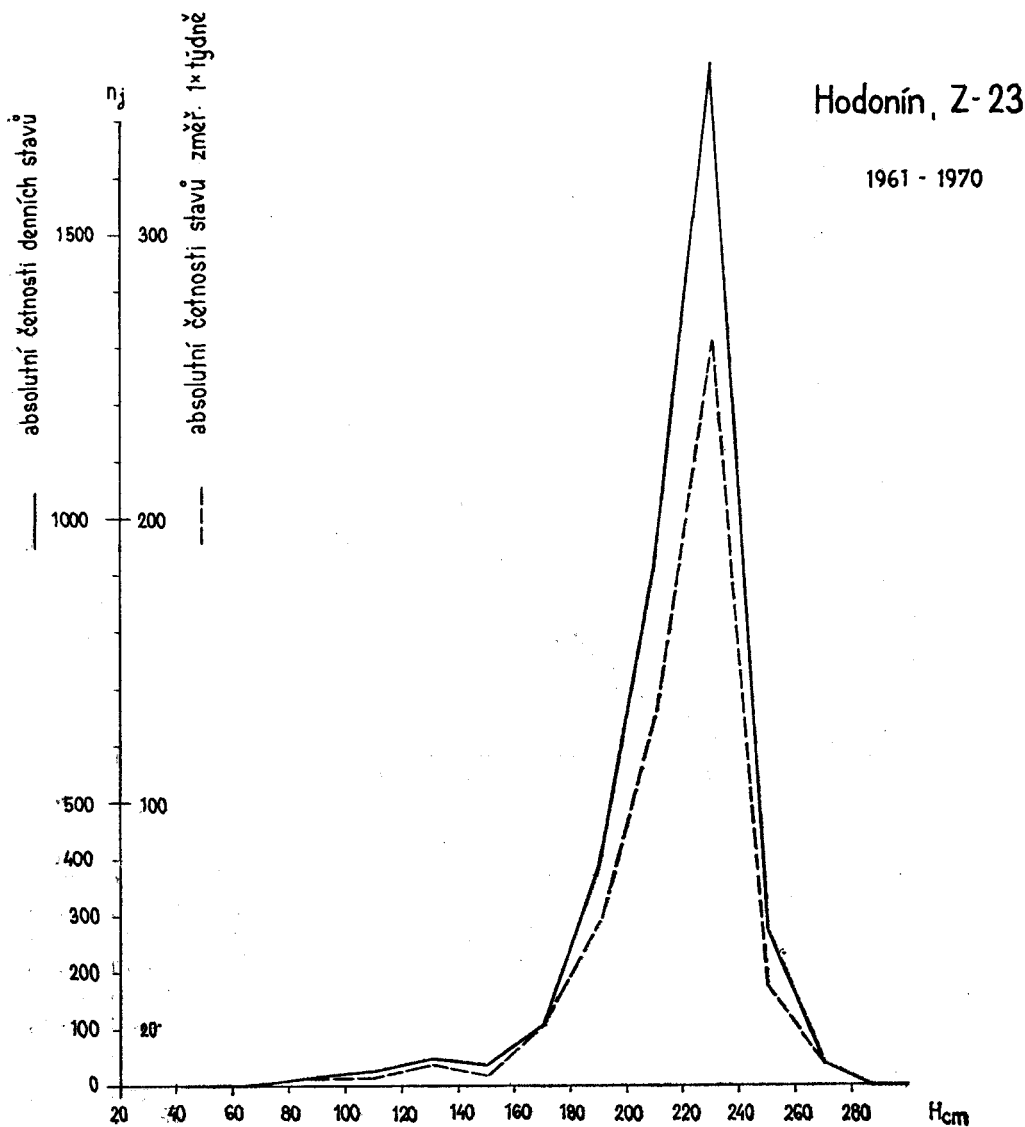
Obr. 3. Polygon četností — Břeclav, Z-347

Aby bylo možno rozšířit závěry plynoucí z uvedených porovnání, byly posouzeny i další statistické charakteristiky režimu podzemních vod, na něž nelze přímo vztahovat výsledky Kolmogorovova-Smirnovova testu. Z nich byly vybrány měsíční průměry za celé desetiletí, roční průměry, měsíční průměry, roční minima a maxima a extrémní stavy hladiny podzemní vody za celé desetiletí (absolutní minima a maxima). Ukázalo se, že u desetiletých měsíčních průměrů byly rozdíly maximálně 4 cm, ve většině případů však nepřesáhly 2 cm. Roční průměry se rovněž lišily jen málo (rozdíly nepřekročily 6 cm, většinou však byly do 2 cm).

Měsíční průměry, vypočtené jednak z denních průměrů (tj. ze 30—31 hodnot) a jednak ze 4—5 hodnot reprezentujících měření 1 × týdně, vykazaly až na některé výjimky poměrně dobrou shodu (viz tab. 4).

Výjimkou jsou rozdíly zjištěné u pozorovacího objektu Z-241 (Lanžhot), kde stavy podzemní vody vykázaly největší variabilitu (směrod. odchylka  $s = 80$  cm a variač. koef.  $C_v = 42-43$  %). U ostatních objektů byly rozdíly výrazně menší a vysoko převažovaly malé odchylky do 5 cm s četností výskytu 90 % a více.

Rozdíly mezi ročními minimy podle denních stavů a podle týdenních hodnot byly většinou jen velmi malé a často nebyly vůbec žádné. V krajních případech nepř-



Obr. 4. Polygon četností — Hodonín, Z-238

sáhly hodnotu 8 cm. Největší rozdíly byly zjištěny u ročních maxim, a to v 1 případě (Hodonín v r. 1970) až 68 cm. Ve čtyřech dalších případech byly rozdíly v rozmezí 20—33 cm, v dalších 4 případech 10—19 cm. Zbývající maximální hodnoty se nelišily více než o 5 cm. Pokud jde o absolutní minima za celé desetiletí 1961—1970, jsou rozdíly jen malé, nepřesahující 5 cm. U absolutních maxim byl ojedinele zjištěn největší rozdíl 29 cm (Hodonín), jinak se rozdíly pohybovaly v rozmezí 0—6 cm.

Tab. 3. Aritmetický průměr, modus, směrodatná odchylka (v cm) a variační koeficient (v %)

	denní (D)	Z-317	Z-331	Z-334	Z-347	Z-241	Z-238
	týdenní (T)						
Průměr	D	217	255	144	129	187	218
	T	218	255	144	130	187	218
Modus	D	244	266	156	136	242	237
	T	244	266	156	136	241	237
Směrodatná odchylka	D	34,8	42,1	25,4	20,9	80,8	26,0
	T	34,5	40,8	25,8	21,8	79,0	26,4
Variační koeficient	D	16	17	18	16	43	12
	T	16	16	18	17	42	12

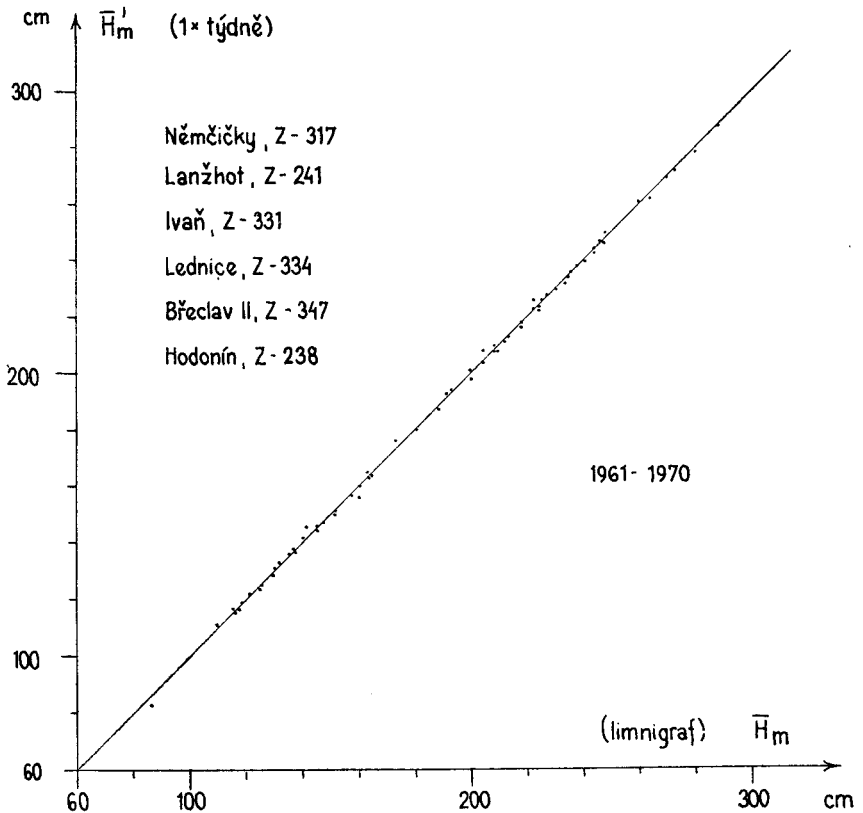
Tab. 4. Procentuální výskyt rozdílů mezi měsíčními průměry

Intervaly rozdílů (cm)	Z-317	Z-331	Z-334	Z-347	Z-241	Z-238
	Četnost rozdílů mezi měsíčními průměry v %					
0—5	98,3	97,6	98,4	98,4	71,0	90,0
6—10	1,7	0,8	0,8	1,6	19,1	6,7
11—20	0,0	1,6	0,8	0,0	9,1	3,3
21—22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
Součet	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

#### 4. ZÁVĚR

Porovnáním výběrů průměrných denních stavů hladiny podzemní vody s řadami vybraných hodnot reprezentujících měření prováděná v týdenních intervalech jsem došel k těmto poznatkům:

1. Rozbory desetiletých řad pozorování hladiny podzemní vody na dolním toku řeky Jihlavy, Dyje a Moravy byla potvrzena dosavadní zjištění jiných autorů o vlivu rozsahu souboru (počtu měření) na statistické charakteristiky režimu podzemních vod pokud jde o řady delších souvislých pozorování. V takovém případě mohou měření konaná v týdenních intervalech ( $1 \times$  týdně) dobře nahradit denní průměry odvozené ze záznamů limnigrafů. Toto konstatování je možno doložit velmi dobrou shodou rozdělení výběrů denních průměrů a hodnot odpovídajících měření  $1 \times$  týdně.



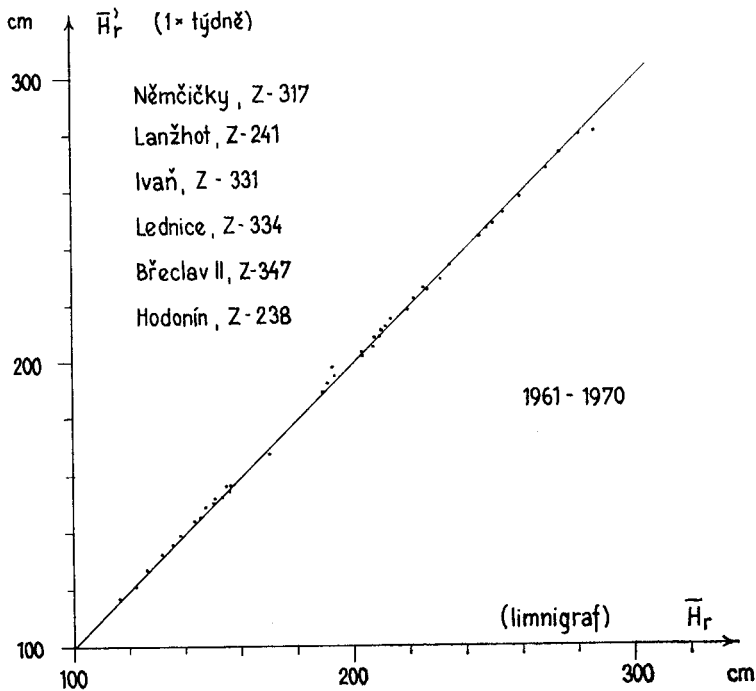
Obr. 5. Vztah mezi průměrnými měsíčními stavy hladiny podzemní vody  
 $H_m$  = měsíční průměry podle denních hodnot  
 $H_m^1$  = měsíční průměry podle hodnot vybraných v týdenních intervalech

2. Dobrou shodu vykázaly i měsíční a roční průměry za studované desetiletí 1961—1970.

3. U měsíčních průměrů, kde při měření  $1 \times$  týdně je čtyřmi nebo pěti údaji nahrazeno třicet nebo třicet jedna denních hodnot, se ukázala závislost výsledků na variabilitě stavů hladiny podzemní vody. Ve většině případů může být shoda měsíčních průměrů při neštejném počtu měření velmi dobrá. Nelze ovšem vyloučit i dosti velké rozdíly zejména u značně proměnlivých denních stavů hladiny podzemní vody.

4. Nejsložitější situace je u extrémních hodnot, jejichž spolehlivý odhad je důležitý právě pro řešení řady praktických úkolů. Minimální hodnoty bývají vyrovnanější a proto i zjištěné rozdíly byly většinou jen malé. Vyskytly se však ojedinělé případy, kdy rozdíly byly větší a v jednom případě byl u absolutních minim zaznamenán rozdíl téměř 30 cm.

5. Větší proměnlivosti maximálních hodnot odpovídají i větší rozdíly mezi ročními maximy. I zde zřejmě záleží na místních hydrogeologických podmínkách a eventuálně i na vzdálenosti pozorovacího objektu od povrchového toku. U většiny



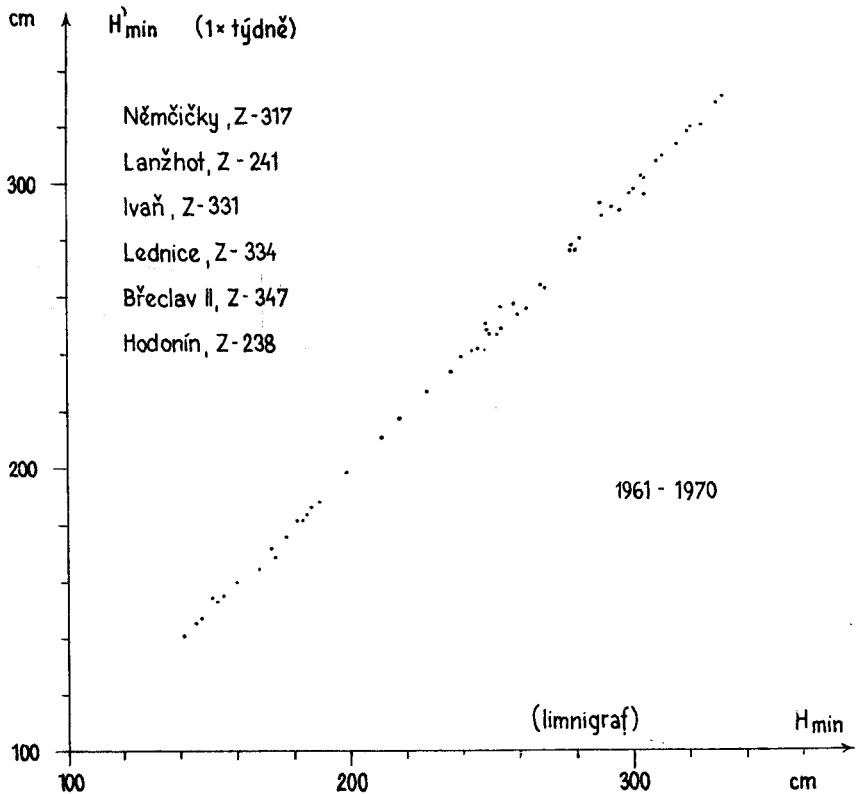
Obr. 6. Vztah mezi průměrnými ročními stavy hladiny podzemní vody  
 $H_r$  = roční průměry podle denních hodnot  
 $H'_r$  = roční průměry podle hodnot vybraných v týdenních intervalech

pozorovacích objektů nebyly rozdíly velké, v některých případech však byly dosti významné a za povšimnutí stojí rozdíl 68 cm zaznamenaný ve vrtu Z-238 v Hodoníně.

K uvedeným výsledkům je třeba znovu poznamenat, že byly získány porovnáním denních průměrů odvozených z limnigramů s obdobně stanovenými hodnotami, avšak vybranými v týdenních intervalech. Toto řešení se jistě poněkud liší od skutečnosti, pokud jí rozumíme jednorázová měření dobrovolných pozorovatelů konaná 1x týdně. Je pravděpodobné, že pokud bychom měli jednorázová měření dobrovolných pozorovatelů k dispozici, zjistili bychom větší rozdíly, než jaké uvádíme.

Shrneme-li získané poznatky, můžeme konstatovat, že charakteristiky odvozené z měření v týdenních intervalech mohou poskytnout cenné poznatky o režimu pod-

zemních vod, avšak nemohou ve všech směrech nahradit charakteristiky odvozené ze spojených záznamů limnigrafů, a to zejména pokud jde o odhady extrémních hodnot nebo i jiných statistických charakteristik vztahujících se ke kratším časovým úsekům.

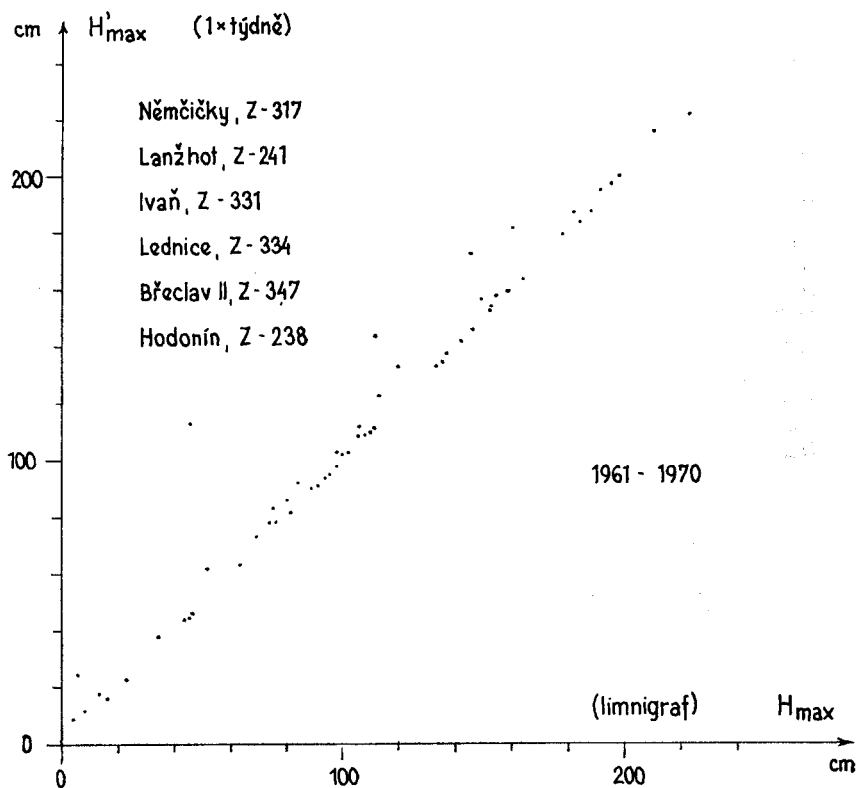


Obr. 7. Vztah mezi ročními minimálními stavy hladiny podzemní vody  
 $H_{min}$  = minimální denní průměry  
 $H'_{min}$  = minimální denní průměry vybrané v týdenních intervalech

## LITERATURA

- Kříž V.—Zelený V. (1967): Vliv četnosti pozorování na statistické zpracování vydatnosti pramene. Sbor. prací HMÚ ČSSR, sv. 10, Praha.
- Kříž H. (1972): Statistical processing of long-term observations of groundwaters. *Journal of Hydrology* 16.
- Netopil R. (1961): Charakteristické úrovně hladiny podzemní vody v pozorovacích objektech profilu HP 210. Sbor. Čs. spol. zeměpisné, čís. 2, Praha.
- Netopil R. (1964): Podzemní voda a její režim na území Hornomoravského úvalu u Kroměříže. *Folia přírodověd. fak. UJEP*, č. 3, Brno.
- Nosek M. (1972): *Metody v klimatologii*, Praha.

- Pelikán V.—Plesník K. (1971): Využití samočinného počítače Minsk 22 k posouzení potřebné četnosti a délky pozorování podzemních vod. *Studia geographica* 22, Brno.
- Reisenauer R. (1970): *Metody matematické statistiky*, Praha.
- Sommer M. (1963): Režim podzemní vody v hydrogeologickém profilu HP 24. Sbor. prací HMÚ ČSSR, Praha.
- Taraba J. (1971): Režim podzemní vody v údolí řeky Moravy mezi Bzencem a Veselím nad Moravou. *Studia geographica*, Brno.



Obr. 8. Vztah mezi ročními maximálními stavy hladiny podzemní vody  
 $H_{max}$  = maximální denní průměry  
 $H'_{max}$  = maximální denní průměry vybrané v týdenních intervalech

*List of Figures*

- Fig. 1. Situation sketch
- Fig. 2. Polygon of frequencies — Lednice, Z-334
- Fig. 3. Polygon of frequencies — Břeclav, Z-347
- Fig. 4. Polygon of frequencies — Hodonín, Z-238
- Fig. 5. Correlation between the average monthly levels of underground water  
 $H_m$  = monthly average values according to daily values  
 $H'_m$  = monthly average values according to values selected in weekly intervals
- Fig. 6. Correlation between the average monthly levels of underground water  
 $H_r$  = yearly average values according to daily values  
 $H'_r$  = yearly average values according to values selected in weekly intervals

*Fig. 7.* Correlation between the yearly minimum levels of underground water

$H_{min}$  = minimum daily average values

$H'_{min}$  = minimum daily average values selected in weekly intervals

*Fig. 8.* Correlation between the yearly maximum levels of underground water

$H_{max}$  = maximum daily average values

$H'_{max}$  = maximum daily average values selected in weekly intervals.

#### Список рисунков

*Рис. 1.* Ситуационная схема

*Рис. 2.* Полигон частот — Леднице

*Рис. 3.* Полигон частот — Бржецлав

*Рис. 4.* Полигон частот — Годонин

*Рис. 5.* Отношение между среднемесячными уровнями грунтовых вод

$H_m$  = среднемесячные величины по суточным величинам

$H'_m$  = среднемесячные величины по величинам, избранным в недельные интервалы

*Рис. 6.* Отношение между среднегодовыми уровнями грунтовых вод

$H_r$  = среднегодовые величины по суточным величинам

$H'_r$  = среднегодовые величины по величинам, избранным в недельные интервалы

*Рис. 7.* Отношение между годовыми минимальными уровнями грунтовых вод

$H_{min}$  = минимальные среднесуточные величины

$H'_{min}$  = минимальные среднесуточные величины, избранные в недельные интервалы

*Рис. 8.* Отношение между годовыми максимальными уровнями грунтовых вод

$H_{max}$  = максимальные среднесуточные величины

$H'_{max}$  = максимальные среднесуточные величины, избранные в недельные интервалы