

**UČEBNÍ TEXTY OSTRAVSKÉ UNIVERZITY**

---

**Přírodovědecká fakulta**

**CVIČENÍ Z METEOROLOGIE,  
KLIMATOLOGIE A HYDROLOGIE**

**Vladislav Kříž - Bohuslav Schneider - Radim Tolasz**



---

**OSTRAVSKÁ UNIVERZITA 1994**

**Recenzent : Ing. Milan Jařabáč, CSc.**

**U Sportoviřtě 1165**

**708 00 Ostrava - Poruba**

© **Doc. RNDr. Ing. Vladislav Křĩž, DrSc.**

**Ing. Bohuslav Schneider**

**RNDr. Radim Tolasz**

**ISBN 80-7042-719-1**

**Tento učební text vydala pro potřebu Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity**

**NADACE BESKYDY**

**v rámci svého programu činnosti.**

**Nadace Beskydy je zájmové sdružení zaměřené na vytváření**

**a podporu cílevědomých regionálních ekologických aktivit.**

**Sídlem Nadace Beskydy je Přírodovědecká fakulta**

**Ostravské univerzity.**

## Obsah

### 1. Cvičení z meteorologie a klimatologie

1.1. Atmosféra a děje v ní probíhající	7
1.2. Pozorování a předávání údajů	8
1.3. Zpracování napozorovaných údajů	12
1.4. Sluneční svit	17
1.5. Teplota vzduchu	25
1.6. Srážky	30
1.7. Sněhová pokrývka a sněhové srážky	34
1.8. Vítr	39
1.9. Oblačnost	46
1.10. Obecná klimatologická literatura	48

### 2. Cvičení z hydrologie

2.1. Hydrosféra a děje v ní probíhající	49
2.2. Hydrografické charakteristiky	54
2.3. Hydrologické pozorovací stanice a sítě	59
2.4. Vybrané metody zpracování hydrologických údajů	61
2.5. Vodní stav	65
2.6. Průtok	68
2.7. Vyhodnocení srážek v povodí	75
2.8. Charakteristiky vodního režimu řek	79
2.9. Charakteristiky jezer a nádrží	86
2.10. Podzemní vody a prameny	89
2.11. Obecná hydrologická literatura	93



## 1. CVIČENÍ Z METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

### 1.1. Atmosféra a děje v ní probíhající

Planeta Země, jako jedna z planet sluneční soustavy, je obklopena plynným obalem - atmosférou, která je tvořena směsí různých plynů. Hlavní složky atmosféry jsou uvedeny v tabulce 1, včetně svého relativního zastoupení.

**Tab. 1 : Podíl jednotlivých plynů v atmosféře (bez vodní páry)**

Plyn	Molekula	Relativní objem (%)
dusík	N <sub>2</sub>	78.084
kyslík	O <sub>2</sub>	20.946
argon	Ar	0.934
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0.00335
neón	Ne	0.001818
helium	He	0.000524
metan	CH <sub>4</sub>	0.000135
krypton	Kr	0.000114
vodík	H <sub>2</sub>	0.00005
ozón	O <sub>3</sub>	0.00004
oxid dusný	N <sub>2</sub> O	0.000035
xenon	Xe	0.0000086

V atmosféře probíhají různé fyzikální procesy, které mění okamžitý stav atmosféry. Okamžitý stav atmosféry nazýváme počasím. Počasí je charakterizováno souborem meteorologických prvků a meteorologických jevů v daném místě a čase. V tabulce 2 jsou uvedeny základní meteorologické prvky spolu s používanými jednotkami, značkami a měřicími přístroji a v tabulce 3 je přehled meteorologických jevů. Pro počasí je charakteristická velká časová a prostorová proměnlivost. Naproti tomu klima, jako průměrné počasí v daném místě se vyznačuje relativní časovou stálostí. Klima je výsledkem nepřetržitého působení klimatotvorných faktorů. Klimatotvornými faktory rozumíme faktory astronomické, geografické, cirkulační a antropogenní.

## 1.2. Pozorování a předávání údajů

Pozorovací (staniční) síť, kterou provozuje Český hydrometeorologický ústav je rozdělena do několika úrovní. V každé úrovni provádí pozorovatel pozorování v různých časových intervalech a v různých časových intervalech i předává svá měření k dalšímu zpracování.

Tab. 2 : Základní meteorologické prvky

Meteorologický prvek	Charakteristika	jednotka	Přístroj
sluneční záření (G)	intenzita	$W \cdot m^{-2}$	pyranometr
sluneční svit (s)	trvání	hodina	heliograf
teplota vzduchu (t)	teplota	$^{\circ}C$	teploměr, termograf
vlhkost vzduchu (r)	relativní vlhkost	%	Augustův psychrometr
tlak vzduchu (p)	tlak	hPa	barograf, rtuťový tlakoměr
vítr			universální anemograf
	směr (d)	stupně	větrná směrovka
	rychlost (v)	$m \cdot s^{-1}$	anemoindikátor
výpar (E)	výparnost	mm	výparoměr
srážky	množství (S)	mm	srážkoměr
	intenzita ( $i_s$ )	$mm \cdot min^{-1}$	ombrograf
sněhová pokrývka	výška	cm	sněhoměrná lať
	vodní hodnota	mm	váhový sněhoměr
teplota půdy (t)	teplota	$^{\circ}C$	teploměr

### 1.2.1. Časové údaje

Pro vzájemnou srovnatelnost napozorovaných údajů mezi jednotlivými stanicemi je nutná časová synchronizace pozorování. V praxi se používají následující "pozorovací" časy :

- ♦ **místní střední sluneční čas (SSČ)** - je dán polohou Slunce na obloze vzhledem k místu pozorování,
- ♦ **středoevropský čas (SEČ)** - stanovený čas tzv. prvního časového pásma na východ od nultého poledníku,
- ♦ **středoevropský letní čas (SELČ)** - dohodnutá úprava SEČ platící zpravidla od posledního březnového víkendu do posledního víkendu měsíce září,

Tab. 3 : Meteorologické jevy (meteory)

Hydrometeory	děšť	Litometeory	zákal
	mrznoucí děšť		prachový zákal
	mrholení		kouř
	mrznoucí mrholení		zvířený prach, písek
	sníh		prachová, písečná vichřice
	děšť se sněhem		prachový, písečný vír
	sněhové krupky		
	sněhová zrna		
	zmrzlý děšť	Fotometeory	halové jevy
	námrazové krupky		korona
	kroupy		irizace
	ledové jehličky		gloriola
	mlha		duha
	zmrzlá mlha		zrcadlení
	kouřmo		
	zvířený sníh	Elektrometeory	bouřka
	vodní tříšť		blesk
	rosa		hřmění
	zmrzlá rosa		oheň sv.Eliáše
	jíní		polární záře
	námrazové jevy		
	ledovka	Jiné jevy	silný vítr
	náledí, zmrazky		húlava
	sněhová pokrývka		výborná dohlednost
	tromba		Slunce, Měsíc svítí

- \* světový čas (UTC - Coordinated Universal Time) - čas stanovený Světovým časovým centrem v Londýně. Dříve se používal název Greenwichský čas (GMT - Greenwich Meridian Time).

Mezi jednotlivými časy existují jednoduché přepočty :

$$\text{SEČ} = \text{UTC} + 1 \text{ hodina}$$

$$\text{SELČ} = \text{SEČ} + 1 \text{ hodina} = \text{UTC} + 2 \text{ hodiny}$$

$$\text{SSČ} = \text{SEČ} \pm \text{oprava daná zeměpisnou délkou}$$

### 1.2.2. Typizace staniční sítě

Pro popis jednotlivých typů pozorovacích stanic je důležité si uvědomit, že každý vyšší typ zpravidla provádí i úplné pozorování nižšího typu. Rozeznáváme tyto základní typy pozorovacích stanic :

- ♦ **srážkoměrná stanice** provádí měření kapalných i tuhých srážek a pozorování meteorologických jevů. Měření provádí 1x denně v 7 hodin SSČ a pozorování jevů podle možnosti nepřetržitě. Naměřené údaje předává 1x měsíčně na místně příslušnou pobočku Českého hydrometeorologického ústavu. V případě mimořádných srážkových úhrnů ( $SRA_d > 40 \text{ mm}$ ) pozorovatel odesílá mimořádné hlášení formou telegramu,
- ♦ **klimatologická stanice** provádí měření základních meteorologických prvků (tab.2) 3x denně v klimatologických termínech 7, 14 a 21 hodin SSČ. Naměřené údaje předává spolu s údaji srážkoměrnými 1x měsíčně,
- ♦ **klimatologická stanice "INTERová"** má pozorovací program rozšířený pouze o měření teploty půdy a promrzání půdy. Informace však předává 1x denně vždy po ranním pozorovacím termínu ve formě zprávy INTER místně příslušné pobočce ČHMÚ,
- ♦ **profesionální meteorologická stanice** provádí některá speciální měření podle potřeb ČHMÚ nebo spolupracujících organizací. Měří a pozoruje základní meteorologické prvky a jevy každou hodinu UTC a ihned předává napozorované údaje formou zprávy SYNOP do Regionálního telekomunikačního centra v Praze, kde jsou tyto údaje k dispozici k dalšímu využití. Na větších letištích mají profesionální meteorologické stanice letecké za povinnost provádět měření a sestavovat zprávy každou půlhodinu z důvodů bezpečnosti a potřeb leteckého provozu.

### 1.2.3. Předávání údajů

Materiály předávané 1x měsíčně jsou zasílány poštou - srážkoměrné a klimatologické výkazy ze všech typů pozorovacích stanic. Údaje předávané 1x denně, popřípadě 1x za hodinu, jsou kódovány a předávány buď telefonicky nebo prostřednictvím výpočetní techniky po dálkopisných linkách. Příklady kódovaných zpráv jsou na obr.1.

**Obr. 1 : Zpráva SYNOP a INTER**

SMCZ LKMT 260600

11782 32964 31802 10057 20016 39954 40269 57008 81042

333 20040 30102 81360 83070

555 10257 375//=

SXCZ OKMT 260000

11790 01 1001415003 1102380083 1200610124 200011 301

409084 6047994

02 1002330166 2001230105 3000630059 11461000 21790800

31980671

**1.2.4. Doporučená literatura**

Kodovací příručka. Metodický předpis č. 1. Praha, Český hydrometeorologický ústav 1981.

Kříž, V.: Profesionální meteorologické stanice v Severomoravském kraji. Vlastivědné listy, roč. 16, Opava, Slezské muzeum 1991, č. 1, s. 35-38.

Kříž, V.: Klimatologická stanice na Bílém Kříži. Těšínsko, Český Těšín, Muzeum Těšínska, 1993, č. 3, s. 28-29.

Slabá, N.: Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR. Sborník předpisů ČHMÚ, sv. 7, ČHMÚ, Praha 1972, 224 s.

### 1.3. Zpracování napozorovaných údajů

Meteorologickým pozorováním rozumíme měření nebo stanovení hodnoty meteorologického prvku nebo jevu. Základním výsledkem meteorologických pozorování jsou časové řady individuálních, sumárních nebo průměrných hodnot, které popisují stochastické procesy probíhající v atmosféře. Pro podrobné poznání těchto procesů aplikujeme na tyto časové řady metody matematické statistiky. V této kapitole nejsou podrobně popisovány základní statistické pojmy. Jejich znalost se předpokládá (lze doporučit některou z položek literatury uvedené na konci této kapitoly). V dalších dílčích částech jsou stručně vysvětleny některé pojmy, které se při rozboru časových řad v klimatologii často používají.

#### 1.3.1. Rozdělení četností

Četnost udává buď počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku - rozdělení četností, nebo počet prvků s hodnotami znaku patřícími do určitého intervalu - skupinové rozdělení četností, které využíváme u rozsáhlejších souborů. Při určení počtu a velikosti intervalů bychom měli eliminovat subjektivní přístup zpracovatele použitím objektivního postupu, např.:

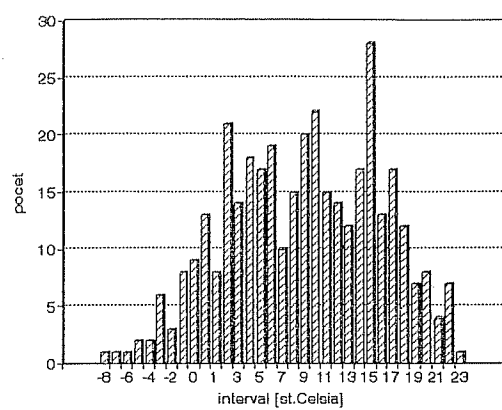
$$h = 0.08R \quad \text{nebo}$$

$$h \leq \frac{R}{12} \leq 2h$$

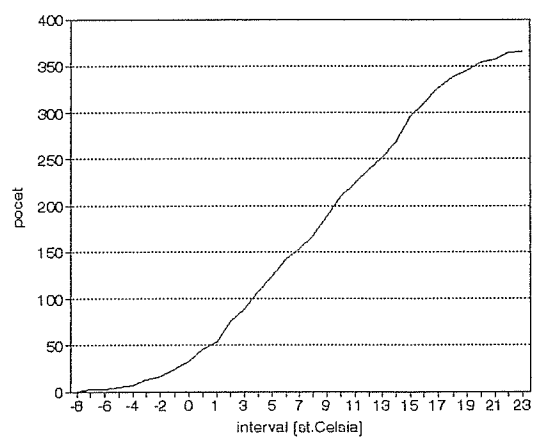
kde  $R$  je variační rozpětí (amplituda) řady,  
 $h$  je šířka intervalu.

Četnosti vyjadřujeme buď v absolutních hodnotách - **absolutní četnosti**  $n_i$ , nebo v relativních hodnotách - **relativní četnosti**  $f_i$ . Absolutní i relativní četnost lze převést na četnost kumulovanou. Příklad skupinového rozdělení četností průměrných denních teplot vzduchu v Ostravě za rok 1990 je v tabulce číslo 4. Rozdělení četností můžeme graficky znázornit histogramem, polygonem nebo čarou kumulovaných četností (obr. 2).

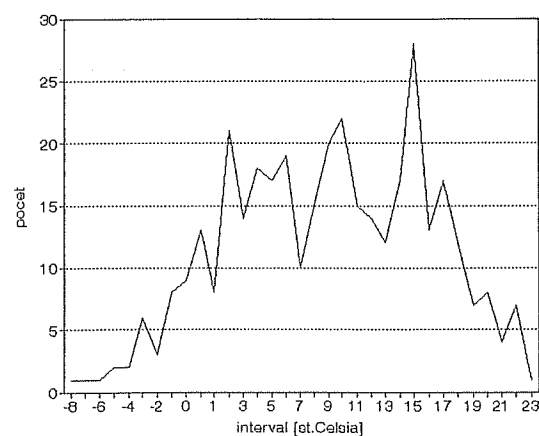
Obr. 2 : Histogram, čára kumulovaných četností a polygon



2a



2b



2c

Tab. 4 : Skupinové rozdělení četností průměrných denních teplot (Ostrava,1990)

interval	počet	interval	počet	interval	počet	interval	počet
-8,0 - -8,9	1	0,0 - 0,9	13	9,0 - 9,9	20	19,0 - 19,9	7
-7,0 - -7,9	1	1,0 - 1,9	8	10,0 - 10,9	22	20,0 - 20,9	8
-6,0 - -6,9	1	2,0 - 2,9	21	11,0 - 11,9	15	21,0 - 21,9	4
-5,0 - -5,9	2	3,0 - 3,9	14	12,0 - 12,9	14	22,0 - 22,9	7
-4,0 - -4,9	2	4,0 - 4,9	18	13,0 - 13,9	12	23,0 - 23,9	1
-3,0 - -3,9	6	5,0 - 5,9	17	14,0 - 14,9	17		
-2,0 - -2,9	3	6,0 - 6,9	19	15,0 - 15,9	28		
-1,0 - -1,9	8	7,0 - 7,9	10	16,0 - 16,9	13		
-0,1 - -0,9	9	8,0 - 8,9	15	17,0 - 17,9	17		

### 1.3.2. Základní statistické charakteristiky

- ♦ **Aritmetický průměr** je definován jako součet kvantitativních hodnot dělený počtem hodnot v souboru. Máme-li soubor o rozsahu  $n$  prvků, ve kterém statistický znak  $x$  nabývá hodnot  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , potom aritmetický průměr je dán vztahem :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n} ,$$

- ♦ **modus** je definován jako nejčetnější hodnota kvantitativního znaku daného souboru. Jedná se tedy o typickou hodnotu v souboru. U skupinového rozdělení četností určíme tzv. modální interval, tj. interval zahrnující největší počet hodnot znaku, modální interval je však závislý na délce a poloze použitých intervalů,
- ♦ **kvantily** jsou prvky řady seřazené v neklesajícím pořadí, které svou polohou v řadě tuto řadu rozdělují na určitý počet stejně početných částí. Kvantil rozdělující řadu na dvě části se nazývá medián. Rozdělíme-li řadu na čtyři části získáme tři kvantily, které nazýváme kvartily. První kvartil odděluje dolní čtvrtinu všech hodnot řady, druhý kvartil je shodný s mediánem a třetí kvartil odděluje horní čtvrtinu řady. Analogicky můžeme určit decily a percentily,
- ♦ **variační rozpětí** je nejjednodušší charakteristikou variace a jedná se o rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou sledovaného znaku. V meteorologii hovoříme často o amplitudě,



- ♦ nejdůležitějšími charakteristikami variace statistického souboru je rozptyl a směrodatná odchylka. **Rozptyl** je průměr ze čtverců odchylek jednotlivých hodnot souboru od jejich aritmetického průměru, je tedy definován jako

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} ,$$

- ♦ **směrodatná odchylka** je mírou rozptylu náhodné veličiny kolem průměru a je definována jako druhá odmocnina rozptylu.

### 1.3.3. Teoretická rozdělení četnosti

Při studiu jevů v atmosféře máme většinou k dispozici výběrový statistický soubor. Grafickým znázorněním četností jeho hodnot získáme histogram (obr.2a). Budeme-li zvětšovat rozsah souboru a hodnoty třídit do stále užších intervalů, dostaneme histogramy, které se budou stále více blížit hladké spojitě křivce. Té dosáhneme v teoretickém limitním případě, kdy soubor o nekonečném počtu prvků třídíme do nekonečně mnoha nekonečně úzkých intervalů. Takto získáme křivku, která se nazývá frekvenční funkce nebo hustota pravděpodobnosti  $f(x)$ . Stejným způsobem dojdeme od kumulativní četnosti ke spojitě křivce  $F(x)$ , kterou nazýváme distribuční funkce (obr.2b). Frekvenční funkce  $f(x)$  představuje teoretické rozdělení četností základního souboru. Pro popis výběrových statistických souborů v klimatologii používáme normální rozdělení, Pearsonovy křivky, Gumbellovo rozdělení a další.

### 1.3.4 Gumbelovo rozdělení

Jako příklad teoretického rozdělení četností je zde uvedeno Gumbelovo rozdělení. Toto rozdělení je používáno pro popis extrémních hodnot statistického souboru. Gumbelovo rozdělení je rozdělením dvouparametrickým. Pro výpočet potřebujeme tedy znát dva kvantily -  $x_1$  (pro  $P_1 = 95\%$ ) a  $x_2$  (pro  $P_2 = 5\%$ ). Pořadnice Gumbelovy křivky vyčíslíme z rovnice

$$x_p = q + \frac{1}{a} z_p$$

kde  $q = 0.27x_1 + 0.73x_2$  ,

$$a = \frac{4.067}{x_1 - x_2} ,$$

přičemž  $z_p$  je pro procenta pravděpodobnosti P tabelováno :

P	$z_p$	P	$z_p$	P	$z_p$
0.1	6.907	20	1.5	95	-1.097
1	4.6	50	0.367	99	-1.527
5	2.97	80	-0.476	99.9	-1.933
10	2.25	90	-0.834		

### 1.3.5. Doporučená literatura

Brázdil, R. a kol.: Statistické metody v geografii - cvičení. Brno, Přírodovědecká fakulta UJEP 1981, 178 s.

Cipra, T.: Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. Praha, SNTL/ALFA 1986, 247 s.

Dub, O., Němec, J. a kol. : Hydrologie. Technický průvodce 34, Praha, SNTL 1969, 380 s.

Likeš, J., Machek, J.: Matematická statistika. In: Matematika pro vysoké školy technické. Praha, SNTL 1988, 179 s.

Nosek, M.: Metody v klimatologii. Praha, Academia 1972, 434 s.

## 1.4. Sluneční záření

Sluneční energii šířenou prostorem nazýváme slunečním zářením. Zdrojem slunečního záření jsou termojaderné procesy probíhající na Slunci. Pro klimatologii je důležitá pouze ta část slunečního spektra, která je energeticky nejdůležitější a která po svém průchodu zemskou atmosférou ovlivňuje klimatické podmínky na zemském povrchu. Jedná se o záření v intervalu vlnových délek 290-4000 nm.

### 1.4.1. Základní pojmy a definice

Při měření a zpracování slunečního záření používáme následující radiační veličiny :

- ♦ **sluneční konstanta  $I'$**  - vyjadřuje množství sluneční energie dopadající na vnější hranici zemské atmosféry za jednotku času na jednotku plochy kolmé k slunečním paprskům při střední vzdálenosti Země od Slunce. Její hodnota činí  $1367 \pm 6 \text{ W.m}^{-2}$ . Více než 99% hodnoty sluneční konstanty je obsaženo ve zmíněném vlnovém intervalu 290-4000 nm,
- ♦ **přímé sluneční záření  $S$**  - ta část slunečního záření, která dopadá na zemský povrch z nezastíněného slunečního kotouče. Je-li Slunce zakryto oblačností nebo jinou překážkou, je přímé sluneční záření nulové. Přímé sluneční záření začíná být při slábnoucí oblačnosti nenulové a při rostoucí oblačnosti nulové v okamžiku, kdy volně osvětlené předměty začínají, resp. přestávají vrhat stín,
- ♦ **rozptýlené (difúzní) záření  $D$**  - vzniká při průchodu slunečního záření atmosférou vlivem rozptylu záření na molekulách atmosférických plynů a na atmosférickém aerosolu. Rozptýlené sluneční záření je nenulové i při zatažené obloze,
- ♦ **globální záření  $G$**  - součet přímého slunečního a rozptýleného záření, představuje prakticky veškerou energii dopadající ve formě sluneční radiace na jednotku horizontální plochy zemského povrchu,
- ♦ **ultrafialové záření UV** -energeticky nepodstatná, ale biologicky a fotochemik důležitá složka slunečního záření, která ve vlnové oblasti 290 - 380 nm proniká až na zemský povrch,
- ♦ **odražené sluneční záření  $R$**  - část globálního záření, která je odražená zemským povrchem,

- ♦ **albedo zemského povrchu A** - poměr odraženého a globálního slunečního záření ( $A=R/G$ ),
- ♦ **cirkumglobální záření C** - sluneční záření dopadající na jednotkovou kulovou plochu umístěnou volně v prostoru, na kterou proto dopadá nejen přímé a rozptýlené sluneční záření, ale také sluneční záření odražené zemským povrchem,
- ♦ **doba trvání slunečního svitu s** - tato veličina nepopisuje sluneční záření přímo, ale vyjadřuje dobu mezi východem a západem Slunce, během které je přímé sluneční záření nenulové. Udává se v hodinách. Jedná se tedy o dobu trvání přímého slunečního záření,
- ♦ **dlouhovlnná bilance zemského povrchu E** - rozdíl mezi dlouhovlnným vyzařováním zemského povrchu a vstřícným dlouhovlnným vyzařováním atmosféry. Vyjadřuje dlouhovlnný (infračervený) radiační tok v pásmu 4000 - 60000 nm.

#### 1.4.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

V geografických podmínkách mírného zeměpisného pásu je sluneční záření velmi variabilní meteorologický prvek. Vzhledem k velké proměnlivosti je nutno provádět měření slunečních charakteristik kontinuálně (nepřetržitě). Ve staniční síti Českého hydrometeorologického ústavu se měří dvě základní charakteristiky - doba trvání slunečního svitu a globální záření.

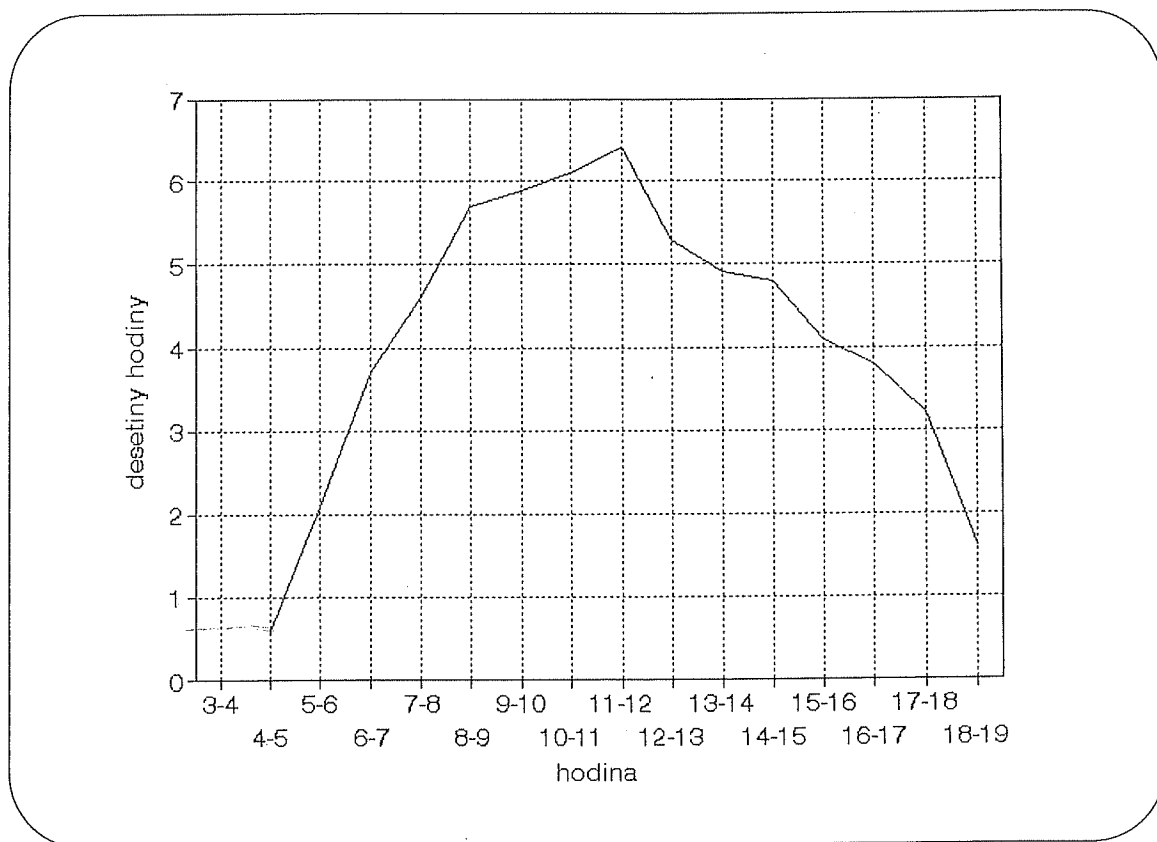
Doba trvání slunečního svitu se měří heliografem Campbell-Stokes, který na registračních slunoměrných páskách propalováním registruje tepelný účinek slunečních paprsků soustředěných kulovou čočkou. Vlivem zdánlivého denního pohybu Slunce po obloze vzniká na papíru propálená stopa. Propálená slunoměrná páska se ve večerním měřicím termínu vymění a vyhodnotí. Vyhodnocuje se s přesností na 1/10 hodiny a délka slunečního svitu vyjádřená počtem desetin hodiny se pro každou hodinu zapíše do předepsaného tiskopisu (tab.5).

Globální záření se měří solarimetrem Kipp & Zonen. Přístroj nasčítává hodnoty globálního záření postupně od půlnoci a každou půlhodinu tiskne hodnotu globálního záření v desetinách  $J.cm^{-2}$ .

Nejčastěji zpracovávanou charakteristikou je délka slunečního svitu. V praxi jsou využívány :

- ♦ průměrný denní úhrn slunečního svitu a průměrný denní chod slunečního svitu,
- ♦ průměrný měsíční úhrn a roční chod slunečního svitu.

Obr. 3 : Denní chod slunečního svitu



Denní úhrn slunečního svitu získáme z vyhodnocené slunoměrné pásky sečtením všech desetin hodiny se slunečním svitem v daném dni, přičemž výsledný údaj uvádíme v hodinách a desetinách hodiny. Průměrný denní úhrn vypočteme jako součet denních úhrnů za sledované období dělený počtem dní tohoto období. Sledovaným obdobím je zpravidla měsíc nebo rok. Průměrný denní chod sestavujeme zpravidla pro měsíc jako průměrný počet desetin se slunečním svitem v jednotlivých hodinách v průběhu celého měsíce. Grafické vyjádření denního chodu slunečního svitu je na obr. 3.

Tab. 5 : Sluneční svit - vyčíslení heliografu

Stanice : Červená

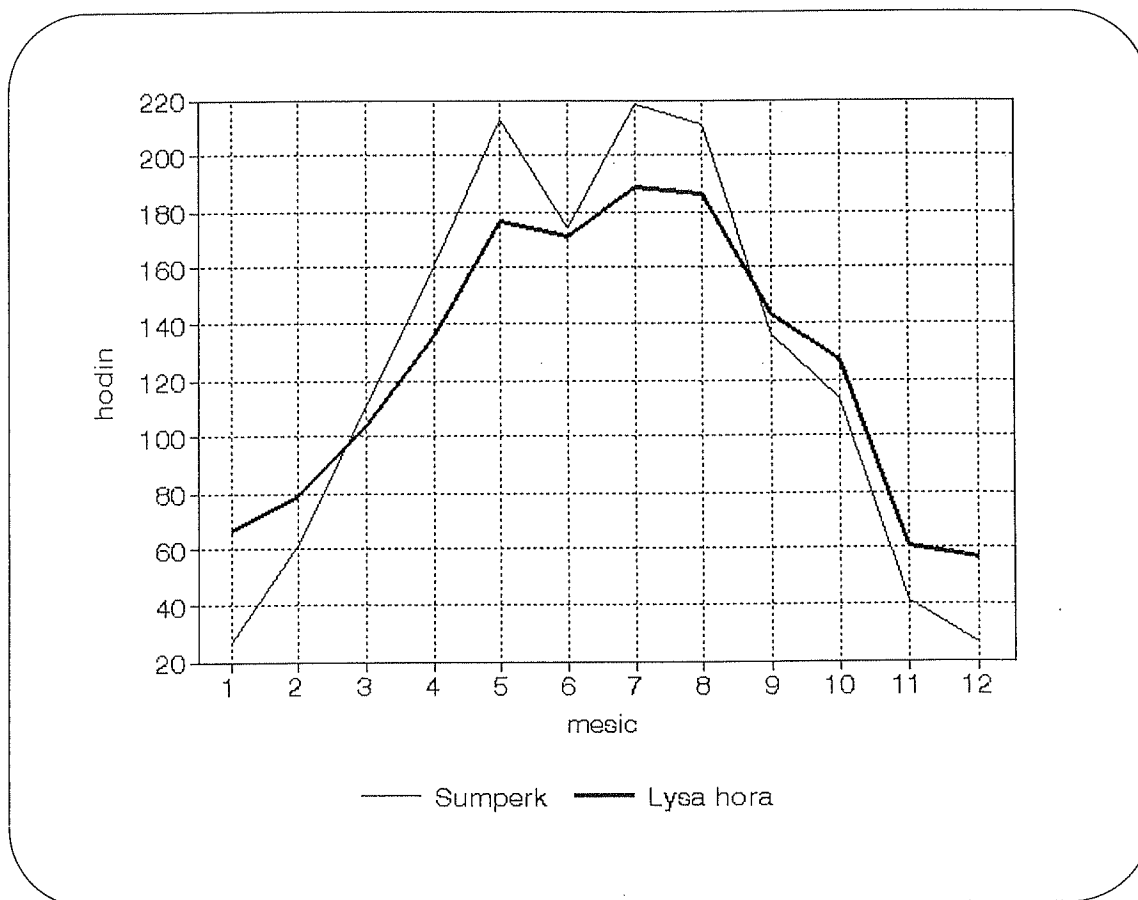
Měsíc : Červen

Rok : 1993

Den/hod	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Součet v hod
1			2	3	7	10	9	10	10	10	4	6	10	6	10	10	4		11.1
2			3	10	10	10	10	8	10	10	10	10	4	9	10	9			12.3
3				2	8	10	8	1	8	5				5	6				5.3
4					1	1	1	8	4	2	7	10	10	10	2				5.6
5			3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7			13
6		1	10	10	10	10	10	10	7	1	6	6	10	10	8	3			11.2
7					6	9	10	9	6	2	8	6	9	4					6.9
8		4	9	4	4	3	4	7	2		9	5	9	9	8				7.7
9			9	10	9	6	6	6	4	10	9	10	5	7	8	10	5		11.4
10		4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5		14.9
11			3	9	1		6	1	8	10	10	9	3						6
12																			
13				1	9	9	6	2	6	8	7	8	6	3	8	2			7.5
14					1	1	3	10	10	10	9	10	5	2	7				6.8
15									1	1						6	1		0.9
16			9	8	7	8	8	8	9	6	8	10	9	9	9	8	1		11.7
17																			
18				2	9	8	9	7	2	1	2								4
19			1	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	3		13.2
20		1	7	1				2	2	3		3	2			6	1		2.8
21		2	10	9	10	10	8	5	8	6	10	8	5	1					9.2
22				1	8	10	10	10	9	5	6	3	7	4	1	1			7.5
23																			
24					3	7	2		2	6	4	8	10	9	7	7			6.5
25			8	8	8	10	7	7	2										5
26		1	9	10	10	2	2		3	5	4	4	6	8	1				6.5
27		2	7	10	8	2		1	7	1	2	2							4.2
28							5	1							9				1.5
29					2	8	10	10	10	9	9	8	7	1	9	6	1		9
30		3	10	10	10	10	5	5	2		2	3	5	5					7
31																			
Součet																			
Průměr																67	10		

Průměrný měsíční úhrn slunečního svitu počítáme zpravidla za deset let. O radiačních poměrech v dané lokalitě mnoho vypovídá roční chod délky slunečního svitu konstruovaný pro jednotlivé roky i pro víceleté období (obr.4).

Obr. 4 : Roční chod slunečního svitu



#### 1.4.3. Cvičení č.1

Sestrojte graf průměrného denního chodu délky slunečního svitu podle zadání uvedeného v tab.5. Dále sestrojte graf průměrného ročního chodu délky slunečního svitu pro dvě vybrané lokality v oblasti severní Moravy a Slezska za období pozorování. Pro zpracování si vyberte stanici, která reprezentuje vrcholové a stanici, která reprezentuje nížinné polohy daného regionu. Vstupní údaje jsou v tab.6.

Tab. 6 : Průměrné měsíční úhrny slunečního svitu v hodinách

Stanice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Šumperk	27	61	110	160	212	174	218	211	135	112	41	26	1 487
Luká	51	84	117	166	220	196	244	220	146	133	60	45	1 682
Praděd	62	70	103	126	166	157	170	171	126	115	54	56	1 376
Světlá Hora	8	7	19	47	200	178	199	195	131	122	55	38	1 199
Paseka	39	61	101	138	170	169	179	174	130	106	38	28	1 333
Olomouc	38	65	113	166	216	213	228	216	159	118	46	33	1 611
Přerov	43	67	119	167	219	224	236	220	164	113	45	31	1 648
Město Albrechtice	60	76	121	151	197	189	204	202	158	127	61	50	1 596
Opava	50	65	107	148	196	191	210	195	146	113	57	39	1 517
Červená	44	65	114	158	205	203	219	208	159	132	49	33	1 589
Valašské Meziříčí	40	61	102	149	197	197	216	205	150	115	47	31	1 510
Mošnov	48	64	110	152	202	205	219	205	152	116	52	38	1 563
Lučina	41	64	102	140	196	178	203	188	135	109	49	34	1 439
Lysá hora	66	79	104	135	176	171	189	185	143	127	60	56	1 491
Vsetín	40	67	97	146	186	169	210	194	134	124	54	36	1 457
Ostrava	50	69	114	152	209	198	216	205	149	115	56	42	1 575

#### 1.4.4. Doporučená literatura

Brázdil,R. a kol.: Úvod do studia planety Země. Praha, SPN 1988, 365 s.

Collares-Pereira,M., Rabl,A.: The average distribution of solar radiation-cerrelation between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. Solar Energy, 22 , 1979, č.2, s.155-164.

Reichrt,J.: Cirkumglobální záření a možnosti jeho přepočtu na záření globální. Meteorologické zprávy, 26, 1973, č.5, s.141-142.

Vaniček,K.: Meteorologické zabezpečení využívání sluneční energie v podmínkách ČSSR. Kandidátská disertační práce. Praha 1985, Universita Karlova, Fakulta matematicko-fyzikální.

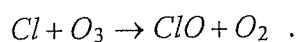
Závodská,E.: Globálne a difúzne ultrafialové žiarenie na Skalnatom Plese. Meteorologické zprávy, 26, 1973, č.3, s.74-76.



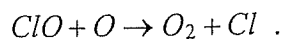
#### 1.4.5. UV záření a ozón - zajímavý problém

Ultrafialové záření je energeticky nepodstatnou složkou slunečního záření, které má však velký vliv na živou složku krajinné sféry. UV záření ve vlnové oblasti 290 - 380 nm proniká až na zemský povrch a podstatnou měrou přispívá k fotosyntetickým reakcím v organismech. UV záření o vlnové délce menší než 242 nm disociuje molekuly kyslíku  $O_2$ . Vzniklé atomy kyslíku okamžitě reagují s molekulárním kyslíkem a vzniká ozón.

Ozón vytváří mohutnou ochrannou vrstvu proti ničivému ultrafialovému slunečnímu záření, přičemž jeho nejvyšší koncentrace je ve spodní stratosféře, ve výšce kolem 23 km. Ozonoféra se však rozprostírá ve výškách od 20 do 50 km. V posledních letech však dochází ke značné destrukci ozónové vrstvy v důsledku zvyšující se koncentrace sloučenin chlóru ve volné atmosféře. Zdrojem chlóru v atmosféře jsou chlorované a fluorované uhlovodíky (CFC) známé pod obchodním označením freony. Destrukce ozónu probíhá ve třech po sobě jdoucích reakcích. Nejprve se z molekuly freonu fotochemicky uvolní jeden atom chlóru. Poté se atom chlóru sloučí s ozónem a vznikne z této reakce oxid chlórnatý a dvouatomový kyslík :



Ve třetí fázi se nestabilní oxid chlórnatý sloučí s jedním atomem kyslíku, který vzniká fotochemickou cestou jako nezbytná podmínka vzniku ozónu. Z této reakce vzniká dvouatomový kyslík a atom chlóru :



V tomto okamžiku má atmosféra k dispozici opět volný atom chlóru a celý proces probíhá znovu. Jedna částice chlóru tímto způsobem dokáže likvidovat až desetitisíce molekul ozónu. Resistence freonu v atmosféře se odhaduje na 60 až 100 let.

Nedostatečná koncentrace  $O_3$  dovoluje ultrafialovému záření ve větším množství pronikat až k zemskému povrchu. UV záření je z mnoha důvodů nebezpečné - způsobuje oční záněty vedoucí až k oslepnutí, rakovinu kůže a celkově oslabuje obranyschopnost organismu.

Má rovněž vliv na průběh fotosyntézy a to ve svých důsledcích znamená nižší výnosy při sklizni. Škodí planktonu v mořích, tedy základnímu článku potravního řetězce.

Po 35 letech pozorování životního prostředí v oceánech, na souši i v atmosféře docházím k jednoznačnému závěru : Dospěli jsme do rozhodujícího, přelomového okamžiku kdy je naší povinností okamžitě řešit problémy, které jsme zatím neřešili.

J.Y.COUSTEAU - 24.února 1992 v Praze

## 1.5. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je nejdůležitějším meteorologickým prvkem, který výrazně ovlivňuje téměř veškerou lidskou aktivitu. Zdrojem tepla zemské atmosféry není přímé sluneční záření, ale dlouhovlnné (infračervené) vyzařování zemského povrchu. Podle charakteru změn teploty vzduchu s nadmořskou výškou se atmosféra dělí na několik vrstev - troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru. Teplota vzduchu se měří ve stupních Celsia ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 1.5.1. Základní pojmy a definice

- ♦ **Průměrná denní teplota vzduchu  $t_d$**  se vypočítá z měření staničního teploměru v klimatologických termínech tak, že měření z večerního termínu ve 21 hodin SSČ se do průměru započítá 2x, tzn.  $(t_{07} + t_{14} + 2t_{21})/4$ ,
- ♦ **denní maximum teploty vzduchu  $t_{\max}$**  je nejvyšší teplota vzduchu naměřená v meteorologické budce od 07 do 21 hodin SSČ,
- ♦ **denní minimum teploty vzduchu  $t_{\min}$**  je nejnižší teplota vzduchu naměřená v meteorologické budce od 21 do 07 hodin SSČ, pokud není v době od 07 do 21 hodin SSČ naměřena teplota nižší,
- ♦ **inverze teploty vzduchu** je stav atmosféry, kdy teplota vzduchu s výškou stoupá. Podle výšky inverzní vrstvy nad zemským povrchem rozeznáváme inverzi přízemní a výškovou, podle příčiny vzniku inverzi advekční, frontální, radiační, subsidenční, turbulentní a pasátovou,
- ♦ **charakteristické dny :**
  - tropický den - den s maximální teplotou  $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ,
  - letní den - den s maximální teplotou  $t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ,
  - mrazový den - den s minimální teplotou  $t_{\min} \leq -0,1^{\circ}\text{C}$ ,
  - ledový den - den s maximální teplotou  $t_{\max} \leq -0,1^{\circ}\text{C}$ ,
  - den se silným mrazem - den s minimální teplotou  $t_{\min} \leq -10,1^{\circ}\text{C}$ .

### 1.5.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

Teplota vzduchu se měří v meteorologické budce staničním teploměrem na klimatologických stanicích v klimatologických termínech 07, 14 a 21 hodin místního středního slunečního času a na profesionálních stanicích každou hodinu světového času. Extrémními teploměry se měří denní minimum a maximum teploty vzduchu.

Nejčastěji jsou v praxi požadovány tyto prvky a charakteristiky :

- ♦ dlouhodobý měsíční a roční průměr teploty,
- ♦ dlouhodobý měsíční a roční průměr denní maximální teploty a absolutní maximum teploty,
- ♦ dlouhodobý měsíční a roční průměr denní minimální teploty a absolutní minimum teploty,
- ♦ datum začátku, konce a délka trvání období s průměrnou nebo extrémní teplotou nepřesahující určitou mez, např. délka trvání a průměrná teplota topného období,
- ♦ denní amplituda teploty, průměrná roční a měsíční amplituda.

Pro výpočet data začátku a konce trvání období s průměrnou denní teplotou přiřadíme průměrnou měsíční teplotu 16. (15.) dni v měsíci a při výpočtu vycházíme z předpokladu, že hranici dané teploty zjistíme lineární interpolací.

Příklad výpočtu pro období s teplotou 15 °C :

Průměrná měsíční teplota

Měsíc	6	7	8	9
Teplota	13.8	16.4	15.9	14.3
Den	15	16	16	15

Začátek : 29.červen

Konec : 2.září

Trvání : 66 dní

Průměrná teplota období s průměrnou denní teplotou větší nebo rovnou 15 °C :

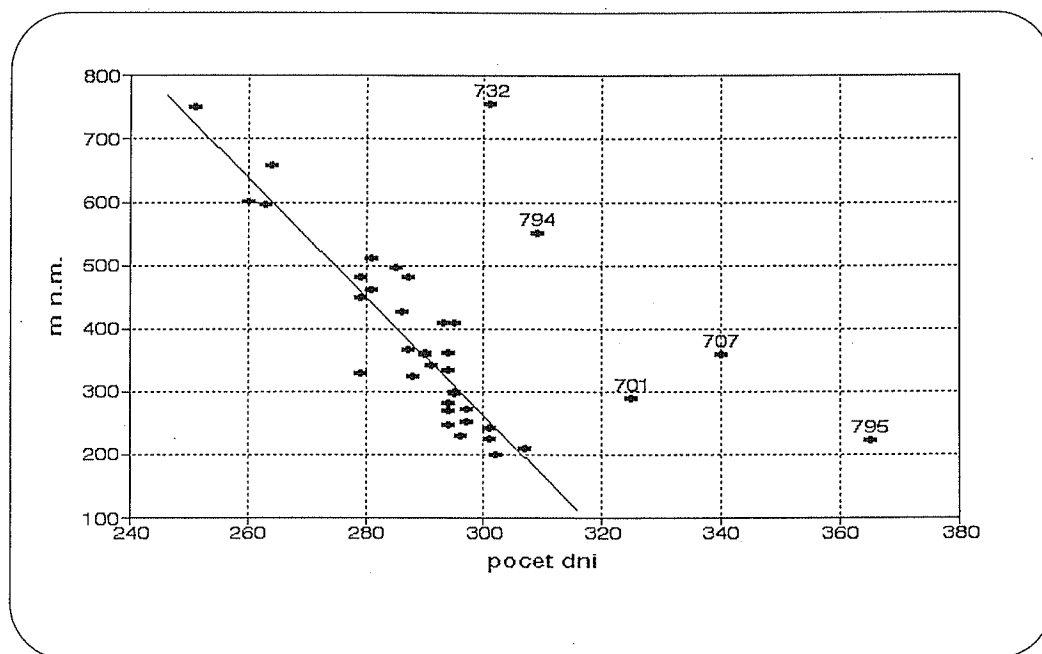
$$(13.8 \times 2 + 16.4 \times 31 + 15.9 \times 31 + 14.3 \times 2) / 66 = 16.0 \text{ °C}$$

### I.5.3. Cvičení č.2

Z průměrných dlouhodobých měsíčních teplot ve vybraných stanicích z tab.7 vypočítej datum začátku, konce a délku trvání období s průměrnou denní teplotou větší než 13

stupňů Celsia. Jaká je průměrná teplota tohoto období? Dále sestrojte závislost trvání charakteristické teploty na nadmořské výšce (obr.5).

Obr. 5 : Závislost délky období s charakteristickou teplotou vzduchu na nadmořské výšce



#### 1.5.4. Doporučená literatura

Coufal, L.: Denní chod teploty vzduchu na stanici Praha-Ruzyně. Meteorologické zprávy, 20, 1967, č.2, s.38-48.

Duvigneaud, P.: Ekologická syntéza. Academia, Praha 1988, 416 s.

Petrovič, Š.: Priemerná časť teplot vzduchu a ich klimatická zabezpečenosť na Chopku a v Žilíně. Meteorologické zprávy, 25, 1972, č.4-5, s.109-113.

Slabá, N.: Klimatické zajištění charakteristických teplot na území Čech a Moravy. Meteorologické zprávy, 15, 1962, č.1, s.8-16.

Sládek, I.: Určování nástupu a ukončení zvolených teplot vzduchu metodou součtových řad odchylek. Meteorologické zprávy, 42, 1989, č.2, s.52-56.

Tab. 7 : Dlouhodobé průměrné měsíční teploty vzduchu [°C]

Stanice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	m.n.m.
Šumperk	-3.7	-2.1	1.9	7.4	12.4	15.7	16.7	16	12.8	8	3	-1.6	311
Luká	-3	-1.9	2.5	6.6	12.3	14.9	16.7	16.4	12.8	8.2	1.9	-1.1	510
Praděd	-7.3	-6.8	-4.5	-0.4	4.8	7.8	9.3	9.4	6.3	2.6	-2.7	-5.9	1 492
Světlá Hora	-4.2	-2.6	0.9	5.9	11.4	14.3	15.6	14.9	11.3	6.8	1.5	-2.5	596
Paseka	-2.8	-0.8	2.9	8	12.2	15.6	17	16.9	13.5	8.8	2.9	-1.1	360
Olomouc	-2.4	-0.2	3.8	9.1	14.2	17.1	18.5	18	14.2	9.1	3.7	-0.4	225
Přerov	-3.2	-0.9	3.7	8.9	14.5	16.4	18.1	17.7	13.7	8.8	2.9	0.9	211
M. Albrechtice	-2.4	-1.3	2.1	6.8	11.9	14.9	16.5	16.3	12.9	8.5	3	-0.9	483
Opava	-2.3	-0.8	3	7.9	13.1	16.2	17.6	17.2	13.4	8.8	3.7	-0.3	272
Červená	-5	-3.4	0.1	5.1	10.3	13.4	15	14.8	11.2	6.6	0.7	-3.3	750
Val. Meziříčí	-2.4	-0.8	2.9	7.7	12.7	15.7	17.1	16.5	13.1	8.7	3.5	-0.7	334
Mošnov	-2.4	-0.7	3.2	8.2	13.2	16.4	17.8	17.2	13.6	8.9	3.7	-0.4	251
Lučina	-2.7	-1	2.9	8	13	16	17.4	17.1	13.5	9	3.8	-0.5	300
Lysá hora	-6.4	-5.7	-2.9	1.5	6.8	9.6	11.2	11.2	8	4	-1.5	-5	1 324
Vsetín	-2.8	-1.1	2.3	7.2	12	14.9	16.2	15.7	12.4	8.2	3.2	-1.1	325
Ostrava	-1.8	-0.5	3.7	7.8	13.5	16.4	17.9	17.2	13.5	8.8	3.7	-0.2	242

12°C

### 1.5.5. Tepelný ostrov města - zajímavý problém

Velké urbanizované celky, jako například města a městské aglomerace výrazným způsobem ovlivňují vlastnosti klimatického systému ve svém okolí. Tyto urbanizované celky představují specifický vertikálně členěný aktivní povrch, tvořený převážně různými stavebními materiály. Ekologická věda začala pro tento typ ekosystému používat název ekosystém "urbs". Z hlediska klimatických charakteristik jsou důležité následující hlavní vlastnosti ekosystému urbs:

- ♦ změna optických a fyzikálních vlastností aktivního povrchu, která se projevuje ve změněném albedu,
- ♦ výrazné tepelné znečištění okolní atmosféry nedokonalým využíváním tepelné energie při výrobě a nedokonalou izolací vytápěných budov,
- ♦ emise pevných, kapalných a plyných znečištěnin z výrobních procesů, z dopravy apod.

Ve zpracovaných studiích se uvádí, že dodatečná tepelná energie, o kterou se v urbanizovaných územích zvyšuje energetická bilance činí až 58 %. Ve spojení s množstvím pevných částic vzniklých nedokonalým spalováním fosilních paliv máme možnost sledovat specifické projevy klimatu v okolí urbanizovaných celků. Tyto projevy souhrnně nazýváme klima měst, popřípadě tepelným ostrovem města. V tabulce 8 jsou z literatury vybrány průměrné změny klimatologických charakteristik vlivem urbanizace.

**Tab. 8 : Průměrné změny charakteristik vybraných meteorologických prvků klimatu měst**

charakteristika	změna
oblačnost	větší o 5 - 10 %
pravděpodobnost výskytu mlhy - zima	větší o 100 %
pravděpodobnost výskytu mlhy - léto	větší o 30 %
roční úhrn srážek	větší o 5 - 10 %
počet dnů se srážkou 5 mm	větší o 10 %
průměrná roční teplota vzduchu	vyšší o 0.5 až 0.8 °C
průměrná minimální teplota v zimě	vyšší o 1.0 až 1.5 °C
průměrná roční relativní vlhkost	nižší o 6 %
průměrná roční rychlost větru	menší o 20 - 30 %
maximální nárazy větru	menší o 10 - 20 %

## 1.6. Srážky

Atmosférické srážky jsou částice vzniklé následkem kondenzace vodní páry v ovzduší a vyskytují se v atmosféře, na povrchu země nebo na předmětech v atmosféře v kapalně nebo pevné fázi. Rozlišujeme srážky padající (vertikální) a usazené (horizontální) a jejich množství udáváme v mm.

### I.6.1. Základní pojmy a definice

- ♦ **Padající (vertikální) srážky** vznikají překročením hmotnosti ledových krystalů, popřípadě vodních kapek, při jejich růstu v oblačnosti a jejich vypadávání. Vertikální srážky dělíme na :
  - **děšť** - tvořený vodními kapkami o průměru nejméně 0.5 mm,
  - **mrholení** - tvořené malými kapkami vody o průměru menším než 0.5 mm,
  - **sníh** - tvořený ledovými krystaly většinou hvězdovitěho tvaru, při teplotách nad -5 °C jsou krystaly větší a shlukují se do sněhových vloček, při nižších teplotách mají menší rozměr,
  - **sněhové krupky** - bílá, neprůsvitná, kulovitá a kyprá ledová zrna o průměru 2 - 5 mm,
  - **sněhová zrna (krupice)** - malá, bílá, neprůsvitná ledová zrna menší než 1 mm,
  - **zmrzlý déšť** - průhledná ledová zrna o průměru menším než 5 mm vzniklá zmrznutím ledových kapek nebo roztálých sněhových vloček,
  - **námrazové krupky** - sněhová zrna obalená vrstvičkou ledu s průměrem kolem 5 mm,
  - **kroupy** - kuličky nebo kousky ledu o průměru 5 - 20 mm,
  - **sněhové jehličky** - tvořeny jehlicovitými, sloupkovitými nebo destičkovitými krystalky ledu,
- ♦ **usazené (horizontální) srážky** vznikají kondenzací vodní páry na relativně studeném povrchu zemském, na vegetaci a různých předmětech, popřípadě zachycováním kapiček mlhy nebo oblaků na překážkách v proudícím vzduchu (např. na vegetaci). Horizontální srážky dělíme na :
  - **rosa** - tvořená vodními kapkami různé velikosti, které často splývají,
  - **zmrzlá rosa** - zmrzlé kapky rosy bělavé barvy,
  - **jíní (šedý mráz)** - ledové krystalky tvaru jehlic, šupin nebo vějířků bílé barvy převážně na horizontálních plochách,



• **jinovatka** - ledové krystaly jehlicovitého nebo vláknitého tvaru usazující se převážně na stromech, elektrickém vedení a návětrné straně předmětů při silném mraze a zpravidla při mlze,

• **ovlhnutí** - povlak vodních kapek na svislých plochách na návětrné straně předmětů při proudění teplého a vlhkého vzduchu, který se od předmětů ochlazuje,

• **námraza** - trsy vláknitých, bílých ledových krystalků vznikajících za podmínek obdobných tvorbě ovlhnutí, ale při teplotách pod 0 °C,

• **ledovka** - sklovitá, ledová vrstva vznikající mrznutím přechlazených vodních kapek na předmětech, jejichž teplota je nižší než 0 °C,

• **náledí, zmrazky** - ledová vrstva pokrývající zemský povrch vznikající zmrznutím vody přítomné na zemském povrchu,

♦ **srážkový úhrn** je množství srážek naměřené za určitý časový úsek (den, měsíc, rok ...), přičemž se nebere v úvahu trvání srážek,

♦ **přívalový déšť (liják)** je srážka s krátkou dobou trvání, jejíž úhrn překročí určitou teoretickou mez. Pro území ČR je využíváno hodnocení přívalových dešťů podle Wussova ( $SRA = 2 \cdot \sqrt{5t}$ ), kde t je trvání přívalového deště v minutách a SRA je srážkový úhrn přívalového deště v mm.

### 1.6.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

Srážkové úhrny měříme srážkoměrnou soupravou nejčastěji 1x denně v ranním pozorovacím termínu (7 hodin SSČ) jako úhrn za včerejší den. Množství srážek udáváme v mm a jedná se o objemové množství vody v litrech spadlé nebo usazené na jeden m<sup>2</sup> půdy. Doplnkovým přístrojem na některých stanicích je ombrograf, který zaznamenává časový průběh padajících srážek.

V praxi jsou nejčastěji požadovány následující charakteristiky :

- ♦ průměrný měsíční (roční, týdenní, dekádní) úhrn srážek,
- ♦ intenzita deště,
- ♦ počty dní se srážkovým úhrnem nad stanovenou mez,
- ♦ průměrné srážkové úhrny vztažené k určité ploše.

Intenzitu srážek zjišťujeme nejčastěji vyhodnocením záznamu ombrografu, tzv. ombrogramu. Vyhodnocení spočívá ve stanovení úhrnu srážek za časový interval 5, 10, 15 a více minut nebo za dobu trvání srážek. Podle Wussovova vzorce zjišťujeme zda příslušná srážka v průběhu svého trvání byla nebo nebyla přívalovým deštěm. Vyhodnocením ombrogramů za několik let z jednoho pozorovacího místa získáme soubor srážkových úhrnů za časové jednotky (5, 10, 15 minut), pro které můžeme vypočítat teoretické pravděpodobnosti překročení.

Průměrné srážkové úhrny vztažené k určité ploše je možno počítat několika způsoby. Nejjednodušší metodou je prostý aritmetický průměr úhrnů ze stanic na dané ploše. Vzhledem k tomu, že tyto úhrny počítáme nejčastěji pro povodí vodních toků a srážkoměrná síť není pro tento účel vždy dostatečně hustá hledáme způsoby přesnějšího určení plošného úhrnu srážek. Dostatečně reprezentativní úhrn dostaneme použijeme-li vážený aritmetický průměr úhrnů z jednotlivých stanic, kde vahou je nadmořská výška použitých stanic. Tímto vědomě nadhodnocujeme výsledný úhrn - předpokládáme, že ve vyšších partiích povodí je umístěno méně měřících stanic a že se jedná o srážkově vydatnější části povodí. Výsledný úhrn můžeme ještě upravit koeficientem, který zohlední rozložení stanic v povodí. Pro výpočet koeficientu použijeme následující vztah :

$$k = \frac{H_p}{H_s}$$

kde  $H_p$  je průměrná nadmořská výška povodí,  
 $H_s$  je průměr nadmořských výšek použitých stanic.

Z výše uvedeného je zřejmé, že pokud pro výpočet plošného úhrnu srážek použijeme stanice ležící v nižších nadmořských výškách ( $H_s < H_p$ ), násobíme výsledný úhrn koeficientem  $k > 1$  a naopak. Pokud nemáme k dispozici průměrnou nadmořskou výšku povodí, nezbyvá nám, než použít poměrně pracnou, ale dostatečně přesnou polygonovou metodu (viz Cvičení v kapitole 2.7. v hydrologické části skript).

### 1.6.3. Cvičení č.3

Sestrojte závislost srážkového úhrnu na čase podle vzorce pro výpočet kritických dešťů dle Wussowa. Proved'te vyhodnocení ombrogramů z vybrané stanice.

### 1.6.4. Doporučená literatura

Brázdil,R., Dobrovolný,P., Kolář,M., Kříž,V., Litschmann,T.: Měsíční a roční úhrny srážek na Moravě v období 1901 - 1980 a jejich časové a prostorové změny. Sborník prací ČHMÚ, 32, Praha, ČHMÚ 1987, 152 s.

Coufal,L.: Zhodnocení měření srážek totalizátory na území ČSR v období 1961-1970. Meteorologické zprávy, 26, 1973, č.6, s.164.

Lapin,M., Priadka,O.: Korekcie systematických chýb merania atmosferických zrážok. [Závěrečná zpráva úkolu II-5-1/01]. Bratislava, SHMÚ 1985.

Krečmer,V., Fojt,V., Křeček,V.: Horizontální srážky z mlhy v lesích jako položka vodní bilance v horské krajině. Meteorologické zprávy, 32, 1981, č.2, s. 78-81.

Stružka,V.: Meteorologické přístroje a měření v přírodě. Praha, SPN 1956, 520 s.

Vondráčková,H.: Výpočet orograficky zesílených srážek. Meteorologické zprávy, 33, 1980, č.4, s.113-117.

### 1.6.5. Měření usazených (horizontálních) srážek - zajímavý problém

Tento zajímavý problém prostudujte samostatně. Zaměřte se na tyto problémové okruhy:

- ♦ vliv usazených (horizontálních) srážek na vodní bilanci povodí,
- ♦ měření usazených (horizontálních) srážek - paralelní měření standardním srážkoměrem a srážkoměrem s nádstavcem, rosoměry - Duvdevaniho rosoměrná destička, registrační rosoměr (rosograf), námrazoměr Polanského, registrační námrazoměr (geliograf) Končekův, charakter měření.

Kromě již doporučené literatury lze využít další zdroje informací, např.:

Uhlíř,P.: Methody měření rosy. Meteorologické zprávy, 2, 1948, č.2, s.44-49.

Klika,J., Novák,V., Gregor,A.: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. Praha, NČSAV, 1954, 776 s.

## 1.7. Sněhová pokrývka a sněhové srážky

Sněhová pokrývka je důležitým klimatologickým prvkem ovlivňujícím životní prostředí v některých oblastech až 100 i více dní v roce. Velký význam má sněhová pokrývka v hydrologii a vodním hospodářství.

### 1.7.1. Základní pojmy a definice

- ♦ **Celková výška sněhové pokrývky** je měřena v centimetrech (pokud je souvislá a dosahuje alespoň 1 cm) nebo její výšku vyjadřujeme slovně jako nesouvislou sněhovou pokrývku (je-li půda pokryta alespoň z poloviny vrstvou sněhu nejméně 1 cm) nebo jako poprašek sněhu (výška sněhové pokrývky je menší než 1 cm),
- ♦ **výška nového sněhu** je nově napadlý sníh za období od 7 hodin SSČ dnes do 7 hodin SSČ zítřejšího dne. Zapisujeme tedy nový sníh vždy ke včerejšímu dni, stejně tak jako úhrn srážek,
- ♦ **vodní hodnotou sněhové pokrývky** rozumíme množství vody obsažené ve sněhové pokrývce a vyjadřujeme ji v mm vodního sloupce.

### 1.7.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

Pro popis sněhových poměrů území využíváme množství různých charakteristik. Výška nového sněhu vyjadřuje výšku nově napadlého sněhu od 7 hodin běžného dne do 7 hodin dne následujícího. Celková výška sněhové pokrývky se měří v 7 hodin místního středního slunečního času. Kromě základních údajů o výšce sněhové pokrývky v různých obdobích jsou v praxi požadovány tyto charakteristiky :

- ♦ počet dní se sněžením,
- ♦ počet dní se sněhovou pokrývkou,
- ♦ maximální výška sněhové pokrývky,
- ♦ první a poslední den se sněžením a se sněhovou pokrývkou,
- ♦ zatížení sněhem.

Statistika počtu dní se sněžením a počtu dní se sněhovou pokrývkou a průměrný den prvního a posledního dne se sněhovou pokrývkou a se sněžením velice názorně charakterizuje

sněhové poměry v regionu. Tyto údaje vykazují výraznou závislost na nadmořské výšce. Dnem se sněhovou pokrývkou rozumíme pouze den se sněhovou pokrývkou 1 cm. Den se sněžením je den ve kterém bylo zamenáno sněžení bez ohledu na výšku nového sněhu za daný den. Tyto údaje zpravidla počítáme za zimní sezónu. Určení základní tíhy sněhu ( $S_0$ ) je nejčastěji požadovanou a přitom nejobtížněji zjistitelnou charakteristikou využívanou hlavně ve stavební praxi. V nížinných oblastech postačí určení zatížení sněhem z mapy sněhových oblastí, která je přílohou ČSN 73 0035 (jedná se o sněhové oblasti 1 až 4). V páté sněhové oblasti udává norma zatížení  $S_0 > 1.5$  kPa a v konkrétních případech může tato hodnota dosáhnout až 6 kPa. Konkrétní výpočet vychází z průměru ročních maxim vodní hodnoty sněhové pokrývky za dostatečně dlouhou dobu. Pro zjednodušení lze použít odvozený vzorec pro horské oblasti v ČR :

$$S_0 = 0.0398V - 0.35$$

kde  $V$  je průměr ročních maxim sněhové pokrývky.

### 1.7.3. Cvičení č.4

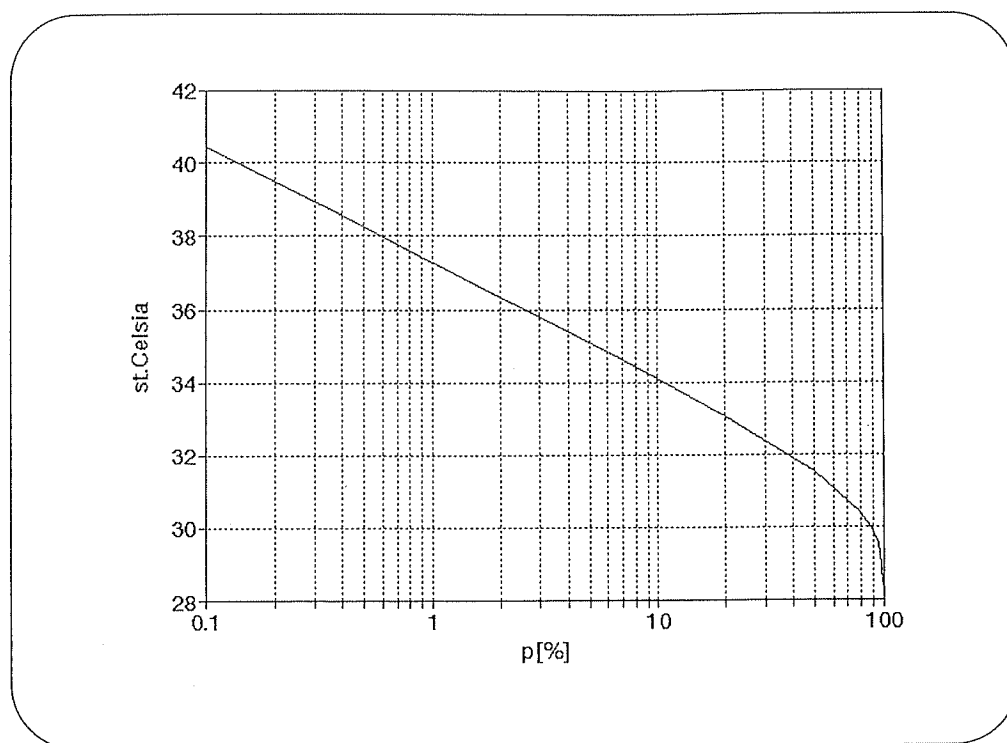
V mapě, která je součástí ČSN 73 0035, určete základní zatížení sněhem pro Ostravu a pro Lysou horu. Vzhledem k tomu, že určení základní tíhy sněhu je pro Lysou horu pouze přibližné, vypočtete tuto hodnotu s využitím údajů o maximálních ročních výškách sněhové pokrývky uvedených v tabulce 9. Stejně údaje použijte pro určení výšky sněhové pokrývky, která se vyskytuje na Lysé hoře s pravděpodobností 1x za 100 let. Pro výpočet použijte Gumbelovo rozdělení (viz kapitola 1.3.4).

Tab. 9 : Maximální výšky celkové sněhové pokrývky na Lysé hoře [cm]

rok	cm	rok	cm	rok	cm	rok	cm	rok	cm
1 961	98	1 967	238	1 973	222	1 979	161	1 985	190
1 962	246	1 968	212	1 974	128	1 980	126	1 986	170
1 963	170	1 969	125	1 975	124	1 981	208	1 987	220
1 964	142	1 970	230	1 976	243	1 982	210	1 988	216
1 965	225	1 971	256	1 977	216	1 983	232	1 989	168
1 966	166	1 972	86	1 978	144	1 984	168	1 990	64

Grafická podoba Gumbelovy křivky je pro maximální teploty v Ostravě na obr.6.

Obr. 6 : Gumbelova křivka



#### 1.7.4. Doporučená literatura

ČSN 73 0035. Zatížení stavebních konstrukcí. 1986.

Kříž, V., Tolasz, R.: Sněhová pokrývka hornatin a vrchovin Severomoravského kraje. Práce a studie ČHMÚ, 18, Praha 1990, 46 s.

Konček, M., Briedoň, V.: Sněh a sněhová pokrývka na Slovensku. Bratislava, Vydavníctvo SAV 1964, 71 s.

#### 1.7.5. Sněhová pokrývka a rekreace - zajímavý problém

Rekreační využití sněhové pokrývky je podmíněno několika faktory, z nichž některé jsou meteorologické, jiné geomorfologické, popřípadě i sociální. Postupným rozdělováním zájmů mezi sjezdové a běžecké lyžování se snižuje vliv geomorfologických faktorů. Pro rekreační využití sněhové pokrývky již není nutno vyhledávat pouze ukloněné tvary zemského povrchu - svahy. Vlivy meteorologické však zůstávají a i nadále budou zůstávat

rozhodujícími pro rekreační využití sněhové pokrývky. Výška celkové sněhové pokrývky, výška nově napadlého sněhu, vodní hodnota sněhové pokrývky, aktuální rozložení teplot vzduchu, srážky a vítr - hodnota těchto meteorologických prvků je důležitá pro možnost rekreačního využití sněhové pokrývky.

Meteorologické stanice, které sestavují zprávu INTER (viz kapitola 1.2.2.), a které jsou svou polohou situovány v rekreačně využitelných oblastech sledují i tzv. Podmínky na lyžařských terénech sjezdářských a běžeckých. Ve zprávě INTER jsou vyčleněny dvě pozice pro tyto charakteristiky kodované podle tabulky 10 a 11.

**Tab. 10 : Sněhové podmínky na lyžařských terénech sjezdových**

Kod	Popis	Sněhová pokrývka	Podmínky
0	Nevhodné sněhové podmínky	nesouvislá	nevhodné
1	Ojedinělá holá místa nebo kameny, lyžovat ještě možno	nesouvislá	méně vhodné
2	Těžký mokrý sníh	souvislá	méně vhodné
3	Firm	souvislá	dobré
4	Vlhký sníh	souvislá	výborné
5	Suchý sníh	souvislá	výborné
6	Prachový sníh	souvislá	výborné
7	Většinou tvrdý udusaný sníh	souvislá	dobré
8	Místy zledovatělý sníh ledové plotny	souvislá	méně vhodné
9	Většinou zledovatělý sníh	souvislá	nevhodné

Tab. 11 : Sněhové podmínky na lyžařských terénech běžeckých

Kod	Popis	Sněhová pokrývka	Běžecká stopa
0	Nevhodné sněhové podmínky	nesouvislá	
1	Ojedinelá holá místa nebo kameny lyžovat ještě možno	nesouvislá	
2	Těžký mokrý sníh	souvislá	neprojetá
3	Vlhký sníh	souvislá	neprojetá
4	Suchý nebo prachový sníh	souvislá	neprojetá
5	Většinou tvrdý udusaný sníh	souvislá	neprojetá
6	Většinou zledovatělý sníh prolamující se kůra	souvislá	neprojetá
7	Stopa mokrá	souvislá	projeta
8	Stopa s dobrou kvalitou sněhu	souvislá	projeta
9	Stopa většinou zledovatělá	souvislá	projeta



## 1.8. Větr

Nerovnoměrné rozložení tlaku vzduchu nad zemským povrchem je příčinou pohybu vzduchových hmot - větru. Větr je na rozdíl od ostatních základních meteorologických prvků veličinou vektorovou - vedle rychlosti je charakterizována i směrem větru.

### 1.8.1. Základní pojmy a definice

- ♦ Přízemní větr je měřen ve standardní výškové hladině 10 m nad zemským povrchem,
- ♦ směr větru je vyjádřen azimutem, ze kterého větr vane. Udává se buď ve stupních (respektive v desítkách stupňů) nebo v české, popřípadě anglické zkratce světové strany (tab. 12). Z tabulky je vidět, že převodem měřených směrů větru v desítkách stupňů do 8, popřípadě 16 směrů, tzv. větrné růžice, se dopouštíme značné chyby plynoucí z nerovnoměrného zastoupení jednotlivých měření ve směrech (např. východ-V 80,90 a

Tab. 12 : Převodní tabulka pro označení směru větru

směr	10	20	30	40	50	60	70	80	90
kod	1	2	3	4	5	6	7	8	9
anglicky	N	NNE	NNE	NE	NE	ENE	ENE	E	E
česky	S	SSV	SSV	SV	SV	VSV	VSV	V	V

směr	100	110	120	130	140	150	160	170	180
kod	10	11	12	13	14	15	16	17	18
anglicky	E	ESE	ESE	SE	SE	SSE	SSE	S	S
česky	V	VJV	VJV	JV	JV	JJV	JJV	J	J

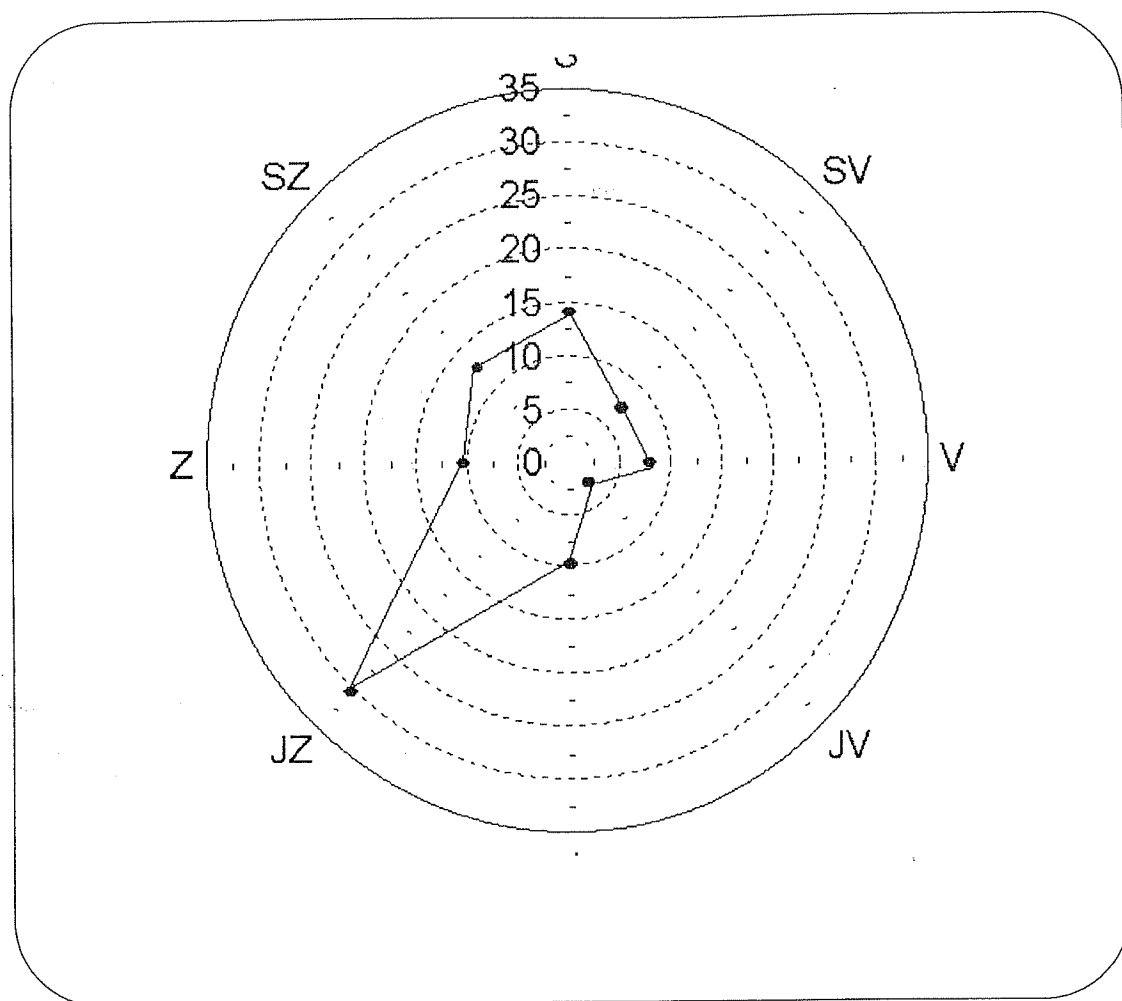
  

směr	190	200	210	220	230	240	250	260	270
kod	19	20	21	22	23	24	25	26	27
anglicky	S	SSW	SSW	SW	SW	WSW	WSW	W	W
česky	J	JJZ	JJZ	JZ	JZ	ZJZ	ZJZ	Z	Z

směr	280	290	300	310	320	330	340	350	360
kod	28	29	30	31	32	33	34	35	36
anglicky	W	WNW	WNW	NW	NW	NNW	NNW	N	N
česky	Z	ZSZ	ZSZ	SZ	SZ	SSZ	SSZ	S	S

Obr. 7 : Relativní četnost směru větru v Bohumíně [%]



• 100° a jihovýchod-JV jen 130 a 140°). V posledních letech prosazují někteří klimatologové zpracovávání měřených směrů větru do dvanáctisměrné větrné růžice s rovnoměrným zastoupením jednotlivých směrů,

- ♦ rychlost větru je dráha, kterou vzduchová částice urazí za jednotku času. Udává se v  $\text{m.s}^{-1}$ . Starším způsobem vyjadřování rychlosti větru byla tzv. Beaufortova anemometrická stupnice (tab.13). Tato stupnice se dodnes používá na stanicích, které nejsou vybaveny větroměrným přístrojem pro odhad rychlosti větru.

#### 1.8.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

Základními klimatologickými charakteristikami pro popis pole rychlosti větru jsou průměrná denní rychlost větru, termínový (popřípadě hodinový) směr větru a okamžitý náraz větru. Směr větru se zpracovává do tzv. větrné růžice, což je rozdělení četností směru větru

vyjadřující absolutní počet dní nebo procenta dní v roce, ve kterých vál vítr z určitého směru. Příklad větrné růžice je na obr.7. Rozdělení četnosti směru větru je možno zpracovat pro nejruznější časové období - měsíc, rok, sezónu apod. V některých speciálních případech lze počítat zatížení větrem - což je tlak větru působící kolmo k povrchu staveb. Stejně jako zatížení sněhem je zatížení větrem mapově zpracováno v ČSN 73 0035.

### 1.8.3. Cvičení č.5

Zpracujte větrnou růžici z hodinových měření směru větru ve vybrané stanici, která je vybavena anemografem. Vyčíslení anemografického záznamu je v tab.14.

### 1.8.4. Doporučená literatura

Kocourek,F.: Měřicí metody v meteorologii spodních vrstev ovzduší.Praha, HMÚ 1972, 212s.

Krečmer, V.: Proudění vzduchu na lesní mýtině. Meteorologické zprávy, 14, 1961, č.6, s.144-147.

Kukal,Z.: Přírodní katastrofy. Praha, Horizont 1982, 252 s.

Schmidt,M.: Meteorológia pre každého. Bratislava, Alfa 1980, 249 s.

Zpracování klimatologických informací. 1.vyd., Praha, ČHMÚ 1988, 167 s.

### 1.8.5. Tropické cyklóny - zajímavý problém

Tropické cyklóny mají různá označení podle místa svého vzniku, popřípadě podle místa kde jsou pozorovány. V oblasti Filipínského a Jihočínského moře hovoříme o tajfunech, v Mexickém zálivu a v Karibském moři se vyskytují uragány, v Bengálském zálivu a v Arabském moři to jsou cyklóny a v jižní části Indického oceánu mezi Madagaskarem a Maskarénami se jedná o orkány a hurikány.

Tab. 13 : Beaufortova anemometrická stupnice

Beaufortův stupeň	Označení a rozpoznávací znaky	Rychlost v m.s <sup>-1</sup>	Rychlost v km.h <sup>-1</sup>
0	<b>Bezvětří</b> ; kouř stoupá kolmo vzhůru	0.0 - 0.2	1
1	<b>Vánek</b> ; směr větru je poznatelný podle pohybu kouře, vítr však neúčinkuje na větrnou korouhev	0.3 - 1.5	1 - 5
2	<b>Slabý vítr</b> ; vítr je cítit v tváři, listy stromů šelestí, obyčejná korouhev se začíná pohybovat	1.6 - 3.3	6 - 11
3	<b>Mírný vítr</b> ; listy stromů a větvíčky v trvalém pohybu, vítr napíná praporky	3.4 - 5.4	12 - 19
4	<b>Dostí čerstvý vítr</b> ; vítr zdvihá prach a kousky papíru, pohybuje slabšími větvemi	5.5 - 7.9	20 - 28
5	<b>Čerstvý vítr</b> ; listnaté keře se počínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlny se zpěněnými hřebeny	8.0 - 10.7	29 - 38
6	<b>Silný vítr</b> ; vítr pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští používán deštník se stává nesnadným	10.8 - 13.8	39 - 49
7	<b>Prudký vítr</b> ; vítr pohybuje celými stromy, chůze proti větru je obtížná	13.9 - 17.1	50 - 61
8	<b>Bouřlivý vítr</b> ; vítr ulamuje větve, chůze proti větru je normálně nemožná	17.2 - 20.7	62 - 74
9	<b>Vichřice</b> ; vítr způsobuje menší škody na stavbách (strhává komíny, tašky a břidlice ze střech)	20.8 - 24.4	75 - 88
10	<b>Silná vichřice</b> ; vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy, přináší škody bydlištěm	24.5 - 28.4	89 - 102
11	<b>Mohutná vichřice</b> ; vyskytuje se velmi zřídka, působí rozsáhlá zpuštění	28.5 - 32.6	103 - 117
12	<b>Orkán</b> ; ničivé účinky	32.7	118

Tropický cyklón vzniká za určitých specifických okolností v tropických zeměpisných šířkách jako "tepelný stroj", který zpracovává obrovské množství energie naakumulované ve vodách oceánu v průběhu léta. Pokud se hladina oceánu zahřeje na nejméně 26 °C, což bývá ke konci léta, začíná tento stroj pracovat. Při odpařování vody z hladiny oceánu se spotřebovává tepelná energie nashromážděná za celé léto ve vodách oceánů. K vypaření 1g vody se spotřebuje asi 2500 J tepelné energie. Takto vzniklá vodní pára stoupá do vyšších hladin atmosféry a za příhodných fyzikálních podmínek se z vodní páry vysráží opět voda - déšť. Při tomto procesu se zpětně uvolňuje do atmosféry energie. Důležitým momentem je fakt, že zpětně uvolněná energie je ze 3% energií pohybovou. Vzniká vzdušný vír. Pokud se tento vír udržuje nad teplou částí oceánu může se dále vyvíjet a v centru cyklóny vzniká zóna klidu, tzv. oko cyklóny o průměru kolem 15 km, ve kterém je bezvětrí a jasno. Toto oko cyklóny bývá někdy označováno za jeden z divů světa a je nápadným poznávacím znamením i na družicových snímcích. Kolem oka cyklóny je stěna výstupných proudů. V oku cyklóny klesá tlak vzduchu i pod 950 hPa a celý cyklón se pohybuje rychlostí kolem 30 - 50 km/h. Pokud se cyklón udržuje nad přehřátým oceánem, který mu dodává energii, neustále mohutní.

Výzkumem a předpovědí tropických cyklón se zabývají meteorologové a hydrologové v zemích, které jsou tímto přírodním fenoménem ohrožovány nejčastěji. Ročně vzniká na světě asi 80 smrtících cyklón, které za sebou zanechávají škody, jejichž výše je odhadována na 1500 miliónů US \$. Průměrný roční počet zmařených lidských životů se pohybuje kolem 15 000. A to už jsou počty, které zdůvodňují obrovské investice do výzkumu tropických cyklón.

Poslední výsledky výzkumných prací prováděných v USA ukazují, že počet obětí tropických cyklón v posledních letech klesá a to přesto, že počet obyvatel v postižených oblastech stoupá. Jedním z příkladů je středoamerická Jamaika, která bývá často postihována řáděním uragánů. Uragán Charlie v roce 1951 znamenal poslední životní zážitky pro 152 obětí. Známý uragán Gilbert zaznamenal v roce 1988 již "jen" 45 obětí, a to při srovnatelných parametrech cyklónu a větším počtu obyvatel žijících v postižené oblasti. Meteorologická služba sídlící v hlavním městě Jamaiky v Kingstonu popsala nejdůležitější faktory, které mají vliv na snižování počtu obětí uragánů :

- ♦ Spojení družicových informací s měřeními meteorologických stanic na lodích, na pevnině a s pozorováním z letadel,

- ♦ výměna dostupných informací s Regionálním centrem pro uragány v Miami (USA) a napojení na specializované služby Světové meteorologické organizace.

Po vyhodnocení dostupných informací jsou dnes meteorologové schopni předpovědět čas, místo a sílu tropického cyklónu při jeho přechodu z oceánu na pevninu. V poslední době se to velice úspěšně podařilo americkým meteorologům. Koncem srpna 1992 se k Floridě blížil uragán Andrew. Na základě vyhodnocení rozsáhlého souboru informací vydali meteorologové 24 hodin předem upozornění na možnost vpádu Andrewa do hustě osídlených oblastí východního pobřeží USA a vyzvali obyvatele v některých zvláště ohrožených oblastech k evakuaci. Výzvu uposlechl téměř 2 milióny obyvatel. Teprve po návratu do zbytků svých obydlí si všichni uvědomili význam práce meteorologů a cenu správné informace ve správný čas na správném místě.

Ještě koncem 19. století dostávaly tropické cyklóny jména podle svatých v kalendáři - cyklón Santa Anna zničil Portoriko 26.7.1825 a Santa Philip pustošil stejný ostrov 13.9.1876. Postupně se začala dávat cyklónům ženská a dívčí jména. Přiznejme si, že je to pestřejší než například číslování používané v Japonsku (tajfun 8906 je 6. tajfun v roce 1989). Traduje se, že jako první použil ženské jméno spisovatel G. Stewart ve svém románu *Bouře* v roce 1941. Hlavní hrdina pojmenoval cyklón podle své lásky Mary, která mu přinášela stejná strádání jako přírodní katastrofa. A i když je doloženo, že již koncem 19. století používal ženská jména při vydávání meteorologických výstrah pan Clement Wragge v Austrálii, tak až výše zmíněný román byl impulsem pro všeobecné rozšíření této praxe. V současné době se používají jména jak ženská tak i mužská. Způsobily to protesty feministických spolků v Austrálii v průběhu sedmdesátých let našeho století. Dnes je tedy rovnoprávnost i v této oblasti lidského vědění.



## 1.9. Oblačnost

Za příhodných podmínek dochází v atmosféře ke kondenzaci vodních par a vznikají oblaka. Na okamžitých teplotních a vlhkostních charakteristikách, na obsahu kondenzačních jader a na rychlosti výstupného proudění závisí typ vznikající oblačnosti, výška jeho vzniku a projevy spojené s jejich existencí. Znalost těchto podmínek a schopnost určit druhy oblačnosti jsou důležitou součástí poznání okamžitého stavu atmosféry (počasí) v širším okolí pozorovatele a základní podmínkou pro sestavení kvalitní krátkodobé předpovědi počasí, popřípadě předpovědi nebezpečných jevů s počasím spojených.

### 1.9.1. Základní pojmy a definice

- ♦ **Množství oblačnosti** je charakteristika vztahující se k celkovému pokrytí oblohy oblačností všech druhů, nebo k pokrytí oblohy pouze některým druhem oblačnosti. Množství oblačnosti udáváme v meteorologické praxi v osminách a v klimatologické praxi v desetinách pokrytí oblohy. Pokud je jasno máme 0/8 nebo 0/10 oblačnosti, pokud je zataženo tak potom 8/8 nebo 10/10. Oblačnost se vyskytuje v několika vrstvách a tak pokud se ve spodní vrstvě vyskytuje 6/8 až 7/8 oblačnosti, tak nemůžeme určit množství oblačnosti ve vrstvách vyšších,
- ♦ **výška spodní základny oblačnosti** je důležitou charakteristikou nejen pro předpověď počasí, ale i například pro leteckou dopravu apod. Výšku spodní základny oblačnosti odhadujeme nebo měříme. Přístroje na měření výšky jsou umístěny převážně na letištích, na ostatních meteorologických stanicích pozorovatelé výšku odhadují. Měření probíhá buď manuálně pomocí meteorologického balónu se známou stoupavostí, nebo automatickými přístroji využívajícími principy odrazu optického, elektrického nebo akustického signálu od spodní hranice oblačnosti. Při odhadování výšky musí pozorovatel dát pozor na různé optické záludnosti lidského oka - např. že malý nízký oblak vidíme stejně tak jako oblak větší a vyšší,
- ♦ **druh oblačnosti** se určuje podle tvaru, výšky, tloušťky a dalších charakteristik. Rozlišujeme deset základních druhů oblaků rozdělených do čtyř základních skupin a značné množství různých tvarů a odrůd (tab.15).



**Tab.15 : Druhy oblaků**

kategorie	název latinský	název český	mez. zkratka
I. vysoká	Cirrus	řasa	Ci
	Cirrocumulus	řasová kupa	Cc
	Cirrostratus	řasová sloha	Cs
II. střední	Alto cumulus	vyvýšená kupa	Ac
	Alto stratus	vyvýšená sloha	As
III. nízká	Nimbostratus	dešťová sloha	Ns
	Strato cumulus	slohová kupa	Sc
	Stratus	sloha	St
IV. s vertikálním vývojem	Cumulus	kupa	Cu
	Cumulonimbus	bouřkový mrak	Cb

### 1.9.2. Standardní klimatologické charakteristiky a jejich zpracování

Oblačnost nepatří mezi charakteristiky, které bývají často režimově zpracovávány. Největší význam mají operativní charakteristiky oblačnosti vztahující se k popisu konkrétních synoptických situací v časovém měřítku maximálně několika hodin. Přesto jsou však v některých klimatologických studiích zpracovány roční a dlouhodobé chody množství oblačnosti. Kolísáním časových řad množství oblačnosti mohou být podepřeny některé teorie o klimatických změnách. Tato charakteristika má úzký vztah k vlhkostním charakteristikám klimatu.

### 1.9.3. Cvičení č.6

V tomto cvičení se snažte seznámit s určováním jednotlivých charakteristik oblačnosti přímo v terénu, nejlépe v rámci některých terénních cvičení.

### 1.9.4. Doporučená literatura

Mezinárodní atlas oblaků pro pozorovatele meteorologických stanic. Hydrometeorologický ústav, Praha 1965. (Překlad z francouzského originálu Atlas International des nuages.)

### I.10. Obecná klimatologická literatura

Bednář,J., Zikmunda,O.: Fyzika mezní vrstvy atmosféry. Praha, Academia 1985.

Brázdil,R. (editor) : Climatic Change in the Historical and Instrumental Periods. Brno, Masaryk University 1990, 362 s.

Brázdil,R. a kol.: Úvod do studia planety Země. Praha, SPN 1988, 365 s.

Demek,J., Quitt,E., Raušer,J. : Úvod do obecné fyzické geografie. Praha, Academia 1975, 404 s.

Houghton,J.T.: The Global Climate. Cambridge, Cambridge University Press 1984, 233 s.

Kolektiv : Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Academia a Ministerstvo životního prostředí ČR 1993, 594 s.

Moldan,B. a kol.: Rizika změny klimatu a strategie jejich snížení. Národní klimatický program ČR, č.10, Praha 1993.

Netopil,R. a kol.: Fyzická geografie I. Praha, Státní pedagogické nakladatelství 1984, 272 s.

Quitt, E.: Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica, 16, Brno, Geografický ústav ČSAV 1971, 72s.

## 2. CVIČENÍ Z HYDROLOGIE

### 2.1. Hydrosféra a děje v ní probíhající

Hydrosféra je veškerá voda na Zemi (včetně vody v ovzduší) ve všech skupenstvích a formách.

#### 2.1.1. Oběh vody, hydrologická bilance

Působením Slunce a zemské gravitace voda v hydrosféře nepřetržitě cirkuluje, což nazýváme oběhem vody. Množství vody v hydrosféře je prakticky konstatní. Lze to kvantitativně vyjádřit rovnicí

$$H_s = H_e$$

kde  $H_s$  je množství srážek spadlých na Zem (pevninu, moře a oceány),

$H_e$  je velikost celkového výparu z povrchu Země (z pevnin, včetně rostlinného krytu, z vodních ploch, z moří a oceánů).

V případě, že sledujeme oběh vody na určité ploše Země (např. v povodí) popisuje kvantitativní matematický model oběhu vody rovnice hydrologické bilance (tzv. bilanční rovnice) ve tvaru

$$H_s = H_e + H_o + H_p \pm R$$

kde  $H_o$  je množství povrchové vody, které odteče z povodí jeho závěrečným profilem (koryty řek),

$H_p$  je množství podzemní vody, které odteče z povodí závěrečným profilem,

$R$  je změna zásoby vody v povodí.

Rovnice platí pro jakékoliv časové období, jde-li o hydrologicky uzavřené povodí, t.j. nedochází-li k výměně vody mezi sousedními povodími. Pro mnohaleté období se hodnota  $R$  zanedbává a bilanční rovnice má tvar

$$H_s = H_e + H_o + H_p$$

Sledujeme-li pouze vztah mezi povrchovým (říčním) odtokem a srážkami, pak

$$H_e + H_p = H_z$$

a bilanční rovnice nabývá tvar

$$H_s = H_0 + H_z$$

kde  $H_z$  je velikost odtokové ztráty.

Základním bilančním obdobím je hydrologický rok. U nás začíná 1. listopadu a končí 31. října následujícího kalendářního roku, jehož letopočtem se označuje.

### 2.1.2. Hydrologické procesy, jevy, prvky a jejich měrné jednotky

Hydrologický proces je děj, při němž vstupuje voda do interakce s přírodním prostředím. Výsledkem tohoto procesu je přírodní úkaz - hydrologický jev. Pozorovaná nebo měřená veličina hydrologického jevu se definuje jako hydrologický prvek. Hodnota hydrologického prvku se vyjadřuje ve smluvených měrných jednotkách. Zákonitosti změn hydrologických prvků v čase a prostoru vyjadřují hydrologický režim vodního útvaru. Hodnoty, které získáme určitým výpočetním postupem z řady hodnot hydrologického prvku nazýváme hydrologické charakteristiky. Vyjadřujeme jimi hydrologický režim vodního útvaru (tab.16). Soustavně se hydrologické jevy a prvky pozorují a měří v síti pozorovacích objektů, které spravuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Na územně příslušných pracovištích ČHMÚ (pobočky ČHMÚ) se výsledky pozorování a měření zpracovávají a vyhodnocují.

### 2.1.3. Vztahy mezi měrnými jednotkami povrchového odtoku a srážek

Při aplikaci na časovou periodu 1 rok platí následující vztahy :

$$1 \text{ rok} = 365 \text{ dní} = 31536 \cdot 10^3 \text{ sekund}$$

Tab.16 : Vybrané hydrologické prvky, jevy a charakteristiky

Hydrologický jev	Hydrologický prvek			Hydrologická charakteristika		
	název	zn.	j.	název	zn.	j.
odtok vody (povrchový) (podzemní) (celkový)	odtok, objem odtoku	$W_x$	$m^3$	průměrný průtok	$Q_x$	$m^3.s^{-1}$
	průtok okamžitý	$Q$	$m^3.s^{-1}$	M-denní průtok	$Q_{Md}$	$m^3.s^{-1}$
	okamžitý vodní stav	$H$	cm	N-letý průtok	$Q_N$	$m^3.s^{-1}$
	stav hladiny podzemní vody	$H$	cm	p-procentní průtok	$Q_{p\%}$	$m^3.s^{-1}$
	okamžitá vydatnost pramene	$Q$	$l.s^{-1}$	průměrný stav hladiny podzemní vody	$H_x$	cm
	výška odtoku	$H_{ox}$	mm	specifický odtok	$q_x$	$l.s^{-1}.k$ $m^{-2}$
	výška odtokové ztráty součinitel odtoku	$H_{zx}$ %	mm	průměrná vydatnost pramene	$Q_x$	$l.s^{-1}$
povodeň	kulminační průtok	$Q_{kulm}$	$m^3.s^{-1}$	N-letý objem průtokové vlny	$W_{pN}$	$m^3$
	objem průtokové vlny	$W_p$	$m^3$	objem N-leté povodňové vlny	$W_N$	$m^3$
	rychlost postupu průtokové vlny	$m.s^{-1}$				
	trvání průtokové vlny	$t_p$	hod			
srážky	naměřený úhrn srážek	$H_{sx}$	mm	průměrný úhrn srážek	$H_{sxa}$	mm
	trvání deště	$t_d$	min			
	množství srážek na plochu	$S_x$	$m^3$			
	intenzita deště	$i_s$	$mm.s^{-1}$			
	vydatnost deště na plochu	$q_s$	$m^3.s^{-1}.km^{-2}$			
evaporace (vypařování)	výpar za časový interval	$E_x$ $m^3$	mm	průměrný celkový výpar	$E_{xa}$	mm
pohyb splavenin	okamžitý průtok spalvenin	$Q_G$	$kg.s^{-1}$	průměrný průtok splavenin	$Q_{Gx}$	$kg.s^{-1}$
	unášecí síla	$u$	$N.m^{-2}$	průměrná unášecí síla	$u_x$	$N.m^{-2}$
	kalnost	$o$	$kg.m^{-3}$	průměrná kalnost	$o_x$	$kg.m^{-3}$
	specifický odtok spalvenin	$q_G$	$m^3.s^{-1}.km^{-2}$			
ledové jevy (led u břehu) (ledová celina) (ledová tříšť) (chod ledu) (ledová zácpa)	průtok ledu	$Q_L$	$m^3.m^{-2}.s^{-1}$			
	hustota ledu	$L$	$kg.m^{-3}$			
	tloušťka ledu	$H_L$	mm			

Poznámka : x je časový interval, a je období.

$$W_r[m^3.rok^{-1}] = Q_r[m^3.s^{-1}].31536.10^3[s]$$

$$q_r[l.s^{-1}.km^{-2}] = \frac{Q_r[m^3.s^{-1}].10^3}{F[km^2]}$$

$$W_r[m^3.rok^{-1}] = H_{or}[mm.rok^{-1}].F[km^2].10^3$$

$$H_{or}[mm.rok^{-1}] = \frac{Q_r[m^3.s^{-1}].31536}{F[km^2]} = \frac{W_r[km^3.rok^{-1}].10^6}{F[km^2]} = q_r[l.s^{-1}.km^{-2}].31.5363$$

$$S_r[m^3.rok^{-1}] = H_{sr}[mm.rok^{-1}].F[km^2].10^3$$

$$\phi[\%] = \frac{H_{or}[mm.rok^{-1}]}{H_{sr}[mm.rok^{-1}]} \cdot 10^2 = \frac{W_r[m^3.rok^{-1}]}{S_r[m^3.rok^{-1}]} \cdot 10^2$$

#### 2.1.4. Cvičení č.7

Pomocí rovnice hydrologické bilance a výpočetních vztahů pro jednotky povrchového odtoku a srážek doplňte údaje v tabulce 17.

Tab. 17: Neúplná tabulka ke cvičení č.7

Stanice	F	H <sub>sr</sub>	H <sub>zr</sub>	H <sub>or</sub>	W <sub>r</sub>	Q <sub>r</sub>	q <sub>r</sub>	φ
	km <sup>2</sup>	mm	mm	mm	km <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup>	%
1	444.54	746	444					
2	571.83		490	195				
3	68.47		462		0.0372			
4	109.49		441			1.98		
5						16.9	11.15	42
6	241.16	970				3.95		
7	102.07	928					16.17	
8	1 181.51	604						24
9	305.56					0.62		12
10	607.82				0.0536			15
11	734.39	904		395				

### 2.1.5. Doporučená literatura

ČSN 73 6530. Názvosloví hydrologie.

Hošek, A., Kříž, V.: Jednotky hydrologických veličin v soustavě SI. Sborník Československé geografické společnosti, 85, 1980, č.3, s.197-205.

Kříž, V.: 35 let Českého a Slovenského hydrometeorologického ústavu. Sborník Československé geografické společnosti, 94, 1989, č.2, s.127-134.

Kříž, V., Friga, J.: Rozvoj operativní hydrologie z hlediska potřeb národního hospodářství. Vodohosp. Čas., 33, 1985, č.4, s.388-397.

### 2.1.6. Operativní hydrologie - zajímavý problém

Hydrologie, zprvu rozvíjena především kvantitativně zanářeným zkoumáním výskytu a oběhu vody v přírodě, nabyla v souladu se stále roustoucím významem vody v rozvoji společnosti své komplexní pojetí jako věda, která se zabývá zákonitostmi nepřetržitě probíhajícího oběhu vody v jeho celistvosti a výskytem vody v přírodě se zvláštním zřetelem na její množství, kvalitu a účinek v přírodě a ve společnosti. Společenské podmínky stimulující tento vývoj naznačují též zaměření a úkoly užité hydrologie, za kterou se považují ta odvětví hydrologie, která se vztahují k výstavbě a k dalšímu uplatnění hydrologie v oblastech spojených s rozvojem vodních zdrojů a vodním hospodářstvím (International glossary of hydrology, Geneva, WMO, 1974).

K výrazné mezinárodní akceleraci vývoje hydrologie dochází zejména v šedesátých letech. Zvýšená hydrologická aktivita v posledních třech desetiletích (MHD, Konference OSN o životním prostředí, Konference OSN o vodě, Dekáda pitné vody, Světový klimatický program, Program operativní hydrologie, Summit '92) prokazuje, že problémy spojené s hydrologií a vodním hospodářstvím jsou aktuální a vztahují se ke globálním problémům lidstva. V těchto obecných podmínkách krystalizuje a rozvíjí se operativní hydrologie jako specifická součást hydrologie.

Operativní hydrologie zahrnuje problematiku pozorovacích sítí, sběru, zpracování a publikování dat, přípravy hydrologických podkladů, studií, posudků a předpovědí pro různé hospodářské účely a tyto specializované činnosti zabezpečuje, včetně potřebného výzkumu, vývoje a výchovy. Od operativní hydrologie se v podstatě odvíjejí všechny užité funkce hydrologie.

## 2.2. Hydrografické charakteristiky

### 2.2.1. Základní pojmy

- ♦ **Povodí** - část zemské kůry, odkud voda odtéká do uvažovaného profilu vodního útvaru (viz ČSN 73 6530). V oblasti povrchových vod se jedná o povodí orografické, v oblasti podzemních vod o povodí hydrogeologické,
- ♦ **rozvodnice** - myšlená hranice mezi sousedními povodími,
- ♦ **plocha povodí** - plocha půdorysu povodí, měrnou jednotkou je  $\text{km}^2$ ,
- ♦ **lesnatost povodí** - poměr zalesněné plochy k celkové ploše, vyjadřujeme ji v %,
- ♦ **charakteristika tvaru povodí** - poměr plochy povodí ke čtverci délky toku,

$$\alpha = \frac{F}{l^2}$$

kde  $F$  je plocha povodí v  $\text{km}^2$ ,  
 $l$  je délka toku v km.

Podle charakteristiky tvaru povodí rozlišujeme různé typy povodí

Povodí	$F \leq 50\text{km}^2$	$F > 50\text{km}^2$
protáhlé	$\alpha \leq 0.24$	$\alpha \leq 0.18$
přechodný typ	$0.24 < \alpha < 0.26$	$0.18 < \alpha < 0.20$
vějířovité	$\alpha > 0.26$	$\alpha > 0.20$

- ♦ **říční soustava** - hlavní tok s přítoky,
- ♦ **síť vodních toků** - soustava stálých i občasných vodních toků v uvažovaném území,
- ♦ **hustota sítě vodních toků** - je vyjadřována vztahem

$$r = \frac{\sum l_i}{F}$$

kde  $l_i$  je délka jednotlivých toků v povodí,



♦ **průměrný sklon povodí**

$$I[\%] = \frac{h \sum l}{F} \cdot 100$$

kde  $h$  je výšková vzdálenost vrstevnic v km,  
 $\sum l$  je součet délek vrstevnic v km.

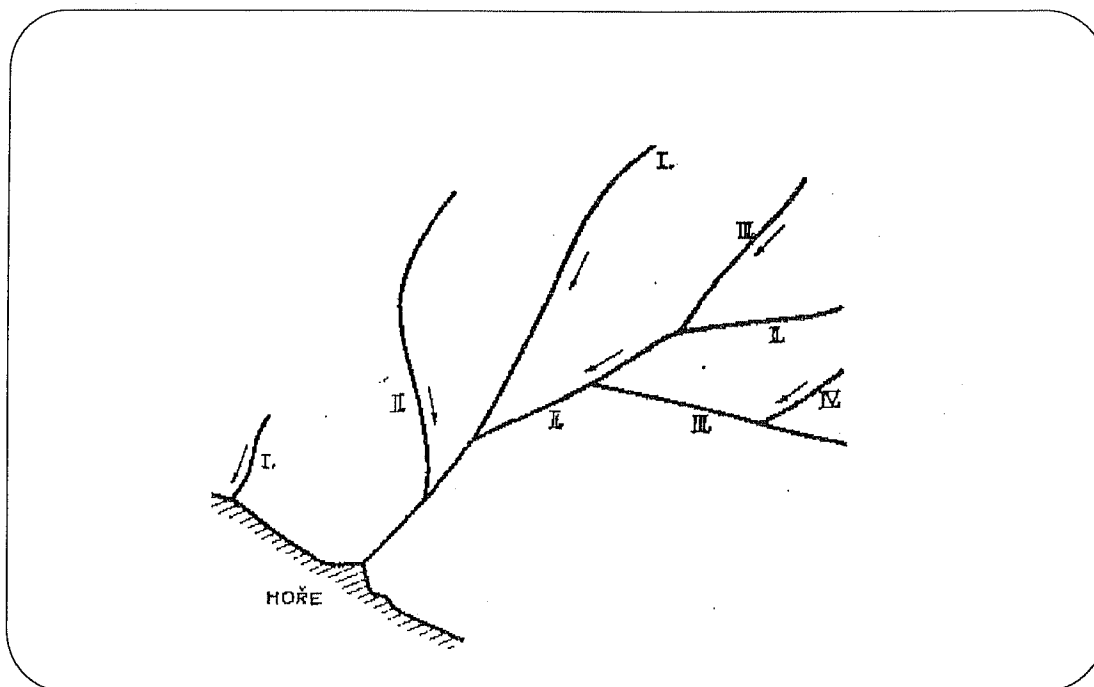
Průměrný sklon povodí lze též vyjádřit rovnicí :

$$I[\%] = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{F} \cdot 100$$

kde  $h_{\max}$  je kóta nejvyššího bodu v povodí v m n.m.,  
 $h_{\min}$  je kóta nejnižšího bodu v povodí v m n.m.,  
 $F$  je plocha povodí v km<sup>2</sup>,

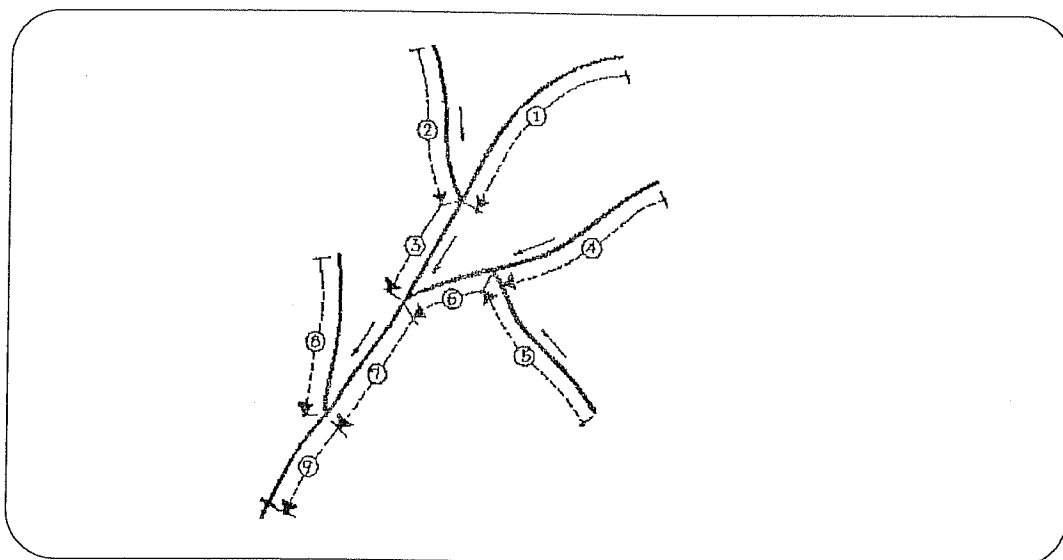
- ♦ **řád toku** vyjadřuje počet posloupných zaústění od moře (obr.8), značí se římskými číslicemi,

Obr. 8 : Řád toků v říční soustavě



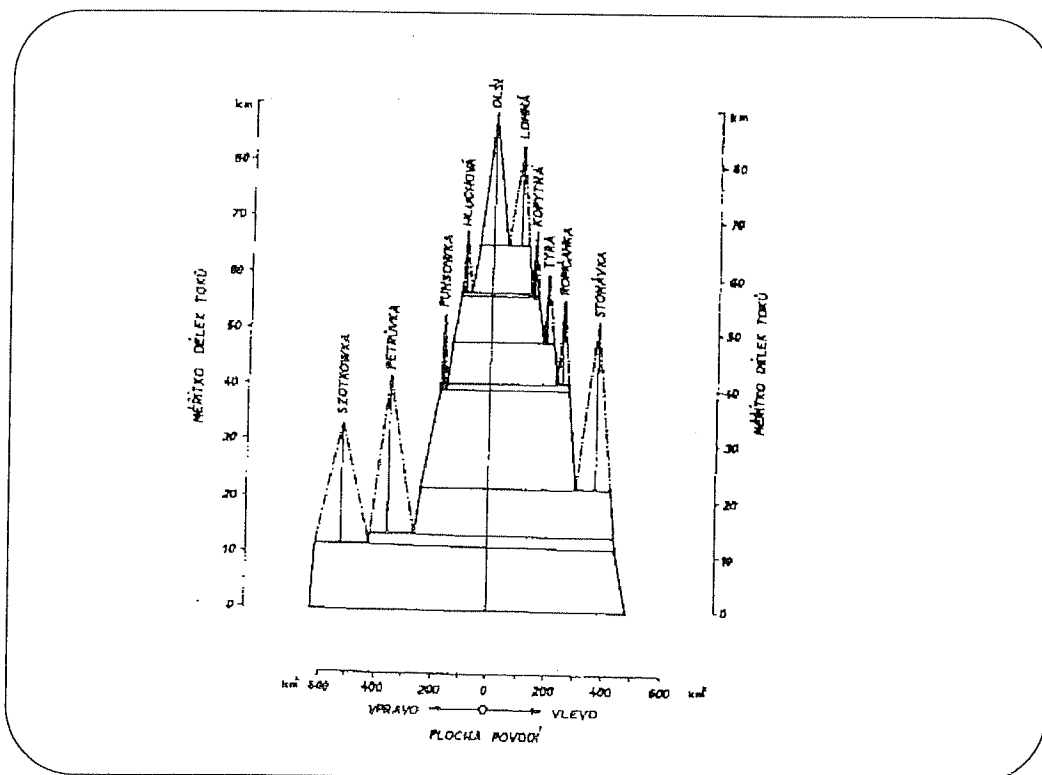
- ♦ hydrologické pořadí je řazení toků postupně od pramene po proudu od toku nižšího řádu k vyššímu (obr.9),

Obr. 9 : Hydrologické pořadí v povodí k danému profilu



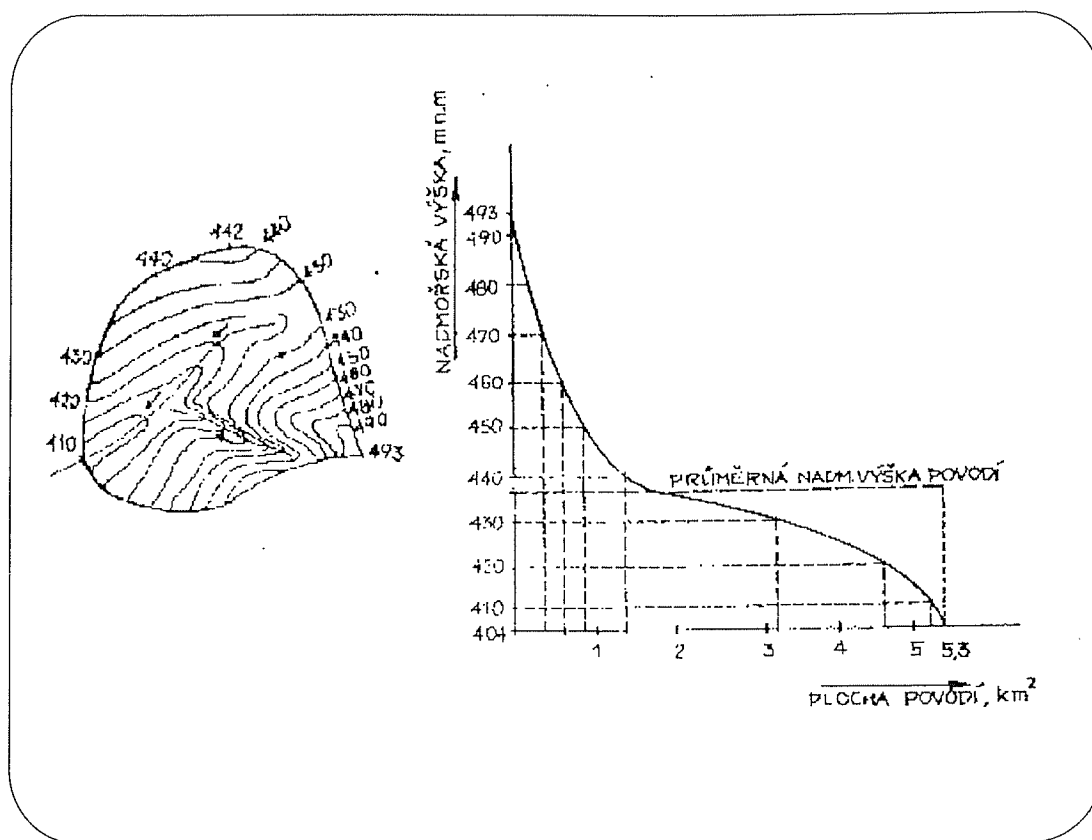
- ♦ graf vývoje povodí je grafické znázornění nárůstu plochy povodí toku s jeho délkou (obr.10),

Obr. 10 : Vývoj povodí Olše



- ♦ hypsometrická čára je grafické znázornění vztahu mezi nadmořskou výškou a plochou území ležícího nad příslušnou nadmořskou výškou (obr. 11).

Obr. 11 : Hypsometrická čára



Hlavní hydrografické charakteristiky, vztahující se k vodním tokům jsou soustředěné v Hydrologických poměrech ČSSR a na vodohospodářských mapách v měřítku 1 : 50 000.

### 2.2.2. Cvičení č.8

S použitím příslušné vodohospodářské mapy (1 : 50 000) a Hydrologických poměrů pro zadanou řeku

- ♦ stanovte řád toku,
- ♦ popište průběh rozvodnice,
- ♦ změřte plochu povodí,
- ♦ určete sklon povodí,
- ♦ určete typ povodí na základě charakteristiky tvaru povodí,

- ♦ vypočítejte hustotu sítě vodních toků v povodí,
- ♦ sestrojte graf vývoje povodí,
- ♦ určete lesnatost povodí.

### 2.2.3. Doporučená literatura

ČSN 73 6530. Názvosloví hydrologie. 1985.

Dub, O.: Hydrológia, hydrografia, hydrometria. Bratislava, SVTL 1957, 488 s.

Kříž, V. a kol.: Hydrometrie. Praha, SPN 1988, 176 s.

Hydrologické poměry ČSSR. Praha, HMÚ 1965-1970, 3 sv.

### 2.3. Hydrologické pozorovací stanice a sítě

Soustavná pozorování hydrologických prvků provádějí hydrologické pozorovací stanice a objekty. Jsou vybaveny zařízeními a přístroji pro hydrologická pozorování a měření. Podle pozorovaných hydrologických prvků lze rozlišovat

- ♦ stanice vodoměrné měřící vodní stav a průtok,
- ♦ stanice hydrotermické měřící teplotu vody a ledové jevy,
- ♦ stanice hydrochemické stanovující chemické ukazatele jakosti vody,
- ♦ měrné objekty podzemních vod měřící hladinu a teplotu podzemní vody,
- ♦ měrné objekty pramenů umožňující měřit vydatnost, teplotu vody a provádět odběry vzorků vody.

Vodoměrné stanice sdružují často více druhů měření a pozorování - například vodního stavu, průtoku, teploty vody, ledových jevů, průtoku plavenin, kvality vody.

Pozorování na povrchových vodách se obvykle provádí jedenkrát denně (ráno přibližně v 7 hodin občanského času), na podzemních vodách a pramenech jedenkrát týdně. Část stanic je však vybavena registračními přístroji.

K poznání hydrologických procesů nestačí sledovat jen některé prvky v jednotlivých měřících profilech samostatně, ale naopak je třeba tyto měřící body obvykle v rámci povodí, hydrogeologických celků, geomorfologických celků apod. účelně seskupovat. Hydrologické pozorovací sítě představují organizované systémy získávání dat o hydrologickém stavu a režimu vodních útvarů a je podmiňujících hydrologických procesech, v nichž jednotlivé části, tj. hydrologické stanice, jsou na sebe vztaženy prostorově a časově.

#### 2.3.1. Měření prováděná na stanicích

Základní informace obsahují následující návody pro pozorování a měření :

- ♦ Návod pro pozorování vodních stavů na povrchových tocích a pokyny pro pozorovatele. Sborník předpisů, sv.č.8, Praha, HMÚ 1971, 48s.

- ♦ Návod pro pozorování a měření ledových úkazů. Sborník předpisů, sv.č.5, Praha, HMÚ 1974, 32s.
- ♦ Návod na měření teploty vody na povrchových tocích. Sborník předpisů, sv.č.10, Praha, HMÚ 1974, 24s.
- ♦ Návod pro měření vydatnosti a teploty pramenů. Sborník předpisů, sv.č.9, Praha, HMÚ 1972, 18s.
- ♦ Návod pro měření hladiny a teploty podzemních vod. Sborník předpisů, sv.č.9, Praha, HMÚ 1972, 19s.

### 2.3.2. Cvičení č.9

V souladu s příslušným návodem popište pozorování a měření na zadaném typu hydrologické pozorovací stanice.

### 2.3.3. Doporučená literatura

Kříž, V. a kol.: Hydrometrie. Praha, SPN 1988, 176s.

Kříž, V.: Zkušenosti s optimalizací hydrologických pozorovacích sítí v ČSFR. Vodní hospodářství, 41, 1991, č.5, s.157-160.

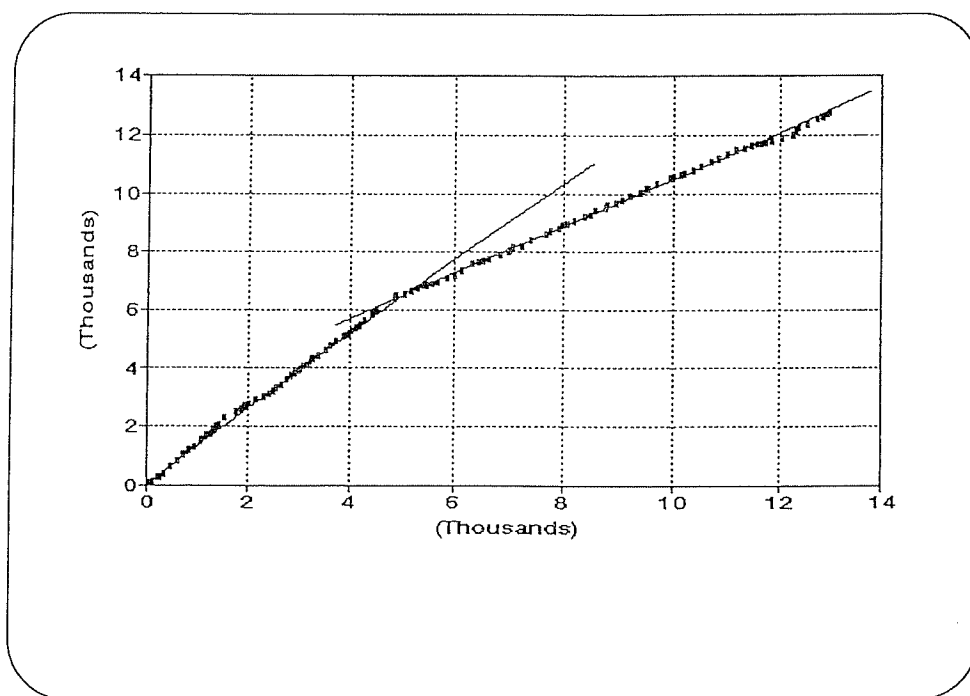
Kříž, V. a kol.: K problematice navrhování a koordinování hydrometeorologických sítí. Praha, HMÚ 1968, 89s.

## 2.4. Vybrané metody zpracování hydrologických údajů

### 2.4.1. Vybrané grafické postupy - základní pojmy

- ♦ **Chronologická čára** - grafické znázornění časového průběhu hydrologického prvku spojitou nebo stupňovitou čarou,
- ♦ **součtová čára** - grafické znázornění integrace funkční závislosti hydrologického prvku na jiné nezávisle proměnné, např. na čase (obr.2b),
- ♦ **dvojná součtová čára** - grafické znázornění párové součtové analýzy, tj. analýzy posloupnosti postupných součtů dvou hydrologických řad ke stejným časovým úrovním (obr.12).

Obr. 12 : Dvojná součtová čára



### 2.4.2. Metody statistické

Aplikace statistických metod je zdůvodněna stochastickým charakterem hydrologických procesů (náhodné procesy).

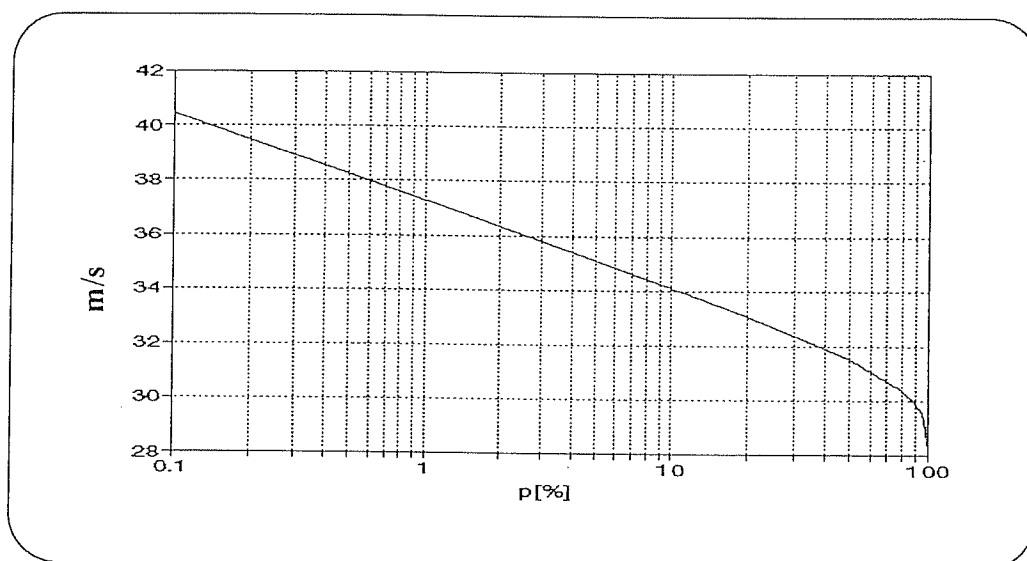
- ♦ **Pravděpodobnost překročení** hodnoty prvku v empirické časové řadě se určí například podle vztahu

$$p = \frac{m-0.3}{n+0.4} \cdot 100[\%]$$

kde  $m$  je pořadí hodnoty prvku v řadě setříděné podle velikosti,  
 $n$  je celkový počet prvků v řadě,

- ♦ **křivka překročení** zobrazuje pravděpodobnost překročení hodnoty hydrologického prvku (obr. 13),

Obr. 13 : Křivka překročení



- ♦ **korelační počet** řeší korelační závislost mezi náhodnými proměnnými veličinami. Korelační závislost je taková závislost, kdy jedné nezávisle proměnné  $x$  odpovídá alespoň jedna závisle proměnná  $y$ , a kdy se změnou  $x$  se mění i průměry hodnot  $y$ . Korelačním počtem se řeší dva základní úkoly :
  - určení průběhu závislosti - regresní vztah,
  - určení těsnosti závislosti - korelační vztah,



- ♦ **regrese** je matematické vyjádření průběhu závislosti alespoň dvou proměnných. Nejčastěji se používá lineární regrese, pro kterou platí vztah

$$y = a + b \cdot x$$

$$\text{kde } b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - (\sum x_i \cdot \sum y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum x_i}{n}$$

kde  $n$  je počet párových hodnot  $x$  a  $y$ ,  
 $i$  je index nabývající hodnoty od 1 do  $n$ ,

- ♦ **korelace** je dána koeficientem korelace, který vyjadřuje těsnost závislosti a pro který platí vztah :

$$r_{xy} = \frac{(n \cdot \sum x_i y_i) - (\sum x_i \cdot \sum y_i)}{\sqrt{(n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) \cdot (n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

přičemž pro  $r_{xy}$  platí .

Míru těsnosti lze slovně podle absolutní hodnoty  $r_{xy}$  vyjádřit takto :

$ r_{xy}  < 0.3$	malý stupeň těsnosti
$0.3 \leq  r_{xy}  < 0.5$	mírný stupeň těsnosti
$0.5 \leq  r_{xy}  < 0.7$	význačná těsnost
$0.7 \leq  r_{xy}  < 0.9$	vysoký stupeň těsnosti
$ r_{xy}  \geq 0.9$	velmi těsný vztah

Výpočty parametrů  $a, b$  a koeficientu korelace  $r_{xy}$  se usnadní zpracováním tabulky 18.

Tab. 18 : Ukázka záhlaví tabulky pro usnadnění výpočtů

i	$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$	$x_i \cdot y_i$
1					
2					
...					
...					
n					

#### 2.4.3. Doporučená literatura

Herber, V.: Statistické metody v hydrologii I. Brno, Přírodovědecká fakulta MU 1990, 120s.

Dub, O., Němec, J. a kol.: Hydrologie. Technický průvodce 34, Praha, SNTL 1969, 380s.

Nacházel, K.: Teorie odhadu v hydrologii a ve vodním hospodářství. Praha, Academia 1986, 168s.

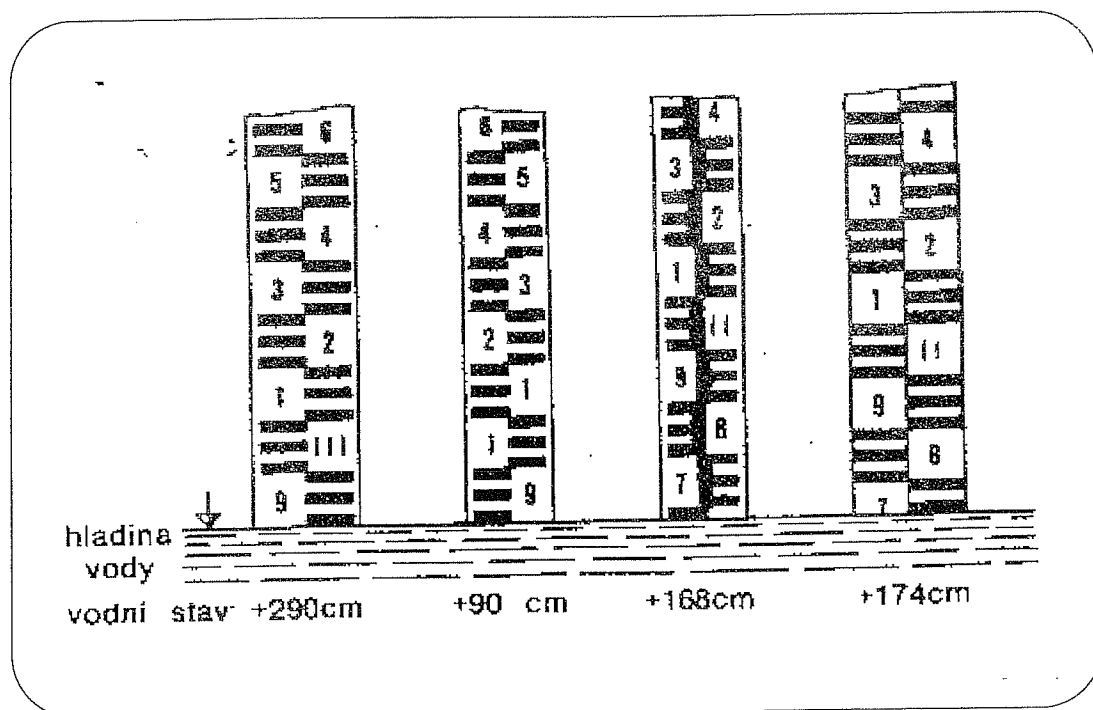
## 2.5. Vodní stav

Vodní stav je svislá vzdálenost vodní hladiny od nuly vodočtu. Měří se ve vodoměrných stanicích vybavených vodočtem (vodočetné stanice) nebo vodočtem a limnigrafem (limnigrafické stanice).

### 2.5.1. Základní pojmy a definice

- ♦ Vodočet (vodočetná lať) umožňuje přímé odečtení okamžitého vodního stavu (obr.14 a 15). Podle charakteru břehů vodního toku se využívá vodočet svislý nebo šikmý,

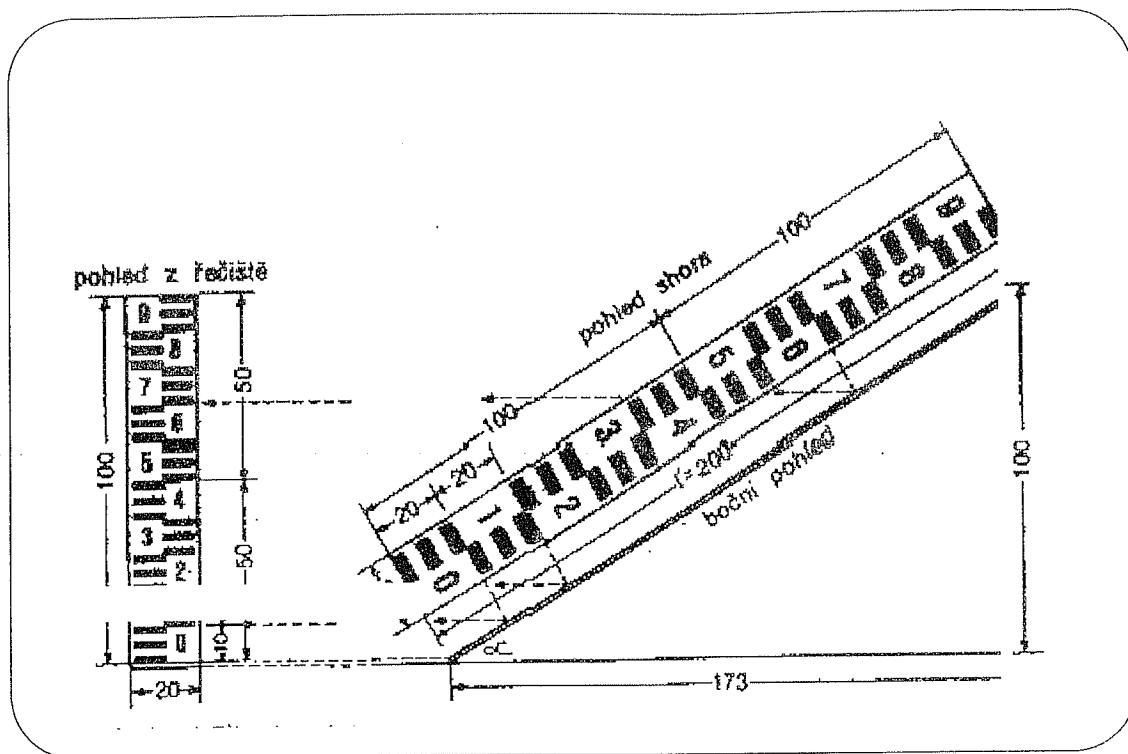
Obr. 14 : Různé provedení vodočtu



- ♦ limnigraf (hladinoměr) je registrační přístroj, který měří a zapisuje časový průběh vodních stavů ve formě limnigramu. V limnigrafických stanicích ČHMÚ se využívá limnigraf plovákový. Denní korekce limnigrafického záznamu se provádí dle odečtu na vodočtu.

Základní podmínkou měření vodních stavů je přesné geodetické zaměření nadmořské výšky nuly vodočtu.

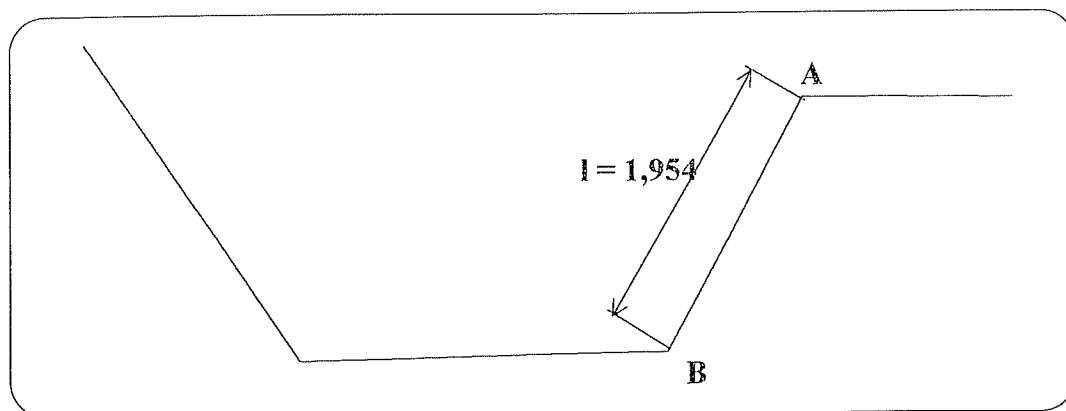
Obr. 15 : Svahový šikmý vodočet



### 2.5.2. Cvičení č.10

Nivelací je určena kóta paty svahu [B] a břehové hrany [A] - viz obr. 16 a tab. 19. Délka svahu zaměřená pásmem  $l = 1,954$  m. Vypočítejte délku litinového dílu na šikmém vodočtu, odpovídajícího čtení 10 cm. Jeden metr skutečné délky šikmého vodočtu zabrazte ve sklopené poloze zároveň se svislým vodočtem.

Obr. 16: Zadání ke cvičení č.10



Tab. 19 : Výpis z nivelačního zápisníku

Bod	Čtení	Čtení	Výška srov.	Výška bodu
	vzad	vpřed	roviny m n.m.	m n.m.
Fix	402			215.231
A		1 525		
B		2 894		

### 2.5.3. Doporučená literatura

Návod pro pozorování vodních stavů na povrchových tocích a pokyny pro pozorovatele.

Sborník předpisů, sv.č.8, Praha, HMÚ 1971, 48s.

## 2.6. Průtok

### 2.6.1. Měření průtoku

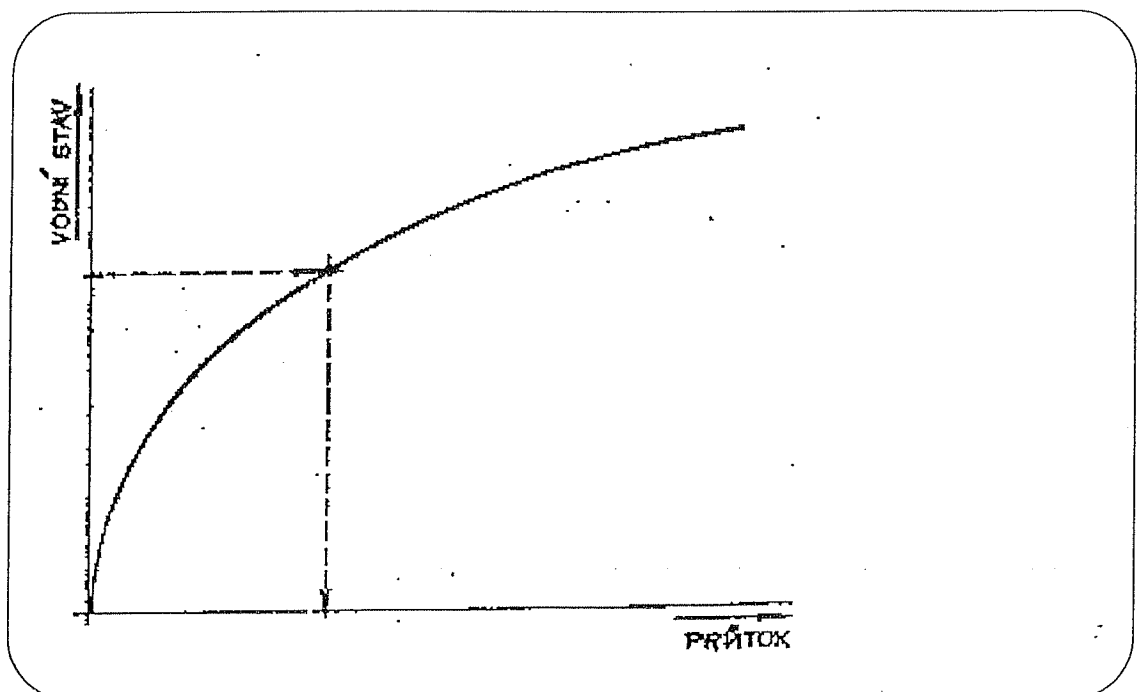
Na základě měření vodních stavů v síti vodoměrných stanic a terénních měření průtoků (vztažených k odpovídajícímu vodnímu stavu) se sestrojí měrná křivka průtoků znázorňující vztah mezi vodním stavem a průtokem (obr. 17). Hodnoty vodního stavu  $H$ , znázorněné na ose pořadnic, se získávají z přímého odečtu na vodočtu, hodnoty průtoku  $Q$ , znázorněné na ose úseček, se vypočítají ze vztahu

$$Q = \sum v_{msi} \cdot s_i \quad \text{respektive}$$

$$Q = s \cdot v$$

- kde  $s_i$  jsou plochy dílčích částí průtočné plochy přiřazené průměrným rychlostem proudění vody v jednotlivých svislicích v  $\text{m}^2$ ,  
 $v_{msi}$  jsou průměrné rychlosti proudění vody v jednotlivých svislicích v  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  
 $s$  je plocha průtočného profilu v  $\text{m}^2$ ,  
 $v$  je průměrná rychlost proudění vody v celém průtočném profilu v  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Obr. 17 : Měrná křivka



Měření rychlosti proudění vody se provádí hydrometrickou vrtulí při současném měření hloubek. Při měření se většinou postupuje následovně :

- ♦ vybere se vhodný měrný profil v blízkosti vodoměrné stanice (v rovné trati bez umělých překážek),
- ♦ v profilu se natáhne měrné ocelové lano s mírou délek a řádně se upevní,
- ♦ profil se rozdělí na svislice, ve kterých se měří jak rychlosti proudění vody hydrometrickou vrtulí, tak i hloubka vody buď tyčí na které je připevněna hydrometrická vrtule (v případě malých hloubek), nebo zvláštním sondovacím zařízením (v případě větších hloubek). Počet svislic v profilu závisí na šířce toku, hustěji jsou rozmístěny v blízkosti břehů, dále se kladou do míst, kde se mění hloubky a rychlosti, se snahou, aby vzdálenosti mezi nimi byly stejné,
- ♦ v každé svislici se měří rychlosti proudění vody obvykle v několika bodech (bodové rychlosti) a to zpravidla (obr. 18) :
  - v pěti bodech - u dna, 0.4 H, 0.6 H, 0.8 H a pod hladinou,
  - ve třech bodech - 0.2 H, 0.6 H a 0.8 H,
  - ve dvou bodech - 0.2 H a 0.8 H,
  - v jednom bodě - 0.4 H.

Měření spočívá v zaznamenání počtu otáček vrtule za zvolený časový interval. Bodová rychlost se vypočítá ze vztahu

$$v_b = \alpha + \beta \cdot n$$

kde  $\alpha$  je součinitel vyjadřující vnitřní odpor vrtule,  
 $\beta$  je součinitel vyplývající z tvaru vrtule,  
 $n$  je počet otáček za sekundu,  
přičemž  $\alpha$  a  $\beta$  uvádí technické osvědčení přístroje,

- ♦ k měření se zaznamenává vodní stav podle čtení na vodočtu.

## 2.6.2. Grafická metoda výpočtu průtoku

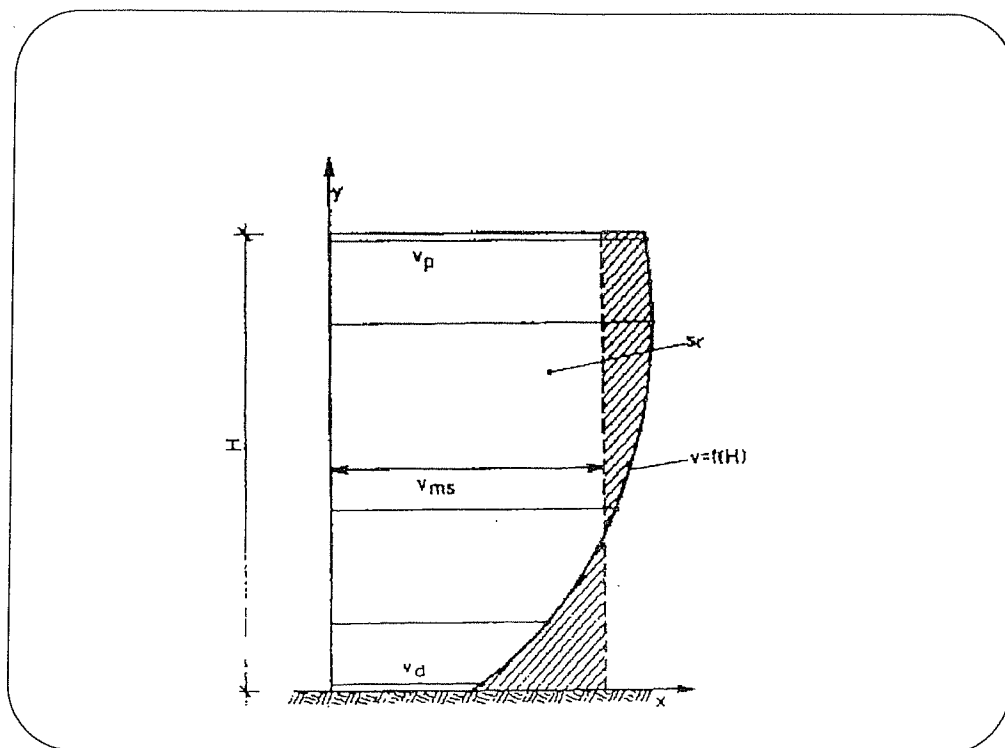
Postup výpočtu je dán následující posloupností kroků :

- ♦ ve svislici se určí průměrná rychlost proudění vody pomocí grafického znázornění průběhu bodových rychlostí v závislosti na hloubce vody (obr. 18). Průměrná rychlost

- ♦ proudění vody v měrné svislici  $v_{ms}$  je dána poměrem plochy  $S_r$  ohraničené hloubkou vody ve svislici  $H$ , dnem a čarou  $v=f(H)$ , k hloubce vody  $H$

$$v_{ms} = \frac{S_r}{H}$$

Obr. 18 : Průběh rychlosti proudění ve svislici



Při rozmístění bodů ve svislici podle obr. 19 lze průměrnou profilovou rychlost vypočítat podle rovnice odpovídající počtu zvolených měřících bodů :

$$v_{ms} = 0.1(v_d + 2v_{0.2H} + 3v_{0.4H} + 3v_{0.8H} + v_p)$$

$$v_{ms} = 0.25(v_{0.2H} + 2v_{0.4H} + v_{0.8H})$$

$$v_{ms} = 0.5(v_{0.2H} + v_{0.8H})$$

$$v_{ms} = v_{0.4H}$$

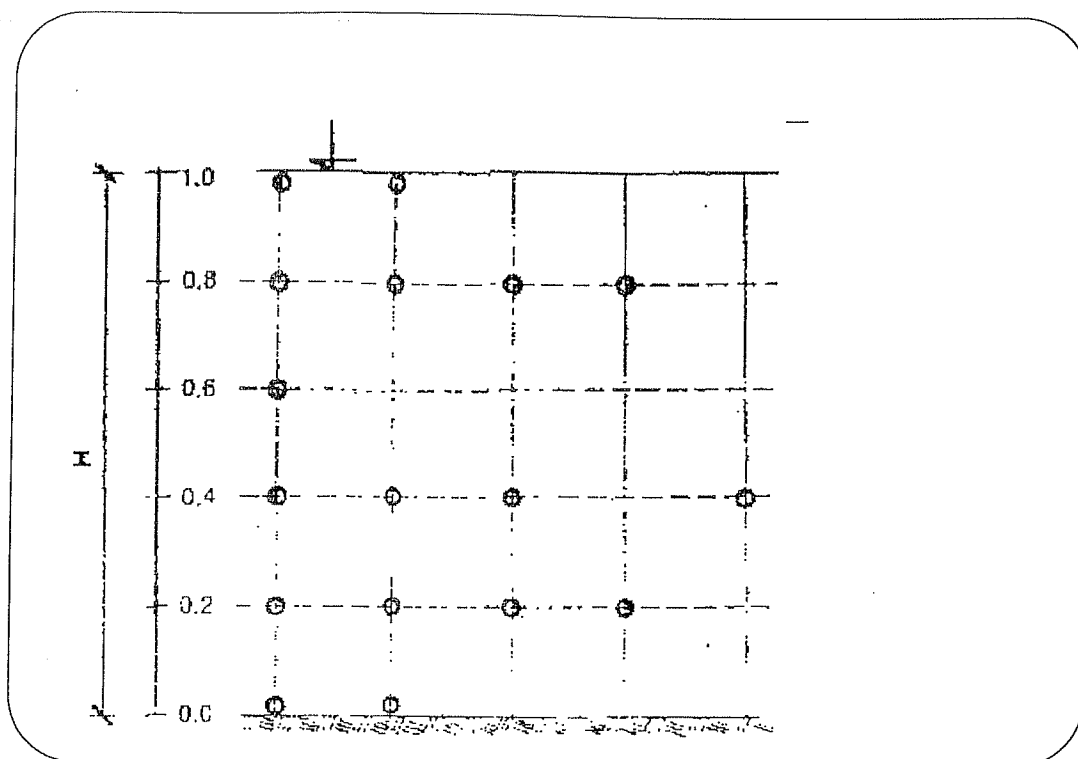
- ♦ změřené hloubky vody a vypočítané průměrné rychlosti proudění vody v jednotlivých svislicích se ve vhodném měřítku vynesou pod a nad vodorovnou osu znázorňující hladinu vodního toku (obr.20) o šířce  $B$  a spojí se plynulými čarami

- nad hladinou  $v_{ms} = f(B)$

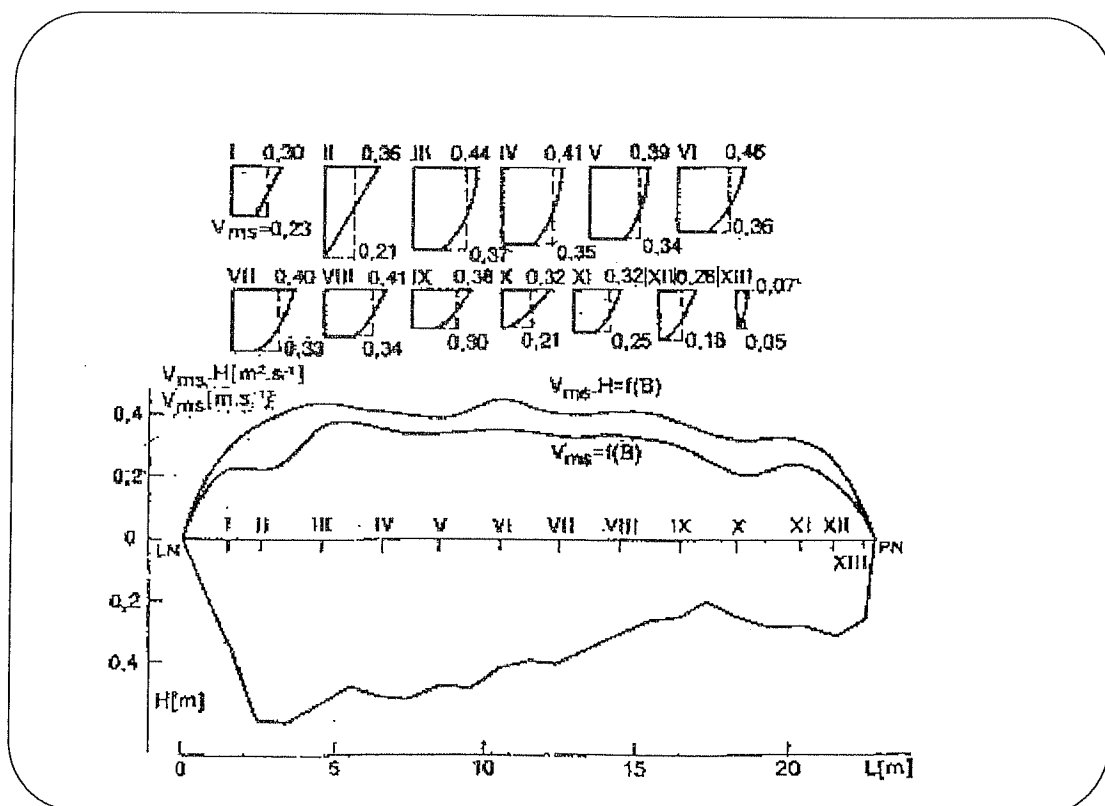
- pod hladinou  $H = f(B)$



Obr. 19 : Umístění měrných bodů ve svislici



Obr. 20 : Určení průtoku vody grafickou metodou



- ♦ planimetrem změříme plochu omezenou vodorovnou osou (hladinou) a čarou  $v_{ms} = f(B)$  a označíme ji P a plochu omezenou vodorovnou osou (hladinou) a čarou  $H = f(B)$  a označíme ji S,
- ♦ určíme průměrnou profilovou rychlost  $v$  a průtok vody  $Q$  podle vztahů

$$v = \frac{P}{B}$$

$$Q = S \cdot v,$$

- ♦ rovněž čára  $v_{ms} \cdot H = f(B)$  spolu s čarou znázorňující hladinu tvoří obrazec (obr.20), jehož plocha je úměrná průtoku (s přihlédnutím k použitým měřítkům znázornění).

### 2.6.3 Cvičení č.11

Na základě výsledků terénního měření hydrometrickou vrtulí, uvedených v Zapisníku pro měření průtoků (tab.20) určete grafickou metodou průtok vody v měřeném profilu.

### 2.6.4. Cvičení č.12

Sestrojte měrnou křivku průtoků z podkladů měření průtoků hydrometrickou vrtulí uvedených v tabulce 21. Z grafické měrné křivky sestavte do tabulky číselné hodnoty pro stavy po 1 cm. Tyto tabelované hodnoty představují měrnou křivku číselnou.

### 2.6.5. Doporučená literatura

Kříž, V., Kupčo, M., Sochorec, R.: Měření průtoků. Praha, HMÚ 1979, 148s.

Kříž, V. a kol.: Hydrometrie. Praha, SPN 1988, 176s.

Bajkiewicz-Grabowska, E., Magnuszewski, A., Mikulski, Z.: Hydrometria. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN 1993. 314s.

### 2.6.6. Měření průtoků na různých typech vodních toků - zajímavý problém

Podle doporučené literatury uveďte další způsoby měření průtoků s ohledem na různé vodní toky.

Tab. 20 : Zápisník pro měření průtoků

Stanice : Leskovec Hydr. číslo : 1-2-02-02-055-01

Tok : Moravice LN Datum : 11.11.1986

Čas od : 12,30 do 15,00 hodin Číslo vrtule : 4-38577

$\alpha_1$  0,026  $\beta_1$  0,1345  $\alpha_2$  0,026  $\beta_2$  0,1345

N 100 signál 1x za 1 otáček Prům. satv : 92 cm

	$\varepsilon$	L	H	h	$\Delta t$	a	vt			
LN	0	0	0							
I.	0	1.5	0.33	0.07	60	72	0.187			
				0.26	60	114	0.282	$\Sigma$	0.469	$v_{ms}$ 0.235
II.	0	2.5	0.59	0.12	60	28	0.089			
				0.24	60	68	0.178			
				0.48	60	128	0.31	$\Sigma$	0.755	$v_{ms}$ 0.189
	0	3.5	0.59							
III.	0	4.5	0.53	0.11	60	136	0.328			
				0.22	60	160	0.382			
				0.43	60	178	0.422	$\Sigma$	1.514	$v_{ms}$ 0.379
	0	5.5	0.47							
IV.	0	6.5	0.5	0.1	60	124	0.301			
				0.2	60	146	0.35			
				0.4	60	166	0.395	$\Sigma$	1.396	$v_{ms}$ 0.349
	0	7.5	0.51							
V.	0	8.5	0.47	0.09	60	128	0.31			
				0.38	60	158	0.377	$\Sigma$	0.687	$v_{ms}$ 0.344
	0	9.5	0.48							
VI.	0	10.5	0.42	0.08	60	124	0.301			
				0.34	60	184	0.435	$\Sigma$	0.736	$v_{ms}$ 0.368
	0	11.5	0.39							
VII.	0	12.5	0.4	0.08	60	120	0.292			
				0.32	60	162	0.386	$\Sigma$	0.678	$v_{ms}$ 0.339
	0	13.5	0.35							
VIII.	0	14.5	0.3	0.06	60	118	0.287			
				0.24	60	164	0.39	$\Sigma$	0.677	$v_{ms}$ 0.339
	0	15.5	0.26							
IX.	0	16.5	0.025	0.05	60	102	0.252			
				0.2	60	152	0.364	$\Sigma$	0.616	$v_{ms}$ 0.308
	0	17.5	0.2							
X.	0	18.5	0.25	0.05	60	50	0.135			
				0.2	60	122	0.296	$\Sigma$	0.431	$v_{ms}$ 0.216
	0	19.5	0.28							
XI.	0	20.5	0.28	0.06	60	86	0.216			
				0.22	60	121	0.296	$\Sigma$	0.512	$v_{ms}$ 0.256
XII.	0	21.5	0.32	0.06	60	40	0.113			
				0.26	60	96	0.238	$\Sigma$	0.351	$v_{ms}$ 0.176
XIII.	0	22.5	0.26	0.05	60	2	0.027			
				0.21	60	16	0.059	$\Sigma$	0.086	$v_{ms}$ 0.043
	0	22.8	0							
		111								

Tab. 21 : Uspořádaný fragment měření průtoků na Odře v Bohumíně

Datum	Vodní stav cm	Průtok $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
25.8.1977	412	459.1
27.2.1978	329	296
24.5.1976	308	262
9.4.1993	230	166.8
21.4.1978	188	123.3
22.5.1991	175.5	106
16.9.1981	165	96.8
19.6.1991	104	50.4
22.1.1992	91	39.2
15.5.1985	78	32
17.10.1984	66	23.2
19.12.1984	54.5	19.8
15.2.1984	38	12.1
19.8.1992	20	6.14

## 2.7. Vyhodnocení srážek v povodí

Pro hydrologickou bilanci povodí je nutné znát celkové množství srážek spadlých na plochu povodí ve zvolených časových intervalech (povodňová situace, měsíc, rok). Z dostupných měření srážek v jednotlivých srážkoměrných stanicích v povodí se vypočítá průměrný srážkový úhrn na povodí.

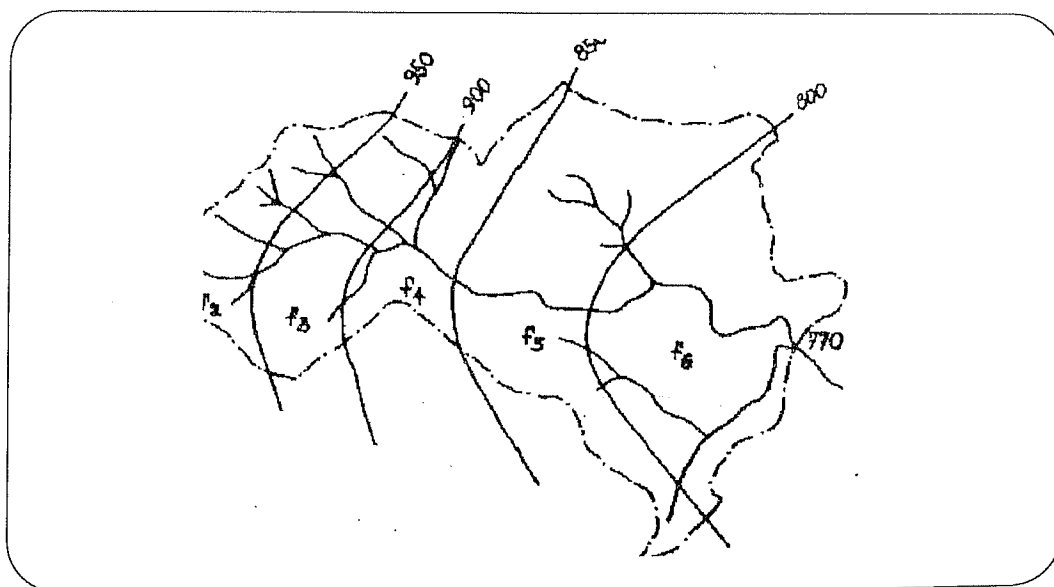
### 2.7.1. Vybrané metody výpočtu

- ♦ **Mapa izohyet** (obr.21) je nejčastějším zdrojem pro výpočet průměrného úhrnu srážek na povodí. Na mapě zplanimetrujeme plochy povodí mezi jednotlivými izohyetami -  $f_i$  a každé takové ploše přiřadíme úhrn srážek, který je aritmetickým průměrem hodnot mezních izohyet -  $H_{si}$ . Průměrný úhrn srážek na povodí vypočteme jako vážený průměr podle následujícího vztahu

$$H_s = \frac{H_{s1} \cdot f_1 + H_{s2} \cdot f_2 + \dots + H_{sn} \cdot f_n}{F}$$

kde  $f_i$  jsou dílčí plochy povodí uzavřené izohyetami a rozvodnicí, přičemž platí, že  $\sum f_i = F$ ,  
 $H_{si}$  jsou středy intervalu izohyet u jednotlivých dílčích ploch povodí,  
 $F$  je plocha povodí,

Obr. 21 : Mapa izohyet

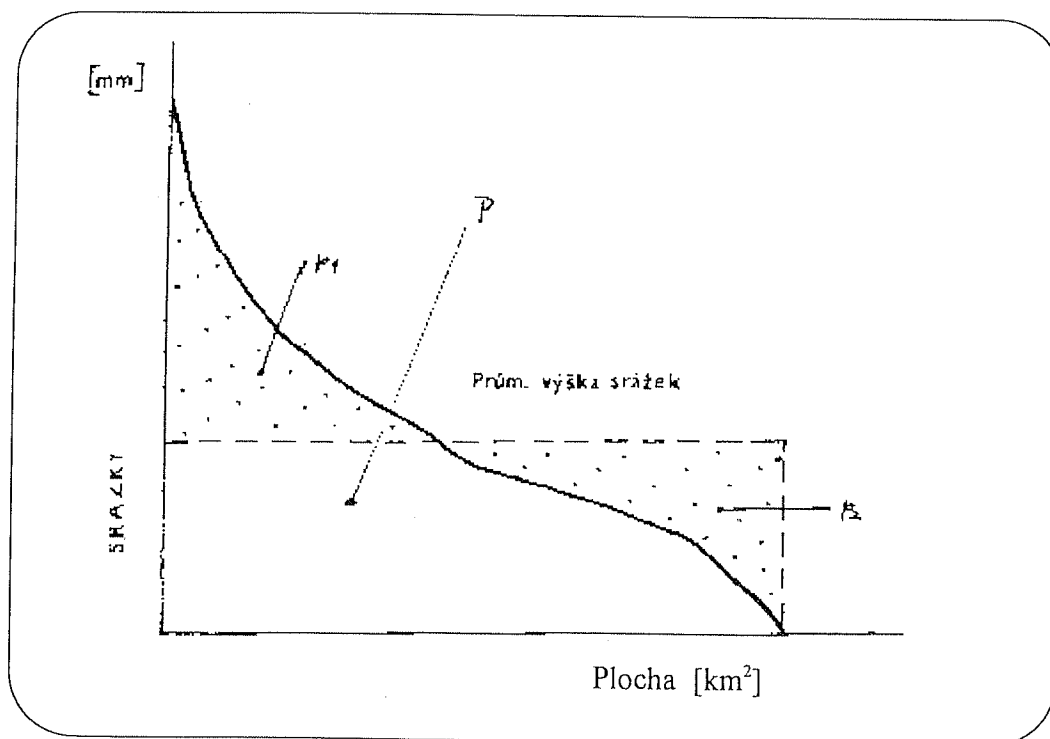


- ♦ **hyetografická křivka** je součtovou čarou parciálních ploch omezených jednotlivými izohyetami a rozvodnicí (obr.22). Na osu y nanese nejvyšší úhrn srážek, hodnoty jednotlivých izohyet a nejnižší úhrn srážek, který získáme interpolací. K těmto hodnotám přiřazujeme na ose x plochy, které uzavírá vždy příslušná izohyeta a rozvodnice. Takto získané průsečíky spojíme plynulou čarou. Plochu P uzavřenou touto křivkou a souřadnými osami převedeme na obdélník s délkou jedné strany rovnající se úsečce, která odpovídá ploše povodí F. Délka druhé strany obdélníku udává na ose y průměrný úhrn srážek  $H_s$ . Podle obr.22

$$H_s = \frac{P}{F},$$

- kde  $H_s$  je průměrná výška srážek na povodí v mm,  
P je plocha omezená osami souřadnic a hyetografickou křivkou v  $\text{km}^2 \cdot \text{mm}$ ,  
F je plocha povodí v  $\text{km}^2$ ,

Obr. 22 : Hyetografická křivka

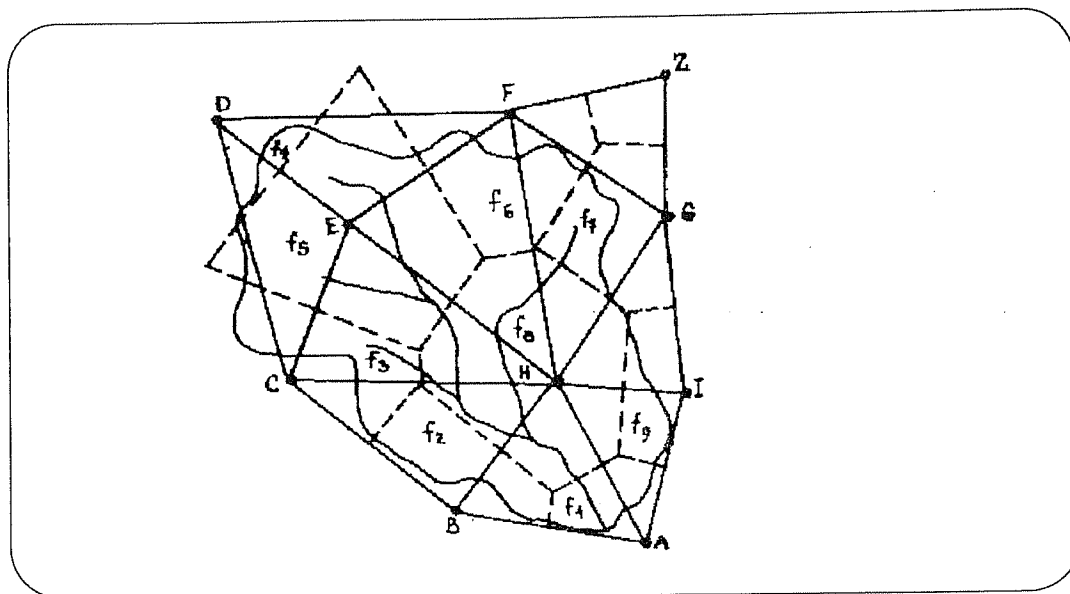


- ♦ **hortonova polygónová metoda** spočívá v rozdělení území na polygóny, kolem jednotlivých stanic (A,B,C,...,Z) tak, že spojíme všechny srážkoměrné stanice do

trojúhelníkové sítě a středem stran vedeme kolmice (obr.23). Plochy  $f_i$  takto získaných polygónů zplanimetrujeme a přiřadíme příslušné stanici s úhrnem srážek  $H_{si}$  jako váhu. Průměrný úhrn srážek v povodí vypočteme opět jako vážený průměr podle vztahu

$$H_s = \frac{\sum H_{si} f_i}{\sum f_i}$$

Obr. 23 : Polygonová metoda zjištění průměrné výšky srážek v povodí



### 2.7.2. Cvičení č.13

S použitím údajů o měsíčních úhrnech srážek v tabulce 22 určete množství srážek spadlých v říjnu roku 1992 v povodí řeky Luhy. Řešte polygonovou metodou s využitím vodohospodářské mapy 1 : 50 000.

Tab. 22 : Měsíční úhrny srážek

Srážkoměrná stanice	Měsíční úhrn srážek
Odry	95.7
Spálov	88.8
Potštát	89
Střítež	87.4
Drahotuše	79.8
Bělotín	86.6
Kelč	79.6

Z údajů uvedených v tabulce 23 určete vodní hodnotu sněhové pokrývky pro povodí přehrady Morávka.

Tab. 23 : Sněhové charakteristiky v povodí přehrady Morávka

Stanice	Celková výška sněhové pokrývky	Vodní hodnota sněhové pokrývky	$\varphi_i = \frac{f_i}{F}$
	cm	mm	
Lysá hora	93	236	0.13
Bumbálka	44	115	0.43
Morávka-Lůčka	23	70	0.355
Morávka-Uspolka	17	53	0.07
Morávka-přehrada	17	46	0.015

### 2.7.3. Doporučená literatura

Hošek,A., Koblihová,E., Sochorec,R.: Hydrologické vyhodnocení povodně v srpnu 1985 na tocích Severomoravského kraje. In: Sborník prací ČHMÚ, sv.33, Praha, ČHMÚ 1988, s.42-64.

Kříž,V. a kol.: Hydrometrie. Praha, SPN 1988, 176s.

Herber,V.: Cvičení z hydrologie. Učební text vysokých škol, Praha, SPN 1984, 97s.



## 2.8. Charakteristiky vodního režimu řek

Charakteristiky vodního režimu řek převážně zahrnují :

- ♦ základní bilanční údaje o povodí (srážky, odtok, celkový výpar),
- ♦ dlouhodobý průměrný průtok (jako míru absolutní vodnosti toku),
- ♦ charakteristiky vyjadřující způsob, jakým jsou průtoky rozděleny z hlediska velikosti a časového trvání (např. M-denní průtoky), nebo z hlediska chronologického průběhu v hydrologickém roce (dlouhodobé průměrné měsíční průtoky),
- ♦ charakteristiky vztahující se k extrémním fázím odtoku (obdobím sucha a povodním) - zahrnují informace o převažujícím výskytu malých a povodňových průtoků, o pravděpodobnosti překročení, respektive opakování extrémních průtoků (N-leté průtoky, N-leté minimální průtoky), o povodňových vlnách (tvaru, objemu) a nedostatkových objemech (deficitní objemy vody mezi stanovenou průtokovou mezí a skutečnými průtoky v suchém období), o trvání povodňových průtoků a suchých období.

### 2.8.1. Standardní údaje

Ke standardním hydrologickým údajům podle ČSN 75 1400 z roku 1991 náleží :

- ♦ základní hydrologické údaje : plocha povodí ( $F$ ,  $\text{km}^2$ ), dlouhodobá roční výška srážek na povodí ( $H_{\text{sa}}$ ,  $\text{mm}$ ), dlouhodobý roční průtok ( $Q_a$ ,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ), M-denní průtoky ( $Q_{\text{Md}}$ , pro  $M=30,60,90,120,150,180,210,240,270,300,330,355$  a  $364$  dní,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ), respektive p-procentní denní průtoky ( $Q_{\text{pd}}$ , pro  $p=10,20,50,80,90,95$  a  $99\%$ ), N-leté průtoky ( $Q_N$ , pro  $N=1,2,5,10,20,50$  a  $100$  let,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Údaje o srážkových úhrnech a průtocích se udávají zpravidla za jednotné padesátileté období 1931 až 1980.  $Q_N$  se odečítají z funkce překročení kulminačních průtoků pro jejíž výpočet se využívá celé období pozorování,
- ♦ dlouhodobé průměrné průtoky určitých měsíců nebo sezón,
- ♦ M-denní nebo p-procentní denní průtoky mimo rozsah stupnice pro základní hydrologické údaje,

- ♦ funkce překročení průměrných měsíčních, sezónních a ročních průtoků za víceleté období,
- ♦ reálné nebo odvozené řady průměrných měsíčních, sezónních a ročních průtoků,
- ♦ N-leté průtoky mimo rozsah stupnice pro základní hydrologické údaje,
- ♦ N-leté povodňové vlny neovlivněné vodními díly.

### 2.8.2. Nestandardní údaje

Dle ČSN 75 1400 k nim náleží :

- ♦ všechny údaje o průtocích neuvedené ve standardních údajích,
- ♦ údaje o průtocích v umělých vodních tocích a údaje bezprostředně závislé na provozu hydrotechnických objektů,
- ♦ údaje o všech ostatních hydrologických prvcích.

### 2.8.3. Cvičení č.14

Porovnejte charakteristiky vodního režimu řek v souhrnách dílech a monografiích (např. Hydrologické poměry ČSSR, II.díl; Kříž,V.: Potamologie povodí čs. Odry; SVP; Červený,J. a kol.: Podnebí a vodní režim ČSSR) s charakteristikami uváděnými v ČSN 75 1400 z roku 1991.

S využitím tabulky 24 (podle Kříž,V., Sochorec,R., Kříž,H.,1964) vypočítejte N-leté průtoky. Tabulka uvádí řadu maximálních ročních (kulminačních) průtoků, postup řešení i výsledky výpočtu pro kontrolu. Výpočet se provádí s použitím Foster-Rybkinových tabulek (tab. 25). Při převodu zjištěné pravděpodobnosti kulminačních průtoků na N-leté opakování je využit vztah

$$p = 1 - e^{-\frac{1}{N}}$$

kde  $e$  je základ přirozených logaritmů.

Tab. 24 : Výpočet teoretické křivky překročení

m	Datum	$Q_i$	$K = \frac{Q_i}{Q}$	$K - 1$	$(K - 1)^2$	$p = \frac{m}{n+1}$
1	11.7.1903	470	2.614	1.614	2.605	1.471
2	20.5.1911	450	2.503	1.503	2.258	2.941
3	27.7.1939	420	2.336	1.336	1.785	4.412
4	28.10.1930	365	2.03	1.03	1.061	5.882
5	12.5.1951	360	2.002	1.002	1.004	7.353
6	13.9.1937	340	1.891	0.891	0.794	8.824
7	18.7.1913	310	1.724	0.724	0.524	10.294
8	5.8.1915	310	1.724	0.724	0.524	11.765
9	2.9.1938	310	1.724	0.724	0.524	13.235
10	7.8.1910	300	1.669	0.669	0.447	14.706
11	25.9.1931	296	1.646	0.646	0.418	16.176
12	20.6.1902	290	1.613	0.613	0.376	17.647
13	14.10.1922	280	1.557	0.557	0.311	19.118
14	20.5.1940	270	1.502	0.502	0.252	20.588
15	3.7.1949	255	1.418	0.418	0.175	22.059
16	3.7.1954	236	1.313	0.313	0.098	23.529
17	26.7.1960	231	1.285	0.285	0.081	25
18	20.6.1926	229	1.274	0.274	0.075	26.471
19	30.7.1897	220	1.224	0.224	0.05	27.941
20	15.6.1909	220	1.224	0.224	0.05	29.412
21	13.1.1920	220	1.224	0.224	0.05	30.882
22	15.5.1962	207	1.151	0.151	0.023	32.353
23	7.6.1917	200	1.112	0.112	0.013	33.824
24	8.5.1896	190	1.057	0.057	0.003	35.294
25	15.7.1907	190	1.057	0.057	0.003	36.765
26	11.7.1941	190	1.057	0.057	0.003	38.235
27	10.7.1943	184	1.023	0.023	0.001	39.706
28	4.8.1925	180	1.001	0.001	0	41.176
29	21.3.1947	180	1.001	0.001	0	42.647
30	24.4.1921	160	0.89	-0.11	0.012	44.118
31	23.3.1904	152	0.845	-0.155	0.024	45.588
32	6.5.1898	150	0.834	-0.166	0.027	47.059
33	8.8.1914	147	0.818	-0.182	0.033	48.529
34	30.6.1958	147	0.818	-0.182	0.033	50
35	10.4.1900	136	0.756	-0.244	0.059	51.471
36	14.4.1901	136	0.756	-0.244	0.059	52.941
37	15.7.1906	135	0.751	-0.249	0.062	54.412
38	16.5.1942	134	0.745	-0.255	0.065	55.882
39	26.11.1919	132	0.734	-0.266	0.071	57.353
40	29.7.1918	127	0.706	-0.294	0.086	58.824

m	Datum	$Q_i$	$K = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$	$K - 1$	$(K - 1)^2$	$p = \frac{m}{n+1}$
41	31.1.1953	127	0.706	-0.294	0.086	60.294
42	12.5.1899	124	0.69	-0.31	0.096	61.765
43	8.1.1932	124	0.69	-0.31	0.096	63.235
44	27.3.1924	123	0.684	-0.316	0.1	64.706
45	7.4.1944	118	0.656	-0.344	0.118	66.176
46	17.11.1946	118	0.656	-0.344	0.118	67.647
47	26.7.1908	117	0.651	-0.349	0.122	69.118
48	20.5.1929	115	0.64	-0.36	0.13	70.588
49	4.9.1912	110	0.612	-0.388	0.151	72.059
50	11.4.1952	106	0.59	-0.41	0.168	73.529
51	16.4.1927	103	0.573	-0.427	0.182	75
52	31.10.1936	103	0.573	-0.427	0.182	76.471
53	4.2.1923	102	0.567	-0.433	0.187	77.941
54	1.7.1959	102	0.567	-0.433	0.187	79.412
55	28.6.1961	101	0.562	-0.438	0.192	80.882
56	4.9.1934	98	0.545	-0.455	0.207	82.353
57	27.3.1955	94	0.523	-0.477	0.228	83.824
58	7.10.1945	93.5	0.52	-0.48	0.23	85.294
59	22.4.1905	91	0.506	-0.494	0.244	86.765
60	5.6.1948	77.1	0.429	-0.571	0.326	88.235
61	5.3.1956	74.3	0.413	-0.587	0.344	89.706
62	27.2.1935	72.4	0.403	-0.597	0.357	91.176
63	20.4.1916	64	0.356	-0.644	0.415	92.647
64	5.9.1957	63.5	0.353	-0.647	0.418	94.118
65	7.2.1933	63	0.35	-0.65	0.422	95.588
66	12.2.1928	61.8	0.344	-0.656	0.431	97.059
67	11.12.1950	43.6	0.242	-0.758	0.574	98.529

$$\bar{Q} = \frac{Q_i}{n} = \frac{12048.2}{67} = 179.8 m^3 \cdot s^{-1}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{20.2872}{66}} = 0.55$$

Tab. 24 : Pokračování

p%	1	5	10	20	50	80	95	99
$\Phi(\text{pro } C_s = 1.45)$	3.3	1.94	1.34	0.7	-0.23	-0.82	-1.15	-1.29
$\Phi C_v$	1.82	1.07	0.74	0.39	-0.13	-0.45	-0.63	-0.71
$K_p = \Phi C_v + 1$	2.82	2.07	1.74	1.39	0.87	0.55	0.37	0.29
$\bar{Q} K_p$	507	372	313	250	156	99	66	52

Tab. 24 : Pokračování

$Q_1=129$	$Q_2=182$	$Q_5=259$	$Q_{10}=317$	$Q_{20}=372$	$Q_{50}=450$	$Q_{100}=507$
p=63	p=39	p=18	p=9,5	p=5	p=2	p=1

#### 2.8.4. Antropogenní ovlivnění průtoků - zajímavý problém

K lidským činnostem působícím změny vodního režimu povodí náleží :

- ♦ závlahy a odvodňování,
- ♦ řízení odtoku (vliv nádrží, převodů vody, úprav toků),
- ♦ využití povodí (půdního fondu),
- ♦ urbanizace a industrializace.

Tyto činnosti nepůsobí obvykle izolovaně - ve změnách vodního režimu řek se často uplatňuje vliv integrovaný. Posuďte hydrologické důsledky uvedených antropogenních vlivů. Uveďte možnost využití dvojné součtové čáry (s využitím doporučené literatury).

#### 2.8.5. Doporučená literatura

ČSN 75 1400. Hydrologické údaje povrchových vod. 1991.

Hydrologické poměry ČSSR. III.díl. Praha, HMÚ 1970, 305s., 9 map.

Kříž, V.: Potamologie povodí československé Odry. 1.vyd. Red. J.Zítek., Praha, HMÚ 1971, 148 s.

Kříž, V.: Hydrologické charakteristiky vodního režimu řek. In: Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech ostravského a hornoslezského regionu. Sborník referátů z česko-polské vědecké konference. Ostrava, Ostravská universita, Uniwersytet Slanski 1993, s.91-98.

Kříž, V.: Vliv lidské činnosti na hydrické procesy a změny vodního režimu povodí. Vodohospodářsky časopis, 28, 1980, č.1, s.3-21.

Kříž, V., Schneider, B.: K problematice ovlivnění průtokových řad v povodí Odry. In: Sborník diskuzních příspěvků z celostátní konference "Hydrologické dny 1980". Brno, ČÚV ČSVTS 1980, s.13-23.

Kříž, V.: Vliv urbanizace a industrializace na vodní režim ostravské průmyslové oblasti. Vodohospodářsky časopis, 29, 1981, č.3, s.256-288.

Blažek, Z., Kříž, V., Schneider, B.: Využití metody dvojné součtové čáry v hydrologii a meteorologii. Vodohospodářsky časopis, 29, 1981, č.1, s.100-107.

Směrný vodohospodářský plán ČSR. Praha, MLVH ČSR 1975, 530s.

- Kříž, V., Schneider, B.: Antropogenní změny vodní bilance ostravské průmyslové oblasti. Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Ostraviensis, 136, 1993, Geographia, Geologia č.1, s.3-19.
- Kříž, V., Sochorec, R., Kříž, H.: Opakování velkých vod v povodí Odry. In: Sborník prací HMÚ, sv.5, Praha, HMÚ 1964, 127s.
- Červený, J. a kol.: Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, SZN 1984, 416s.
- Novický, O., Kašpárek, L., Kolářová, S.: Hydrologická data pro návrhové účely. Světový klimatický program - Voda. Praha, ČHMÚ 1992, 143s.

Tab. 25 : Foster - Rybkinovy tabulky

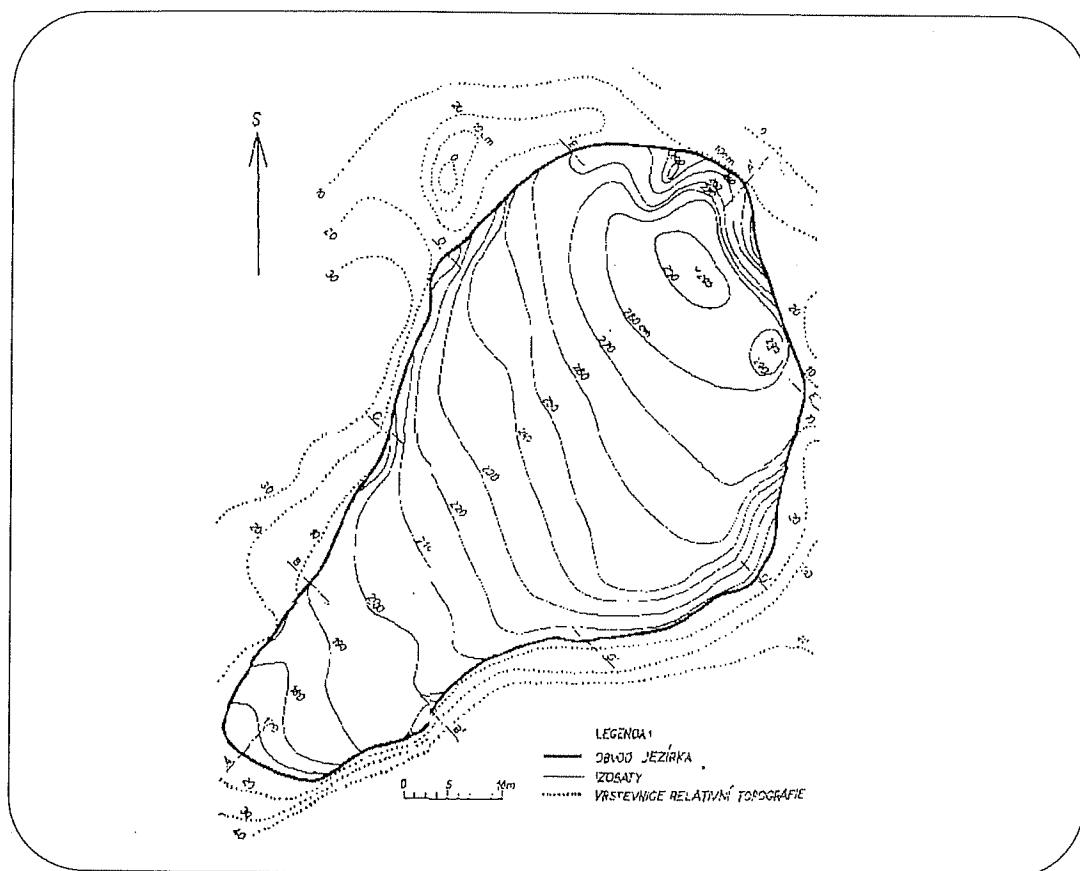
Pravděpodobnost překročení vyjádřená v procentech																			
Cs	0.1	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99.9
0	3.09	2.33	1.88	1.64	1.28	0.84	0.68	0.52	0.25	0	-0.25	-0.52	-0.68	-0.84	-1.28	-1.64	-1.88	-2.33	-3.09
0.2	3.38	2.48	1.93	1.69	1.3	0.83	0.67	0.51	0.22	-0.33	-0.28	-0.55	-0.7	-0.85	-1.25	-1.58	-1.79	-2.18	-2.81
0.4	3.67	2.62	2	1.74	1.32	0.82	0.65	0.48	0.19	-0.06	-0.31	-0.57	-0.71	-0.85	-1.22	-1.51	-1.69	-2.03	-2.54
0.6	3.96	2.77	2.06	1.79	1.33	0.8	0.62	0.45	0.15	-0.09	-0.34	-0.58	-0.72	-0.86	-1.19	-1.45	-1.59	-1.88	-2.28
0.8	4.25	2.9	2.12	1.83	1.34	0.78	0.6	0.42	0.12	-0.13	-0.37	-0.6	-0.73	-0.86	-1.16	-1.38	-1.49	-1.74	-2.03
1	4.54	3.03	2.19	1.87	1.34	0.76	0.57	0.38	0.08	-0.16	-0.4	-0.61	-0.73	-0.86	-1.12	-1.31	-1.39	-1.59	-1.8
1.2	4.82	3.15	2.25	1.9	1.35	0.74	0.54	0.35	0.05	-0.19	-0.42	-0.62	-0.73	-0.85	-1.08	-1.25	-1.3	-1.45	-1.59
1.4	5.11	3.28	2.31	1.93	1.34	0.71	0.51	0.32	0.02	-0.22	-0.44	-0.63	-0.73	-0.84	-1.05	-1.18	-1.21	-1.32	-1.4
1.6	5.39	3.4	2.36	1.96	1.33	0.68	0.48	0.28	-0.01	-0.25	-0.46	-0.64	-0.73	-0.82	-1	-1.11	-1.13	-1.19	-1.24
1.8	5.66	3.5	2.41	1.98	1.32	0.64	0.44	0.24	-0.05	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.8	-0.95	-1.03	-1.06	-1.08	-1.11
2	5.91	3.6	2.46	2	1.3	0.61	0.41	0.2	-0.08	-0.3	-0.49	-0.64	-0.71	-0.78	-0.9	-0.95	-0.98	-0.99	-1
2.2	6.2	3.7	2.48	2.01	1.28	0.58	0.37	0.17	-0.11	-0.33	-0.49	-0.63	-0.69	-0.75	-0.85	-0.9	-0.9	-0.9	-0.91
2.4	6.47	3.78	2.49	2.01	1.25	0.54	0.33	0.13	-0.14	-0.35	-0.5	-0.62	-0.66	-0.71	-0.79	-0.82	-0.82	-0.83	-0.83
2.6	6.73	3.87	2.5	2.01	1.23	0.51	0.31	0.1	-0.17	-0.37	-0.5	-0.6	-0.64	-0.68	-0.74	-0.76	-0.76	-0.77	-0.77
2.8	6.99	3.95	2.51	2.02	1.2	0.47	0.26	0.06	-0.2	-0.38	-0.5	-0.59	-0.62	-0.65	-0.7	-0.71	-0.71	-0.71	-0.71
3	7.25	4.02	2.52	20.2	1.18	0.42	0.25	0.03	-0.23	-0.4	-0.5	-0.57	-0.6	-0.62	-0.65	-0.66	-0.66	-0.67	-0.67

## 2.9. Charakteristiky jezer a nádrží

Z polohopisných a výškopisných měření, z plánů vodních útvarů a map vhodných měřítek lze získat charakteristiky povodí i vlastních vodních útvarů. Z hloubkopisného plánu na obrázku 24 můžeme např. určit

- ♦ plochu hladiny (S),
- ♦ délku hladiny (L),
- ♦ průměrnou šířku ( $B=S/L$ ),
- ♦ průměrnou hloubku ( $H_s=W/F$ ),
- ♦ maximální hloubku ( $H_{max}$ ),
- ♦ objem jezera (W) jako součet dílčích objemů mezi sousedními izobatami,
- ♦ závislost výšky hladiny (popřípadě hloubky H), plochy hladiny a objemu [ $S=f(H)$ ,  $W=f(H)$ , popř.  $W=f(F)$ ].

Obr. 24 : Hloubkopisný plán





### 2.9.1. Cvičení č.15

Vypočtete objem Velkého mechového jezírka u Rejvízu (obr.24) po vrstvách mezi hladinami (rovinami) hloubnic:

$$W = \frac{s_1+s_2}{2}h_1 + \frac{s_2+s_3}{2}h_2 + \dots + \frac{s_{n-2}+s_{n-1}}{2}h_{n-1} + \frac{s_{n-1}}{2}h_n$$

kde  $s_1, s_2, \dots, s_{n-1}$  jsou plochy mezi hloubnicemi při podmínce  $s_n=0$ ,  
 $h_1, h_2, \dots, h_n$  jsou výškové rozdíly hloubnic.

K výpočtu použijte údaje v tabulce 26. Dále sestrojte grafickou závislost hloubky (H) a plochy hladiny (S),  $S=f(H)$ , a hloubky(H) a objemu(W),  $W=f(H)$ , tj. křivku ploch a objemů Velkého mechového jezírka.

Tab. 26 : Podklady ke cvičení č.15

Hloubka m.	Plocha hladiny $m^2$	Poloviční součet ploch $\frac{s_i+s_{i+1}}{2}, m^2$	Vzdálenost hladin $h_i, m$
0	1 692		
		1 690	0.5
0.5	1 688		
		1 687	0.5
1	1 686		
		1 685	0.5
1.5	1 684		
		1 678	0.2
1.7	1 672		
		1 625	0.2
1.9	1 579		
		1 447	0.2
2.1	1 315		
		1 185	0.2
2.3	1 055		
		899	0.2
2.5	743		
		550	0.2
2.7	358		
		199	0.2
2.9	40		
		20	0.05
2.95	0		

### 2.9.2. Cvičení č.16

Podle tab. 27 graficky znázorněte průběh průměrné červencové a lednové teploty vody s hloubkou v Horním Raduňském jezeře (Polsko). Vyznačte jednotlivé teplotní vrstvy (tab.27).

Tab. 27 : Teploty vody v Raduňském jezeře

Hloubka m	Teplota vody ve st.Celsia		Hloubka m	Teplota vody ve st.Celsia	
	leden	červenec		leden	červenec
1	0.8	12.9	16	2.1	9.8
2	0.9	17.9	17	2.2	9.6
3	0.9	17.8	18	2.4	9.4
4	0.9	17.8	20	2.6	9.2
5	1	17.5	22	2.9	9.1
6	1	17.2	24	3.2	8.9
7	1.1	16.9	26	3.4	8.8
8	1.2	16.4	28	3.5	8.7
9	1.3	16	30	3.7	8.6
10	1.4	15.7	32	3.8	8.5
11	1.5	14.9	33	4	8.4
12	1.6	14.9	36	4.1	8.4
13	1.7	13.3	38	4.2	8.4
14	1.8	11.4	40	4.2	8.3
15	1.9	10.9	42	4.2	8.3

### 2.9.3. Doporučená literatura

Kříž,V.: Limnologie Mechových jezírek u Rejvízu. In: Campanula, Sborník Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Ostrava, Krajské středisko památkové péče a ochrany přírody 1971, s.47-78.

Kříž,V.: Vodní útvar Jezero ve Vsetínských vrších. Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Ostraviensis, 136, 1993, Geographia, Geologia č.1, s.47-53.

Dub,O.: Limnologia. Hydrologia jezier a barín. Bratislava, SAV 1954.

## 2.10. Podzemní vody a prameny

Pro sledování režimu podzemních vod v ČR je přibližně od šedesátých let vytvořena síť pozorovacích objektů podzemních vod a síť pozorovaných pramenů. Obě sítě spravuje Český hydrometeorologický ústav.

### 2.10.1. Síť vrtů

Síť vrtů zahrnuje mělké vrty, založené převážně v kvartérních fluvialních sedimentech, a hlubinné vrty pro měření hlubších zvodní. Měření se provádí jedenkrát týdně (ve středu) a měří se :

- ♦ vzdálenost hladiny podzemní vody od geodeticky zaměřeného pevného bodu v centimetrech,
- ♦ teplota vody ve stupních Celsia.

U některých vrtů je prováděn kontinuální záznam hladiny podzemní vody. Pozorování hladin podzemních vod se kromě jiných účelů používá ke konstrukci hydroizohyps, tj. čar spojujících místa se stejnou nadmořskou výškou hladiny podzemní vody.

### 2.10.2. Síť pozorovaných pramenů

U pozorovaných pramenů se pravidelně (jedenkrát týdně, ve středu) měří :

- ♦ vydatnost pramene v  $\text{l.s}^{-1}$ . Při měření se obvykle používá nádoba známého objemu ( $V$ ) a měří se doba jejího plnění ( $t$ ). Vydatnost pramene se potom vypočte

$$Q = \frac{V}{t},$$

- ♦ teplota vody.

### 2.10.3. Cvičení č. 17

V rozsáhlé údolní nivě byla vyhloubena síť hydrologických pozorovacích vrtů, kterými byla ověřena průměrná mocnost zvodněných fluvialních štěrků  $M = 6.0$  m. Koeficient filtrace hydrogeologického kolektoru těchto štěrků byl stanoven výpočtem z výsledků hydrodynamických zkoušek provedených v zájmovém území. Jeho průměrná hodnota činí  $k = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ . Stanovte výpočtem velikost přírodních zdrojů podzemních vod  $Q$  v profilu A-A' o délce  $L=1$  km vedeném kolmo na směr převládajícího proudění podzemních vod, jestliže průměrný sklon hladiny podzemní vody činí v zájmovém území  $2.1 \text{ ‰}$ .

Při výpočtu lze použít vzorce vycházejícího z Darcyho rovnice :

$$Q = k.F.I,$$

kde  $Q$  je velikost přírodních zdrojů podzemních vod v  $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ ,  
 $k$  je koeficient filtrace v  $\text{m.s}^{-1}$ ,  
 $F$  je plocha průtočného profilu kolmá na směr proudění podzemní vody v  $\text{m}^2$ ,  
 $I$  je sklon hladiny podzemní vody.

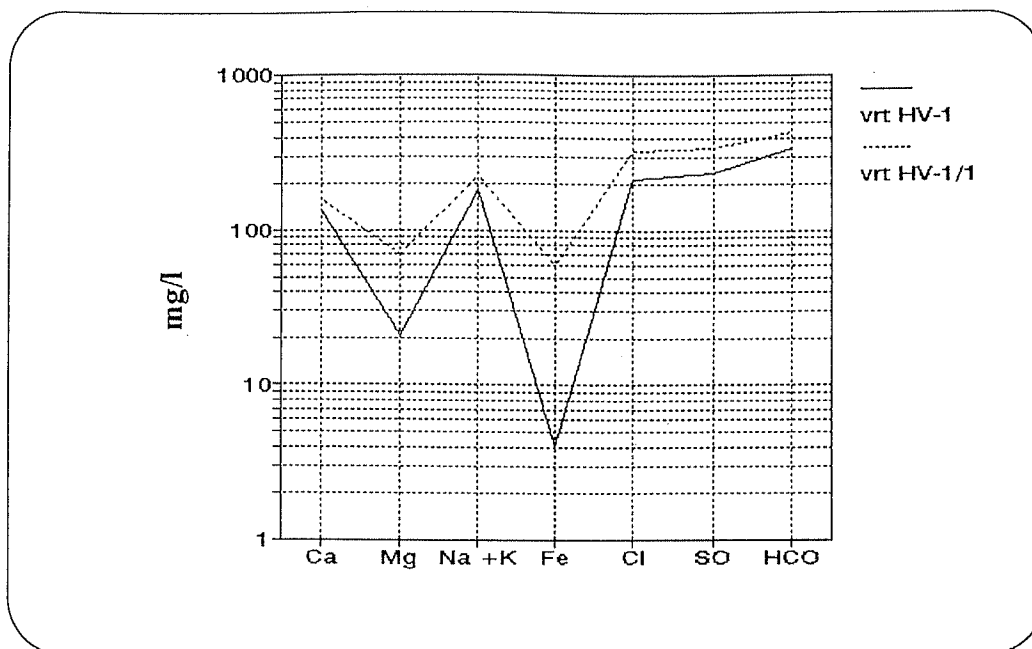
### 2.10.4. Cvičení č.18

Vyjádřete grafickou formou rozdílné chemické složení podzemní vody. Ke grafickému znázornění použijte výsledků chemických analýz vzorků podzemních vod z hydrogeologických vrtů HV-1 a HV-1/1, z nichž vrt HV-1 reprezentuje zvoď fluvialních štěrků a vrt HV-1/1 zvoď vytvořenou ve vrstvě navážek dűlní hluřiny.

Ke znázornění odlišných chemismů podzemních vod se často používají liniové grafy, zejména vertikální semilogaritmický Schoellerův diagram, jehož konstrukce je zřejmá na obrázku 25. Zvlášť výrazné jsou v tomto případě rozdíly v koncentracích iontů  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^+$ , ale i  $\text{Cl}^-$  a  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Potřebné výsledky hydrochemických analýz k sestrojení Schoellerova diagramu jsou v tabulce 28 uvedeny v  $\text{mg.l}^{-1}$ .

Obr. 25 : Schoellerův diagram



Tab. 28 : Výsledky hydrochemických analýz

Vrt	mineral. celkem	$Ca^{2+}$	$Mg^{+}$	$Na^{+} + K^{+}$	$NH_4^{+}$	$Fe^{2+}$
HV-1	1 136.5	136	20.9	183.3	0.6	4.1
HV-1/1	1 565.9	160	69.6	224.5	1.8	59.9
Vrt	$Mn^{+}$	$Cl^{-}$	$SO_4^{2-}$	$HCO_3^{-}$	$NO_3^{-}$	$PO_4^{-}$
HV-1	0.8	215.8	237.4	341.7	0.1	0.01
HV-1/1	4.7	329	339	430.8	0.6	0.01

#### 2.10.5. Cvičení č.19

Z údajů o měsíčních srážkových úhrnech naměřených ve stanici Mošnov a průměrných měsíčních stavech hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu Petřvaldík (tab.29) posuďte vztah mezi srážkovými úhrny a stavem hladiny podzemní vody za hydrologické roky 1988 - 1990 :

- ♦ graficky porovnáním chronologických čar,
- ♦ početně výpočtem korelačního koeficientu a lineární regrese funkce (viz. kapitola 2.4.2).

**Tab. 29 : Měsíční úhrn srážek (Mošnov,mm) a průměrné měsíční relativní stavy  
podzemních vod [m]**

Stanice,objekt	rok	Le	Ún	Bř	Du	Kv	Če	Čc	Sr	Zá	Ří	Li	Pr
Mošnov	1 987	46.9	23.3	29.3	42.9	142.6	111.3	41.8	58.3	76.4	53.8	46.6	51.5
	1 988	25.9	58	39.5	31.9	59.9	62.2	96.2	65	74.8	21.3	26.9	35
	1 989	12.2	18.7	41	87	75	138.9	59.3	66.3	49.6	10.3	22.8	14.7
	1 990	15.7	30.5	18.1	102.5	70.9	137.5	51.4	56.5	113.9	29.6	51.4	34
VO 137	1 987											3.16	2.92
Mošnov	1 988	2.87	2.62	2.61	2.87	2.98	3.03	3.07	3.12	3.1	3.26	3.27	3.12
248,99 m n.m.	1 989	3.06	3.16	3.1	2.88	2.72	2.78	2.88	3.01	2.99	3.14	3.2	3.21
	1 990	3.23	3.22	3.17	2.87	2.84	2.86	2.86	2.85	3.07	3.1		
VO128	1 987											2.91	2.12
Petřvaldík	1 988	1.87	1.66	1.65	1.96	2.34	2.66	2.82	2.9	2.77	2.99	3.1	2.57
234,5 m n.m.	1 989	2.29	2.66	2.83	2.58	1.94	2.13	2.27	2.64	2.23	2.72	2.94	3.06
	1 990	3.15	3.17	3.24	2.46	1.96	2.04	2.01	2.63	2.72	2.54		
VO 125	1 987											2.1	1.69
Košatka	1 988	1.81	1.6	1.67	1.82	1.93	1.95	1.99	2.1	1.96	2.14	2.15	1.89
227,03 m n.m.	1 989	1.94	2.1	2.07	1.88	1.69	1.73	1.76	2.05	1.87	2.05	2.17	2.15
	1 990	2.19	2.2	2.18	1.93	1.8	1.76	1.77	2.07	2.04	1.98		

## 2.10.6. Doporučená literatura

Kříž,H.: Hydrologie podzemních vod. Praha, Academia 1983, 292s.

Pelikán,V. a kol.: Hydrogeologická měření. Praha, SNTL/ALFA 1988, 224s.

Pelikán,V.: Ochrana podzemních vod. Praha, SNTL 1983, 320s.

ČSN 73 6561. Hydrologické údaje podzemních vod. 1986.

## 2.11. Obecná hydrologická literatura

- Bajkiewicz-Grabowska,E.,Mikulski,Z.: Hydrologia ogólna. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN 1993, 286 s.
- Bajkiewicz-Grabowska,E., Magnuszewski,A., Mikulski,Z.: Hydrometria. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN 1993, 313 s.
- Červený,J. a kol.: Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha, SZN 1984, 416 s.
- Demek,J., Novák,V.: Neživá příroda. Vlastivěda moravská, Země a lid, nová řada, sv. 1, Brno, Muzejní a vlastivědná společnost v Brně 1992, 244 s.
- Dub,O.: Hydrológia, hydrografia, hydrometria. Bratislava, SVTL 1957, 488 s.
- Horník,S. a kol.: Základy fyzické geografie. Praha, SPN 1992, 400 s.
- Hydrologické poměry ČSSR. Praha, Hydrometeorologický ústav 1965-1970, 3 sv.
- Kříž,H.: Hydrologie podzemních vod. Praha, Academia 1983, 292s.
- Kříž,V.: Potamologie povodí československé Odry. Praha, Hydrometeorologický ústav 1971, 148s.
- Kříž,V. a kol.: Hydrometrie. Praha, SPN 1988, 176 s.
- Kříž,V., Kupčo,M., Sochorec,R.: Měření průtoků. Praha, Hydrometeorologický ústav 1979, 148 s.
- Kukal,Z. a kol.: Základy oceánografie. Praha, Academia 1977, 512 s.
- Melioris,L., Mucha,J., Pospíšil,P.: Podzemná voda - metódy výskumu a prieskumu. Bratislava, Praha, Academia 1977, 512 s.
- Nacházel,K.: Teorie odhadu v hydrologii a ve vodním hospodářství. Praha, Academia 1986, 168 s.
- Netopil,R. a kol.: Fyzická geografie I. Praha, SPN 1984, 273 s.
- Netopil,R.: Hydrologie pevnin. Praha, SPN 1984, 273 s.
- Ozga-Zielinska,M., Brzezinski,J.: Hydrologia stosowana. Warszawa, Wydawnictwo naukowe 1994, 324 s.
- Říha,J.: Voda a společnost. Praha, SNTL 1987, 340 s.
- Vlček,V. ed. a kol.: Vodní toky a nádrže. Zeměpisný lexikon ČSR. Praha, Academia 1984,315 s.

## UČEBNÍ TEXTY PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY OSTRAVSKÉ UNIVERZITY

Název	Cvičení z meteorologie, klimatologie a hydrologie
Autoři	Doc. RNDr. Ing. Vladislav Kříž, DrSc. (PřF OU) Ing. Bohuslav Schneider (Ostrava) RNDr. Radim Tolasz (ČHMÚ, pobočka Ostrava)
Vydavatel	Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity
Sponzor	Nadace Beskydy
Určeno	studentům PřF OU oboru geografie a oboru ochrana a tvorba životního prostředí
Rozsah	str. 93
Náklad	300 ks výtisků
Sazba	PřF OU
Tisk	Tiskárna KLEINWÄCHTER, FM
Doporučená cena	všechny výtisky jsou neprodejné