

## METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

### Klimatologické indexy



#### Zadání:

Pro zadané stanice ze světa vypsát roční chod teploty vzduchu a srážek a početně či graficky zpracovat následující charakteristiky:

- 1) Pluviometrický koeficient – hodnocení ročního rozdělení srážek
- 2) Hodnocení kontinentality/oceanity klimatu
  - Index termické kontinentality
  - Index ombrické kontinentality
  - Doba polovičních srážek (srážkový poločas)
  - Poloha těžiště srážek

#### Vypracování:

Zadané úkoly byly zpracovány pro tyto klimatické stanice:

- Braganca (Portugalsko)
- Zhytomyr (Ukrajina)
- Sodankyla (Finsko)

Tyto meteorologické stanice se nachází v odlišných nadmořských výškách, což je jedním z vlivů, který ovlivňuje klimatické podmínky v těchto místech. Portugalská stanice Braganca se nachází v nadmořské výšce 674 m. n. m. a je nejvýše položena ze zadaných stanic. Nejnižší nadmořskou výšku (191 m. n. m.) má stanice ve finském Laponsku – Sodankyla. Stanice v ukrajinském Zhytomyru leží ve 221 m. n. m. V tab. č. 1 jsou uvedeny průměrné měsíční teploty pro tyto stanice. V tab. č. 2 jsou průměrné měsíční úhrny srážek. Z těchto informací lze odhadovat, jaký je klimatický charakter – kontinentální, oceánický pro tyto stanice.

Stanice Braganca má podle své polohy na severovýchodě Portugalska i podle malé teplotní amplitudy (16,6 °C) mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem a rozložením srážek, kdy největší průměrný srážkový úhrn je v zimních měsících a na podzim, oceánický charakter.

Stanice Zhytomyr leží v severozápadní části Ukrajiny, proto lze předpokládat, že charakter klimatu bude opačný než u předešlé stanice. Kontinentálnímu podnebí odpovídá i velká teplotní amplituda (24,6 °C) mezi měsícem s nejnižší průměrnou teplotou (- 6,6 °C) a měsícem s nejvyšší průměrnou teplotou (18 °C). Dalším důkazem je i rozložení srážek, kdy nejvíce srážek spadne v letním období.

Poslední stanice Sodankyla se nachází v severní části Finska. Tato stanice má nejnižší měsíční průměrnou teplotu (leden; -15,1 °C) ze všech stanic a v nejteplejším měsíci – červenci má průměrná teplota hodnotu 14,1 °C. Teplotní amplituda má nejvyšší hodnotu ze všech zadaných stanic (29,2 °C). Na této stanici je v porovnání s ostatními stanicemi malý průměrný měsíční úhrn srážek.

Tab. č. 1: Průměrné měsíční teploty [°C] ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Braganca (Portugalsko)	4,5	5,9	8,0	10,0	13,4	17,7	21,1	20,8	18,3	13,1	8,0	5,0
Zhytomyr (Ukrajina)	-6,0	4,6	0,0	7,7	13,9	17,0	18,0	17,4	13,0	7,3	1,7	-2,7
Sodankyla (Finsko)	-15,1	-13,6	-8,5	-2,1	5,0	11,6	14,1	11,2	5,9	-0,2	-7,4	-13,1

(Data: *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990*. WMO, Geneva, 1996, 768 s.)

Tab. č. 2: Průměrné měsíční množství srážek [mm] ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Braganca (Portugalsko)	101	102	59	62	53	38	17	14	38	70	89	98
Zhytomyr (Ukrajina)	33	28	31	43	59	76	94	75	51	34	44	38
Sodankyla (Finsko)	31	26	25	24	35	56	65	63	55	51	39	31

(Data: *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990*. WMO, Geneva, 1996, 768 s.)

### 1. Pluviometrický koeficient

Pluviometrický koeficient vyjadřuje podíl skutečného úhrnu srážek za určitý měsíc a úhrnu, který by tento měsíc měl při rovnoměrném rozložení srážek během roku (1/12 ročního úhrnu). Slouží k posouzení srážkové vydatnosti jednotlivých měsíců při hodnocení ročního rozdělení srážek.

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{R}{12}}$$

$K_p$  - Pluviometrický koeficient

$r_i$  - Měsíční úhrn srážek i-tého měsíce v roce [mm]

$R$  – Roční úhrn srážek [mm]

Roční srážkový úhrn dostaneme jako sumu všech průměrných měsíčních množství srážek.

$$R = \sum_{I}^{XII} r_i$$

Z vypočítaných hodnot pluviometrického koeficientu lze vidět, že nejvíce je rozdíl mezi stanicemi Braganca a Zhytomyr. Tato odchylka je způsobena odlišným rozložením srážek během roku. Na první zmiňované portugalské stanici je vyšší úhrn srážek v zimním a podzimním obdobím. V letním období je měsíční úhrn srážek podprůměrný. Nejvíce srážek

spadne v měsících leden, únor, říjen, listopad a prosinec. Naopak měsíce s nejnižším měsíčním úhrnem srážek jsou červenec a srpen.

Druhý meteorologická stanice Zhytomyr má oproti Braganca vyšší úhrn v letních měsících. V zimě je měsíční srážkový úhrn podprůměrný. Největší srážkový úhrn je v měsících květen, červen, červenec, srpen. Nejnižší srážkový úhrn je v měsících leden, únor, březen.

Na třetí stanici ve finském Sodankylu je rozložení úhrnu srážek během roku vyrovnanější. To může být způsobeno Golfským proudem, který ovlivňuje podnebí ve Finsku a tím, že se stanice nachází za severním polárním kruhem. Největší úhrn srážek byl zaznamenán v měsících červen, červenec, srpen a nižší úhrn srážek je v měsících únor, březen, duben.

Tab. č. 3: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961 - 1990

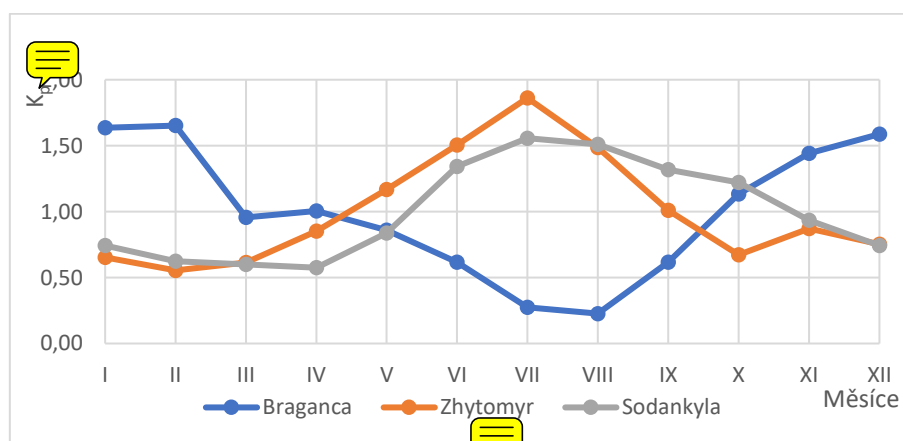
Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Braganca (Portugalsko)	1,64*	1,65	0,96	1,00	0,86	0,62	0,28	0,23	0,62	1,13	1,44	1,59
Zhytomyr (Ukrajina)	0,65	0,55	0,61	0,85	1,17	1,50	1,86	1,49	1,01	0,67	0,87	0,75
Sodankyla (Finsko)	0,74	0,62	0,60	0,57	0,84	1,34	1,56	1,51	1,32	1,22	0,93	0,74

(Zdroj: Vlastní výpočty z hodnot v Tab. 2.)

#### \*Příklad výpočtu

$$k_y = \frac{r_i}{\frac{\sum_{I}^{XII} r_i}{12}} = \frac{101}{\frac{741}{12}} = 1,64$$

Na obr. č. 1 je znázorněn v grafické podobě rozdíl mezi vybranými stanicemi. Z grafu lze vidět, že více podobné v rozložení srážkového úhrnu jsou si stanice na Ukrajině – Zhytomyr a stanice ve finském Laponsku – Sodankyla. Stanice Zhytomyr však má strmější vzestup i pokles srážek, zatímco na stanici Sodankyla je pokles úhrnu srážek pozvolnější. Rozložení srážek na stanici Braganca je oproti předchozím dvěma stanicím opačný. Největší srážkový úhrn je v zimě a nejmenší v létě. Od března do srpna srážky klesají a poté strmě rostou.



Obr. č. 1: Pluviometrický koeficient na vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

## 2. Index termické a ombrické kontinentality

K zjištění zda leží stanice v kontinentálním či oceánském klimatu slouží kromě teplotní amplitudy a rozložení úhrnu srážek i index termický a ombrický kontinentality. Index termické kontinentality využívá pro výpočet klimatu rozdíl maximální a minimální průměrné měsíční teploty v určitém období a zeměpisnou šířku, kde se stanice nachází. Počítá se podle Gorczyńského vzorce.

$$K = \frac{1,7}{\sin \gamma} * (A - 12 * \sin \gamma)$$

K – index termické kontinentality [%]

A – průměrná roční amplituda [°C]

$\gamma$  - zeměpisná šířka [°]

Tab. č. 4: Zeměpisné šířky [°] zpracovávaných stanic

Stanice	Zeměpisná šířka
Braganca (Portugalsko)	41° 48' s. š.
Zhytomyr (Ukrajina)	50° 14' s. š.
Sodankyla (Finsko)	67° 22' s. š.

Pro zjištěné výsledky v procentech platí, že čím vyšší hodnota je, tím je charakter klimatu spíše kontinentální. Naopak, když je hodnota nižší podnebí má charakter spíše oceánický. Nejnižší hodnotu indexu termické kontinentality má stanice Braganca – 21,93 %. To ukazuje, že by tato stanice mohla mít mírně oceánické klima i proto, že leží z vybraných stanic nejbližší pobřeží. Stanice Zhytomyr a Sodankyla mají podobné hodnoty indexů termické kontinentality – 32,67 % resp. 33,38 %. To poukazuje na to, že stanice mají nejspíše kontinentální klima a leží ve větší vzdálenosti od pobřeží.

Tab. č. 5.: Index termické kontinentality ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	A [°C]	K [%]
Braganca (Portugalsko)	16,6	21,93
Zhytomyr (Ukrajina)	24,0	32,67
Sodankyla (Finsko)	29,2	33,38

Výpočty indexu termické kontinentality:

$$\text{Braganca: } K = \frac{1,7}{\sin \alpha} * (A - 12 * \sin \alpha) = \frac{1,7}{\sin 41^{\circ}48'} * (16,6 - 12 * \sin 41^{\circ}48') = 21,93 \%$$

$$\text{Zhytomyr: } K = \frac{1,7}{\sin \alpha} * (A - 12 * \sin \alpha) = \frac{1,7}{\sin 50^{\circ}14'} * (24,0 - 12 * \sin 50^{\circ}14') = 32,67 \%$$

$$\text{Sodankyla: } K = \frac{1,7}{\sin \alpha} * (A - 12 * \sin \alpha) = \frac{1,7}{\sin 67^{\circ}22'} * (29,2 - 12 * \sin 67^{\circ}22') = 33,38 \%$$

Ombrický index kontinentality na rozdíl od předešlého indexu kontinentality využívá srážkové úhrny za určitá období, a to za zimní, roční a v případě letního období jde o vyjádření v procentech ročního úhrnu. Pro tento výpočet se používá vzorec od Hruďičky.

$$k = \frac{12 * (l - 35)}{\sqrt{s_z}}$$

k – index ombrické kontinentality

l – množství srážek v teplém období (IV-IX) v procentech ročního úhrnu srážek

$s_z$  – množství srážek v zimním období (X-III)

l se vypočítá následujícím vzorcem:

$$l = \frac{\sum_{IV}^{IX} s}{s_r},$$

Po vyjádření  $s_r$  platí:

$$l = \frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_{I}^{XIII} s} * 100$$

Po dosazení a vyjádření  $s_r$  vypadá vzorec následovně:

$$k = \frac{12 * \left( \left( \frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_{I}^{XIII} s} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}}$$

U indexu ombrické kontinentality taktéž platí, že čím vyšší je hodnota ombrické kontinentality, tím více má podnebí kontinentální charakter. Kontinentální klima bylo podle tohoto indexu potvrzeno u stanic Zhytomyr (25,52 %) i u horské stanice Sodankyla (20,61 %). Naopak u stanice Braganca byl ombrický index kontinentality záporný (-2,65 %), což naznačuje, že tato stanice má podle rozložení srážek oceánický charakter. Tato stanice má i největší roční srážkový úhrn z vybraných stanic a v zimním období zde spadne v porovnání se zbylými stanicemi dvojnásobek srážek. Tato skutečnost může být způsobena největší nadmořskou výškou (674 m. n. m.), kterou má tato stanice, protože s rostoucí nadmořskou výškou roste i celkový srážkový úhrn, kvůli výstupu vzduchu nad hladinu kondenzace.

Tab. č. 6: Index ombrické kontinentality [%] a sumy srážkových úhrnů [mm] ve vybraných stanicích v období let 1961 – 1990

Stanice	$\Sigma s_{(IV-IX)}$ [mm]	$s_r$ [mm]	L [%]	$s_z$ [mm]	k [%]
Braganca (Portugalsko)	222	741	29,96	519	-2,65
Zhytomyr (Ukrajina)	398	606	65,68	208	25,52
Sodankyla (Finsko)	298	501	59,48	203	20,61

Výpočty indexu ombrické kontinentality:

$$\text{Braganca: } k = \frac{12 * \left( \left( \frac{\sum_{IV}^I s}{\sum_{III}^I s} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12 * \left( \left( \frac{222}{741} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{519}} = -2,65 \%$$

$$\text{Zhytomyr: } k = \frac{12 * \left( \left( \frac{\sum_{IV}^I s}{\sum_{III}^I s} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12 * \left( \left( \frac{398}{741} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{519}} = 25,52 \%$$

$$\text{Sodankyla: } k = \frac{12 * \left( \left( \frac{\sum_{IV}^I s}{\sum_{III}^I s} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}} = \frac{12 * \left( \left( \frac{298}{501} * 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{203}} = 20,61 \%$$

### Doba polovičních srážek

Další charakteristika, která pracuje stejně jako ombrický index kontinentality s úhrnem srážek se nazývá doba polovičních srážek. Doba polovičních srážek je doba v měsíci, za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek. Počítá se od 1. dubna. V kontinentálním klimatu se doba polovičních srážek zkracuje (v kontinentálním klimatu asi na 3 měsíce). V oblastech se silně oceánickým klimatem přesahuje doba polovičních srážek až 7 měsíců. Tato charakteristika se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\sum_{III}^x s_i = s_n$$

$s_i$  - průměrný měsíční úhrn srážek  $i$ -tého měsíce

$s_n$  - počet celých měsíců

$x$  - Poslední celý měsíc, jehož srážkové množství přičítáme

Tímto výpočtem byl zjištěn počet celých měsíců a následně byla dopočtem získána část měsíce, za kterou spadne zbytek srážkového úhrnu, který je potřeba pro doplnění poloviny množství ročních srážek.

Největší doba naplnění polovičních ročních srážek byla vypočítána na stanici Braganca – 7,270 měsíců. To odpovídá oceánickému klima, jelikož v něm je léto na srážky chudší a doba polovičního množství ročního úhrnu srážek bude naplněna později, jelikož se počítá od 1. dubna. Nejmenší počet měsíců, kdy spadne polovina ročního úhrnu srážek má stanice Zhytomyr (4,329 měsíců), u které je předpokladem kontinentální klima. Počet měsíců je nízký z důvodu, že v létě spadne větší množství srážek a poloviční doba se počítá po zimním období, kdy je

srážkový úhrn menší. Poslední stanice Sodankyla má hodnotu polovičních ročních srážek 5,119 měsíců, je to způsobeno poměrně stejnoměrným rozložením srážek během roku.

Tab. č 7: Hodnoty ročních srážek, polovičních ročních srážek a doba jejich naplnění od 1. dubna na vybraných stanicích v období let 1961-1990

Stanice	$s_r$ [mm]	$s_n$ [mm]	Počet měsíců
Braganca (Portugalsko)	741	370,5	7,270
Zhytomyr (Ukrajina)	606	303	4,329 *
Sodankyla (Laponsko)	501	250,5	5,119

$$* \sum_{III}^X S_i = 43 + 59 + 76 + 94 = 272 \text{ mm}$$

Do doplnění polovičních ročních srážek chybí 31 mm z následujícího měsíce. Za předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během měsíce by byl zbývající čas takto:

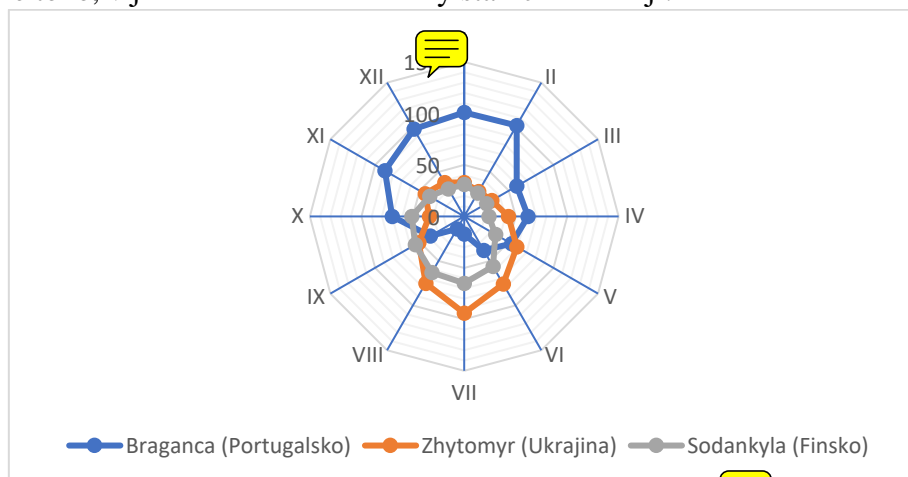
$$\frac{94}{31} = 3,032 \text{ mm} * d^{-1} \quad (31 \text{ je počet dní v měsíci})$$

$$\frac{31}{3,032} = 10,224 \text{ d}$$

$$\frac{10,224}{31} = 0,329 \rightarrow 4 + 0,329 = 4,329 \text{ měsíců}$$

### 3. Poloha těžiště srážek

Tato metoda vychází z rozložení srážkových úhrnů, které jsou rozloženy souměrně po obvodu kružnice o jednotném poloměru. Počítá se pomocí jednotlivých průměrných měsíčních úhrnů a celkového srážkového úhrnu. Výsledkem jsou hodnoty kartézského souřadnicového systému, které po vynesení do grafu vyjadřují charakter klimatu stanice podle toho, v jakém kvadrantu se body stanic nacházejí.



Obr. č. 2: Rozložení ročního chodu srážek v paprskovém grafu

Tab. 8.: Souřadnice polohy těžiště srážek vybraných stanic v období let 1961 – 1990

Stanice	x	y
Braganca (Portugalsko)	-0,0114	0,2834
Zhytomyr (Ukrajina)	-0,0153	-0,1957
Sodankyla (Finsko)	-0,1266	-0,1365

Výpočet souřadnic polohy těžiště srážek

$$x = \frac{0,5 * (II + VI - VII - XII) + 0,866 * (III + V - IX - XI) + IV - X}{S_r}$$

$$x = \frac{0,5 * (102 + 38 - 17 - 98) + 0,866 * (59 + 53 - 38 - 89) + 62 - 70}{741}$$

$$x = -0,0114$$

$$y = \frac{0,5 * (III + V - IX + XI) + 0,866 * (II - VI - VII + XII) + I - VII}{S_r}$$

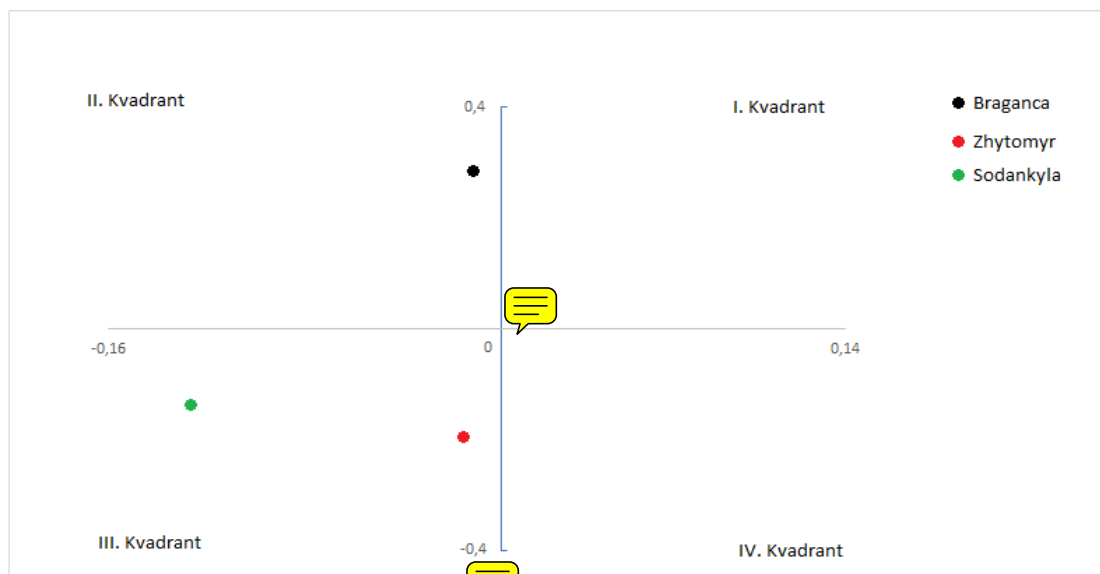
$$y = \frac{0,5 * (59 + 53 - 38 + 89) + 0,866 * (102 - 38 - 17 + 98) + 101 - 98}{741}$$

$$y = 0,2834$$

Každý kvadrant charakterizuje jiný typ klimatu. V I. kvadrantu není poloha těžiště častá, vyskytují se zde pouze stanice ve vysokých horách a se středomořským klimatem. Ve II. kvadrantu se vyskytují stanice s oceánickým typem ročního chodu. Ve III. kvadrantu jsou stanice s kontinentálním a **průměrným** typem klimatu. V posledním IV. kvadrantu jsou stanice, které mají kontinentální teplé klima.

Z vybraných stanic se nachází Sodankyla a Zhytomyr ve třetím kvadrantu, z toho vyplývá, že mají kontinentální klima. Stanice Braganza se nachází ve druhém kvadrantu, a proto má oceánický typ ročního chodu.





Obr. č. 3: Poloha těžiště srážek vybraných stanic v období let 1961 – 1990

Tab. č. 9: Výsledné hodnoty vybraných charakteristik na sledovaných stanicích za období let 1961 - 1990

Stanice	Zeměpisná šířka [°]	Nadmořská výška [m n. m.]	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální/ oceánické
Braganca (Portugalsko)	41° 48' s. š.	674	21,93	-2,65	7,27	II. kvadrant	Oceánické
Zhytomyr (Ukrajina)	50° 14' s. š.	221	32,67	25,52	4,32	III. kvadrant	Kontinentální
Sodankyla (Finsko)	67° 22' s. š.	191	33,38	20,61	5,11	III. kvadrant	Kontinentální

### Závěr:

Úkolem protokolu č. 1 bylo zjistit typ klimatu – kontinentální, oceánický na třech zadaných stanicích – Braganca (Portugalsko), Zhytomyr (Ukrajina) a Sodankyla (Finsko). Portugalská stanice Braganca leží v nejvyšší nadmořské výšce (674 m. n. m.) a má nejvyšší roční úhrn srážek, což může být způsobeno tím, že s rostoucí nadmořskou výškou roste i množství srážek. Největší množství srážek vypadne v zimním období (519 mm). Tato stanice má nejmenší amplitudu mezi nejvyšší průměrnou měsíční teplotou a nejnižší průměrnou měsíční teplotou (16 °C). Taktéž index termické a ombrické kontinentality je nejnižší (21,93 % resp. -2,65 %). Doba polovičních srážek je dlouhá sedm měsíců. Všechny tyto poznatky naznačují, že stanice má oceánické klima. Toto tvrzení nám potvrdila i poloha těžiště srážek, která se nachází ve II. kvadrantu. Navíc se tato stanice nachází nejbližší oceánu.

Druhá stanice Zhytomyr, která se nachází na Ukrajině, leží v nadmořské výšce 221 m. n. m. Index termické kontinentality je 32,67 % a index ombrické kontinentality je z vybraných stanic nejvyšší, což napovídá, že stanice má kontinentální klima. Také doba polovičních srážek má nejkratší trvání – 4,32 měsíců. Nejvíce srážek vypadne v letním období. Poloha těžiště srážek

je ve třetím kvadrantu, proto má tato stanice i podle polohy ve vnitrozemí opravdu kontinentální klima.

Poslední stanice Sodankyla (Finsko-Laponsko) se nachází nejseverněji z vybraných stanic a má nejnižší nadmořskou výšku (191 m. n. m.). Nejvíce srážek spadne v letním období, ale srážky jsou víceméně rovnoměrně rozloženy během roku. Stanice má nejnižší roční úhrn srážek (501 mm). Je zde nejvyšší teplotní amplituda mezi nejteplejší průměrnou měsíční teplotou a nejnižší průměrnou měsíční teplotou (29,2 °C). Index termické kontinentality má nejvyšší hodnotu (33,38 %). Index ombrické kontinentality je poměrně vysoký, což by odpovídalo kontinentálnímu typu. Tento fakt potvrzuje i relativně krátká doba polovičních srážek – 5,11 měsíců i poloha těžiště srážek, která je ve III. kvadrantu. Klima na této stanici je ovlivněno teplým Gofským proudem a polohou stanice, která se nachází za polárním kruhem.

### **Zdroje:**

MU, 2018. Klimatologické indexy. [Online] Available at:

[https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/cviceni/cviceni\\_1/](https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/cviceni/cviceni_1/) [Přístup získán 26. 9. 2018].