

Meteorologie a klimatologie

Klimatologické indexy

Zadání:

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

1. pluviometrický koeficient
2. hodnocení kontinentality / oceanity
 - a. index termické kontinentality
 - b. index ombrické kontinentality
 - c. doba polovičních srážek
 - d. poloha těžiště srážek

Vypracování:

Pro následující úkoly mi byly přiděleny následující stanice:

Coimbra

Coimbra je město v Portugalsku, které se nachází na trase mezi Portem a Lisabonem. Leží přibližně 40 km vzdušnou čarou od Atlantského oceánu. Oceánskému klimatu také napovídá roční chod teplot (Tab. 1) a srážek (Tab. 2). Teploty zde nevykazují příliš velkou amplitudu – maxima se vyskytují v červenci a srpnu s hodnotami 21,8 °C, a minima v lednu s průměrnou teplotou 10 °C. Co se týče srážek, tak maximální úhrny jsou v zimních měsících až okolo 140 mm, zatímco minimum připadá na letní měsíce červenec a srpen s 15, respektive 13 mm.

Ovruch

Ovruch je malé město na severu Ukrajiny nacházející se v blízkosti hranic s Běloruskem. Jelikož nejbližší moře od tohoto města leží stovky kilometrů, předpovídal bych zde spíše kontinentální klima. I při pohledu na průměrné teploty a úhrny srážek se to takto jeví. Teploty zde mají poněkud větší amplitudu, než tomu bylo v portugalské Coimbře. Maximum připadá na červenec (18,1°C), minimum na leden (-6,2°C). Úhrny srážek jsou nejvyšší taktéž v červenci (96 mm) a nejnižší během zimy – 40 mm v lednu, 35 mm v únoru a 34 mm v březnu. Průměrné roční úhrny srážek jsou zde značně nižší než na první stanici.

Oulu

Poslední stanicí je finské město Oulu. Toto město leží na severovýchodním pobřeží Botnického zálivu. Průměrná roční teplota je zde jen lehce nad bodem mrazu (2 °C). Teplotní amplituda je nejvyšší z pozorovaných stanic – průměrná červencová teplota je 16 °C, zatímco průměrná lednová teplota -11,1 °C. Úhrny srážek jsou stejně jako v Ovruchu nejvyšší v letních měsících a nejnižší v zimních, ovšem ani v letních nejsou příliš vysoké a průměrný roční úhrn srážek je pouze 433 mm.

Tab. 1 – Průměrné měsíční teploty [°C] ve vybraných stanicích v letech 1961 – 1990.

Stanice	Měsíc												I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Coimbra	11,0	11,0	12,5	14,0	16,4	19,6	21,8	21,8	20,8	17,4	13,0	10,4	15,7
Ovruch	-6,2	-4,8	-0,1	7,7	14,2	17,1	18,1	17,3	12,8	7,1	1,5	-2,9	6,8
Oulu	-11,1	-10,4	-5,8	0,5	7,5	13,5	16,0	13,7	8,4	3,0	-3,1	-8,2	2,0

Zdroj dat: WMO, 1996

Tab. 2 – Průměrné měsíční úhrny srážek [mm] ve vybraných stanicích v letech 1961 – 1990.

Stanice	Měsíc												I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Coimbra	138	139	88	91	78	51	15	13	47	97	128	129	1014
Ovruch	40	35	34	45	52	81	96	71	52	39	50	46	641
Oulu	26	21	23	19	30	43	57	65	48	42	31	28	433

Zdroj dat: WMO, 1996

Pluviometrický koeficient

Pluviometrický koeficient nám udává, jaká je vydatnost srážek v určitém měsíci. Jedná se o poměr úhrnu srážek v daném měsíci a dvanáctiny ročního úhrnu. Pokud nám vyjde výsledek větší než 1, jedná se o srážkově nadprůměrný měsíc, v opačném případě o srážkově podprůměrný. Vzorec pro výpočet vypadá takto:

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{R}{12}}, \text{ kde}$$

K_pPluviometrický koeficient

r_iMěsíční srážkový úhrn i-tého měsíce v roce [mm]

RRoční srážkový úhrn

Z vypočítaných hodnot pro stanici **Coimbra** pozorujeme, že srážkově velmi podprůměrné měsíce jsou červenec a srpen (Tab. 3). Naopak velmi nadprůměrné jsou měsíce listopad, prosinec, leden a únor. Dvanáctině průměrného ročního úhrnu srážek se poté blíží březen, duben a květen.

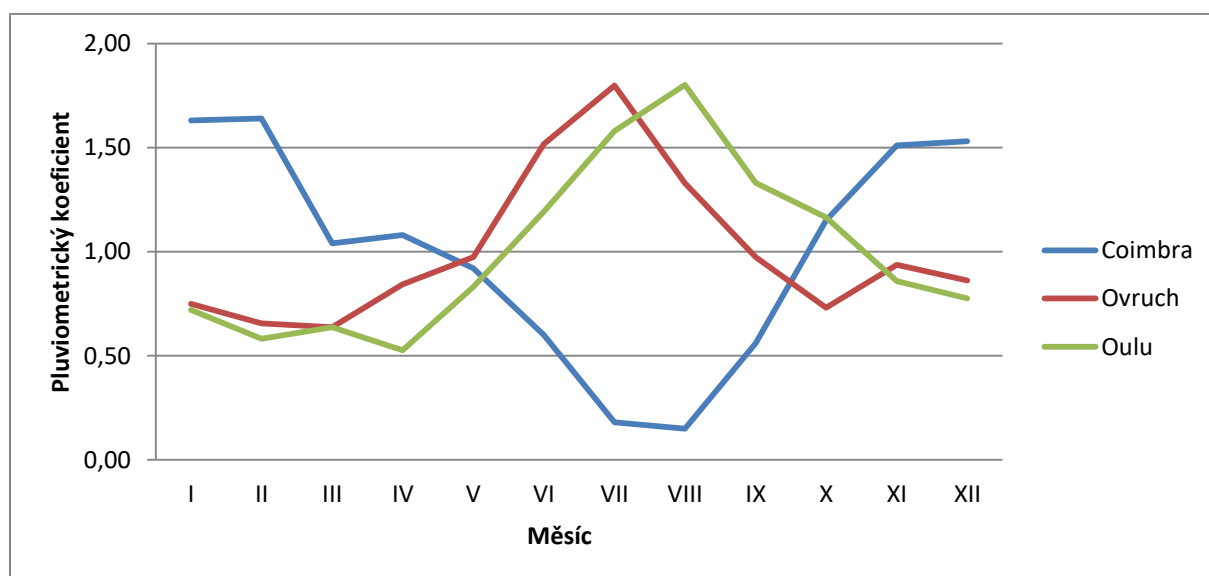
Pro stanici **Ovruch** jsou naopak srážkově nadprůměrné měsíce červen – srpen, dvanáctině průměrného ročního úhrnu srážek se blíží měsíce květen, září a listopad a srážkově podprůměrné jsou především zimní měsíce.

Podobné hodnoty vidíme i na poslední stanici, tedy ve finském **Oulu**. Srážkově nadprůměrné jsou letní a některé podzimní měsíce, podprůměrné poté měsíce zimní. Průběh pluviometrického koeficientu je dobře viditelný především z grafu (Obr. 1). Z něho můžeme vyčíst, že stanice Coimbra odpovídá oceánskému klimatu a stanice Ovruch a Oulu klimatu kontinentálnímu a to vzhledem k tomu, že průběh pluviometrického koeficientu mají velmi podobný.

Tab. 3 – Hodnoty pluviometrického koeficientu pro dané stanice v letech 1961 – 1990.

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Coimbra	1,63	1,64	1,04	1,08	0,92	0,60	0,18	0,15	0,56	1,15	1,51	1,53
Ovruch	0,75	0,66	0,64	0,84	0,97	1,52	1,80	1,33	0,97	0,73	0,94	0,86
Oulu	0,72	0,58	0,64	0,53	0,83	1,19	1,58	1,80	1,33	1,16	0,86	0,78

Příklad výpočtu pro stanici Oulu za měsíc leden: $K_p = \frac{26}{\frac{433}{12}}$



Obr. 1 – Průběh pluviometrického koeficientu pro dané stanice v letech 1961 – 1990.

Index termické kontinentality

Pro další určování kontinentality či oceanity klimatu se využívá index termické kontinentality. Tento index byl vypočítán podle vzorce Gorczyńského a počítá se v něm s průměrnou roční amplitudou teploty a také se zeměpisnou šířkou (Tab. 4). Tyto hodnoty se dosazují do tohoto vzorce:

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

K.....Index termické kontinentality [%]

φZeměpisná šířka

A.....Průměrná roční amplituda teploty [°C]

Pro určování kontinentality či oceanity dle tohoto vzorce platí, že čím vyšší hodnota indexu vyjde, tím silnější je na dané stanici kontinentální klima. Maximální hodnoty dosahuje okolo 40%, což značí silnou kontinentalitu. Co se týče hodnot indexu termické kontinentality u zkoumaných stanic (Tab. 5), tak ty zatím potvrzují domněnky získané z výsledků pluviometrického koeficientu. Stanice **Coimbra** má hodnotu tohoto indexu pouze 10,68 %, tedy hodnotu ukazující spíše na oceanické klima. Průměrná roční teplotní amplituda u této stanice je pouze 11,8 °C, což také sedí na klima oceánské. U stanice **Ovruch** hodnota indexu termické kontinentality dosahuje 32,52 %, tedy ukazuje na klima kontinentální. Průměrná roční teplotní amplituda je zde 24,3 °C. U poslední stanice v **Oulu** vyšla hodnota indexu velmi podobná té v Ovruchu – 30,46 %, a tedy také napovídá kontinentalitě. Průměrná roční teplotní amplituda zde dosahuje 27,1°C, což je nejvyšší hodnota ze všech tří stanic a takto vysoká teplotní amplituda taktéž ukazuje na kontinentalitu.



Tab. 4 – Zeměpisné šířky [°] na daných stanicích.

Stanice	Zeměpisná šířka
Coimbra	40° 12' s. š.
Ovruch	51° 19' s. š.
Oulu	64° 56' s. š.

Tab. 5 – Index termické kontinentality na daných stanicích v letech 1961 – 1990.

Stanice	K [%]
Coimbra	10,68
Ovruch	32,52
Oulu	30,46

Výpočet indexu termické kontinentality pro zkoumané stanice:

Coimbra

$$K = \frac{1,7}{\sin(40,20^\circ)} (11,8 - 12 * \sin(40,20^\circ)) = 10,68 \%$$

Ovruch

$$K = \frac{1,7}{\sin(51,32^\circ)} (24,3 - 12 * \sin(51,32^\circ)) = 32,52 \%$$

Oulu

$$K = \frac{1,7}{\sin(64,93^\circ)} (27,1 - 12 * \sin(64,93^\circ)) = 30,46 \%$$

Index ombrické kontinentality

Další metodou pro stanovení kontinentality či oceanity se využívá index ombrické kontinentality. Tento index byl stanoven podle vzorce Hruďičky a od indexu termické kontinentality se liší tím, že kontinentalitu a oceanitu určuje dle úhrnů srážek na daných stanicích. Vzorec pro výpočet indexu ombrické kontinentality vypadá takto:

$$k = \frac{12(1-35)}{\sqrt{s_z}}, \text{ kde}$$

kOmbrická kontinentalita [%]

lsrážky teplého pololetí (IV-IX) v % ročního úhrnu

s_zabsolutní množství srážek chladného pololetí (X-III) [mm]

Vztah pro l je následující:

$$l = \frac{\sum_{IV}^X s}{s_r} 100\%, \text{ kde}$$

s_rroční úhrn srážek [mm]

a pro s_z poté platí:

$$s_z = \sum_X^{III} S$$

U tohoto indexu znovu platí, že čím vyšší nám vyjde jeho hodnota, tím je na dané stanici silnější kontinentalita. U výsledků (Tab. 6) se nám znovu pouze potvrdily výsledky z předešlých metod. Na stanici **Coimbra** vyšel index dokonce záporný (-2,64%), což značí silné oceanické klima. Oceanitu klimatu ukazuje i fakt, že úhrn srážek za chladné pololetí je vyšší, než na zbývajících stanicích za celý rok (719 mm). U dalších dvou stanic je index ombrické kontinentality poměrně vysoký. V případě **Ovruchu** je tomu 20,69% a v **Oulu** dokonce 23,41 %. Co se týče srážek za chladné pololetí, tak zde jsou v obou případech nízké úhrny (244 a 171 mm).

Tab. 6 – Index ombrické kontinentality [%], srážky teplého pololetí [v % ročního úhrnu] a suma úhrnu srážek za chladné pololetí [mm] na daných stanicích v letech 1961 – 1990.

Stanice	s_z [mm]	I [%]	K [%]
Coimbra	719	29,09	-2,64
Ovruch	244	61,93	20,69
Oulu	171	60,51	23,41

Výpočet indexu ombrické kontinentality na příkladu stanice Coimbra:

$$l = \frac{91+78+51+15+13+47}{1014} 100 = 29,09 \%$$

$$s_z = 97 + 128 + 129 + 138 + 139 + 88 = 719 \text{ mm}$$

$$k = \frac{12(29,09-35)}{\sqrt{719}} = -2,64 \%$$

Doba polovičních srážek

Pro určení kontinentality či oceanity se používá také doba polovičních srážek neboli srážkový poločas. Jedná se o čas vyjádřený v měsících, za který spadne právě polovina ročního úhrnu srážek. Výpočet se provádí od 1. dubna a platí, že čím delší doba značí srážkový poločas, tím je klima více oceanické (u silně kontinentálního podnebí jsou to zhruba 3 měsíce, u silně oceánického přesahuje srážkový poločas dobu 7 měsíců).

Coimbra

U této stanice je výpočet srážkového poločasu následující: roční úhrn srážek zde je 1014 mm, tudíž polovina je 507 mm. Sečteme srážkové úhrny za měsíce duben-říjen a část listopadu [91+78+51+15+13+47+97+115 (90% úhrnu srážek za listopad)=507]. Doba polovičních srážek na stanici Coimbra je tedy **7,9 měsíců**, což značí silnou oceanitu klimatu.

Ovruch

Pro stanici Ovruch dobu polovičních srážek spočítáme takto: roční úhrn je 641 mm, polovina 320,5 mm. Sečteme tedy srážkové úhrny za měsíce duben-červenec a část srpna [45+52+81+96+46,5 (70% úhrnu srážek za srpen)=320,5]. Srážkový poločas v Ovruchu je **4,7 měsíců**, což spíše poukazuje na kontinentální klima a znovu nám to potvrzuje výsledky dosažené předešlými metodami.

Oulu

Na poslední stanici, ve finském Oulu, vypadá výpočet následovně: roční úhrn srážek je tady 433 mm, polovina je 216,5 mm. Sečteme srážkové úhrny za měsíce duben-srpen a část září [19+30+43+57+65+2,5 (5% úhrnu srážek v září)=216,5]. Doba polovičních srážek činí tak **5,05 měsíců**, což je také spíše výsledek, který odráží kontinentální klima, i když už ne tak přesvědčivě.

Poloha těžiště srážek

Další a také poslední metodou, kterou budeme zjišťovat kontinentalitu či oceanitu klimatu na dané stanici je poloha těžiště srážek. V této metodě se znovu počítá s úhrny srážek na jednotlivých stanicích a také se dvěma konstantami. Výsledkem budou souřadnice bodů x a y (Tab. 7), podle kterých se každá ze stanic umístí do jednoho ze čtyř kvadrantů, které reprezentují kontinentalitu či oceanitu klimatu. Hodnoty srážkových úhrnů budeme dosazovat do následujícího vzorce:

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

I, II...XII.....úhrny srážek jednotlivých měsíců

S.....roční úhrn srážek

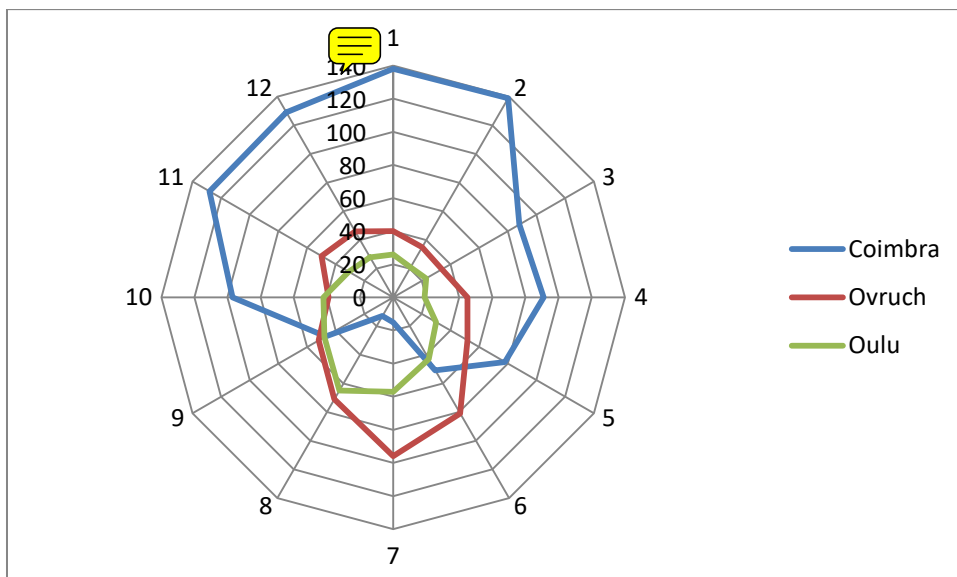
Výpočet polohy těžiště srážek pro stanici Coimbra:

$$x = \frac{0,5(139+51-13-129)+0,866(88+78-47-128)+91-97}{1014} = 0,01$$

$$y = \frac{0,5(88-78-47+128)+0,866(139-51-13+129)+138-15}{1014} = 0,34$$

Z paprskového grafu rozložení úhrnu srážek na daných stanicích během roku (Obr. 2) můžeme vidět, že na stanici **Coimbra** většina srážek spadne v zimních měsících (listopad – únor) a v letních měsících (červenec a srpen) neprší téměř vůbec. Na stanici **Ovruch** naopak prší spíše v letních měsících a to samé můžeme říci i o stanici v **Oulu**. Z grafu je také patrné, že roční úhrny srážek v Ovruchu a Oulu jsou značně menší než v portugalské Coimbře.

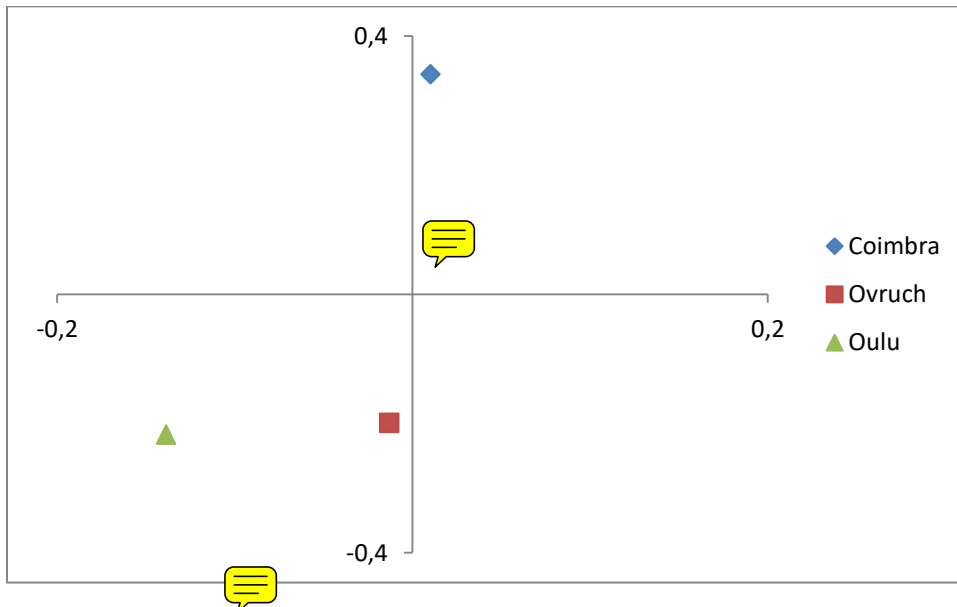
Dále můžeme pozorovat samotnou polohu těžiště srážek (Obr. 3), kde máme stanice rozděleny do příslušných kvadrantů. Stanice **Coimbra** leží v prvním kvadrantu, který značí buď klima vysokohorské, nebo středomořské. V tomto případě to bude klima středomořské, jelikož tato stanice, jak již bylo zmíněno, leží na portugalském pobřeží a v malé nadmořské výšce. Stanice **Ovruch** nalezneme ve třetím kvadrantu, který reprezentuje klima přechodné a kontinentální. V tomto kvadrantu se nachází také poslední stanice – **Oulu**, což nám potvrzuje výsledky z předešlých metod.



Obr. 2 – Rozložení ročního chodu úhrnů srážek na daných stanicích v letech 1961 – 1990.

Tab. 7 – Souřadnice polohy těžiště srážek zkoumaných stanic v letech 1961 – 1990.

Stanice	x	y
Coimbra	0,01	0,34
Ovruch	-0,01	-0,20
Oulu	-0,14	-0,22



Obr. 3 – Poloha těžiště srážek na daných stanicích v letech 1961 – 1990.

Závěr:

Ke zjištění typu klimatu jsme v tomto cvičení využili celkem pěti metod. Nejprve jím byl **pluviometrický koeficient**, který nám udává, jaká je srážková vydatnost v každém z měsíců. Pokud jsou srážkově vydatné zimní měsíce, znamená to, že stanice je spíše oceánického typu klimatu, pokud měsíce letní, tak kontinentálního. Dalším metodou byl **Index termické kontinentality**. Ten pracuje s teplotou na stanicích, konkrétně s průměrnou roční amplitudou teploty. Čím vyšší index vyjde, tím je stanice více s kontinentálním typem klimatu. U silné kontinentality jsou maxima kolem 40 %, u silné oceanity může výsledek vyjít i záporně. U **Indexu ombrické kontinentality** se už počítá znovu s úhrny srážek na daných stanicích. Interpretace výsledků jsou stejné jako u indexu termické kontinentality – čím vyšší číslo, tím má daná stanice více kontinentální klima. **Srážkový poločas** nám udával, kdy na stanici spadne od 1. dubna polovina ročního úhrnu srážek. U stanice s oceánickým klimatem to je více měsíců, jelikož ty mají největší úhrny srážek v zimních měsících, u stanic s kontinentálním klimatem je to opačně. Poslední metodou byla **Poloha těžiště srážek**. Zde

jsme pomocí zadaného vzorce vypočítali souřadnice x a y pro každou stanici, a tyto souřadnice nám následně umístily dané stanice do kvadrantů, z nichž každý reprezentuje jiný typ klimatu. Tyto metody jsou shrnuty v následující tabulce (Tab. 8)

Tab. 8 – Shrnutí vypočítaných hodnot pro dané stanice v letech 1961 – 1990.

Stanice	Index termické kontinentality	Index ombrické kontinentality	Doba polovičních srážek	Poloha těžiště srážek	Klima
Coimbra	10,68%	-2,64%	7,90 měsíců	I. kvadrant	oceánické
Ovruch	32,52%	20,69%	4,70 měsíců	III. kvadrant	kontinentální
Oulu	30,46%	23,41%	5,05 měsíců	III. Kvadrant	kontinentální

Coimbra

Na této stanici všechny hodnoty použitých metod vypovídaly o stejném výsledku. Pluviometrický koeficient byl nejvyšší v únoru (1,64) a nejnižší v srpnu (0,15). Index termické kontinentality byl velmi nízký (10,68 %) a Index ombrické kontinentality vyšel dokonce záporně (-2,64 %). Doba polovičních srážek činila necelých 8 měsíců, což je velmi vysoká hodnota a souřadnice x a y nám stanici zařadily do kvadrantu vypovídajícím o středomořském klimatu. Tyto všechny charakteristiky nikoho nenechají na pochybách, že se jedná o stanici s **oceánickým** typem klimatu

Ovruch

Na stanici v Ovruchu bylo všechno naopak. Pluviometrický koeficient dosahoval maxima v červenci (1,80) a minima v březnu (0,64 %). Index termické kontinentality byl velmi vysoký (32,52 %) a ombrické 20,69 %. Srážkový poločas byl necelých 5 měsíců a stanice se nacházela ve třetím kvadrantu, tedy kvadrantu reprezentujícího kontinentální klima. Závěr je tedy zřejmý. Tato stanice má jednoznačně rysy **kontinentálního klimatu**.

Oulu

U této stanice nebylo na první pohled nic jistého. Město Oulu totiž leží na pobřeží Botnického zálivu, nicméně ve velmi vysokých zeměpisných šířkách. Avšak výsledky metod byly, dá se říci, přesvědčivé. U pluviometrického koeficientu bylo maximum v srpnu (1,80) a minimum v dubnu (0,53). Index termické i ombrické kontinentality byl vysoký – 30,46 % a

23,41 %. Srážkový poločas byl podobný jako na stanici v Ovruchu (5 měsíců) a taktéž se tato stanice ocitla ve třetím kvadrantu. Ze zjištěných charakteristik můžeme tvrdit, že se jedná o stanici s **kontinentálním** typem klimatu.

Zdroje:

WMO (1996): Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s. (cit. 9. 10. 2018)

IS.MUNI: Studijní materiály předmětu Z0076 Meteorologie a klimatologie.

https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/cviceni/cviceni_1/ (cit. 9. 10. 2018)