

Jana GRUNOVÁ, 474563

2.ročník, B-GK KART

Brno, 26.9.2018

METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

Klimatologické indexy

ZADÁNÍ

Pro zadané stanice ze světa popište polohu a vypište roční chod teploty vzduchu a srážek a početně či graficky zpracujte 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 jsem zpracovávala pro tyto klimatologické stanice:

- Saentis
- Khmelnytskyi
- Lappeenranta

Stanice se nachází ve třech evropských státech v odlišných nadmořských výškách. Saentis je stanice ve Švýcarsku pojmenovaná podle hory na níž se nachází a její nadmořská výška je 2504 m n.m., a je také nejvýše položenou stanicí, se kterou pracuji. Druhá stanice Khmelnytskyi je pojmenovaná podle stejnojmenného města v západní Ukrajině a poslední stanice má název podle města Lappeenranta na břehu jezera Saimaa v jihovýchodním Finsku.

V Tab.1 a Tab.2 jsou uvedeny průměrné měsíční teploty a množství srážek ve vybraných stanicích. Podle těchto hodnot můžeme odhadnout, zda má klima těchto oblastí kontinentální nebo oceánický charakter. Kontinentální charakter má spíše stanice Khmelnytskyi. Napovídají tomu teploty v průběhu roku a teplotní amplituda mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem, která je 23,5 °C. Odpovídá tomu také množství srážek, které je nejvyšší v letních měsících. Důkazem může také být vnitrozemní poloha v rámci Evropy. Podobně je na tom také stanice Lappeenranta, jejíž teplotní amplituda je nejvyšší, a to 26,1 °C a srážky jsou nejvyšší v létě. Podle polohy ve Finsku bych této stanici přisuzovala spíše oceánický charakter, ale první zjištění napovídají spíše o opaku.

U poslední stanice Saentis bych podle polohy ve Švýcarsku odhadovala, že bude mít spíše kontinentální charakter, ale jelikož se jedná o horu s nadmořskou výškou 2504 m n.m. bude mít spíše oceánický charakter. Vzduch zde musí vystoupat do výšky, aby překonal překážku, ochladí se a vypadnou z něj srážky. Tuto domněnku potvrzují průměrné teploty, u nichž je teplotní amplituda ze všech nejnižší, a to 13,4 °C a množství srážek je nejvyšší v podzimních a zimních měsících.

K přesnějšimu hodnocení ročního rozdělení srážek slouží tzv. pluviometrický koeficient, jehož hodnoty jsou shrnuty v Tab.3.

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

Stanice	Měsíc						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Saentis (CH)	-8,3	-8,3	-7,1	-4,5	-0,5	2,8	5,1
Khmelnyskyi (UA)	-5,5	-4,0	0,4	7,8	13,9	16,8	18,0
Lappeenranta (FIN)	-9,4	-8,8	-3,8	2,3	9,8	14,8	16,7
Stanice	Měsíc						Rok
	VIII	IX	X	XI	XII		
Saentis (CH)	5,0	3,6	1,0	-4,0	-6,5	-1,8	
Khmelnyskyi (UA)	17,4	13,2	7,6	2,0	-2,6	5,4	
Lappeenranta (FIN)	14,8	9,5	4,2	-1,2	-6,2	3,6	

Zdroj: WMO, 1996

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

Stanice	Měsíc						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Saentis (CH)	229	201	209	249	235	293	315
Khmelnyskyi (UA)	38	40	32	48	64	105	107
Lappeenranta (FIN)	37	29	33	31	31	50	67
Stanice	Měsíc						Rok
	VIII	IX	X	XI	XII		
Saentis (CH)	333	211	171	211	246	2903	
Khmelnyskyi (UA)	69	51	30	42	43	669	
Lappeenranta (FIN)	82	71	64	58	50	603	

Zdroj: WMO, 1996

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. Lze ho použít k posouzení srážkové vydatnosti jednotlivých měsíců při hodnocení ročního rozdělení srážek. Když je hodnota srážek větší než jedna, je měsíc srážkově nadprůměrný, a naopak hodnota menší než jedna znamená podprůměrný měsíc. Rozlišuje nadprůměrně a podprůměrně srážkově vydatný měsíc a vychází ze vztahu:

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{1}{12} R}, \text{ kde}$$

K_ppluviometrický koeficient

r_iměsíční úhrn srážek i-tého měsíce v roce [mm]

Rroční úhrn srážek [mm]

U vypočítaných hodnot v Tab.3 můžeme vidět, že je rozdíl mezi stanicemi Khmelnytskyi a Lappeenranta, u nichž první zjištění napovědělo, že mají spíše kontinentální charakter. Podle pluviometrického koeficientu vyšlo, že mají srážkově nadprůměrné měsíce v letním období a podprůměrné měsíce po zbytek roku, což by odpovídalo kontinentálnímu charakteru, ale stanice Lappeenranta má srážkově nadprůměrné měsíce i v podzimním období a prosinci. Toto by mohlo být způsobeno polohou v rámci Finska, tedy blízkostí velkých jezer a Baltského moře a vlivu oceánického charakteru klimatu.

Stanice Saentis má po výpočtu pluviometrického koeficientu více rozkolísaný úhrn srážek, což je způsobeno právě polohou stanice na vrcholu pohoří a místním reliéfem. Proudící vzduch zde musí vystoupat do výše, aby překonal překážku, ochladí se a po dosažení hladiny kondenzace z něj vypadávají srážky. Srážkově nadprůměrné měsíce jsou u této stanice v dubnu, letním období a prosinci, zbytek měsíců je srážkově podprůměrných.

V grafu na Obr.1 jsou vyneseny hodnoty pluviometrického koeficientu, které zobrazují již popsané skutečnosti. Je zde patrné, že u stanice Khmelnytskyi jsou srážkově nadprůměrné měsíce v letním období. U stanice Lappeenranta vidíme prudký nárůst množství srážek od května do srpna, kdy dosahují největšího množství, které se poté pomalu snižuje, ale stále se jedná o srážkově nadprůměrné měsíce. Rozkolísanost srážek stanice Saentis je zde také dobře patrná. Od ledna do května se vývoj srážek podobá stanici Lappeenranta. Poté dochází k pomalému nárůstu srážek, podobně jako u Lappeenranta. Maximum srážek vypadne v srpnu. Vývoj srážek od srpna do prosince se naopak podobá stanici Khmelnytskyi, s tím rozdílem, že prosinec je pro stanici Saentis srážkově nadprůměrný.

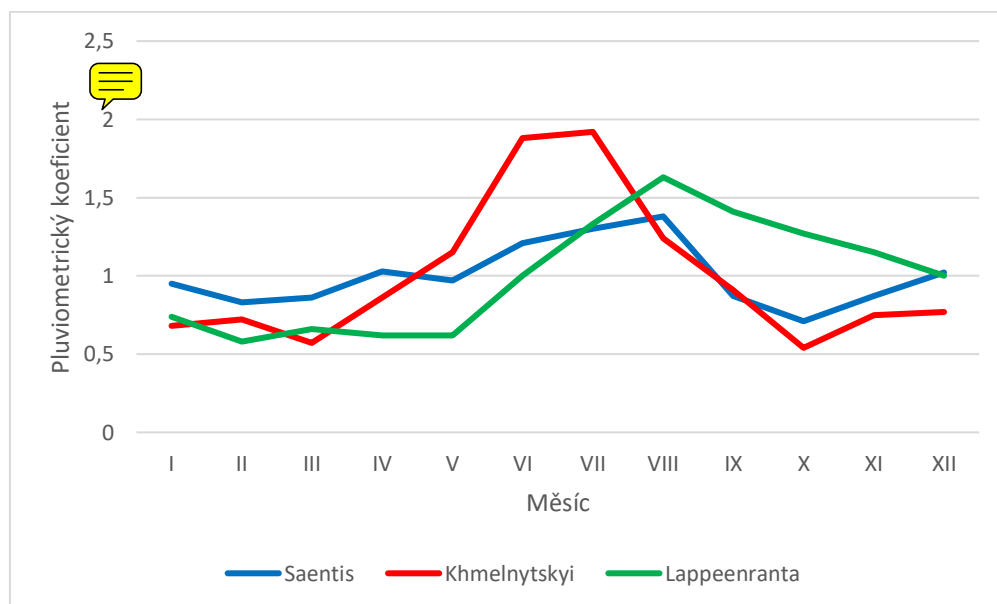
Tab.3 Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961–1990

Stanice	Měsíc						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Saentis	0,95	0,83	0,86	1,03	0,97	1,21	1,30
Khmelnyskiyi	0,68	0,72	0,57	0,86	1,15	1,88	1,92
Lappeenranta	0,74	0,58	0,66	0,62	0,62	1,00	1,33
Stanice	Měsíc					Rok	
	VIII	IX	X	XI	XII		
Saentis	1,38	0,87	0,71	0,87	1,02	2903	
Khmelnyskiyi	1,24	0,91	0,54	0,75	0,77	669	
Lappeenranta	1,63	1,41	1,27	1,15	1,00	603	

(Zdroj: WMO, 1996, vlastní výpočet)

Příklad výpočtu pro měsíc leden stanice Saentis:

$$K_p = \frac{r_i}{R} = \frac{229}{\frac{2903}{12}} = 0,95$$



Obr.1: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961–1990

Zdroj: WMO, 1996, vlastní výpočet a zpracování

2. INDEX TERMICKÉ KONTINENTALITY

Pro určení kontinentality nebo oceanity se kromě ročního rozložení srážek a průměrných teplot používají indexy termické a ombrické kontinentality.

Index termické kontinentality zkoumá kontinentalitu nebo oceanitu podle Gorczyńského vzorce a počítá s průměrnou roční amplitudou teploty, tedy s rozdílem nejvyšší a nejnižší průměrné měsíční teploty. Vzorec vypadá takto:

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

K..... termická kontinentalita [%]

φ zeměpisná šířka

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

U indexu termické kontinentality platí, že čím vyšší je hodnota indexů, tím více je charakter kontinentální a naopak. Podle vypočtených hodnot v Tab.5 můžu odvodit, že stanice Khmelnytskyi a Lappeenranta mají kontinentální charakter a jejich hodnoty se blíží hranici 40 %, pro kterou platí silná kontinentalita. Naopak pro stanici Saentis mi vyšel spíše oceánický charakter nebo kontinentální přechodný typ, což potvrzuje moji domněnku o tom, že se stanice sice nachází ve vnitrozemí, kde bych očekávali kontinentální charakter, ale proudící vzduch musí vystoupat vzhůru, aby překonal překážku, ochladí se a vypadnou z něj srážky, proto má stanice spíše oceánický charakter.

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

Stanice	Zeměpisná šířka
Saentis	47° 15' s.š.
Khmelnytskyi	49° 26' s.š.
Lappeenranta	61° 05' s.š.

Tab. 5: Index termické kontinentality vybraných stanic v období let 1961–1990

Stanice	A [°C]	K
Saentis	13,4	10,62
Khmelnytskyi	23,5	32,19
Lappeenranta	26,1	30,28

Zdroj: WMO, 1996, vlastní výpočet

Příklad výpočtu pro stanici Saentis:

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} (A - 12 * \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 47^{\circ}15'} * (13,4 - 12 * \sin 47^{\circ}15') = 10,62\%$$

3. INDEX OMBRICKÉ KONTINENTALITY

Index ombrické kontinentality zkoumá kontinentalitu nebo oceanitu na základě Hruďičkova vzorce. Pracuje se srážkovými úhrny za určitá období, a to se srážkami teplého pololetí v % ročního úhrnu, s množstvím srážek chladného pololetí a ročním úhrnem srážek. Vzorec vypadá následovně:

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

k..... ombrická kontinentalita [%]

l..... srážky teplého pololetí (IV-IX) v % ročního úhrnu

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

s_r roční úhrn srážek [mm]

Vztah pro l:

$$l = \frac{\sum s(IV-IX)}{s_r} * 100 \text{ [%]}$$

Vztah pro s_z :

$$s_z = \sum s(X - III)$$

U indexu ombrické kontinentality také platí, čím vyšší hodnota indexů, tím více je kontinentální charakter a naopak. V Tab. 6 najdeme vypočítané hodnoty indexu ombrické kontinentality. Pro stanici Saentis vyšla hodnota nižší, než tomu bylo v případě indexu termické kontinentality, což potvrzuje spíše oceánický charakter stanice. Nejvyšší hodnota vyšla u stanice Khmelnytskyi, proto má tato stanice kontinentální charakter. Poslední stanice Lappeenranta má nižší hodnotu než u předchozího indexu kontinentality, a proto má spíše kontinentální přechodný typ.

Tab.6: Index ombrické kontinentality vybraných stanic v období let 1961–1990

Stanice	K [%]
Saentis	7,200
Khmelnytskyi	25,096
Lappeenranta	14,620

Příklad výpočtu pro stanici Saentis:

$$l = \frac{249+235+293+315+333+211}{2903} * 100 = 56,36\%$$

$$s_z = 171 + 211 + 246 + 229 + 201 + 209 = 1267$$

$$k = \frac{12 * (56,36 - 35)}{\sqrt{1267}} = 7,200$$

4. DOBA POLOVIČNÍCH SRÁŽEK (SRÁŽKOVÝ POLOČAS)

Doba polovičních srážek je doba v měsících, za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek a počítá se od 1.dubna. Můžeme ji použít k charakteristice ombrické kontinentality. S narůstající kontinentalitou se doba polovičních srážek zkracuje asi na tři měsíce, a naopak u oceánického klimatu se doba polovičních srážek prodlužuje a v oblastech silně oceánických přesahuje 7,0.

Výpočet pro stanici Saentis:

Roční úhrn srážek je 2903 mm, polovina z toho je 1451,5 mm. Poté se sčítají jednotlivé měsíční srážky a první měsíc, kterým se začíná je duben: 249 (duben) + 235 (květen) + 293 (červen) + 315 (červenec) + 333 (srpen) + 26,5 (13 % srážek září) = 1451,5 mm. Z toho vyplývá, že doba polovičních srážek pro stanici Saentis je 5,13 měsíce. Tento údaj vypovídá, že stanice má spíše oceánický charakter, přestože se nachází ve vnitrozemí, kde se dá očekávat kontinentální klima.

Výpočet pro stanici Khmelnytskyi:

Roční úhrn srážek je 669 mm a polovina z něj je 334,5 mm. Nyní se budou sčítat jednotlivé srážky od dubna: 48 (duben) + 64 (květen) + 105 (červen) + 107 (červenec) + 10,5 (15% srážek v srpnu) = 334,5 mm. V tomto případě je doba polovičních srážek 4,15 měsíce. Počet měsíců odpovídá spíše oceánickému klimatu, ale podle dřívějších zjištění má stanice kontinentální charakter, proto bych stanici při tomto výpočtu přisoudila přechodný kontinentální charakter.

Výpočet pro stanici Lappeenranta:

Roční úhrn srážek je 603 mm a polovinu tvoří 301,5 mm. Nyní se budou sčítat jednotlivé srážky od dubna: 31 (duben) + 31 (květen) + 50 (červen) + 67 (červenec) + 82 (srpen) + 40,5 (57 % srážek září) = 301,5 mm. U této stanice mi vyšla doba polovičních srážek 5,57 měsíce, což ukazuje na oceánický charakter klimatu. Toto zjištění je ale v rozporu s předchozími, protože u nich mi vyšel kontinentální charakter klimatu. Tato nesrovnalost může být způsobena polohou stanice, která se nachází v blízkosti velkých jezer ve Finsku a také blízkost Baltského moře.

5. POLOHA TĚŽIŠTĚ SRÁŽEK

Poloha těžiště srážek je poslední metoda prostřednictvím, které budu určovat kontinentalitu nebo oceanitu klimatu vybraných stanic. Tato metoda vychází z toho, že měsíční srážkové úhrny jsou rozloženy souměrně po obvodu kružnice o jednotkovém poloměru, kde osy prochází průměry leden-červenec a duben-říjen. Podle těchto hodnot bude stanice zařazena do jednoho ze čtyř kvadrantů. Podle kvadrantů se určí oceanita nebo kontinentalita klimatu.

Souřadnice těžiště srážek se vypočítají ze vztahů:

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

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

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

S roční úhrn srážek

Tab. 7: Souřadnice polohy těžiště srážek vybraných stanic v období let 1961–1991

Stanice	x	y
Saentis	0,018792	-0,087501
Khmelnyskyi	0,055453	-0,240781
Lappeenranta	-0,192023	-0,134988

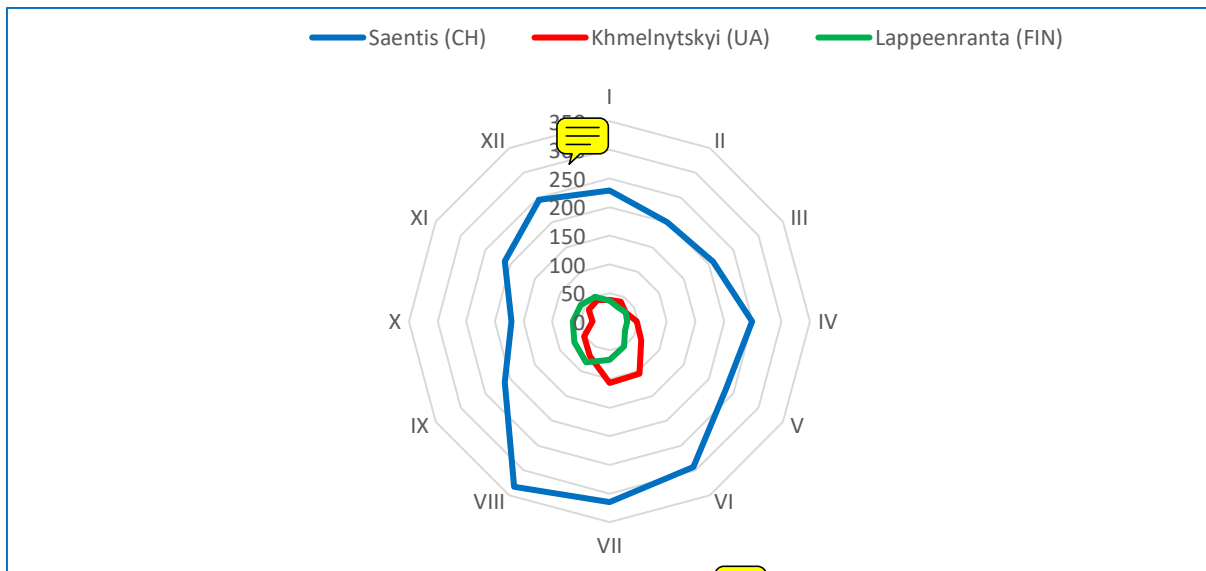
Příklad výpočtu pro stanicí Saentis:

$$x = \frac{0,5 \cdot (201 + 293 - 333 - 246) + 0,866 \cdot (209 + 235 - 211 - 211) + 249 - 171}{2903} = 0,018792$$

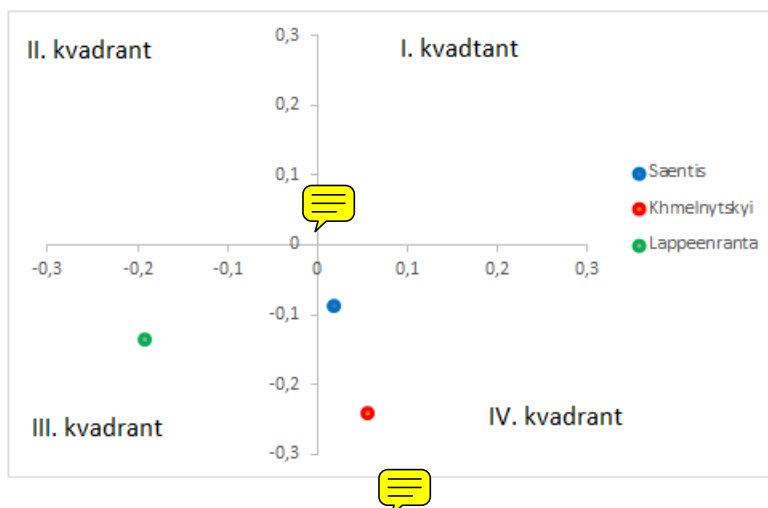
$$y = \frac{0,5 \cdot (209 - 235 - 211 + 211) + 0,866 \cdot (201 - 293 - 333 + 246) + 229 - 315}{2903} = -0,087501$$

V Obr. 2 lze vidět rozložení úhrnu srážek během roku ve vybraných stanicích. Je zde také patrný rozdíl v množství srážek mezi stanicí Saentis a stanicemi Khmelnyskyi a Lappeenranta. U stanice Saentis můžeme vidět, že srážky dosahují vysokých úhrnů nad 200 mm po celý rok kromě listopadu, ale v letním období srážky přesahují hodnotu 300 mm. Zbylé stanice takových úhrnů nedosahují. U stanice Khmelnyskyi převažují srážky v červnu a červenci a v zimním období se jedná o malé množství srážek. Stanice Lappeenranta má podle grafu srážky spíše vyrovnané s vyššími úhrny v letním období.

V Obr. 3 jsou stanice zařazeny do jednoho ze čtyř kvadrantů, přičemž tyto kvadranty charakterizují jiný typ klimatu. Umístění stanic v daných kvadrantech je dáno výpočtem souřadnic x a y. V I. kvadrantu by byly stanice, které se nachází ve vysokých horách nebo v oblastech středomořského klimatu, ale v mém případě sem žádná stanice nepatří. Ve II. kvadrantu by se nacházely stanice s oceánickým typem ročního chodu. Do III. kvadrantu náleží finská stanice Lappeenranta a jedná se o stanici s kontinentálním a přechodným typem. Poslední kvadrant je charakterizován teplým kontinentálním typem klimatu a náleží do něj ukrajinská stanice Khmelnyskyi a švýcarská stanice Saentis.



Obr. 2: Rozložení úhrnu srážek během roku ve vybraných stanicích



Obr. 3: Poloha těžiště srážek vybraných stanic

ZÁVĚR

Pro vybrané stanice jsem pomocí čtyř charakteristik zjišťovala, jaké klima u nich převažuje. Využila jsem k tomu údaje o průměrné měsíční teplotě a průměrné měsíční množství srážek jednotlivých stanic za období let 1961–1990.

První stanicí byla stanice Saentis ve Švýcarsku. Přiřazení klimatické charakteristiky bylo složitější, protože se jedná o horskou stanici, která je ovlivněna tím, že zde vzduch musí vystoupat, aby překonal horskou překážku, při výstupu se ochladí a po dosažení hladiny kondenzace z něj vypadnou srážky a při výpočtech se z tohoto důvodu výsledky lišily. Podle pluviometrického koeficientu mi vyšlo, že stanice má z hlediska srážek nadprůměrné letní období a měsíce duben a prosinec, což by odpovídalo kontinentálnímu klimatu. Po výpočtech indexů termické a ombrické kontinentality vycházelo pro Saentis spíše oceánické klima, z toho index ombrické kontinentality na to odkazuje více než první index. Oceánické klima stanic

přisuzoval i výpočet doby polovičních srážek. Naopak výpočet polohy těžiště srážek a následné umístění ve IV. kvadrantu odpovídají teplému kontinentálnímu klimatu. Pro stanici Saentis nelze jednoznačně určit odpovídající klima, protože je ovlivněno hlavně nadmořskou výškou.

Druhá stanice Khmelnytskyi se nachází na Ukrajině, kde by se dalo očekávat kontinentální klima, dokazuje to i teplotní amplituda 23,5 °C (Tab. 1) a rozložení srážek během roku s převahou v letních měsících (Tab. 2). Podle pluviometrického indexu také vyšlo kontinentální klima, protože srážkově nadprůměrné měsíce jsou v letním období. Kontinentálnímu klimatu napovídají také výpočty indexů termické a ombrické kontinentality. Počet měsíců po výpočtu doby polovičních srážek se spíše blížil přechodnému kontinentálnímu typu. Určení polohy těžiště srážek a umístění stanice ve IV. kvadrantu jednoznačně určili kontinentální klima.

Třetí stanice Lappeenranta se nachází ve Finsku. Určení klimatu u stanice také nebylo jednoduché. Podle srážkově nadprůměrných měsíců v letním a podzimním období a prosinci bylo klima spíše oceánické. Index termické kontinentality naopak ukazoval na kontinentální klima, stejně jako u stanice Khmelnytskyi. Index ombrické kontinentality byl o polovinu nižší než index termický a vypovídal spíše o kontinentálním přechodném typu. Naopak u výpočtu doby polovičních srážek vyšla nejvyšší hodnota, která ukazuje na oceánické klima. Po výpočtu polohy těžiště srážek a umístění ve III. kvadrantu vyšel kontinentální přechodný typ, který je pro stanici charakteristický. Tento typ klimatu se dal očekávat vzhledem k poloze stanice a blízkosti velkých jezer a Baltského moře.

Tab. 8 Výsledky výpočtu indexů kontinentality

Stanice	Pluviometrický koeficient	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]
Saentis	Nadprůměrné letní období	10,62	7,200
Khmelnytskyi	Nadprůměrné letní období	32,19	25,096
Lappeenranta	Nadprůměrné letní období	30,28	14,620
Stanice	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální / oceánické
Saentis	5,13	IV. kvadrant	Kontinentální
Khmelnytskyi	4,15	IV. kvadrant	Kontinentální
Lappeenranta	5,57	III. kvadrant	Kontinentální přechodný typ

ZDROJE

IS.MUNI: Studijní materiály předmětu Z0076 Meteorologie a klimatologie
https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2018/Z0076/cviceni/cviceni_1/ [online] (citované 26.9.2018)

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