



Martin Hvězda

422983

2. Ročník, B-GK-GEOG

Brno, 17. 9. 2014

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 jsme zpracovávali pro tyto klimatologické stanice:

- Aberdeen/Dyce (Velká Británie)
- Gorki (Bělorusko)
- Saentis (Švýcarsko)

Tyto se nachází v různých nadmořských výškách, což je jedním z faktorů ovlivňující místní klimatické podmínky. Nejnižše položenou stanicí najdeme v Aberdeenu, přesněji v jeho části Dyce, která leží v nadmořské výšce 65 m n. m.. Ve výšce 177 m n. m. se nachází běloruská stanice Gorki a nejvýše položenou je horská stanice Saentis ve Švýcarsku. Hodnoty průměrných měsíčních teplot a průměrného měsíčního množství srážek ve vybraných stanicích jsou uvedeny v Tab. 1. a Tab. 2.. Podle těchto hodnot, již lze odhadovat, zda má zdejší klima charakter spíše kontinentální, resp. oceánický. Stanice Aberdeen/Dyce svoji polohou na pobřeží predikuje oceánický charakter, na což poukazují i hodnoty průměrných měsíčních teplot, z nichž je patrná menší teplotní amplituda (11,1 °C) mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem v roce, zvláště v porovnání s dalšími stanicemi. Dalším důkazem je roční rozložení srážek, tedy větší vydatnost v podzimním a zimním období.

Opačným případem je pak stanice Gorki v Bělorusku, kde můžeme pozorovat teplotní amplitudu výrazně větší (o 11,3°C => amplituda 22,4°C), což svědčí o kontinentálním klimatu, stejně jako roční rozložení srážek, kdy jsou nejvydatnější měsíce v letním období.

Poslední hodnoty průměrných měsíčních teplot poukazují na horskou stanici, jelikož teplota v nejteplejším měsíci dosahuje hodnoty pouhých 5,1°C. Podstatně větší než v předchozích případech je průměrné měsíční množství srážek, což je způsobeno nuceným výstupem vzduchu a s tím spojeným adiabatickým ochlazováním vzduchu. Pro další hodnocení množství srážek a jeho ročního rozložení slouží tzv. pluviometrický koeficient, jehož hodnoty pro jednotlivé stanice jsou uvedeny 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	VIII	IX	X	XI	XII
Aberdeen/Dyce (GB)	2,7	2,9	4,5	6,3	9,0	12,1	13,8	13,6	11,7	9,0	5,0	3,5
Gorki (BY)	-5,2	-4,3	-0,2	6,4	12,7	16,0	17,2	16,5	12,2	7,1	2,0	-2,5
Saentis (CH)	-8,3	-8,3	-7,1	-4,5	-0,5	2,8	5,1	5,0	3,6	1,0	-4,0	-6,5

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

Tab. 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
Aberdeen/Dyce (GB)	82	51	58	53	59	53	60	75	68	77	75	73
Gorki (BY)	36	28	34	39	57	65	77	61	50	42	48	44
Saentis (CH)	229	201	209	249	235	293	315	333	211	171	211	246

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

1. PLUVIOMETRICKÝ KOEFICIENT

Pluviometrický koeficient hodnotí vydatnost srážek v určitém měsíci při předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během celého roku. Jde o poměr skutečného množství srážek a množství, jež předpokládá, že v každém měsíci spadne stejný díl celoročního srážkového úhrnu. Vzorcem lze tento podíl vyjádřit takto:

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

k_i Pluviometrický koeficient

r_i Měsíční srážkový úhrn i -tého měsíce

R Roční srážkový úhrn

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

$$R = \sum_I^{XII} r_i$$

Z vypočítaných hodnot je patrný rozdíl zejména mezi stanicemi Aberdeen/Dyce a Gorki. Tato odchylka je vyjádřena rozdílným rozložením srážek během roku, kdy jsou v první zmiňované stanici srážkově nadprůměrné měsíce především v podzimním a zimním období, konkrétně od srpna do ledna. Další měsíce jsou srážkově podprůměrné.

Opačná situace nastává v běloruském Gorki, kdy se hlavní těžiště srážek přesouvá do letního období, nadprůměrné množství srážek tedy vypadne od května do září.

Oproti předchozím případům je v posledním, z alpské stanice Saentis, srážkový úhrn během roku více rozkolísaný, což způsobuje charakter místního reliéfu. Tento způsobuje překážku proudícímu vzduchu, čímž ho nutí k výstupu, tudíž se ochlazuje a po dosažení hladiny kondenzace z něj vypadávají srážky, jež jsou v něm obsaženy. Tento jev zde může probíhat vzhledem k převažujícímu severozápadnímu proudění v Evropě a umístění stanice na jednom z vrcholů pohoří, tudíž nejde o závětrnou stranu, kde by tento jev mohl být méně intenzivní.

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

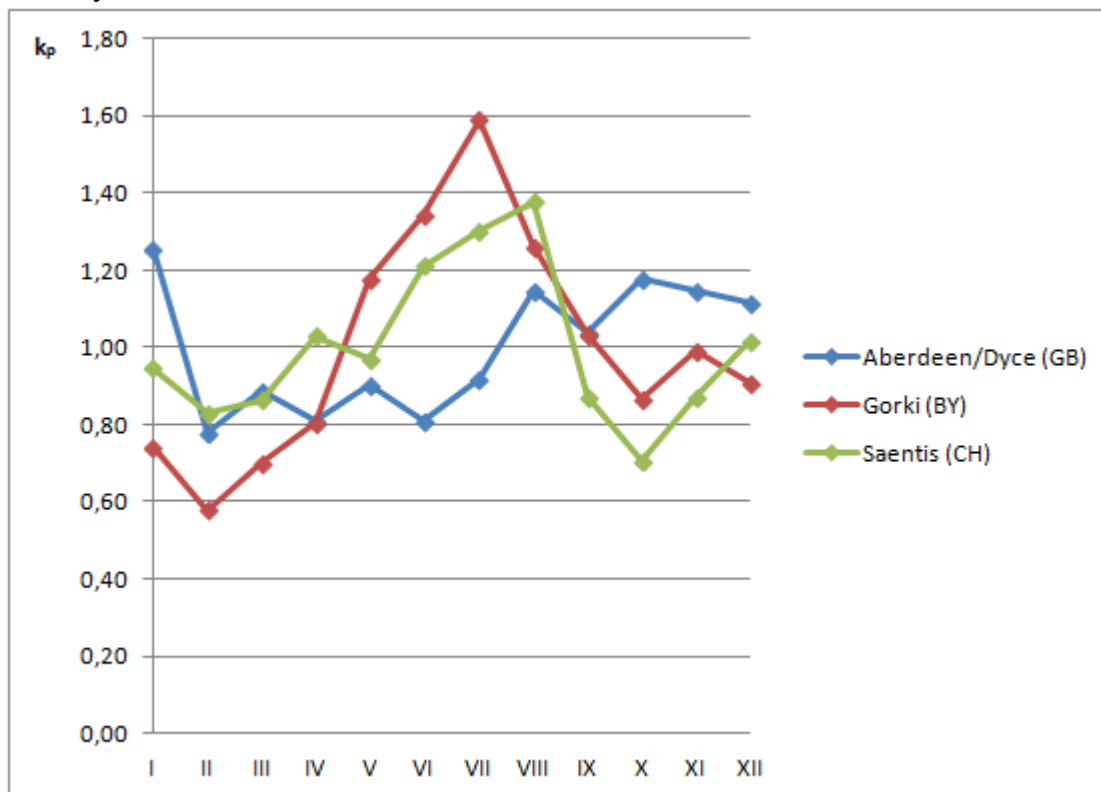
Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aberdeen/Dyce (GB)	1,26*	0,78	0,89	0,81	0,90	0,81	0,92	1,15	1,04	1,18	1,15	1,12
Gorki (BY)	0,74	0,58	0,70	0,81	1,18	1,34	1,59	1,26	1,03	0,87	0,99	0,91
Saentis (CH)	0,95	0,83	0,86	1,03	0,97	1,21	1,30	1,38	0,87	0,71	0,87	1,02

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

* Příklad výpočtu

$$k_i = \frac{r_i}{\frac{\sum_{I}^{XII} r_i}{12}} = \frac{82}{\frac{784}{12}} = \underline{\underline{1,26}}$$

V Obr. 1. je rozdíl mezi jednotlivými stanicemi znázorněn graficky a podtrhuje již zmiňované skutečnosti. Je zde však patrnější ráz ročního rozložení srážek v Saentis, jež se více podobá rozložení v Gorki. Růst intenzity srážek je však cca o měsíc opožděn a nedosahuje tak velkého relativního nárůstu množství srážek. Zřetelný je i rychlejší pokles relativních srážkových úhrnů na začátku podzimního období, který však opět v zimě narůstá v podobě sněhových srážek.



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

2. INDEX TERMICKÉ A OMBRICKÉ KONTINENTALITY

K hodnocení kontinentality, resp. oceanity klimatu však kromě ročního rozložení srážek a teplotních amplitud slouží indexy termické a ombrické kontinentality. První z nich pracuje s hodnotami průměrných měsíčních teplot, resp. s rozdílem maximální a minimální průměrné měsíční teploty v určitém období. Index byl vypočítán podle vzorce Gorczyńského, v němž se bere v úvahu i zeměpisná šířka stanice (viz Tab. 4.). Samotný vzorec pak vypadá takto:

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

K.... Index termické kontinentality [%]

A.... Průměrná roční amplituda [°C]

φ Zeměpisná šířka [°]

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

Stanice	Zeměpisná šířka
Gorki	54° 18' s. š.
Saentis	47° 15' s. š.
Aberdeen/Dyce	57° 12' s. š.

Pro výsledná procenta dále platí, že malé hodnoty odpovídají klimatu více oceánickému, kdežto naopak s rostoucí hodnotou je klima více kontinentální. V případě našich příkladů stanic se potvrzuje tvrzení, že v Aberdeenu převažuje klima oceánského typu s menšími teplotními amplitudami mezi teplou a studenou částí roku. Jedním z možných důvodů této skutečnosti je vliv geografické polohy stanice, jež se nachází na pobřeží oceánu, na rozdíl od běloruského Gorki ležícího více v kontinentálním nitru. Pro něj pak vychází výsledný index značně odlišně, tedy ukazující na významnější kontinentalitu. Výsledek pro horskou stanici Saentis kvůli menšímu teplotnímu rozdílu nemá vysokou hodnotu jako ve druhém případě, nicméně zdejší klima lze považovat za mírně kontinentální.

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

Stanice	A [°C]	K [%]
Aberdeen/Dyce	11,1	2,05
Gorki	22,4	26,49
Saentis	13,4	10,62

Výpočty indexů termické kontinentality

Aberdeen/Dyce

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} \cdot (A - 12 \cdot \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 57^\circ 12'} \cdot (11,1 - 12 \cdot \sin 57^\circ 12') = \underline{\underline{2,05\%}}$$

Gorki

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} \cdot (A - 12 \cdot \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 54^\circ 18'} \cdot (22 - 12 \cdot \sin 54^\circ 18') = \underline{\underline{26,49\%}}$$

Saentis

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

Index ombrické kontinentality pracuje zejména se srážkovými úhrny za určitá období, a to za zimní, roční a v případě letního období jde o vyjádření v procentech ročního úhrnu. Celý vztah pro výpočet podle Hrudičky je následující:

$$k = \frac{12 \cdot (l - 35)}{\sqrt{S_z}}, \text{ kde}$$

k... Index ombrické kontinentality

l... Množství srážek v teplém období (IV-IX) v procentech ročního srážkového úhrnu

s_z... Množství srážek v zimním období (X-III)

Vztah pro l má tento tvar:

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

po vyjádření s_r pak platí

$$l = \frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_I^{XII} s} \cdot 100,$$

a po dosazení a vyjádření s_z platí vztah:

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_I^{XII} s} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_{X}^{III} s}}$$

Stejně jako u indexu termické kontinentality platí, že čím je hodnota indexu vyšší, tím považujeme zdejší klima za více kontinentální. Stejně jako u předchozího indexu se nám potvrzuje kontinentalita klimatu v běloruské stanici. Zajímavá je však podobnost indexů stanic Aberdeenu a Saentis. V případě skotské stanice jde o projev již zmiňovaného oceánského charakteru klimatu, ovšem ve Švýcarsku jde o velké množství srážek během celého roku, kdy měsíční úhrn jen zřídka klesne pod 200 mm, naopak může spadnout i množství přesahující metu 300 mm. V celoročním souhrnu je to v porovnání s dalšími dvěma stanicemi cca o čtyř, resp. pěti násobný rozdíl. Jde o ovlivnění množství srážek charakterem reliéfu, kdy s rostoucí nadmořskou výškou roste zároveň i celkový srážkový úhrn, kvůli výstupu vzduchu nad hladinu kondenzace.

Tab. 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 [%]
Aberdeen/Dyce (GB)	368	784	46,939	416	7,02
Gorki (BY)	349	581	60,069	232	19,75
Saentis (CH)	1636	2903	56,355	1267	7,20

Výpočty indexů ombrické kontinentality

Aberdeen/Dyce

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum_{IV}^X s}{\sum_I^X s} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^X s}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{368}{784} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{416}} = \underline{\underline{7,024\%}}$$

Gorki

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum_{IV}^X s}{\sum_I^X s} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^X s}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{349}{581} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{232}} = \underline{\underline{19,750\%}}$$

Saentis

$$k = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{\sum_{IV}^X s}{\sum_I^X s} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^X s}} = \frac{12 \cdot \left(\left(\frac{1636}{2903} \cdot 100 \right) - 35 \right)}{\sqrt{1267}} = \underline{\underline{7,200\%}}$$

DOBA POLOVIČNÍCH SRÁŽEK

S indexem ombrické kontinentality souvisí další charakteristika pracující s množstvím srážek, a to tzv. doba polovičních srážek (srážkový poločas). Jde o dobu, vyjádřenou v měsících, za níž spadne polovina ročního srážkového úhrnu, počínaje 1. dubnem. V kontinentálním klimatu se tato doba zkracuje, naopak v oceánickém se čas požadovaného úhrnu prodlužuje.

Vycházíme tedy opět z Tab. 2., tedy průměrného měsíčního množství srážek, odkud určíme požadovanou hodnotu a následně podle vzorce

$$\sum_{III}^x s_i = s_n, \text{ kde}$$

s_i Průměrný měsíční úhrn srážek i-tého měsíce

s_n Počet celých měsíců

x Poslední celý měsíc, jehož srážkové množství přičítáme,

zjistíme počet celých měsíců a následným dopočtem získáme část měsíce, za níž spadne zbytek srážkového úhrnu potřebného k doplnění poloviny ročního množství.

V našem případě činí rozdíl mezi stanicemi v oceánickém klimatu a kontinentálním klimatu 1,43 měsíce, přičemž naplnění polovičního úhrnu v Aberdeenu dochází po 6,31 měsíce. Tato hodnota poukazuje na relativně rovnoměrnější roční rozložení srážek. V Gorki je tato hodnota nižší, resp. 4,86 měsíce, jelikož počítáme hodnoty od začínající teplé části roku, kdy v kontinentálním klimatu spadne více srážek. Mezi těmito hodnotami se pak nachází výsledek z horské stanice ve Švýcarsku, jelikož v ročním rozložení se zde vyskytuje podružné maximum v prosinci, čímž se doba naplnění prodlužuje, přestože minulé výsledky poukazují na kontinentální klima. Tím se můžeme dostávat k názoru, že zdejší kontinentalita není tak silná, tudíž půjde o oblast s klimatem přechodně kontinentálním.

Tab. 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
Aberdeen/Dyce	784	392	6,35*
Gorki	581	290,5	4,86
Saentis	2903	1451,5	5,13

* Příklad výpočtu doby polovičních srážek

Vycházíme z Tab. 2.

$$\sum_{III}^x s_i = 53 + 59 + 53 + 60 + 75 + 68 = 368 \text{ mm}$$

Z toho vyplývá, že pro doplnění chybí 24 mm z následujícího měsíce. Za předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během měsíce získáme zbývající čas takto:

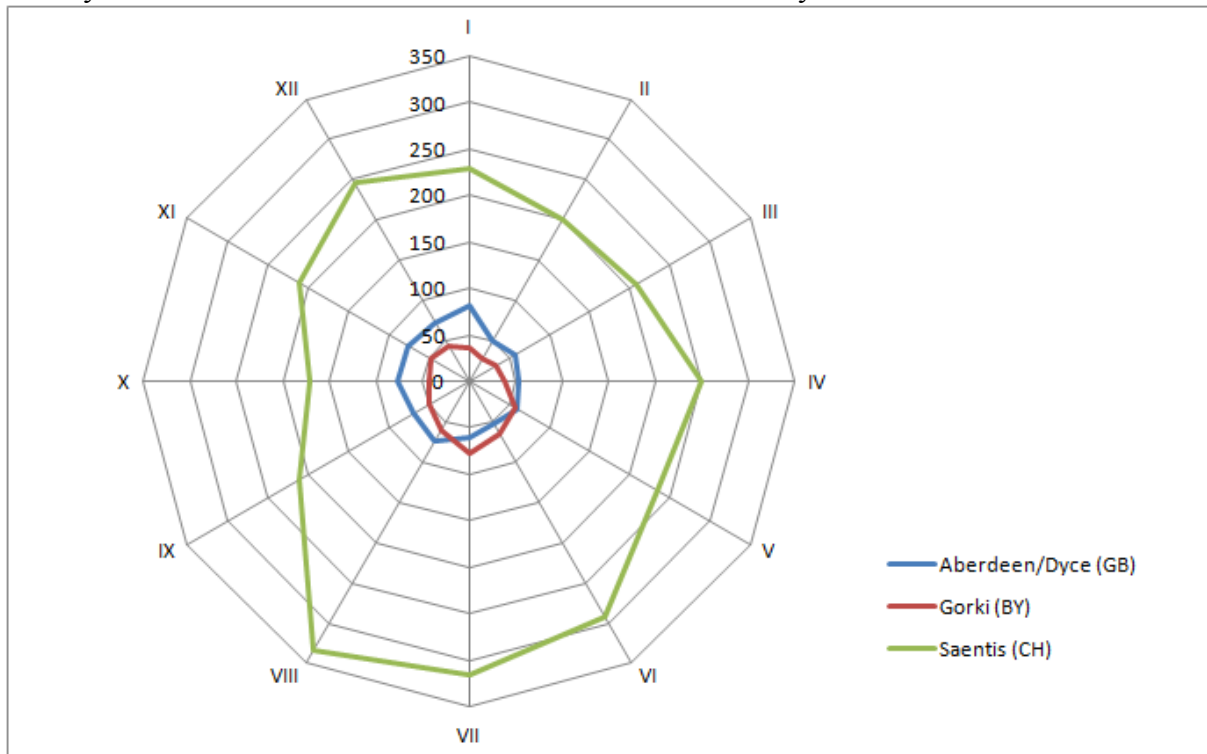
$$\frac{68}{30} = 2,267 \text{ mm} \cdot d^{-1} \text{ (30 je počet dní v měsíci),}$$

$$\frac{24}{2,267} = 10,588 d,$$

$$\frac{10,588}{30} = 0,35 \Rightarrow 6 + 0,35 = \underline{6,35 \text{ měsíců}}$$

3. POLOHA TĚŽIŠTĚ SRÁŽEK

Tuto charakteristiku spočítáme pomocí jednotlivých průměrných měsíčních úhrnů a celkového ročního úhrnu. Výsledkem jsou hodnoty kartézského souřadnicového systému, které v grafickém vyjádření poukazují na charakter klimatu stanice, a to náležitostí bodu o získaných souřadnicích v určitém kvadrantu souřadnicového systému.



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

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

Stanice	x	y
Aberdeen/Dyce (GB)	-0,08739	0,027469
Gorki (BY)*	-0,02592	-0,17257
Saentis (CH)	0,018792	-0,0875

*Výpočet souřadnic polohy těžiště srážek

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

$$x = \frac{0,5 \cdot (28 + 65 - 77 - 44) + 0,866 \cdot (34 + 57 - 50 - 48) + 39 - 42}{581}$$

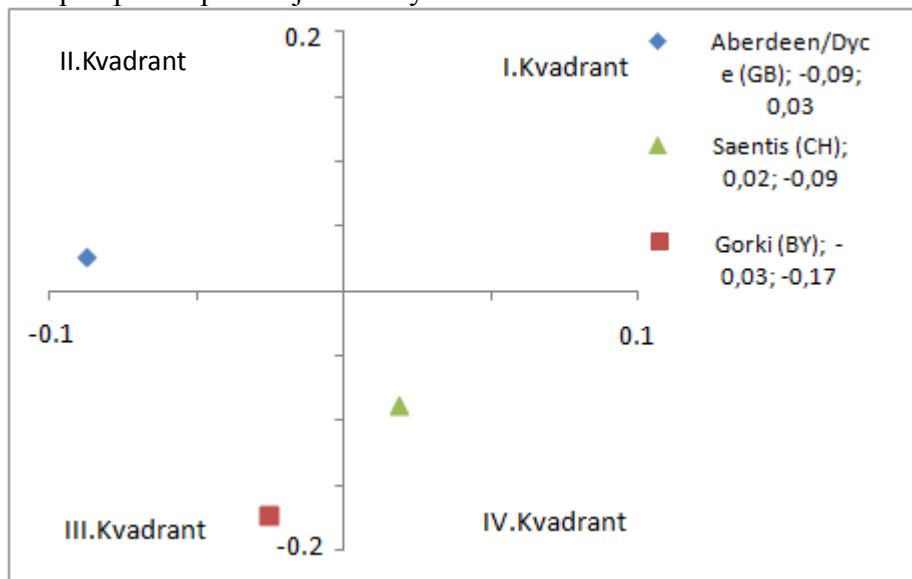
$$\underline{\underline{x = -0,02592}}$$

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

$$y = \frac{0,5 \cdot (34 - 57 - 50 + 48) + 0,866 \cdot (28 - 65 - 77 + 44) + 36 - 77}{581}$$

$$\underline{\underline{y = -0,17257}}$$

Každý kvadrant tedy charakterizuje jiný typ klimatu. V I. kvadrantu se nachází stanice jen vysokohorské a stanice středomořského klimatu, které v našem případě nebyly zpracovávány. V kvadrantu druhém se však nachází stanice oceánskému typu chodu srážek, což zahrnuje naši skotskou stanici v Aberdeenu/Dyce. Další, tedy III. kvadrant, náleží stanicím s kontinentálním a přechodným typem chodu srážek. Do této skupiny náleží i stanice Gorki. V posledním kvadrantu pak najdeme stanice s chodem srážek odpovídající teplému kontinentálnímu typu. Zde pak překvapivě najdeme švýcarskou horskou stanici Saentis.



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

Tab. 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/oceánské
Aberdeen/Dyce (GB)	54° 18' s. š.	65	2,05	7,02	6,35	II.Kvadrant	Oceánské
Gorki (BY)	47° 15' s. š.	177	26,49	19,75	4,86	III.Kvadrant	Kontinentální
Saentis (CH)	57° 12' s. š.	2502	10,62	7,20	5,13	IV.Kvadrant	Kontinentální

ZÁVĚR

Po všech výše vypočítaných a znázorněných charakteristikách bylo zjištěno, že zkoumané stanice, podle průměrných hodnot z let 1961 – 1990 leží v různých klimatických podmínkách, resp. klimatických typech. Klima ve Skotsku ležící stanice Aberdeen/Dyce lze charakterizovat typem oceánským, a to zejména ročním rozložením chodu srážek a malou amplitudou průměrných teplot mezi nejchladnějším a nejteplejším měsícem. Na teplotu zde má zásadní vliv oceánu a cirkulace vzduchu s ním spojená, jež zajišťuje např. v létě brízová cirkulace, kdy dochází ke změnám tlakového gradientu nad rozdílně se zahřívajícím povrchem oceánu a pevniny, což má za následek vátí větrů, jež ovlivňují hodnotu teploty vzduchu. Zdejší pobřežní oblast je též velice ovlivňována teplým Golským proudem, který kromě oteplování pevniny snižuje intenzitu sněhových srážek v zimě, čímž klesá albedo oblasti, tudíž dochází v zimě k většímu pohlcování sluneční energie na rozdíl od zasněžených částí kontinentu. Díky

poloze stanice a globálním větrným a tlakovým poměrům je oblast v zimě ovlivňována především islandskou tlakovou níží a sibiřskou tlakovou výší, přičemž samotná leží na variabilní hranici vlivu obou tlakových útvarů. Tímto se sem dostává sušší chladný vzduch z kontinentu, který však částečně nabere vlhkost nad Severním mořem a dále vlhký vzduch z Atlantského oceánu nesoucí výrazně více potenciálních srážek.

Další stanice, pro niž byly zpracovány charakteristiky, se nachází v Bělorusku nedaleko hranic s Ruskem, východně až severovýchodně od hlavního města Minsk. Zdejší klima lze považovat za kontinentálního typu, a to díky více než dvakrát větší teplotní amplitudě a vyšším letním srážkovým úhrnům oproti předchozí stanici. V zimě je zdejší podnebí ovlivňována především sibiřskou tlakovou výší, kvůli níž se do oblasti dostává suchý chladný vzduch, jenž není zdrojem přílišných srážkových úhrnů. Situace se mění přechodem do letního období, kdy se začíná proudit vzduch ze severozápadu, jež s sebou nese vlhkost ze Severního, popř. z Baltského moře. Teploty pak souvisí s výraznějším oteplováním a ochlazováním pevniny.

Poslední zkoumanou stanicí byla švýcarská horská stanice Saentis. Zdejší určení klimatického typu je značně složitější než v předchozích případech, a to kvůli nejednoznačnosti výsledků charakteristik. Teplotní rozdíl vyšel o 2,3°C větší než v Aberdeenu a hodnota ombrického indexu kontinentality dokonce jen o 0,176% větší než ve stejném případě. Poloha těžiště srážek však odpovídala svými výsledky umístění ve IV. kvadrantu, což poukazuje na stanice s teplým kontinentálním klimatem. Podobnost oceánského typu chodu srážek způsobuje podružné maximum ročního chodu srážek v prosinci, avšak celkové rozložení odpovídá spíše kontinentálnímu typu, což ostatně dokazuje i chod pluviometrického koeficientu. Zdejší podobu klimatu zde tedy významným dílem ovlivňuje vyšší nadmořská výška, tudíž typizace klimatu není jednoznačná.

ZDROJE

MU, 2014. *Klimatologické indexy*. [Online]

Available at:

https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2014/Z0076/50383733/50622968/Cviceni_indexy_zadani2014.pdf?studium=648445

[Přístup získán 17.9.2014].

WMO, 1996. *Climatological normals (CLINO) for the period 1961 - 1990*. Geneva: autor neznámý