

METEOROLOGIE A KLIMATOLOGIE

Klimatologické indexy

ZADÁNÍ:

Popište polohu zadaných stanic, 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:

Vybranými stanicemi pro toto cvičení jsou Horta (Azory, Portugalsko), Virfu Omu (Rumunsko) a Lappeenranta (Finsko).

Horta je město nacházející se na jednom z portugalských Azorských ostrovů, konkrétně na ostrově Faial. Stanice se nachází na zeměpisných souřadnicích 38°31' s. š. a 28°38' z. d. v nadmořské výšce 62 m n. m. Je nejjihnější a zároveň nejnižší položenou stanicí z vybraných. Jelikož se jedná o ostrov, očekáváme zde výrazně oceánské klima.

Stanice Virfu Omu se nachází na vrcholku hory Omu na zeměpisných souřadnicích 45°27' s. š. a 25°27' v. d. v nadmořské výšce 2504 m n. m. Hora Omu leží v Rumunsku v pohoří Bucegi, které je součástí Jižních Karpat. Je tedy nejvýše položenou stanicí z vybraných. Vzdálenost od moře a poloha v horách nám říkají, že bychom zde měli očekávat kontinentální klima.

Lappeenranta je finské město, které se nachází na jihovýchodě státu nedaleko ruských hranic. Stanice má souřadnice 61°05' s. š. a 28°10' v. d. a našli bychom ji v nadmořské výšce 68 m n. m. Ta je velmi podobná Hortě, ovšem tato stanice se nachází mnohem severněji, a hlavně dál do kontinentu, proto zde očekáváme spíše kontinentální klima (klimadiagramme.de, 2017).

Tab. 1: Průměrné měsíční teploty [°C] na vybraných stanicích v letech 1961-1990

Stanice	Měsíc												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Horta (Acores) (P)	14,2	13,6	14,2	14,9	16,4	18,6	21,1	22,2	21,3	18,9	16,8	15,2	17,3
Virfu Omu (RO)	-10,5	-10,6	-8	-4	0,5	3,3	5,1	5,3	2,8	-0,7	-5,1	-8,7	-2,5
Lappeenranta (FIN)	-9,4	-8,8	-3,8	2,3	9,8	14,8	16,7	14,8	9,5	4,2	-1,2	-6,7	3,6

Zdroj: *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990 (1996)*

Tab. 2: Průměrná měsíční výška srážek [mm] na vybraných stanicích v letech 1961-1990

Stanice	Měsíc												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Horta (Acores) (P)	112	98	81	65	56	49	35	54	90	100	115	120	975
Virfu Omu (RO)	69	66	67	86	118	140	144	114	64	53	57	75	1053
Lappeenranta (FIN)	37	29	33	31	31	50	67	82	71	64	58	50	603

Zdroj: *Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990 (1996)*

1. Pluviometrický koeficient

Pluviometrický koeficient nám slouží k posouzení, který měsíc byl srážkově vydatnější nebo méně vydatný při hodnocení ročního rozdělení srážek. Skutečnou hodnotu porovnáváme s teoretickou hodnotou, kterou by měsíc měl při rovnoměrném rozložení srážek během celého roku (1/12 ročního úhrnu). Pro výpočet pluviometrického koeficientu používáme vzorec:

$$K_p = \frac{r_i}{\frac{1}{12} * R}$$

kde K_p = pluviometrický koeficient,

r_i = měsíční úhrn srážek i-tého měsíce v roce [mm],

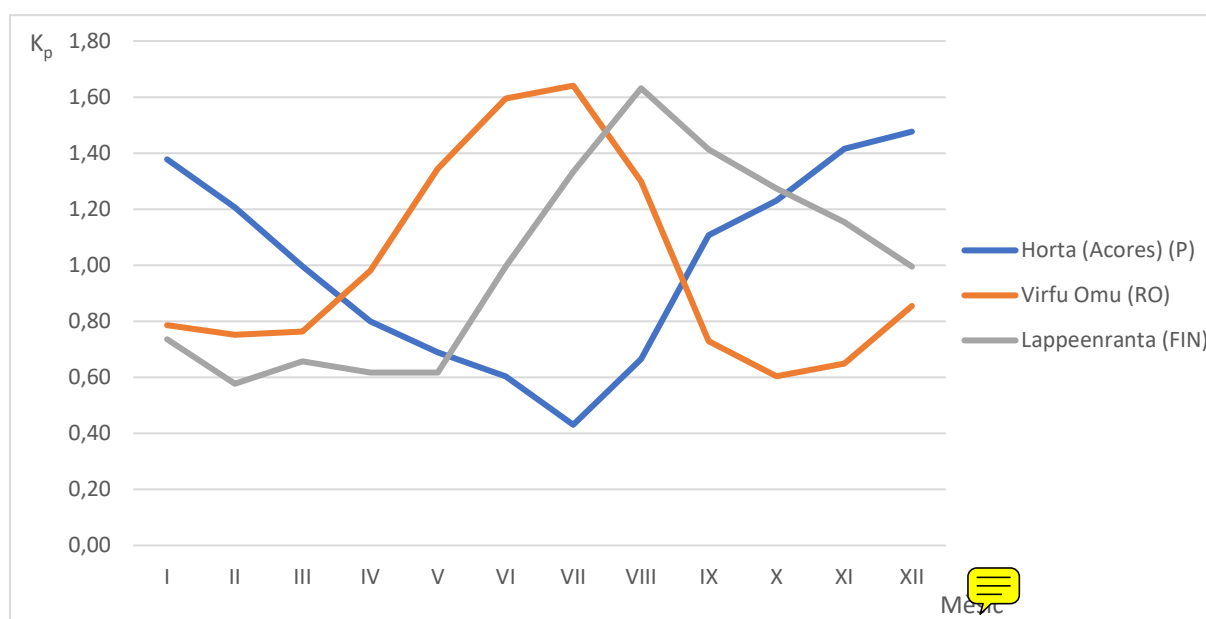
R = roční úhrn srážek [mm] (vypočítáme jako sumu r_i ; v Tab. 2 = sloupec I-XII).

Po výpočtu, pokud je: $K_p > 1$, jedná se o nadprůměrně srážkově vydatný měsíc,

$K_p < 1$, jedná se o podprůměrně srážkově vydatný měsíc.

Tab. 3: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v letech 1961-1990

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Horta (Acores) (P)	1,38	1,21	1,00	0,80	0,69	0,60	0,43	0,66	1,11	1,23	1,42	1,48
Virfu Omu (RO)	0,79	0,75	0,76	0,98	1,34	1,60	1,64	1,30	0,73	0,60	0,65	0,85
Lappeenranta (FIN)	0,74	0,58	0,66	0,62	0,62	1,00	1,33	1,63	1,41	1,27	1,15	1,00



Obr. 1: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v letech 1961-1990

V Tab. 3 vidíme vypočtený pluviometrický koeficient pro stanice Horta, Virfu Omu a Lappeenranta a v Obr. 1 potom znázornění těchto hodnot v grafu.

Je zde výrazný rozdíl mezi stanicí Horta a dalšími dvěma, což je způsobeno její odlišnou polohou. Tato stanice se nachází na Azorských ostrovech, proto zde můžeme pozorovat průběh srážek na místě s typicky oceánským klimatem – nadprůměrně srážkově vydatné měsíce jsou zimní s maximem v prosinci, naopak nejnižšími měsíci jsou letní s minimem v červenci.

Stanice Virfu Omu a Lappeenranta jsou si podobné, obě mají první čtyři měsíce srážkově podprůměrné, ovšem zatímco Virfu Omu má srážkově nadprůměrně vydatný už květen a poté pouze další tři měsíce, hodnoty srážek ve stanici Lappeenranta jsou nadprůměrné až do prosince, který je průměrný.

2. Hodnocení kontinentality/oceanity klimatu

K posouzení kontinentality/oceanity klimatu využíváme indexy termické a ombrické kontinentality:

a) Index termické kontinentality

Pro výpočet termické kontinentality používáme vzorec dle Gorczyńského:

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

kde K = termická kontinentalita [%],

φ = zeměpisná šířka,

A = průměrná roční amplituda teploty [°C] (absolutní rozdíl nejvyšší a nejnižší průměrné měsíční teploty).

Tab. 4: Zeměpisné šířky vybraných stanic

Stanice	Zem. šířka
Horta (Acores) (P)	38° 31' s. š.
Virfu Omu (RO)	45° 27' s. š.
Lappeenranta (FIN)	61° 05' s. š.

Po dosazení do vzorce pro jednotlivé stanice tedy platí:

○ Horta (Acores):

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} (A - 12 * \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 38^\circ 31'} * ([22,2 - 13,6] - 12 * \sin 38^\circ 31') = 3,08\%$$

○ Virfu Omu:

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} (A - 12 * \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 45^\circ 27'} * ([5,3 + 10,6] - 12 * \sin 45^\circ 27') = 17,53\%$$

○ Lappeenranta:

$$K = \frac{1,7}{\sin \varphi} (A - 12 * \sin \varphi) = \frac{1,7}{\sin 61^\circ 05'} * ([16,7 + 9,4] - 12 * \sin 61^\circ 05') = 30,29\%$$

Pro posouzení výsledků indexu termické kontinentality platí, že nízké hodnoty značí oceanitu, naopak s rostoucími hodnotami nám roste kontinentalita.

Zde vidíme, že stanice Horta leží v oceánském klimatu, jak bylo předpokládáno. Naopak jsou překvapující výsledná procenta u stanice Virfu Omu, která sice značí kontinentalitu klimatu, ovšem menší než procenta u stanice Lappeenranta, kde nám ukazují klima silně kontinentální. To je pravděpodobně způsobeno polohou stanice Virfu Omu. Jelikož leží ve vysoké nadmořské výšce, teploty jsou zde stále nízké a teplotní amplituda tedy není výrazná. I stanice Lappeenranta je velmi ovlivněna polohou, která svou vysokou zemskou šířkou způsobuje velkou roční amplitudu teplot, a tedy nám výsledná procenta indexu termické kontinentality značí větší kontinentalitu, než ve skutečnosti je.

b) Index ombrické kontinentality

Pro výpočet ombrické kontinentality používáme vzorec dle Hrudičky:

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

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].

Vzorec pro l je:

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

a po dosazení s_r nám vznikne:

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

Vzorec pro s_z je:

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

a pokud to celé dosadíme do původního vzorce, vznikne nám vztah:

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

Po dosazení do vzorce pro jednotlivé stanice tedy platí:

○ Horta (Acores):

$$k = \frac{12 * \left(\left[\frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_I^{XIII} s} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^{III} s}} = \frac{12 * \left(\left[\frac{349}{975} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{626}} = 0,38\%$$

○ Virfu Omu:

$$k = \frac{12 * \left(\left[\frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_I^{XIII} s} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^{III} s}} = \frac{12 * \left(\left[\frac{666}{1053} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{387}} = 17,23\%$$

○ Lappeenranta:

$$k = \frac{12 * \left(\left[\frac{\sum_{IV}^{IX} s}{\sum_I^{XIII} s} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{\sum_X^{III} s}} = \frac{12 * \left(\left[\frac{332}{603} * 100 \right] - 35 \right)}{\sqrt{271}} = 14,62\%$$

I zde platí, že nižší hodnoty značí oceanitu a vyšší hodnoty kontinentalitu.

U indexu ombrické kontinentality jsou výsledky pro vybrané tři stanice již přesnější. U stanice Horta stále vidíme oceanitu klimatu a také stanice Virfu Omu stále vykazuje mírnou kontinentalitu. Hodnoty u stanice Lappeenranta již nejsou tak vysoké, naopak jsou nižší než na stanici Virfu Omu a značí tedy také spíše mírnou kontinentalitu. Tato změna je pravděpodobně způsobena tím, že na rozdíl od teplot, jejichž průměrná roční amplituda je vysoká, srážky jsou zde poměrně stálejší a nevidíme příliš výrazné výkyvy.

c) Doba polovičních srážek (srážkový poločas)

Doba polovičních srážek je doba v měsících, za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek, počínaje 1. 4. Tato charakteristika souvisí s omíčkou kontinentalitou – s rostoucí kontinentalitou se tato doba zkracuje, naopak s rostoucí oceanitou se prodlužuje. Roční chod srážek vidíme v Tab. 2.

○ Horta (Acores):

Roční úhrn = 975 [mm], polovina z něj je tedy 487,5 [mm]. Od 1. 4. počítáme: 65 + 56 + 49 + 35 + 54 + 90 + 100 = 449 mm. Z následujícího měsíce nám tedy zbývá 38,5 mm. Při předpokladu, že v následujícím měsíci jsou srážky rozloženy rovnoměrně, dopočítáváme:

$$\frac{115}{30} = 3,8333 \text{ (kdy 30 = počet dní v měsíci)}$$

$$\frac{38,5}{3,8333} = 10,043 \text{ dní, a tedy}$$

$$\frac{10,043}{30} = 0,335 \text{ měsíce.}$$

Doba polovičních srážek pro stanici Horta je tedy 7 měsíců + 0,335 měsíce = 7,335 měsíců.

○ Virfu Omu:

Roční úhrn = 1053 [mm], polovina z něj je tedy 526,5 [mm]. Od 1. 4. počítáme: 86 + 118 + 140 + 144 = 488 mm. Z následujícího měsíce nám tedy zbývá 38,5 mm. Při předpokladu, že v následujícím měsíci jsou srážky rozloženy rovnoměrně, dopočítáváme:

$$\frac{114}{31} = 3,6774 \text{ (kdy 31 = počet dní v měsíci)}$$

$$\frac{38,5}{3,6774} = 10,469 \text{ dní, a tedy}$$

$$\frac{10,469}{31} = 0,338 \text{ měsíce.}$$

Doba polovičních srážek pro stanici Virfu Omu je tedy 4 měsíce + 0,338 měsíce = 4,338 měsíce.

○ Lappeenranta:

Roční úhrn = 603 [mm], polovina z něj je tedy 301,5 [mm]. Od 1. 4. počítáme: 31 + 31 + 50 + 67 + 82 = 261 mm. Z následujícího měsíce nám tedy zbývá 40,5 mm. Při předpokladu, že v následujícím měsíci jsou srážky rozloženy rovnoměrně, dopočítáváme:

$$\frac{71}{30} = 2,3667 \text{ (kdy 30 = počet dní v měsíci)}$$

$$\frac{40,5}{2,3667} = 17,113 \text{ dní, a tedy}$$

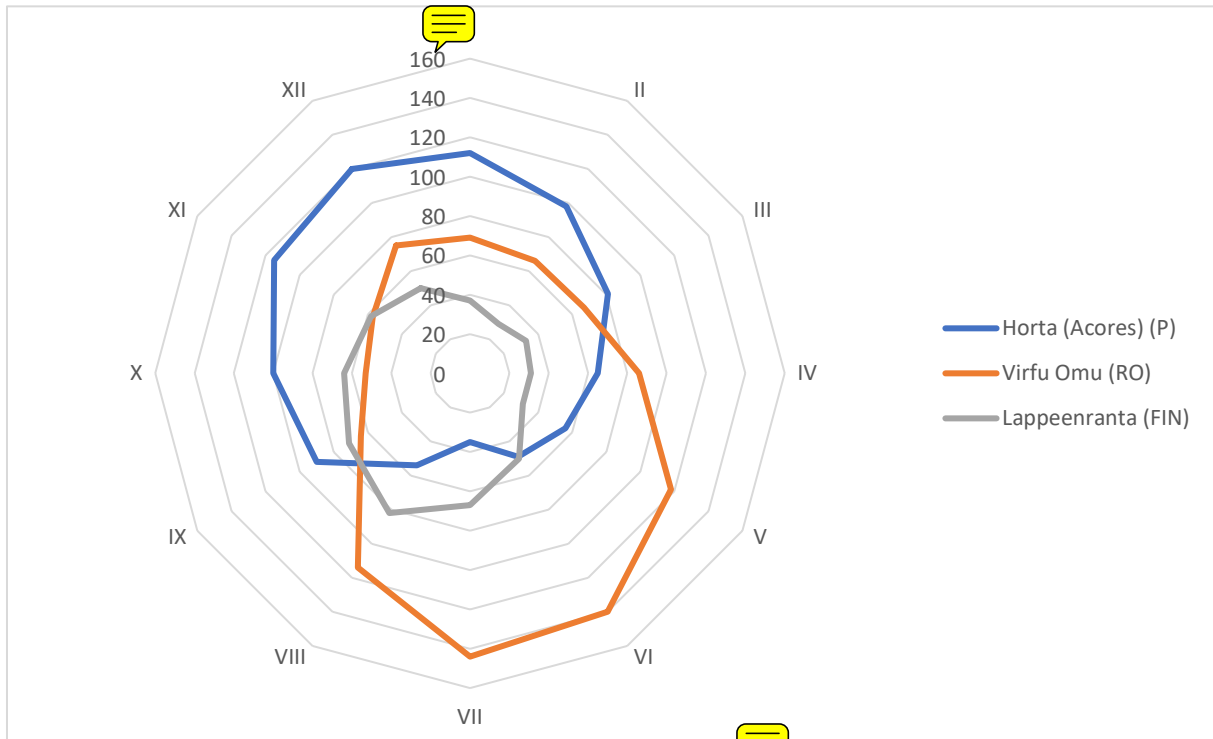
$$\frac{17,113}{30} = 0,57 \text{ měsíce.}$$

Doba polovičních srážek pro stanici Lappeenranta je tedy 5 měsíců + 0,57 měsíce = 5,57 měsíce.

Jak již bylo zmíněno výše, s rostoucí dobou polovičních srážek roste oceanita klimatu, naopak s klesající dobou polovičních srážek roste kontinentalita. Z výsledků výpočtů pro vybrané stanice tedy vidíme, že pro stanici Horta tato doba přesáhla 7 měsíců, což značí silnou oceanitu. Stanice Virfu Omu a Lappeenranta nenabývají příliš extrémních hodnot, první zmíněná pouze potvrzuje, že je mírně kontinentální, naopak finská stanice zde dosahuje středních hodnot, tudíž by se mohlo jednat spíše o stanici s klimatem kontinentálním přechodným.

d) Poloha těžiště srážek

Tato charakteristika vychází z předpokladu, že měsíční srážkové úhrny jsou rozloženy souměrně po obvodu kružnice o jednotkovém poloměru (osy prochází průměry leden-červenec a duben-říjen).



Obr. 2: Rozložení ročního chodu srážek v paprskovém grafu

Souřadnice těžiště srážek vypočítáme podle vztahů:

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

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

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

S = roční úhrn srážek

Vzorový výpočet pro stanici Horta (Acores):

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

$$x = \frac{0,5 (98 + 49 - 54 - 120) + 0,866 (81 + 56 - 90 - 115) + 65 - 100}{975}$$

$$x = -0,11014$$

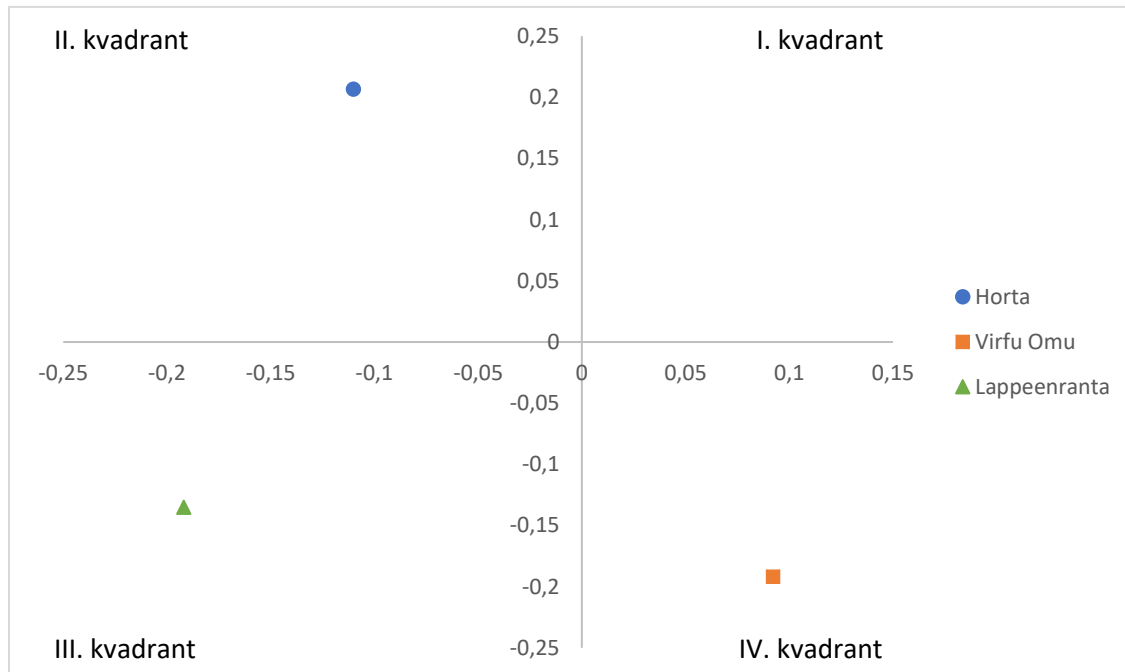
$$y = \frac{0,5 (III - V - IX + XI) + 0,866 (II - VI - VIII + XII) + I - VII}{S}$$

$$y = \frac{0,5 (81 - 56 - 90 + 115) + 0,866 (98 - 49 - 54 + 120) + 112 - 35}{975}$$

$$y = 0,20676$$

Tab. 5: Souřadnice poloh těžiště srážek vybraných stanic v letech 1961-1990

Stanice:	x	y
Horta	-0,11014	0,20676
Virfu Omu	0,09205	-0,19170
Lappeenranta	-0,19202	-0,13499



Obr. 3: Poloha těžiště srážek vybraných stanic v letech 1961-1990

Pokud se těžiště srážek nachází v I. kvadrantu, jedná se o oblasti vysokohorské a středomořské, ovšem nevyskytují se příliš často. Poloha ve II. kvadrantu značí oceánický typ ročního chodu, najdeme zde právě stanici Horta. Ve III. kvadrantu se nacházejí stanice s kontinentálním a přechodným typem klimatu, v našem případě se jedná o stanici Lappeenranta, což se dalo očekávat podle výsledků doby polovičních teplot. A pokud je těžiště srážek ve ☐ kvadrantu, hovoříme o stanicích s teplým kontinentálním klimatem, tedy stanici Virfu Omu.

Tab. 6: Výsledky hodnocení kontinentality/oceanity klimatu vybraných stanic v letech 1961-1990

Stanice	Index termické kontinentality	Index ombrické kontinentality	Doba polovičních srážek	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální /oceánské
Horta (Acores) (P)	3,08%	0,38%	7,34	II. kvadrant	Oceánské
Virfu Omu (RO)	17,53%	17,23%	4,34	IV. kvadrant	Kontinentální
Lappeenranta (FIN)	30,29%	14,62%	5,57	III. Kvadrant	Kontinentální

ZÁVĚR:

Posuzování kontinentality/oceanity klimatu na jednotlivých stanicích nebylo dle výsledků prvních charakteristik příliš jednoznačné hlavně u stanice Lappeenranta. Naopak stanice Horta, která leží na Azorských ostrovech, je typickým příkladem oceánského klimatu, což nám potvrdily všechny charakteristiky. Doba polovičních srážek dokonce poukazuje na silnou oceanitu. To se dalo předpokládat právě díky její ostrovní poloze a také díky rozložení teplot a srážek během celého roku.

Stanice Virfu Omu v Rumunsku leží ve vysoké nadmořské výšce, což velmi ovlivňuje jak roční chod teplot, tak srážek. Předpokládali jsme kontinentální klima, které nakonec není tak výrazné. Všechny charakteristiky naznačují mírné kontinentální klima, dle těžiště srážek se jedná o jeho teplou verzi. Přes předpokládanou nejednoznačnost jednotlivých charakteristik (právě kvůli vysoké nadmořské výšce) se poměrně shodují.

Nejméně jednoznačné výsledky vidíme u finské stanice Lappeenranta. Dle rozložení teplot bychom si mohli myslet, že se jedná o stanici se silným kontinentálním klimatem, což nám potvrzuje také index termické kontinentality. Ovšem rozložení srážek během roku není tak výrazně rozkolísané, jak by se dalo očekávat. Výsledky indexu ombrické kontinentality i doby polovičních srážek nám naznačuje spíše přechodné kontinentální klima, což potvrzuje i poloha těžiště srážek ve III. kvadrantu. V tomto se totiž vyskytují nejen stanice s kontinentálním klimatem, ale také s přechodným.

Můžeme tedy říct, že každá vybraná stanice se nachází v jiných klimatických podmínkách. Máme zde zástupce nejen oceánského a kontinentálního klimatu, ale také stanici s přechodným kontinentálním klimatem.

ZDROJE:

- Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1990. WMO, Geneva, 1996, 768 s.
- MU (2017): *Klimaindexy* [online]. [cit. 8. 10. 2017]. Dostupný z WWW: <<https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/klimaindexy/>>
- klimadiagramme.de (2017): *Klimadiagramme weltweit* [online]. [cit. 8. 10. 2017]. Dostupný z WWW: <<http://klimadiagramme.de>>