


## Meteorologie a klimatologie

### Klimatologické indexy

 **Zadání:** Popište polohu zadaných stanic 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:

Klimatologické stanice, pro které se budou zpracovávat zadané charakteristiky:

Jerez Aero (Španělsko)

Donetsk (Ukrajina)

Lerwick (Velká Británie)

Samotné stanice se nacházejí ve velmi odlišných koutech Evropy, a proto je hned ze začátku jasné, že se jednotlivé hodnoty a celková kontinentalita/oceanita budou více či méně lišit. První stanice na letišti ve španělském městě Jerez de la Frontera ležící severně od přístavu Cádiz a v blízkosti Cádizského zálivu, potažmo Atlantského oceánu, v nadmořské výšce 28 m. n. m. vykazuje průměrné hodnoty teplot a srážek nijak neobvyklé pro tuto oblast. Mírné deštivé podzimy a zimy s velmi teplými a suchými léty, malá roční teplotní amplituda (14,7°C) a vysoká roční průměrná teplota (17,6°C); tyto charakteristiky jsou typické pro oceánický charakter podnebí.

Další stanicí je ta v ukrajinském Donetsku nacházející se na východě Ukrajiny při hranicích s Ruskem ve stejnojmenné oblasti. Její nadmořská výška je 241 m. n. m. a hodnoty se oproti předešlé stanici výrazně liší, mají totiž typický kontinentální charakter. Chladné a na srážky většinou chudší zimy a teplá léta s vydatnějšími srážkami. Roční teplotní amplituda je v tomto případě již skoro dvojnásobná (26,9°C) a průměrná roční teplota je 8°C; obě tyto charakteristiky opět jednoznačně potvrzují kontinentalitu podnebí.

Poslední stanicí je ta v Lerwicku na Shetlandských ostrovech patřících Velké Británii (správní oblast Skotska) a ležících na hranici Severního moře a Atlantského oceánu mezi Norskem a Britskými ostrovy. Samotná stanice leží v nadmořské výšce 82 m. n. m. a vykazuje, co se průměrné roční teploty týče, podobné hodnoty jako ta v Doněcku. Místní typický oceánický charakter však dokazuje velmi nízká roční teplotní amplituda (pouze 9°C), mírné

zimní měsíce a především vysoká hodnota srážek, která je zde výrazně vyšší než na předešlých stanicích.

**Tab. 1.:** Průměrné měsíční teploty [°C] a průměrná roční teplota [°C] na vybraných klimatických stanicích v letech 1961-1990.

Stanice	Měsíc												I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Jerez Aero (E)	10,9	12	13,6	15,4	18,4	21,8	25,1	25,6	23,6	19,2	14,4	11,4	17,6
Donetsk (UA)	-6,1	-4,8	9,3	15,5	19	20,8	20,1	14,9	7,8	2	-2,6	8	
Lerwick (GB)	5,1	7,7	10	12,5	13,7	14,1	12,3	10,2	7,2	6	9,2		

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

**Tab. 2.:** Průměrné měsíční množství srážek [mm] a roční suma srážek [mm] na vybraných klimatických stanicích v letech 1961-1990.

Stanice	Měsíc												I-XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Jerez Aero (E)	101	78	53	54	38	19	2	5	20	61	109	106	646
Donetsk (UA)	43	34	33	41	52	62	48	41	40	27	42	52	515
Lerwick (GB)	131	92	114	72	62	60	62	79	118	134	143	142	1209

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

## 1. Pluviometrický koeficient

Pluviometrický koeficient je charakteristika vyjadřující podíl skutečného úhrnu srážek za určitý měsíc a úhrnu, který by spadl v tomto měsíci v případě rovnoměrného rozložení srážek během roku. Zjednodušeně nám tedy určuje srážkovou vydatnost jednotlivých měsíců při hodnocení ročního rozdělení srážek na daném území. Pluviometrický koeficient vypočítáme za pomoci následujícího vzorce:

$$K_P = \frac{r_i}{1/12R}$$

$K_P$ ..... Pluviometrický koeficient

$r_i$ ..... měsíční úhrn srážek i-tého měsíce [mm]

$R$ ..... roční úhrn srážek [mm]

Roční srážkový úhrn získáme součtem průměrných měsíčních srážek za celý rok na dané stanici.

**Příklad výpočtu (měsíc leden na stanici Jerez Aero)**

$$K_P = \frac{101}{\frac{1}{12} * 646} = 1,88$$

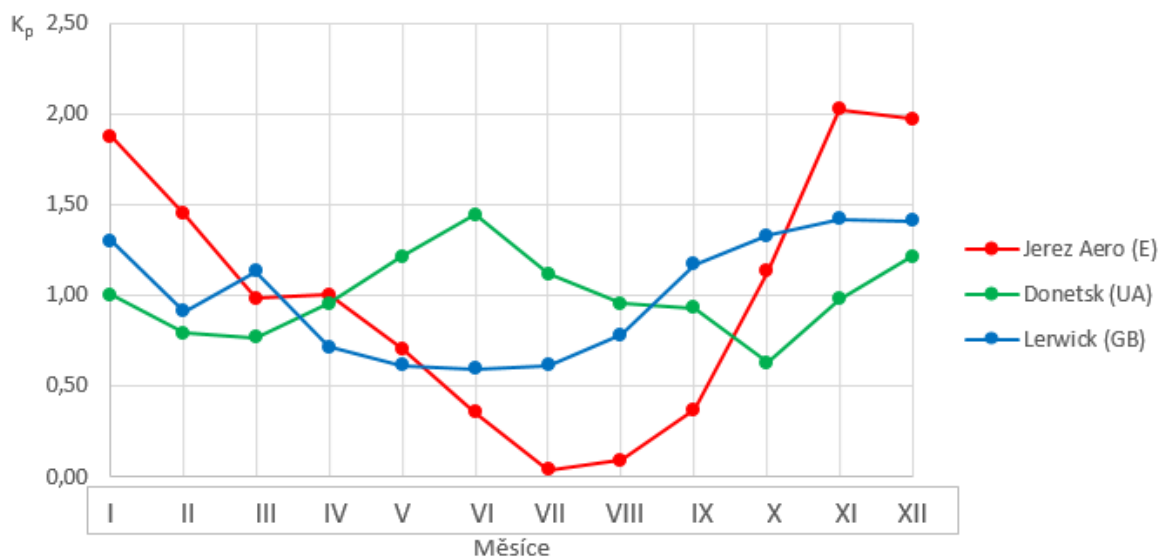
**Tab. 3.:** Pluviometrický koeficient vybraných klimatologických stanic v letech 1961-1990.

Stanice	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jerez Aero (E)	1,88	1,45	0,98	1,00	0,71	0,35	0,04	0,09	0,37	1,13	2,02	1,97
Donetsk (UA)	1,00	0,79	0,77	0,96	1,21	1,44	1,12	0,96	0,93	0,63	0,98	1,21
Lerwick (GB)	1,31	0,91	1,13	0,71	0,62	0,60	0,62	0,78	1,17	1,33	1,42	1,41

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot tabulky Tab. 2.

$K_p > 1$  .... nadprůměrně srážkově vydatný měsíc

$K_p < 1$  .... podprůměrně srážkově vydatný měsíc



**Obr. 1.:** Graf pluviometrického koeficientu vybraných klimatologických stanic v letech 1961-1990.

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z tabulky Tab. 3.

Na první pohled můžeme jak z tabulky (Tab. 3.), tak z grafu (Obr. 1.) od sebe odlišit stanice se spíše oceánickým charakterem podnebí a stanici s kontinentálním charakterem podnebí. Stanice v Lerwicku a Jerez Aero mají typický oceánický chod srážek s maximy v zimních měsících a minimy v letních měsících, přičemž u španělské stanice je tento rozdíl mnohonásobně viditelnější; tento fakt je zapříčiněn především rozdílnou zeměpisnou šířkou a přítomností rozdílných tlakových útvarů. Zatímco na stanici v Lerwicku má vliv Islandská tlaková níže společně s teplým Severoatlantickým/Norským proudem (Golfský proud) a proto zde můžeme očekávat vyrovnanější srážky po celý rok; na stanici v Jerez Aero zase působí Azorská tlaková výše, která podnebí ovlivňuje především v letních měsících, a proto v této době můžeme pozorovat velký propad v množství srážek.

Naproti tomu stanice v ukrajinském Donetsku vykazuje typický kontinentální chod srážek s maximy při konvektivních srážkách v teplých měsících léta a minimy v zimních měsících. Nedostatek srážek v zimních měsících je způsoben suchým studeným východním větrem proudícím ze Sibíře a severu Asie (Ruska).

## 2. Hodnocení kontinentality/oceanity klimatu

K vyhodnocení a určení, zda se vybrané klimatologické stanice nachází na území spíše kontinentálního, nebo oceánského charakteru klimatu můžeme mimo již využitý pluviometrický koeficient a odvození z ročního chodu průměrných měsíčních teplot, či srážek použít i následující indexy. Obecně platí, že čím vyšší/nížší je hodnota indexů, tím více je charakter podnebí kontinentální/oceánický; maximum kontinentality se pohybuje okolo 40%, vysoká oceanita se projeví zápornou hodnotou.

### a) Index termické kontinentality

Index termické kontinentality se počítá podle tzv. Gorczyńského vzorce, který vypadá následovně:

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

K..... termická kontinentalita [%]

$\varphi$ ..... zeměpisná šířka

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

### **Výpočet:**

$$\text{Jerez Aero (E)} - K = \frac{1,7}{\sin(36^{\circ}45')} [14,7 - 12 * \sin(36^{\circ}45')] = 21,36\%$$

$$\text{Donetsk (UA)} - K = \frac{1,7}{\sin(48^{\circ}04')} [26,9 - 12 * \sin(48^{\circ}04')] = 41,07\%$$

$$\text{Lerwick (GB)} - K = \frac{1,7}{\sin(60^{\circ}08')} [9 - 12 * \sin(60^{\circ}08')] = -2,75\%$$

**Tab. 4.:** Podrobný přehled jednotlivých hodnot pro dané klimatologické stanice v letech 1961-1990..

Stanice	Zem. Šířka	A [°C]	K [%]
Jerez Aero (E)	36°45'	14,7	21,36
Donetsk (UA)	48°04'	26,9	41,07
Lerwick (GB)	60°08'	9	2,75

**Zdroj:** vlastní tvorba

Výsledné hodnoty termické kontinentality se dali částečně předvídat již z průměrné amplitudy teploty (A), kdy stanice s nejnižší A v Lerwicku dosahuje nejnižšího indexu a teplotně se tedy jedná o nejvíce oceánickou oblast. Také stanice v Jerez Aero vykazuje spíše oceánický charakter, ale díky svým vysokým teplotám v letních měsících a mírným zimám je index stejně jako A vyšší; podnebí zde totiž není tak významně ovlivňováno Golfským proudem jako tomu je v Lerwicku. Nejvyššího indexu termické kontinentality dosahuje stanice

v Donetsku, která má typickou velmi vysokou teplotní amplitudu zapříčiněnou kontinentálním charakterem chodu teploty v průběhu roku.

### **b) Index ombrické kontinentality**

Index ombrické kontinentality se počítá podle tzv. Hruďičkova vzorce, který vypadá následovně (pro jeho využití je ale potřeba použít dalších dvou pomocných vzorců):

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

k..... ombrická kontinentalita [%]

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

s<sub>z</sub>..... absolutní množství srážek chladného pololetí (X-III) [mm]

s<sub>r</sub>..... roční úhrn srážek [mm]

**Pomocné vzorce:**

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

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

**Výpočet:**

$$\text{Jerez Aero (E)} - k = \frac{12(21,36-35)}{\sqrt{508}} = -7,26 \%$$

$$\text{Donetsk (UA)} - k = \frac{12(55,15-35)}{\sqrt{231}} = 15,9 \%$$

$$\text{Lerwick (GB)} - k = \frac{12(37,49-35)}{\sqrt{756}} = 1,08 \%$$

**Tab. 5.:** Podrobný přehled jednotlivých hodnot pro dané klimatologické stanice v letech 1961-1990.

Stanice	$\sum s_{(IV-XI)}$ [mm]	s <sub>r</sub> [mm]	l [%]	s <sub>z</sub> [mm]	k [%]
Jerez Aero (E)	138	646	21,36	508	-7,26
Donetsk (UA)	284	515	55,15	231	15,9
Lerwick (GB)	453	1209	37,49	756	1,08

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z Tab. 2.

Index ombrické kontinentality vykazuje už trochu rozdílně hodnoty, než index předešlý. Nejvýraznější změnou je větší oceanita stanice v Jerez Aero, která je takto vysoká především díky velmi nízkým srážkám v létě a naopak vysokým srážkám v zimě, zatímco v Lerwicku jsou

srážky mnohem více rozloženy v průběhu roku; na tento fakt mají vliv, jak už bylo zmíněno, především mořské proudy a rozdílné tlakové situace panující v blízkosti stanic. Klimatologická stanice v ukrajinském Donetsku vykazuje stále kontinentální charakter klimatu.

### **c) Doba polovičních srážek**

Dalším ukazatelem souvisejícím s indexem ombrické kontinentality je doba polovičních srážek, tedy počet dnů (od 1. dubna), během kterých spadne polovina ročního srážkového úhrnu. Při tomto výpočtu vycházíme z ročního úhrnu srážek jednotlivých stanic v Tab. 2., ze kterého vezmeme polovinu a dále počítáme dobu, která je potřebná, aby na území spadla právě tato polovina srážek v měsících od 1.4.. Území s větším kontinentálním charakterem podnebí má dobu polovičních srážek kratší, naopak území s větším oceánickým charakterem má tuto dobu delší.

#### **Výpočet**

$s_r$ ..... roční úhrn srážek [mm]

$s_h$ ..... doba polovičních srážek

$x$ ..... dopočet

#### **Jerez Aero (E)**

$$s_r = 646mm \quad / \quad \frac{1}{2}s_r = 323mm$$

$$s_h = 54 + 38 + 19 + 2 + 5 + 20 + 61 + 109 = 308mm (= 8 \text{ měsíců}) + 15mm = 323mm$$

$$x = \frac{106}{31} = 3,41mm \quad \rightarrow \quad \frac{15}{3,41} = 4,40d \quad \rightarrow \quad \frac{4,40}{31} = 0,14 \quad \quad s_h = 8 + 0,14 = 8,14$$

Součtem průměrných srážek měsíců od 1. 4. jsme dostali hodnotu 308mm, do polovičního ročního úhrnu srážek tedy schází 15mm. Dobu, za kterou těchto 15mm spadne, získáme zjištěním, kolik mm srážek spadne následující měsíc během jednoho dne (3,41mm); následně kolik dní je potřeba, aby 15mm srážek spadlo (4,4d); a na závěr jakou část těchto 4,4 dní tvoří z celého měsíce (0,14). Výsledná doba polovičních srážek je tedy 8,14 měsíce.

#### **Donetsk (UA)**

$$s_r = 515mm \quad / \quad \frac{1}{2}s_r = 257,5mm$$

$$s_h = 41 + 52 + 62 + 48 + 41 = 244mm (= 5 \text{ měsíců}) + 13,5mm = 257,5mm$$

$$x = \frac{40}{30} = 1,33mm \quad \rightarrow \quad \frac{13,5}{1,33} = 10,15d \quad \rightarrow \quad \frac{10,15}{30} = 0,33 \quad \quad s_h = 5 + 0,33 = 5,33$$

#### **Lerwick (GB)**

$$s_r = 1209mm \quad / \quad \frac{1}{2}s_r = 604,5mm$$

$$s_h = 72 + 62 + 60 + 62 + 79 + 118 + 134 = 587mm (= 7 \text{ měsíců}) + 17,5mm = 604,5mm$$

$$x = \frac{134}{30} = 4,47mm \quad \rightarrow \quad \frac{17,5}{4,47} = 3,91d \quad \rightarrow \quad \frac{3,91}{30} = 0,13 \quad \quad s_h = 7 + 0,13 = 7,13$$

**Tab. 6.:** Podrobný přehled hodnot pro jednotlivé klimatologické stanice v letech 1961-1990.

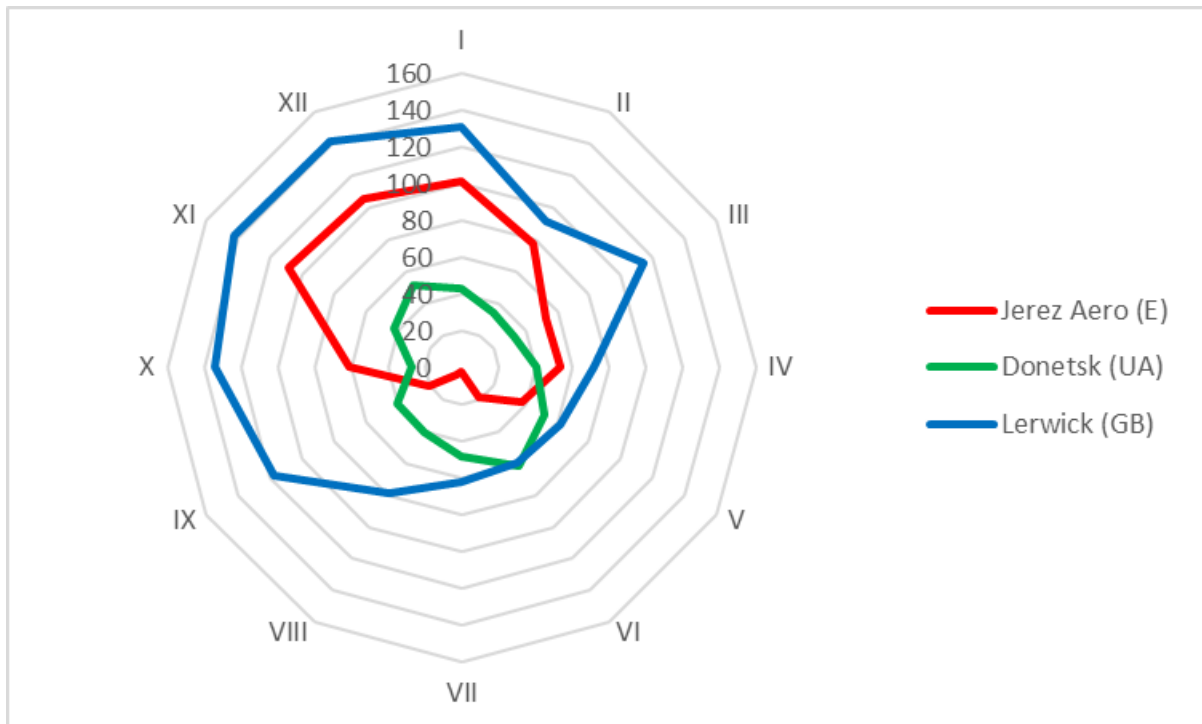
Stanice	$s_r$ [mm]	$1/2s_r$ [mm]	počet celých měsíců	množství srážek za celé měsíce [mm]	dopočet do $1/2s_r$ [mm]	část z následujícího měsíce	výsledná hodnota
Jerez Aero (E)	646	323	8	308	15	0,14	7,14
Donetsk (UA)	515	257,5	5	244	13,5	0,33	5,33
Lerwick (GB)	1209	604,5	7	587	17,5	0,13	7,13

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z Tab. 2.

Výsledné hodnoty doby polovičních srážek nadále potvrzují oceanitu stanic ve Španělsku a na Shetlandech, kdy je doba potřebná k spadnutí polovičního ročního úhrnu srážek delší než půl roku, především kvůli menším srážkovým úhrnům v letních měsících; Jerez Aero má dobu v tomto případě delší kvůli extrémně nízkým srážkám v červenci a srpnu. Stanice v Donetsku potřebuje naopak k spadnutí poloviny ročního úhrnu jen něco málo přes 5 měsíců, protože má průměrné srážkové úhrny za léto vyšší.

#### d) Poloha těžiště srážek

Poslední charakteristiku vypočítáme pomocí průměrných úhrnů srážek v jednotlivých měsících a ročního úhrnu srážek na jednotlivých stanicích. Výstupem je souřadnicový graf rozdělený na 4 kvadranty, podle umístění výsledků jednotlivých stanic v kvadrantech grafu můžeme určit převládající typ ročního chodu stanic (kontinentální/oceánický).



**Obr. 2.:** Paprskový graf rozložení ročního chodu srážek vybraných klimatologických stanic v letech 1961-1990.

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z Tab. 2.

Z Obr. 2. je patrné, že jediná stanice, která má vcelku vyrovnaný roční chod srážek je ta v ukrajinském Donetsku; letní srážky tu stále převládají nad zimními, rozdíl ale nejsou tak patrné jako na zbývajících stanicích. Každá jednotlivá stanice dostává své charakteristice klimatu, tudíž že spíše oceánské stanice dosahují největšího množství srážek v zimě (Jerez Aero a Lerwick), a spíše kontinentální stanice zase v létě (Donetsk).

Vzorce pro výpočet souřadnic polohy těžiště srážek jsou následující:

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

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

I, II, III,.....,XII ..... úhrny srážek jednotlivých měsíců [mm]

S..... roční úhrn srážek [mm]

x..... x-ová souřadnice těžiště

y..... y-ová souřadnice těžiště



### Příklad výpočtu (stanice Jerez Aero)

$$x = \frac{0,5(78 + 19 - 5 - 106) + 0,866(53 + 38 - 20 - 109) + 54 - 61}{646}$$

$$x = -0,073$$

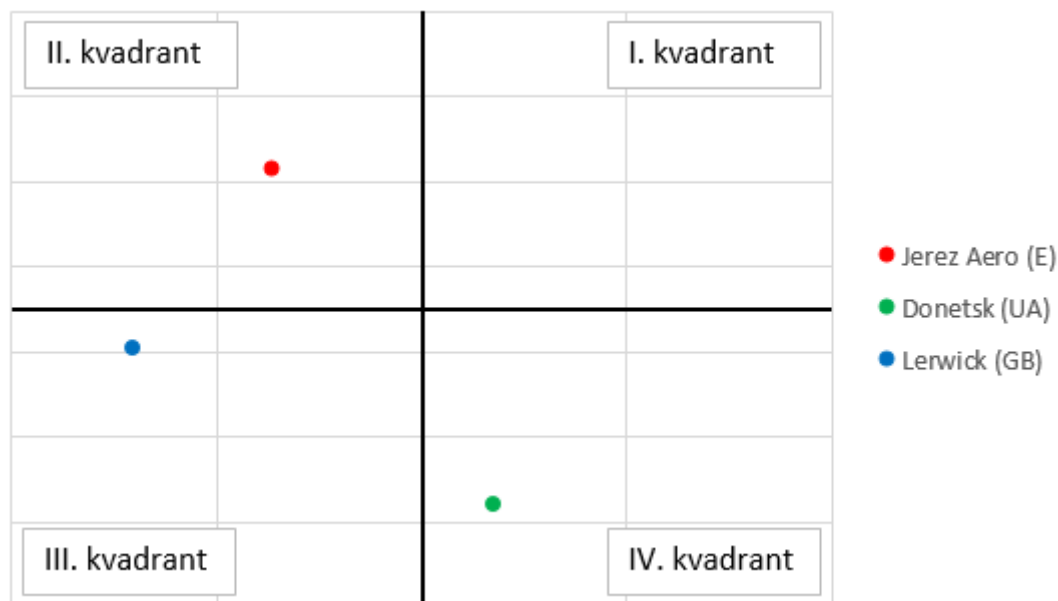
$$y = \frac{0,5(53 - 38 - 20 + 109) + 0,866(78 - 19 - 5 - 106) + 101 - 2}{646}$$

$$y = 0,164$$

**Tab. 7.:** Hodnoty x a y souřadnic polohy těžiště srážek vybraných klimatologických stanic v letech 1961-1990.

Stanice	x	y
Jerez Aero (E)	-0,073	0,164
Donetsk (UA)	0,035	-0,27
Lerwick (GB)	-0,141	-0,046

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z Tab. 2.



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

**Zdroj:** vlastní tvorba z hodnot z Tab. 7.

Největším překvapením výsledných poloh těžišť srážek je stanice v shetlandském Lerwicku, u které jsme od začátku předpokládali typické oceánské klima a později nám byl tento předpoklad více či méně potvrzen ve všech zkoumaných charakteristikách. Zde se ale stanice řadí do teplého kontinentálního a přechodného kvadrantu s tím, že se ale přeci jen blíží k druhému kvadrantu, tedy oceánickému typu klimatu; vzorec byl několikrát přepočítán, a proto je chyba ve výpočtu vyloučena. Zbylé dvě stanice v Jerez de la Frontera a Donetsku už svojí

polohou odpovídají výsledkům předešlých charakteristik a řadí se tedy do oceánského typu klimatu (Jerez Aero) a kontinentálního typu klimatu (Donetsk).

**Tab. 8.:** Výsledné hodnoty charakteristik vybraných klimatologických stanic v letech 1961-1990.

	Index termické kontinentality [%]	Index ombrické kontinentality [%]	Doba polovičních srážek [měsíc]	Poloha těžiště srážek	Klima kontinentální /oceánské
Jerez Aero (E)	21,36	-7,26%	7,14	II. kvadrant	oceánské
Donetsk (UA)	41,07	15,90%	5,33	IV. kvadrant	kontinentální
Lerwick (GB)	-2,75	1,08%	7,13	III. kvadrant	přechodné/ oceánské?

**Zdroj:** vlastní tvorba

### **Závěr:**

Výsledné hodnoty jednotlivých zkoumaných charakteristik (viz. Tab. 8.) až na jednu výjimku potvrzují počáteční odhady o typu klimatu typického pro oblast, ve které se stanice nachází.

Nejvíce kontinentální typ klimatu; potvrzený ve všech zkoumaných charakteristikách; má stanice v ukrajinském Donetsku. Tato skutečnost je zapříčiněna nejen meteorologickými jevy, ale také její polohou hluboko v kontinentální Evropě, kde je vliv Atlantského oceánu minimální. Termický a ombrický index kontinentality stejně jako průměrný roční chod teplot a množství srážek vykazují vysokou kontinentalitu; chladné a sušší zimy jsou zapříčiněny východními větry z nitra kontinentu.

Španělská stanice na letišti ve městě Jerez de la Frontera dokazuje svůj oceánský charakter klimatu především rozložením srážek během roku; nejnižší index ombrické kontinentality; které je zde zároveň s průměrnou měsíční teplotou v létě ovlivňováno Azorskou tlakovou výší, kdy je počasí převážně jasné a bez srážek. Charakteru klimatu/podnebí nahrává také zeměpisná šířka odpovídající subtropickému podnebnému pásu středomořského typu a blízkost Atlantiku.

Poslední stanice v shetlandském Lerwicku svoji oceanitu potvrzuje v obou indexech, více však v tom termickém (malá roční amplituda teplot), a stejně tak i v době polovičních srážek. Díky její poloze mezi Severním mořem a Atlantským oceánem, společně s blízkostí Gofského proudu a stálé Islandské tlakové níže, tedy faktorům, které významně ovlivňují místní podnebí; například nízkou roční teplotní amplitudu (mírné zimy), větší množství srážek, atd.; bylo u poslední charakteristiky předpokládáno jako výsledné spíše oceánské klima. Nicméně vyšlo klima přechodné, což má za příčinu nejspíše fakt, že souřadnice poslední charakteristiky jsou počítány podle průměrného měsíčního a ročního úhrnu srážek, který je mnohem vyrovnanější, než například v Jerez de la Frontera a výsledky se tedy liší. Při interpretaci společně se zbylými charakteristikami však můžeme tvrdit, že i tato stanice, i přes výsledek poslední charakteristiky, spadá spíše do oblasti s převládajícím oceánským typem klimatu.

**Zdroje:**

Climatological normals (CLINO) for the period 1961-1991. WMO, Geneva, 1996, 768s.

Is.muni.cz (2016). Klimatologické indexy – Zadání cvičení [online]. [cit. 6. 10. 2016].

Dostupné

z:

[https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2016/Z0076/64909295/64909924/Indexy\\_zadani\\_2016.pdf](https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2016/Z0076/64909295/64909924/Indexy_zadani_2016.pdf)