

# KLIMATOLOGICKÉ INDEXY

Cvičení č. 1 z Meteorologie a klimatologie

## 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:

Pro účely tohoto cvičení jsem si vybral stanice: Turku (Finsko), San Sebastian (Španělsko), Doněck (Ukrajina). Turku je město ležící na jihu Finska (zeměpisná šířka  $60^{\circ} 31'$ ). Nachází se v zeměpisných šířkách, kde převládá západní proudění, leží v blízkosti Baltského moře, a tudíž zde očekávám spíše chladnější přechodné klima.

San Sebastian se nachází na severu Španělska (zeměpisná šířka  $43^{\circ} 18'$ ). Jedná se o přímořské město v nadmořské výšce zhruba 6 m n. m. Očekával bych zde mírně teplé klima s oceánskými rysy.

Doněck leží na východě Ukrajiny (zeměpisná šířka  $48^{\circ} 04'$ ). V tomto místě bude typické kontinentální klima s vysokými ročními, často i denními, amplitudami teplot a menším množstvím srážek, i když zde může mít určitý vliv na množství srážek Černé moře.

**Tab. 1: Průměrné měsíční teploty [ $^{\circ}\text{C}$ ] na stanicích Turku, San Sebastian, Doněck za léta 1961-1990 (zdroj: WMO, 1996)**

Stanice	Měsíc												Součet
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Turku</b>	-6,0	-6,2	-2,6	3,0	9,8	14,9	16,5	15,2	10,3	5,7	0,6	-3,6	4,8
<b>San Sebastian</b>	8,0	8,5	9,4	10,6	13,5	16,1	18,4	18,7	17,9	15,2	10,9	8,6	13,0
<b>Doněck</b>	-6,1	-4,8	0,4	9,3	15,5	19,0	20,8	20,1	14,9	7,8	2,0	-2,6	8,5

Z tabulky průměrných měsíčních teplot můžeme vyčíst, že nejteplejší je stanice v San Sebastian, kde se průměrná roční teplota pohybuje kolem  $13^{\circ}\text{C}$ , v nejteplejším měsíci srpnu je zde průměrná teplota  $18,7^{\circ}\text{C}$ . Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou  $8^{\circ}\text{C}$ . Tato stanice má také jednoznačně nejmenší roční amplitudu teplot.

V Doněcku jsou průměrné měsíční teploty v letě vyšší než v San Sebastianu, přestože leží ve vyšších zeměpisných šířkách. Je to dáno samozřejmě geografickou polohou a kontinentálním teplejším klimatem. Zimní měsíce jsou zde velmi chladné, průměrná lednová teplota se v Doněcku pohybuje kolem  $-6,1^{\circ}\text{C}$ . Tato stanice má nejvyšší roční teplotní amplitudu, avšak od Turku se liší jen o pár desetin stupně.

Stanice v Turku je nejsevernější, má taky nejnižší průměrnou roční teplotu. V nejteplejším měsíci (červenec) se zde teplota pohybuje kolem  $16,5^{\circ}\text{C}$ , v nejchladnějším měsíci (únor) kolem  $-6,2^{\circ}\text{C}$ .

**Tab. 2: Průměrné měsíční srážky [mm] na stanicích Turku, San Sebastian, Doněck za léta 1961-1990 (zdroj: WMO, 1996)**

Stanice	Měsíc												Součet
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Turku	45	33	34	38	35	43	78	84	72	69	71	59	661
San Sebastian	162	124	128	158	128	91	79	116	116	140	175	164	1581
Doněck	43	34	33	41	52	62	48	41	40	27	42	52	515

Z tabulky č. 2 můžeme vyčíst, že nejdeštivější stanicí je San Sebastian ve Španělsku. Ročně zde spadne téměř 1600 mm srážek. Nejdeštivějším měsícem je listopad. Obecně jsou zde deštivější zimní měsíce, díky většímu vlivu islandské tlakové níže. Léto je zde pod větším vlivem výběžku vyššího tlaku vzduchu. Avšak rozložení srážek během roku je celkem konstantní.

Podstatně méně srážek spadne ročně v Doněcku a Turku. V Doněcku je nejdeštivějším měsícem červen. Naopak velmi málo srážek padá v Doněcku v jarních a podzimních měsících. Zvýšené množství srážek v letních měsících je patrně z konvekce (množství přeháněk a bouřek). V zimním období zde může přinést srážky proudění z Černého moře.

V Turku spadne nejméně srážek v jarních měsících, nejvíce v červenci a srpnu. Rozložení srážek během roku je ale také velmi vyrovnané, v každém z měsíců zde spadne relativně vyrovnané množství srážek.

## 1. PLUVIOMETRICKÝ KOEFICIENT

Pluviometrický koeficient hodnotí vydatnost srážek v určitém měsíci při předpokladu rovnoměrného rozložení srážek během celého roku. Jde o poměr reálného množství srážek a množství, jež předpokládá, že v každém měsíci spadne stejný díl celoročního srážkového úhrnu.

Vzorcem lze tento podíl vyjádřit takto:

$$k_i = \frac{r_i}{\frac{R}{12}}$$

$k_i$ ..... 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.

$$R = \sum_{i=1}^{XII} r_i$$

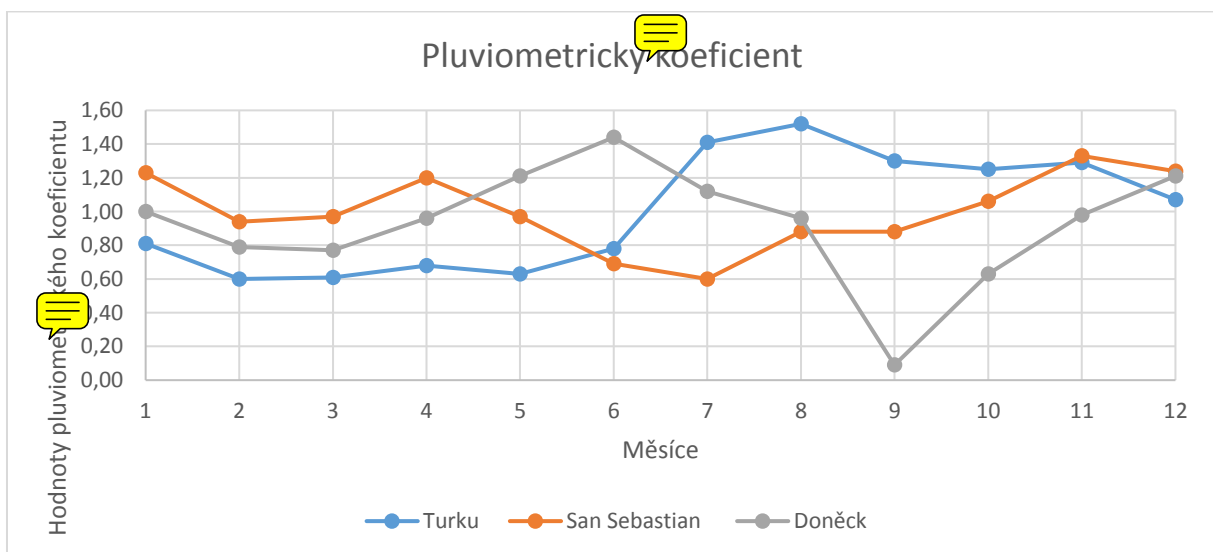
**Tab. 3: Pluviometrický koeficient vybraných stanic v období let 1961-1990**

-	Měsíc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Turku	0,82	0,60	0,61	0,68	0,63	0,78	1,41	1,52	1,30	1,25	1,29	1,07
San Sebastian	1,23	0,94	0,97	1,20	0,97	0,69	0,60	0,88	0,89	1,06	1,33	1,24
Doněck	1,00	0,79	0,77	0,96	1,21	1,44	1,12	0,96	0,09	0,63	0,98	1,21

**Příklad výpočtu u stanice Turku za leden:**

$$k_i = \frac{45}{\frac{661}{12}} = 0,816$$

Z vypočtených hodnot pluviometrického koeficientu si můžeme na první pohled všimnout rozdílů mezi stanicemi San Sebastian a Turku/Doněck. Ve španělském městě jsou srážkově nadprůměrné zimní měsíce (prosinec, leden) v kontrastu s podprůměrnými letními měsíci. U ostatních dvou stanic toto říct nemůžeme. Ve finském Turku je srážkově nadprůměrná druhá polovina roku (od července po prosinec) a naopak v první polovině roku zde v jednotlivých měsících spadne podprůměrné množství srážek. Je to díky již výše uvedeným změnám tlakových útvarů během roku. V Doněcku dominuje srážkově podprůměrné září a říjen. Nadprůměrně vydatné jsou letní a zimní měsíce. Vše potvrzuje také graf na Obr. 1, ve kterém můžeme vidět, že podobný průběh srážek je na těchto stanicích od ledna po duben, poté se to začíná lišit.



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

## 2. HODNOCENÍ KONTINENTALITY KLIMATU

K hodnocení kontinentality/oceanity klimatu slouží indexy termické a ombrické kontinentality.

### Index termické kontinentality:

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.

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

K.... Index termické kontinentality [%]

A.... Průměrná roční amplituda [°C]

$\varphi$ .... Zeměpisná šířka [°]

**Tab. 4: Zeměpisná šířka vybraných stanic**

Turku (FIN)	60°31'
San Sebastian (ŠP)	43°18'
Doněck (UA)	48°04'

**Tab. 5: Index termické kontinentality ve vybraných stanicích v letech 1961-1990**

Stanice	A [°C]	K [%]
Turku (FIN)	22,7	23,93
San Sebastian (ŠP)	10,7	6,12
Doněck (UA)	26,9	41,07

### Výpočet pro stanici Turku:

$$K = \frac{1,7}{(\sin 60^{\circ}31')} \cdot (22,7 - 12 \cdot (\sin 60^{\circ}31')) = 23,93$$

### Výpočet pro stanici San Sebastian:

$$K = \frac{1,7}{(\sin 43^{\circ}18')} \cdot (10,7 - 12 \cdot (\sin 43^{\circ}18')) = 6,12$$

### Výpočet pro stanici Doněck:

$$K = \frac{1,7}{(\sin 48^{\circ}04')} \cdot (26,9 - 12 \cdot (\sin 48^{\circ}04')) = 41,07$$

Pro index termické kontinentality platí, že čím vyšší hodnoty, tím vyšší je kontinentalita klimatu v daném místě, přičemž v maximu může hodnota dosahovat až přes 40%.

Po vypočtení indexů pro stanice Turku, San Sebastian a Doněck se potvrdily naše předchozí domněnky. Tedy stanice San Sebastian má oceánské klima, hodnota indexu termické kontinentality vyšla cca 6%. Stanice v Doněcku má naopak silně kontinentální klima – hodnota nám vyšla cca 41%. Stanice v Turku má spíše přechodné klima s kontinentálnějšími rysy, přičemž hodnota u této stanice nám vyšla cca 24%.

### Index ombrické kontinentality:

Pracuje se srážkovými úhrny za určitá období, a to za zimní, roční a v případě letního období jde o vyjádření v procentech ročního úhrnu.

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

k... Index ombrické kontinentality

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

S<sub>z</sub>... Množství srážek v zimním období (X-III)

S<sub>r</sub>... Roční úhrn srážek

Vzorec pro výpočet srážek v teplém období (l) a množství srážek v zimním období (S<sub>z</sub>):

$$l = \frac{\sum S^{(IV - IX)}}{S_r} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$S_z = \sum S^{(X - III)}$$

**Tab. 6: Index ombrické kontinentality ve vybraných stanicích v letech 1961-1990**

Stanice	l [%]	S <sub>z</sub> [mm]	k [%]
Turku (FIN)	52,95	311	12,21
San Sebastian (ŠP)	43,51	893	3,41
Doněck (UA)	55,14	231	15,90

### Výpočet pro stanici Turku:

$$l = \frac{38 + 35 + 43 + 78 + 84 + 72}{661} \cdot 100 = 52,95 \%$$

$$S_z = 69 + 71 + 59 + 45 + 33 + 34 = 311 \text{ mm}$$

$$k = \frac{12 \cdot (52,95 - 35)}{\sqrt{311}} = 12,21 \%$$

### Výpočet pro stanici San Sebastian:

$$I = \frac{158 + 128 + 91 + 79 + 116 + 116}{1581} * 100 = 43,51 \%$$

$$S_z = 140 + 175 + 164 + 162 + 124 + 128 = 893 \text{ mm}$$

$$k = \frac{12 \cdot (43,51 - 35)}{\sqrt{893}} = 3,41 \%$$

### Výpočet pro stanici Doněck:

$$I = \frac{41 + 52 + 62 + 48 + 41 + 40}{515} * 100 = 55,14\%$$

$$S_z = 27 + 42 + 52 + 43 + 34 + 33 = 231 \text{ mm}$$

$$k = \frac{12 \cdot (55,14 - 35)}{\sqrt{231}} = 15,90 \%$$

Také u indexu ombrické kontinentality platí, že čím vyšší jsou hodnoty, tím je klima kontinentálnější. Vypočtené hodnoty opět potvrzují předchozí propočty v tom, že nejnižší hodnota nám vyšla u San Sebastianu (3,41%), což signalizuje výrazně oceánské klima. Avšak u stanice v Turku nám tentokrát vyšla vyšší hodnota než u Doněcku. Hodnoty jsou však poměrně vysoké, což ukazuje na kontinentální klima u obou stanic. Svou roli v tom, že Turku má vyšší hodnotu než Doněck hraje pravděpodobně rozložení srážek během roku.

### **3. DOBA POLOVIČNÍCH SRÁŽEK (SRÁŽKOVÝ POLOČAS)**

Jedná se o dobu v měsících, za kterou spadne polovina ročního úhrnu srážek. Počítá se od 1. dubna. Lze ji využít k indexu ombrické kontinentality – s rostoucí kontinentalitou se doba polovičních srážek zkracuje.

 **Tab. 7: Roční srážky, poloviční srážky a počet měsíců, za kterých spadne polovina ročního úhrnu srážek**

Stanice	Roční srážky	Poloviční srážky	Počet měsíců
<b>Turku (FIN)</b>	661	330,5	5,73
<b>San Sebastian (ŠP)</b>	1581	790,5	6,73
<b>Doněck (UA)</b>	515	257,5	5,33

### Výpočet u stanice Turku:

Roční srážky = 661 mm

Poloviční srážky = 330,5 mm

Od dubna:  $38 + 35 + 43 + 78 + 84 = 278$  mm (5 měsíců)

Zbývá nám:  $330,5 - 278 = 52,5$

$\frac{52,5}{72} \cdot 1 = 0,73 \rightarrow$  **5,73 měsíců**

### Výpočet u stanice v San Sebastianu:

Roční srážky: 1581 mm

Poloviční srážky: 790,5 mm

Od dubna:  $158 + 128 + 91 + 79 + 116 + 116 = 688$  mm (6 měsíců)

Zbývá nám: 102,5

$\frac{102,5}{140} \cdot 1 = 0,73 \rightarrow$  **6,73 měsíců**

### Výpočet u stanice v Doněcku:

Roční srážky: 515 mm

Poloviční srážky: 257,5 mm

Od dubna:  $41 + 52 + 62 + 48 + 41 = 244$

Zbývá nám: 13,5

$\frac{13,5}{40} \cdot 1 = 0,33 \rightarrow$  **5,33 měsíců**

Na stanici v Turku spadne polovina ročního úhrnu srážek za 5,73 měsíců, v San Sebastianu za 6,73 měsíců a v Doněcku za 5,33 měsíců. O charakteru klimatu to vypovídá tak, že v Doněcku je klima více kontinentální a neprší tam tak často a intenzivně, jak v Turku.

## 4. POLOHA TĚŽIŠTĚ SRÁŽEK

Poloha těžiště srážek vychází z toho, že měsíční srážkové úhrny jsou rozloženy souměrně po obvodu kružnice o jednotkovém poloměru (osy prochází průměry leden-červenec a duben-říjen). Výsledkem je grafický výstup, který nám říká zase něco o charakteru klimatu na vybraných stanicích.

Souřadnice těžiště srážek se vypočtou podle vztahů:

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

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

I, II...XII = úhrny srážek jednotlivých měsíců  
 S .... roční úhrn srážek

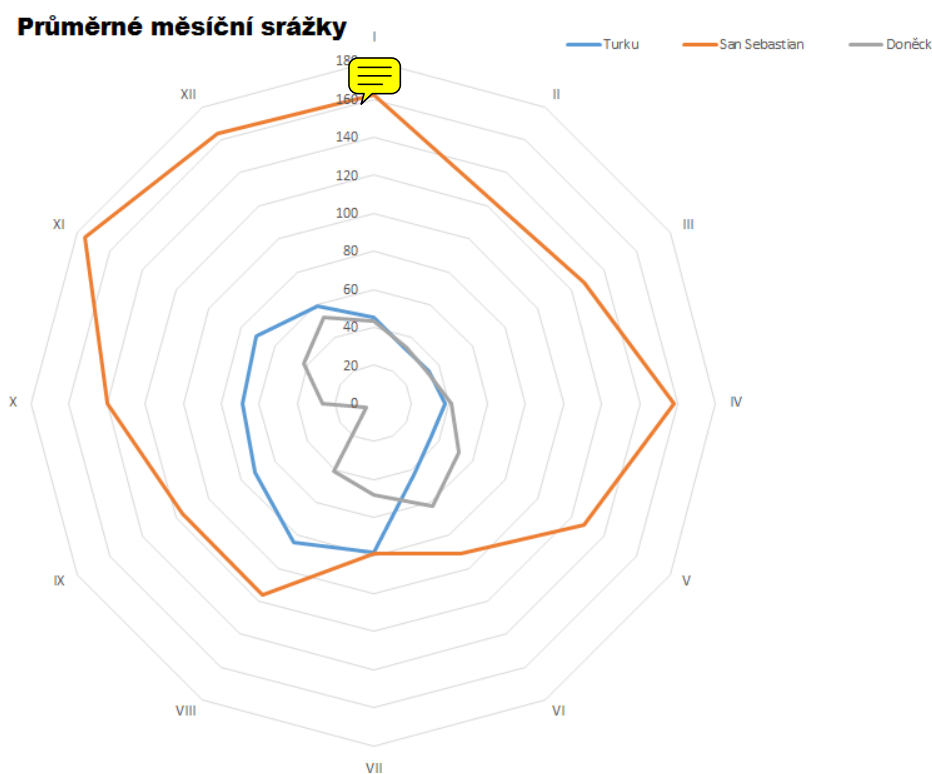
**Tab. 8: Souřadnice vybraných stanic**

Stanice	X	Y
Turku (FIN)	-0,194	-0,097
San Sebastian (ŠP)	-0,028	0,115
Doněck (UA)	0,024	-0,054

**Příklad výpočtu u stanice Turku:**

$$x = \frac{0,5 \cdot (33 + 43 - 84 - 59) + 0,866 \cdot (34 + 35 - 72 - 71) + 38 - 69}{661} = -0,194$$

$$y = \frac{0,5 \cdot (34 - 35 - 72 + 71) + 0,866 \cdot (33 - 43 - 84 + 59) + 45 - 76}{661} = -0,097$$



**Obr. 2: Graf znázorňuje roční rozložení srážek za období 1961-1990 na stanicích v Turku, San Sebastian a Doněcku**






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

V této části cvičení jsme si nechali vykreslit naprskový graf z průměrných ročních úhrnů srážek na vybraných stanicích. Čím dál od středu se nachází daná „kružnice“, tím je klima oceáničtější, protože to symbolizuje vyšší úhrny srážek. Dále čím je daná „kružnice“ pravidelnější, tím je i rovnoměrnější rozložení srážek během roku na dané stanici. Nejdál od středu se dle očekávání nachází stanice v San Sebastian, blíže středu stanice v Turku, a nejbližší stanice v Doněcku. Největší nepravidelnost má Doněck. Poloha těžiště jednotlivých stanic je klíčová pro určení charakteru klimatu.

Každý kvadrant charakterizuje určitý typ klimatu. Španělská stanice v San Sebastianu leží ve II. kvadrantu. Těžiště srážek v II. Kvadrantu mají stanice s oceánickým klimatem, čímž se nám opět potvrzují již dříve zjištěná fakta. Ukrajinská stanice v Doněcku se nachází ve IV. kvadrantu, kde se obvykle nachází stanice s teplým kontinentálním klimatem. A nakonec finská stanice v Turku se umístila ve III. kvadrantu, což podle jejího umístění znamená, že její klima je kontinentální nebo přechodné. V I. kvadrantu se tady žádná stanice neumístila, protože tam se umísťují jen stanice vysokohorské nebo stanice středomořského klimatu, které v tomto cvičení nemáme.

**Tab. 9: Závěrečné shrnutí klimatu na vybraných stanicích z dat 1961-1990**

	Index termické kontinentality	Index ombrické kontinentality	Doba polovičních srážek	Poloha těžiště srážek	Typ klimatu
Stanice					
<b>Turku (FIN)</b>	23,93%	12,21%	5,73 měsíců	III. kvadrant	přechodné
<b>San Sebastian (ŠP)</b>	6,12%	3,41%	6,73 měsíců	II. kvadrant	oceánské
<b>Doněck (UA)</b>	41,07%	10,38%	5,33 měsíců	IV. kvadrant	kontinentální

## Závěr:

V tomto cvičení byl zkoumán charakter klimatu na třech stanicích – Turku, San Sebastian, Doněck. Již podle vykreslené tabulky průměrných měsíčních teplot a průměrných měsíčních srážek za období 1960-1991 (což jsou dlouhodobé průměry), jsme mohli odhadovat, že např. stanice Doněck bude mít ryze kontinentální a stanice San Sebastian ryze oceánské klima.

V dalších částech jsme vypočítali pluviometrický koeficient, index termické kontinentality, index ombrické kontinentality, dobu polovičních srážek a zjistili polohu těžiště srážek. To vše k bližšímu pochopení klimatu na vybraných stanicích.

**Na stanicích v Doněcku** jsou z hodnot pluviometrických koeficientů nadprůměrné letní a zimní měsíce, a naopak podprůměrné jarní a podzimní měsíce, což znamená, že rozložení srážek během roku je zde značně nerovnoměrné. Vysoké hodnoty indexů termické a ombrické kontinentality značí silně kontinentální klima. Polovina srážkového úhrnu zde spadne až za 5,33. měsíců. Poloha těžiště nám vyšla ve IV. kvadrantu. To vše vede k jednoznačnému závěru -> Doněck má typické **kontinentální klima**.

**Na stanicích v San Sebastianu** jsou dle pluviometrických koeficientů srážkově nadprůměrné zimní měsíce, lehce podprůměrné letní měsíce, avšak rozložení srážek během roku je zde rovnoměrnější než např. v Doněcku. Indexy termické a ombrické kontinentality nám vyšly velmi nízké. Polovina ročního úhrnu srážek zde spadne za 6,73 měsíců a v poloha těžiště nám vyšla ve II. kvadrantu, což opět vede k jednoznačnému závěru, že San Sebastian má **oceánský charakter klimatu**.

**Na stanicích v Turku** spadne, jak plyne z hodnot pluviometrického koeficientu, nejvíce srážek v druhé polovině roku, naopak méně srážek v první půlce roku. Index termické kontinentality dosahuje vyšších hodnot, avšak zdaleka se nerovná San Sebastianu. U indexu ombrické kontinentality tady vyšla vyšší hodnota než v San Sebastianu, což potvrzuje ono relativně rovnoměrné rozložení srážek na této stanici. Polovina srážek zde spadne za 5,73 měsíců a poloha těžiště v se nachází ve III. kvadrantu, což by mělo symbolizovat kontinentální typ klimatu. Spadne zde však relativně dost srážek, tak bych označil toto klima za **přechodné**. Roční chod teplot zde má více kontinentální rysy, avšak díky geografické poloze – blízkost Baltského moře, a faktu, že zde často ještě z Atlantského oceánu postupují tlakové níže s frontálními systémy, zde spadne ještě slušné množství srážek.

## Zdroje:

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

IS.MUNI (2017): Klimatologické indexy\_vzor. Citováno dne 22. 9. 2017. Dostupné z [https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/klimaindexy/Klimatologicke\\_indexy\\_vzor.pdf?studium=750667/](https://is.muni.cz/auth/el/1431/podzim2017/Z0076/cviceni/klimaindexy/Klimatologicke_indexy_vzor.pdf?studium=750667/).