

Evaluation manifestations of climate change in the Slovak Republic using GIS

Ing. Adrián VARGA

Institute of Hydrology SAS, Dúbravská cesta č. 9, 841 04 Bratislava, Slovak Republic,

(Corresponding author. Email: varga@uh.savba.sk)

SPU Nitra – FZKI, Tulipánová 7, 949 76 Nitra

Supervisor: Ing. Yveta Velísková, PhD

Abstract

Climate change is a topical issue today. Climate change is a natural process that takes place on our planet in cycles, alternating warm and cold periods. We are currently in a period of warming, which is influenced by natural processes such as orbital changes in the earth, solar activity... but also by human activity, producing greenhouse gases from industry, transport, etc., which increase their amount in the atmosphere, which results in greenhouse effect. This all will result in a deterioration in many areas of life, for example, climate change can affect our health and quality of life. As for the seasons, we can see the slow disappearance of spring and autumn. Further, for example, problems in water management, especially with the maintenance of water resources, in agriculture, drying of soil degradation, higher consumption of water for watering, lower production of some crops. The aim of this contribution was to describe, from available sources, climate change, its causes and impacts on various sectors. The main goal was to make map outputs of a selected climate indicator in Slovakia. This indicator was $T_{s>10}$ which is defined as the sum of average daily air temperatures greater than 10°C for the period from the onset to the end of this temperature. The results show map outputs from 1961 to the forecast until 2100, where categorized values of $T_{s>10}$ are shown. The methodology is also described in the contribution. From the results we can conclude that the value of the indicator $T_{s>10}$ will be rising in the whole territory of Slovakia, which will result in an increase in daily maximum temperatures during the main growing period and also its subsequent prolongation. This can negatively but also positively affect the production of some crops in some cases. I hope that the results of our work will help to further investigate climate change and its effects on Slovakia in the future.

Key words : *climate change, impact, $T_{s>10}$, average daily temperature*

Acknowledgement : I would like to thank doc.Ing. Ján Čímo, PhD for his professional guidance

Annotation

The aim of this contribution is to present information about changes, causes and consequences of climate change in Slovakia, and the subsequent evaluation of selected climatic elements specifically $T_s > 10^\circ\text{C}$ in Slovakia using GIS software.

Anotácia

Cieľom tohto príspevku je predstaviť informácie o zmenách, príčinách a dôsledkoch zmeny podnebia na Slovensku a následné vyhodnotenie vybraných klimatických prvkov konkrétne $T_s > 10^\circ\text{C}$ na Slovensku pomocou GIS softvéru.

Hodnotenie prejavov klimatickej zmeny na území SR pomocou GIS

Ing. Adrián Varga

1 Úvod

V tomto príspevku sa pokúsim opísať klimatickú zmenu, jej príčiny, ktoré sú kombináciou prirodzených procesov na Zemi ako napr. sopečná aktivita oceánske prúdy a ľudskej činnosti, najmä emisie skleníkových plynov, ktoré vytvárajú v atmosfére Zeme skleníkový efekt, čo má za následok narastanie globálnej teploty pevniny a oceánov z ktorých má najväčší vplyv na klímu vodná para, ale rozoberiem aj ďalšie skleníkové plyny a to hlavne oxid uhličitý CO₂ a metán NH₄. Ďalej sa v príspevku budem venovať možným vplyvom, ktoré prinesie klimatická zmena do krajiny a jej zložiek a tiež prezentácií našich výsledkov a to konkrétne mapových výstupov, ktoré boli vytvorené pomocou GISového softvéru ArcGIS z reálne nameraných dát meteorologických staníc po celom území Slovenskej republiky. Na mapách bude zobrazený vývoj sumy priemerných denných teplôt nad 10°C po desaťročiach od roku 1961 až po súčasnosť a následne na to bude zobrazená prognóza od súčasnosti do roku 2100, ktorá je vypočítaná na základe trendovej krivky z predošlých hodnôt.

2 Klimatické zmeny, dopady

2.1 Klimatické zmeny

Klíma je, zjednodušene vyjadrené, charakteristický režim počasia v danej oblasti. Pre rad meteorologických prvkov (Teplota, atmosférické zrážky, tlak vzduchu, vlhkosť vzduchu, smer a rýchlosť vetra, snehová pokrývka a pod.) sa vyhodnocujú ich štatistické charakteristiky (priemery, extrémny, denné a ročné chody, premenlivosť, počty dní a pod.) za dlhšie obdobie, spravidla najmenej za 30 rokov. Premennivosť klímy, teda dlhodobých charakteristik, je podstatne menšia ako premenlivosť počasia. (Metelka, Tolasz 2009)

Zmeny klímy - tento termín sa v minulosti používal pre všetky zmeny súvisiace s klímou (v súčasnosti podľa Medzivládneho panelu OSN pre zmenu klímy IPCC, 1996) sa takto nazývajú už len zmeny klímy prirodzeného charakteru, teda spôsobené zmenami slnečnej aktivity a inými astronomickými faktormi, sopečnými erupciami, zmenami cirkulácie oceánov atď.). Zmena klímy - je len tá časť zo všetkých zmien klímy, ktorú spôsobuje človek zmenou skleníkového efektu atmosféry (emisiou skleníkových plynov a aerosólov, zmenou využívania krajiny). (Lapin, 2014)

2.2 Dopady klimatickej zmeny

Jav - tendencia	Dopady v sektoroch			
	Lesníctvo – Poľnohospodárstvo – Ekosystémy	Vodné zdroje	Priemysel – Doprava – Spoločnosť	Ľudské zdravie
Zvýšenie priemerných ročných teplôt	Zhoršenie „zdravotného stavu“ lesných spoločenstiev v dôsledku výskytu nových škodcov, rýchlej zmeny klimatických podmienok, nedostatočného času pre adaptáciu na nové podmienky	Riziko menšej dostupnosti úžitkovej a pitnej vody v dôsledku vyššie výparu z prírodných (otvorených) vodných zdrojov, zníženie kvality vody v dôsledku eutrofizácie	Zníženie účinnosti elektrární na fosilné palivá, zníženie kapacity prenosových elektrizačných sietí	Riziko vyššie a častejšie teplotného stretu, zhoršenie zdravotného stavu ľudí v dôsledku väčšej premenlivosti počasia (kvôli vyššej teplote)
Menší výskyt chladných dní, vyššie teploty v chladnom období roka	Zvýšenie výnosov a produktivity ekosystémov v chladnejších oblastiach ²⁴ , zníženie produktivity v teplejších ²⁵ , zvýšený epidemický výskyt hmyzu	Vplyv na vodné zdroje v závislosti od topenia snehovej pokrývky – dočasné zvýšenie množstva vody z topiaceho sa snehu	Zníženie dopytu po energii a tepla, menej časté narušenie dopravy v dôsledku menšieho množstva snehu, ľadu, negatívne dopady na zimný turistický ruch	Zníženie úmrtnosti v ľudskej populácii v dôsledku menej častého vystavenia chladu
Častejší výskyt (intenzívnejších) vln horúčav	Nižšie výnosy a produktivita ekosystémov v teplejších oblastiach v dôsledku väčšieho teplotného stresu, zvýšenie rizika požiarov	Zvýšenie dopytu po vode pre účely zavlažovania a chladenia, zhoršenie kvality vody v dôsledku intenzívnejšej eutrofizácie	Zníženie kvality života v populáciách bez primeraného bývania, najmä v teplejších oblastiach	Zvýšené riziko úmrtnosti v ľudskej populácii, najmä v starších vekových kategóriách, u chronicky chorých ľudí, v sociálne izolovaných populáciách
Častejšie a intenzívnejšie (silnejšie) búrky	Zvýšené riziko škôd v lesných spoločenstvách (polomy spôsobené extrémnym vetrom, požiare v dôsledku vyššie elektrickej aktivity búrok), rast škôd na poľn. plodinách v dôsledku častejších prírtrží mračen	Zvýšené riziko častejšej kontaminácie vodných zdrojov v dôsledku častejších náhlych povodní, rastu škôd vodohospodárskych stavieb	Zvýšené riziko škôd elektrizačných prenosových sústav, rastu škôd v doprave v dôsledku častejšieho krupobitia, veterných kalamit, apod.	Zvýšené riziko počtu úmrtí v dôsledku zasiahnutia človeka bleskom, a v dôsledku iných extrémnych prejavov búrok (vietor, krúpy, atď.)
Zvýšenie častosti (a intenzity) intenzívnych zrážok	Zvýšené riziko poškodenia úrody, lesných porastov, zvýšené riziko pôdnej erózie	Nepriaznivý vplyv na kvalitu povrchových a podzemných vôd, znečistenie dodávok pitnej vody, šírenie epidemických ochorení	zvýšené riziko narušenia sídel, obchodu a dopravy, narušenie fungovania spoločnosti v dôsledku povodní a snehových kalamit, straty majetku	Zvýšené riziko úmrtí, výraznejšie šírenie infekčných a dermatologických ochorení
Častejší výskyt (dlhšie obdobia) sucha	Zvýšené riziko poškodenia pôdy, straty úrody a neúrody, úhyn dobytka, zvýšené riziko požiarov	Zvýšené riziko akútneho nedostatku vody, výrazné obmedzenie dodávok kvalitnej pitnej vody, najmä v teplejších oblastiach	Zníženie potenciálu výroby elektrickej energie, nedostatok vody v sídlach, negatívne dopady na letný turistický ruch (vodný)	Zvýšené riziko nedostatku potravín a vody, zvýšené riziko podvýživy, zvýšené riziko výskytu chorôb potravín a vody
Úbytok snehovej pokrývky – skracovanie obdobia s jej výskytom	Zníženie strát v dôsledku snehových kalamit v lesných spoločenstvách, zvýšené riziko výskytu holomrazov	Zvýšené riziko nedostatku vody z topenia snehu v jarnom a letnom období, zvýšené riziko vzniku sucha na jar a v lete, ako dôsledok nedostatku vody z topenia snehu	Negatívne dôsledky pre zimný turistický ruch, zníženie strát v doprave v dôsledku menej častého výskytu snehu	Zníženie riziko šírenia ochorení v chladnom polroku, menšie množstvo úrazov spojených s prítomnosťou snehu na zemskom povrchu

Obrázok 1: prehľad očakávaných dopadov klimatickej zmeny v dôsledku zmeny frekvencie výskytu vybraných poveternostných javov na území Slovenska (zdroj: Pecho)

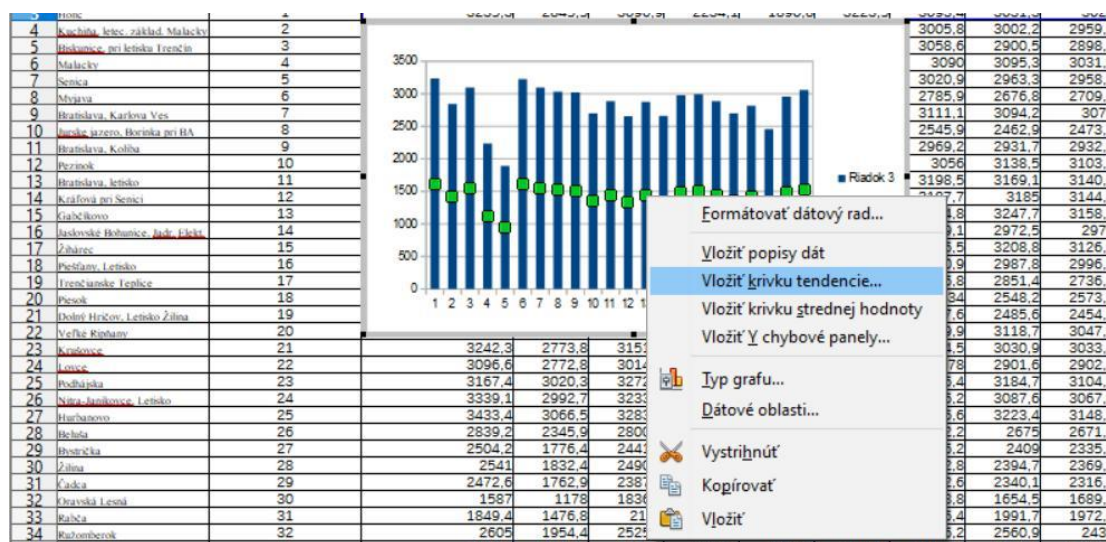
3 Metodika

Teoretická časť práce bola vytvorená pomocou rešeršu a zozbieraných informácií z rôznych publikácií, vedeckých článkov alebo internetových zdrojov, či už zahraničného alebo domáceho pôvodu. Druhá časť bola zameraná na výpočet súm priemerných denných teplôt nad 10°C pre každú stanicu podľa tabuliek z hodnotami 91 meteorologických staníc za všetky roky od 1960 po súčasnosť, kde boli pre každý rok a každú stanicu napísané dátumy nástupu a konca obdobia teplôt $T_s > 10^{\circ}\text{C}$. Následne sme podľa trendovej krivky z nameraných hodnôt odvodili funkciu, pomocou ktorej sme dopočítali prognózu do roku 2100.

E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
1146.9	2234.1	1890.8	3223.5	3093.4	3031.3	3022	2995.6	2887.1	2653.9	2676.1	2662.5	2977.8	2991.1	2886.5	2697.3	2818.3	2488.3	2934.4
1060.1	2906.8	2497.9	3170.7	3058.6	2900.5	2898.3	2564.4	2766.6	2568.8	2749.4	2547.5	2926	2936.1	2766.5	2767.7	2738.8	2348.3	2838.4
1227.3	3046.6	2620.9	3272.9	3090	3095.3	3031.9	2818	2934	2701.1	2952.4	2731.5	2983.2	3005.8	2939.3	2743.1	2809.9	2532.4	3017.7
3058	2952.6	2523.9	3139.8	3020.9	2963.3	2958.8	2610.4	2823.7	2608.7	2815	2623.7	2925.6	2934.3	2817.6	2653.7	2756	2394.4	2911.6
1723.4	2628	2235.1	2897.1	2789.9	2676.8	2709.6	156.3	2501.9	2294.4	2516	2296.4	2703.7	2627.6	2513.9	2263.2	2488.7	2095.7	2603.2
1188.3	3048.7	2653.4	3274.1	3111.1	3094.2	3078	2948	2958.2	2664.6	2948.8	2726.2	3058	3069.3	2951.7	2781.3	2846.7	2583.3	3029
2595	2387.9	2014.8	2640.8	2548.9	2462.9	2473.7	2169.4	2560.8	2070.9	2370.5	2138	2820.1	2285.7	2222.4	2049.4	2317.2	1964.6	2475.2
1045.1	2909.4	2494.8	3107.8	2959.2	2931.7	2932.9	2646.8	2806.1	2495.4	2815	2590.4	2923.6	2917.6	2798.6	2613.3	2719	2428.3	2900.2
1227.6	3084.7	2683	3311.4	3056	3138.5	3103.2	2887.6	2979.7	2709.5	2960.6	2758.4	3089	3102.7	2969.1	2856.4	2877.6	2230.1	3078.5
1250.9	3112.5	2724.5	3336.8	3198.5	3169.1	3140.6	2934.4	3026.1	2754.9	3009.5	2783.4	3118.8	3119.4	2997.4	2864.5	2884	2658.1	3091.5
1279.5	3126.2	2730.4	3346.9	3187.7	3185	3144.3	2955.4	3017.5	2753.6	2987.8	2803.7	3097.1	3107.4	2991.9	2834.6	2878.6	2638.1	3081.4
1265.6	3107.3	2694.5	3370.7	3254.8	3247.7	3159.2	2950	3027.9	2814.7	3002.7	2816.7	3131.5	3140	2981.4	2849.9	2911.5	2685.6	3097.7
1118.2	2998.9	2538.8	3183.9	3079.1	2972.8	2976	2680	2837.9	2852.1	2971	2676.6	3026.5	3031.2	2880.7	2711.7	2813.1	2498	2946.6
1289.3	3101	2698.9	3298.9	3255.5	3208.8	3126.9	2906.4	3017	2819.1	2973.3	2786.4	3100.5	3121.8	2969.8	2799.2	2883	2645.1	3060.9
1127.8	3091.8	2680.8	3320.1	3118.2	3085.1	3065.1	2825	2979.9	2658.8	2977.4	2619.8	3018.8	3031.2	2880.4	2698.2	2698.2	2458.5	3018.8

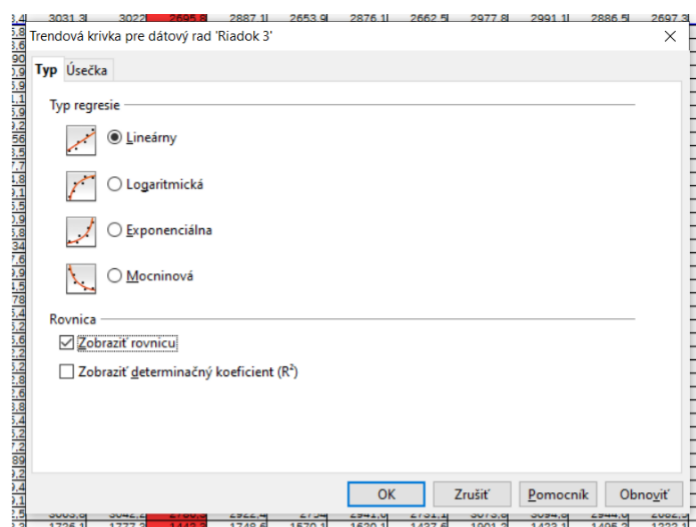
Obrázok 2: príprava dát v tabuľkovom softvéri

Klikneme na stĺpec v grafe a pravým kliknutím otvoríme možnosti a v nich vyberieme vložiť krivku tendencie.

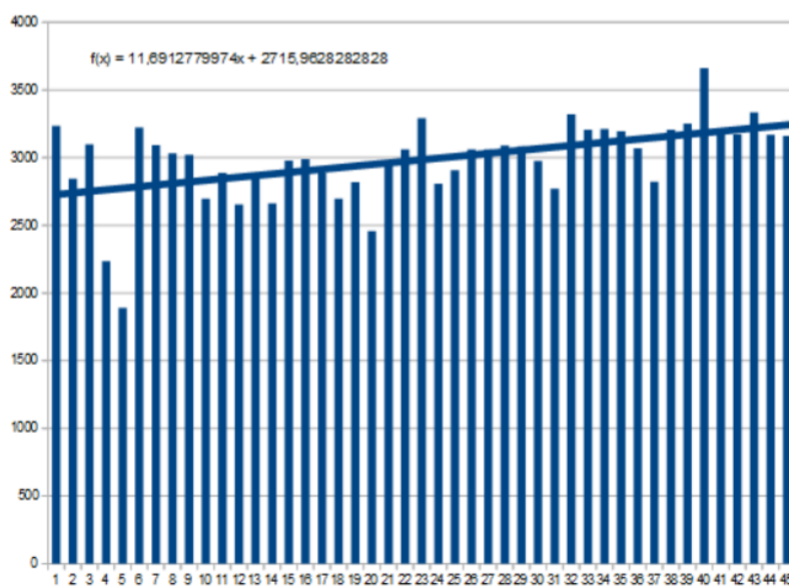


Obrázok 3: tvorba trendovej krivky v tabuľkovom softvéri

V otvorenom menu krivky vyberieme lineárna a zobrazit' rovnicu krivky



Obrázok 4: tvorba trendovej krivky v tabuľkovom softvéri



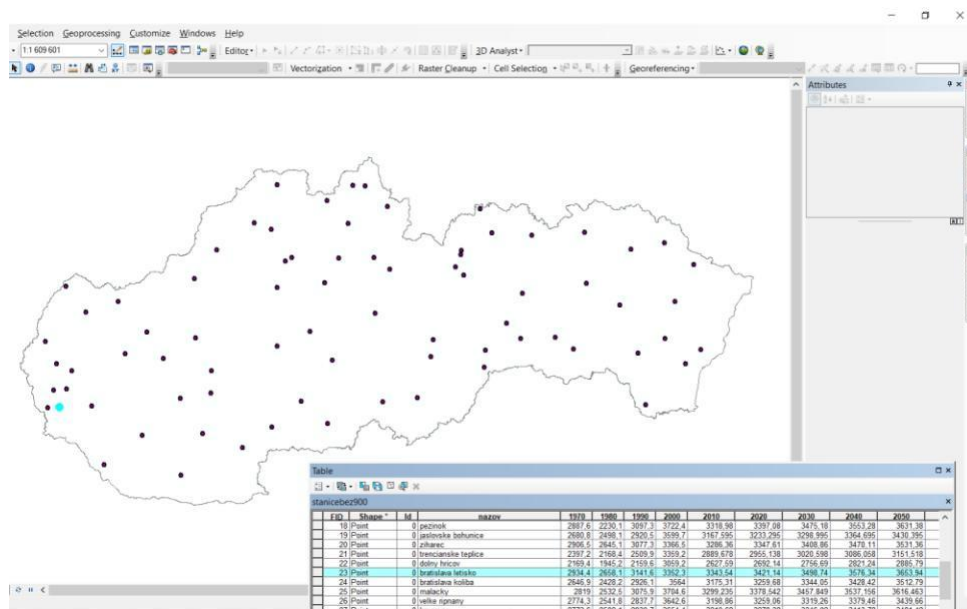
Obrázok 5: Príklad graf stanice Holič na Y osi sú hodnoty sumy $T_s > 10^\circ\text{C}$, na X je poradie v hodnoty v rámci jedného riadku.

Do vzorca za x zadáme číslo stĺpca v riadku kde sa má vypočítaná hodnota zobrazit' a tento vzorec preniesieme do ďalších stĺpcov až po hodnotu roku 2100.

	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM
1	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
2	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	
3	4247,521	4259,212	4270,903	4282,594	4294,285	4305,976	4317,667	4329,358	4341,049	$=11,691*EL1 + 2716$	

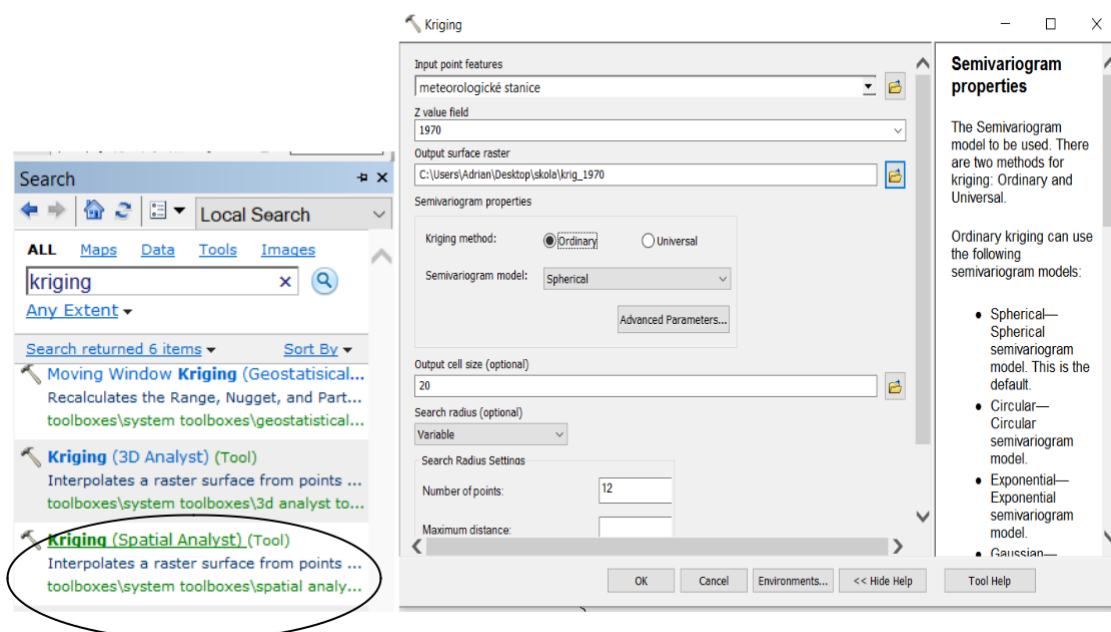
Obrázok 6: príprava dát v tabuľkovom softvéri

Z týchto údajov sme ďalej vyhotovovali mapové výstupy a to tak, že do programu ArcMap sme vložili meteorologické stanice ako body, pre ktoré sme vyhotovili údaje v tabuľke aby ich bolo možné interpolovať. Všetky mapové výstupy boli následne vyhotovené pomocou geoštatistickej interpolačnej metódy Kriging z daných bodov a hodnôt v tabuľke.



Obrázok 6: práca s dátami v prostredí ArcGIS

Vo vyhľadávачi vyberieme Kriging spatial analyst, v menu ako vstupné dáta vyberieme shapefile staníc a hodnotu z tabuliek podľa potreby, kvalitu rastra podľa potreby, my sme použili veľkosť bunky 50.

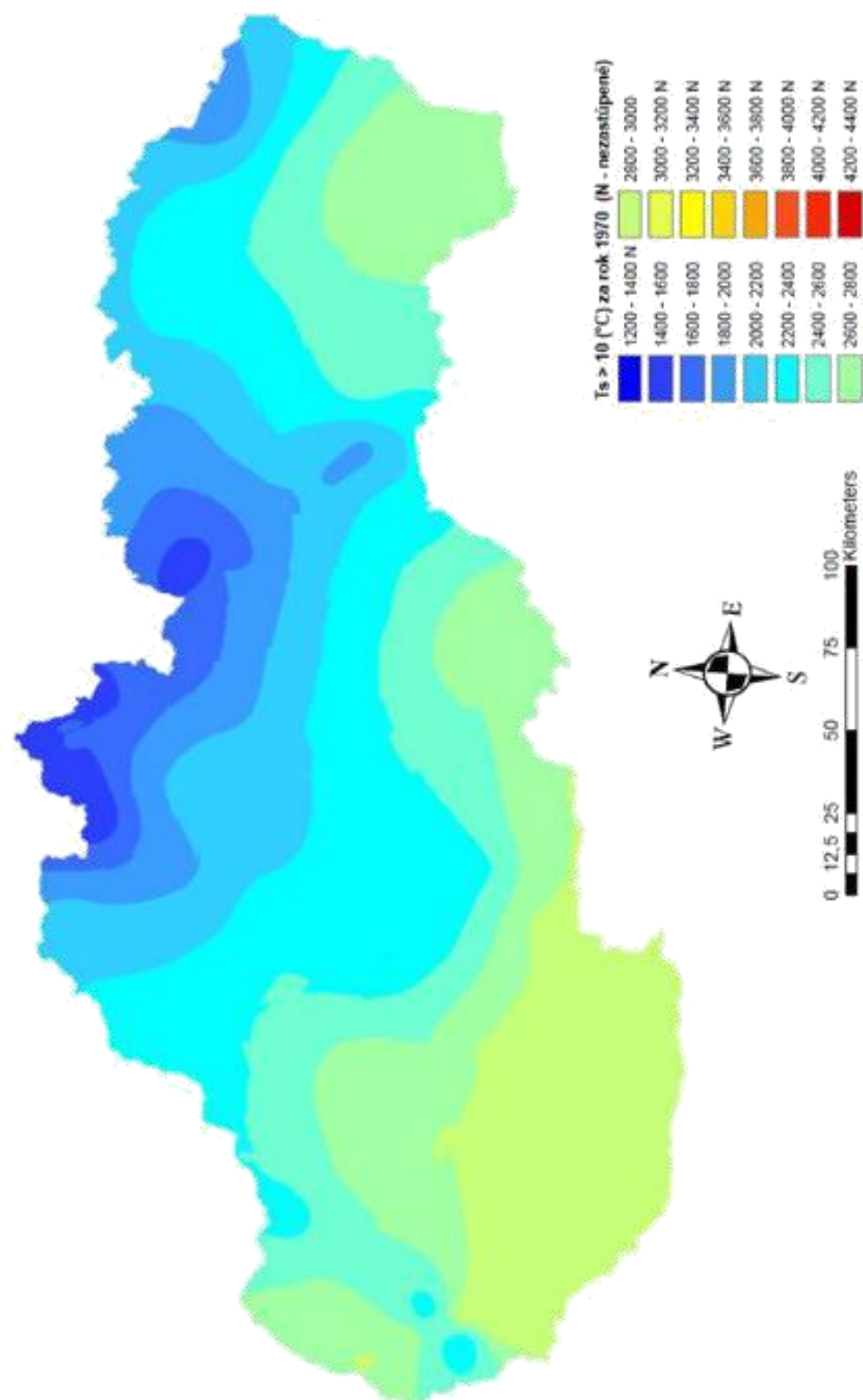


Obrázok 7: Výber interpolačnej metódy v prostredí ArcGIS

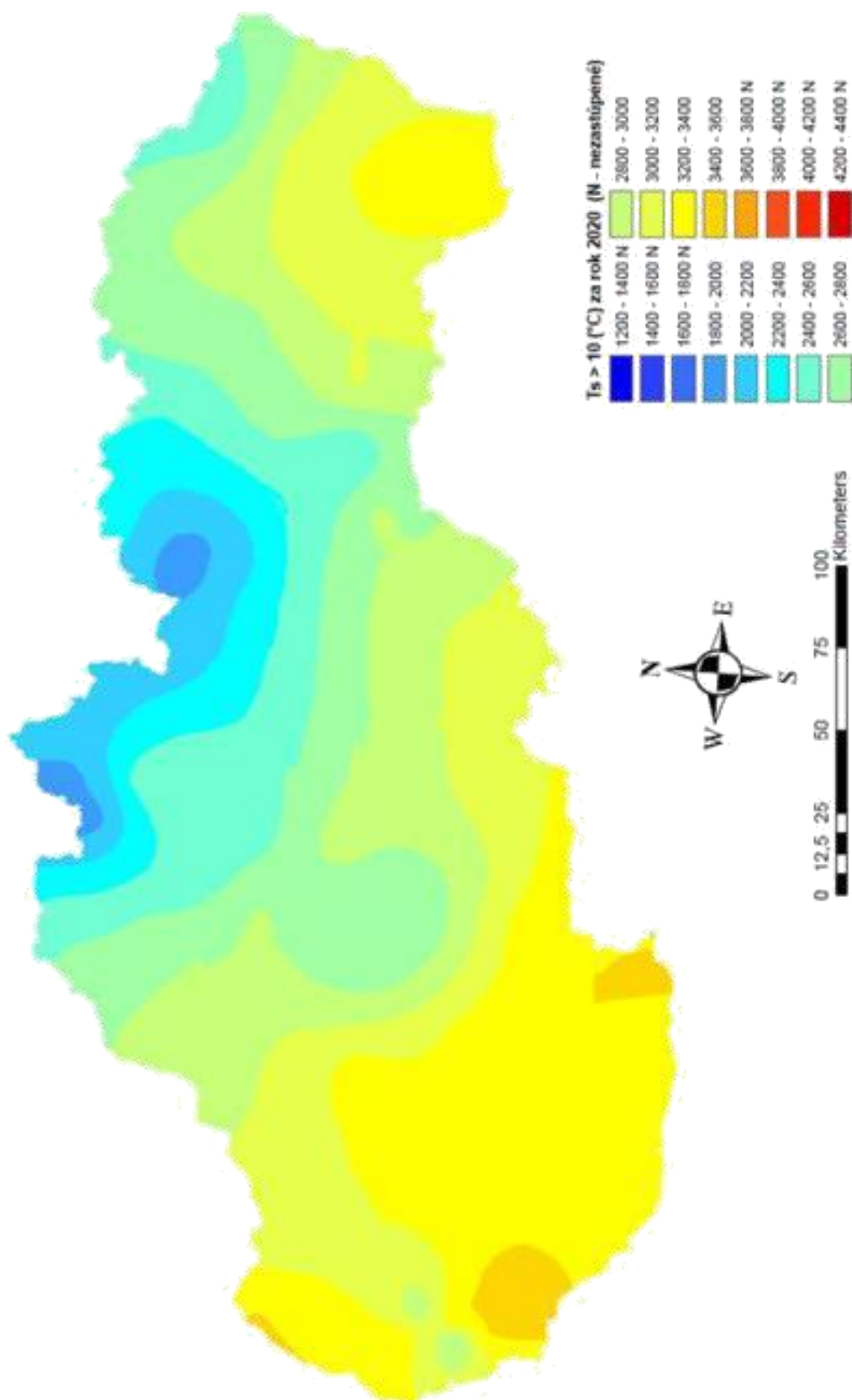
4 Výsledky

Tabuľka 1: Sumy priemerných denných teplôt nad 10°C za vybrané roky na vybraných staniách

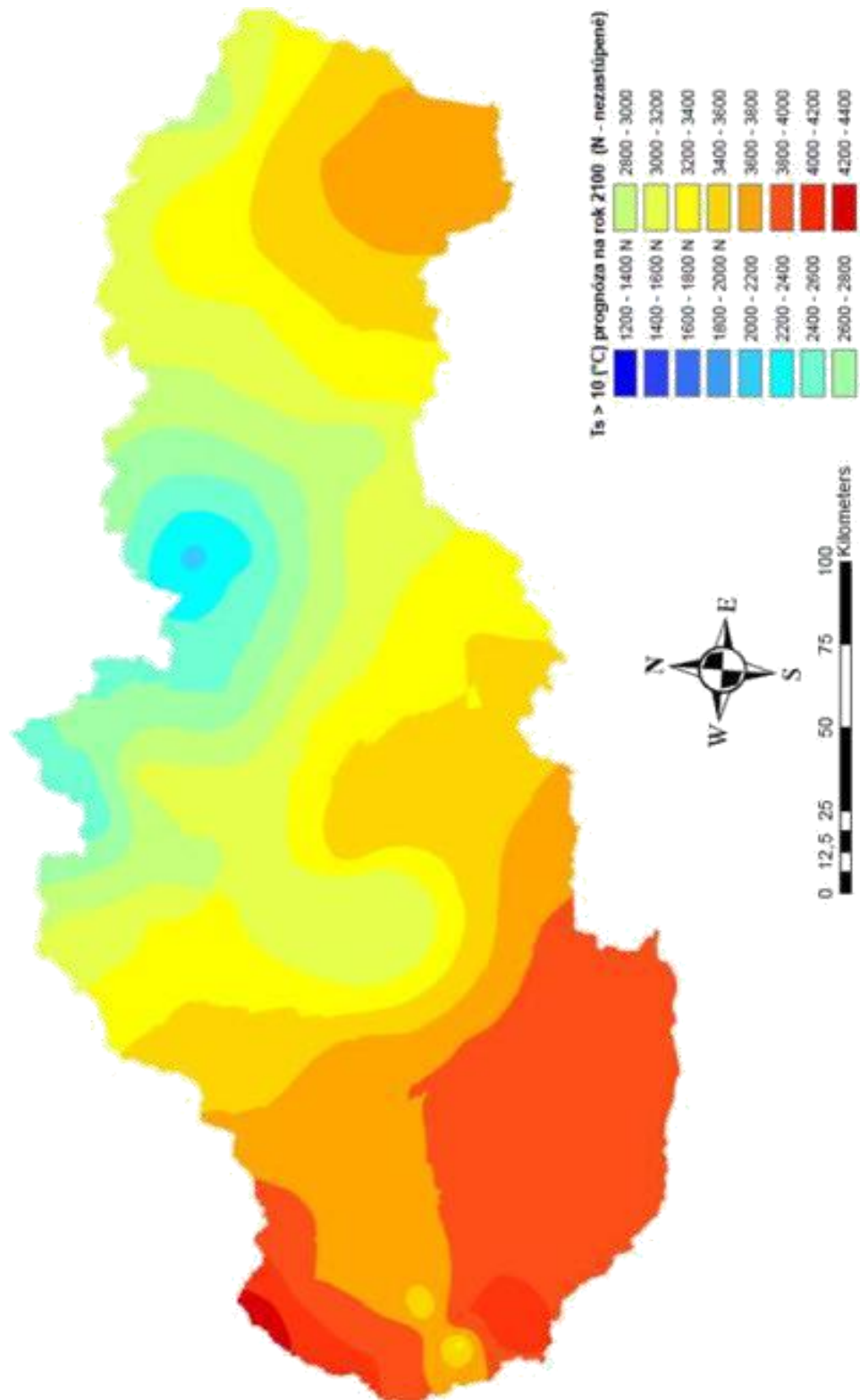
↓ stanice / roky →	1970	2000	2050	2100
Holíč	2695,8	3662,7	3768,2	4352,7
Kuchňa, letec. základ. Malacky	2706,4	3640,4	3571,1	3989,2
Biskupice, pri letisku Trenčín	2564,5	3554,7	3360,0	3701,1
Malacky	2819,0	3704,6	3616,5	4013,0
Senica	2610,4	3589,1	3439,3	3807,2
Myjava	2319,6	3239,9	3322,2	3880,0
Bratislava, Karlova Ves	2848,5	3711,9	3621,9	4018,2
Jurske jazero, Borinka pri BA	2169,9	3076,0	2963,5	3336,4
Bratislava, Koliba	2646,9	3564,0	3512,8	3934,6
Pezinok	2887,6	3722,4	3631,4	4021,9
Bratislava, letisko	2934,4	3352,3	3653,9	4041,9
Kráľová pri Senici	2925,4	3785,1	3622,5	3981,5
Gabčíkovo	2930,8	3391,4	3528,3	3820,3
Jaslovské Bohunice, Jadr. Elekt.	2680,8	3599,7	3430,4	3758,9
Žihárec	2906,5	3366,5	3531,4	3837,6
Piešťany, Letisko	2679,0	3231,9	3371,0	3669,1
Trenčianske Teplice	2397,2	3359,2	3151,5	3478,8
Piesok	2245,0	3152,1	3048,7	3433,2
Dolný Hričov, Letisko Žilina	2169,4	3059,2	2885,8	3208,5
Veľké Ripňany	2774,3	3642,6	3439,7	3740,7
Krušovce	2773,6	3654,4	3481,4	3819,9
Lovce	2587,5	3514,3	3325,9	3648,6
Podhájska	2888,5	3772,9	3547,9	3872,2
Nitra-Janikovce, Letisko	2815,6	3718,0	3579,2	3945,7



Obrázok 8: prognóza sumy priemerných denných teplôt nad 10°C na rok 2100.



Obrázok 9: prognóza sumy priemerných denných teplôt nad 10°C na rok 2020



Obrázok 10: prognóza sumy priemerných denných teplôt nad 10°C na rok 2100.

5 Záver

Na základe výsledkov našej práce môžeme konštatovať, že na území Slovenskej republiky dochádza ku zmene priemernej teploty vzduchu následkom klimatickej zmeny počas celého riešeného obdobia 1961 - 2100 až na pár výnimiek kedy sa teplota znížila. Zvýšenie priemernej teploty má za následok zvyšovanie maximálnych denných teplôt ale aj predlžovanie obdobia nástupu a konca priemerných denných teplôt $T_s > 10^\circ\text{C}$. Podľa našej prognózy predpokladáme pomalé zvyšovanie súm priemerných denných teplôt nad 10°C od roku 2020 kedy bola maximálna hodnota sumy v najteplejších oblastiach 3600°C na 4400°C v roku 2100, najmä v okolí Holiča a na Podunajskej nížine, kde teploty budú najväčšie v rámci územia Slovenska. Minimálna hodnota sumy v roku 2020 a to 1800°C sa do roku 2100 zvýši na 2000°C v najchladnejších oblastiach Slovenska, najmä okolie mesta Poprad a sever Slovenska.

6 Referencie

METELKA, L.; TOLASZ, R. (2009) *Klimatické zmeny: fakta bez mýtů*.
Vyd.: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí 2009 ISBN 978-80-87076-13-2

LAPIN, M. (2014) *ÚVOD DO PROBLEMATIKY KLIMATICKÝCH ZMIEN*
Dostupné na: <https://milanlapin.estranky.sk/clanky/klimaticke-zmeny-strucne/>