

OBJEKTÍVNA PRIESTOROVÁ ANALÝZA DLHODOBÝCH PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU A MAXIMÁLNYCH DENNÝCH ÚHRNOV ATMOSFÉRICKÝCH ZRÁŽOK NA SLOVENSKU

J. Pecho, P. Faško, K. Mikulová, P. Šťastný

Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, Slovenská republika, jozef.pecho@shmu.sk; pavol.fasko@shmu.sk; katarina.mikulova@shmu.sk; pavel.stastny@shmu.sk

Abstract

The long time averages and extremes of precipitation and temperature are the most used characteristics of meteorological elements. The objective methods of the spatial analysis of the meteorological elements fields give the expectation for wider, more available and faster exploitation of the statistical evaluation results in the map products. The elaboration of 30 years normal 1961 – 1990 from large collection of stations with homogenised data gives the possibility to compare our results with classic map elaboration, with less number of stations (Atlas of SR, 2002). High daily sums of precipitation could occur during short, but intensive showers, but during the long lasting less intensive rains too. Our experiences from the period of the last 10 – 15 years, when precipitation with high daily sum caused serious problems in most parts of the Europe have consequence in increasing interest in this precipitation characteristic.

Key words: air temperature, precipitation, objective spatial analysis, climate normal, probability of repeating

Úvod

Dlhodobé priemery teploty vzduchu a extrémne hodnoty atmosférických zrážok patria k najfrekvencovanejšie využívaným charakteristikám meteorologických prvkov. Metódy objektívnej priestorovej analýzy polí meteorologických prvkov vytvorili predpoklady pre rozsiahlejšie, dostupnejšie a rýchlejšie využitie výsledkov štatistického spracovania v mapovej forme.

Spracovanie 30-ročného normálu 1961 – 1990 s využitím homogenizovaných údajov z veľkého počtu staníc umožní porovnať naše výsledky s klasickým mapovým spracovaním, kde bol použitý menší počet staníc (Atlas krajiny SR, 2002).

Vysoké denné úhrny zrážok môžu byť zaznamenané počas krátkych, ale veľmi intenzívnych dažďov, ale aj pri trvalých zrážkach s menšou intenzitou. Skúsenosti, hlavne z posledných 10 až 15 rokov, kedy takéto zrážky spôsobili nielen na Slovensku, ale aj inde v Európe, mimoriadne problémy, sú príčinou rastúceho záujmu o túto charakteristiku zrážok.

Metodika

Priemernú ročnú teplotu vzduchu a priemernú mesačnú teplotu vzduchu v januári a v júli sme analyzovali v štandardnom 30-ročnom období 1961-1990. Mesačné údaje boli podrobené homogenizačným testom, neúplné rady boli doplnené podľa metodiky uvedenej v Mikulová, 2006. Takto bolo získaných 93 staníc, ktorých údaje boli použité pri spracovaní.

Maximálne denné úhrny zrážok sme analyzovali v období 1951-2000. Táto dĺžka časových radov maximálnych denných úhrnov zrážok umožnila výpočet klimatickej zabezpečivosti prekročenia tejto žiadanej charakteristiky atmosférických zrážok. Doteraz bola uskutočnená priestorová analýza klimatickej zabezpečivosti prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok iba za rok. V predkladanom príspevku sme sa sústredili na priestorovú analýzu klimatickej zabezpečivosti

prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok v jednotlivých mesiacoch roka. Analyzovali sme hodnoty 1 % zabezpečenia prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok, ktoré sú vzhľadom na dĺžku časových radov, z ktorých boli vypočítané, ešte relatívne korektné a súčasne sú vzácnosťou svojho výskytu veľmi atraktívne. Hodnoty klimatickej zabezpečenia prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok sme počítali podľa Pearsonovho rozdelenia III typu.

V prezentovanej práci boli spracované najvyššie denné úhrny zrážok zaznamenané na príslušnej meteorologickej stanici každý mesiac v rokoch 1951-2000. Časť staníc nemala v priebehu uvažovaného obdobia neprerušené meranie a pozorovanie, preto bolo treba chýbajúce údaje doplniť na základe priestorovej analýzy údajov najbližších staníc. Takto boli nadobudnuté 50 ročné časové rady maximálnych denných úhrnov zrážok v jednotlivých mesiacoch roka pre 607 meteorologických staníc na území Slovenska. Údajová základňa, z ktorej sme čerpali, bola v tomto prípade zaťažená veľkou mierou neurčitosti vo výskyte denných maxim zrážok, ktoré ak súvisia s búrkami, sú silne lokálne obmedzené a aj v prípade trvalých zrážok môže byť príčinou rozdielov medzi dennými maximami zrážok rôzny dosah a intenzita zrážkovo významných typov poveternostných situácií na území Slovenska.

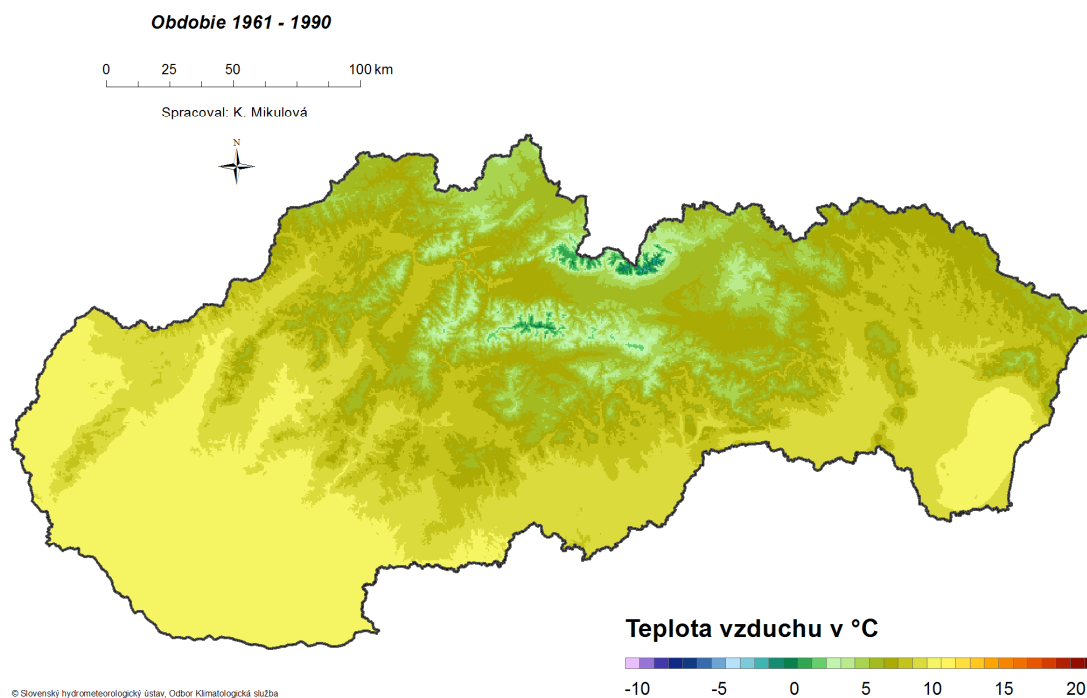
Priestorová analýza bola jednotná pre polia teplotných charakteristík (januárové, júlové a ročné priemery za obdobie 1961 -1990) ako aj pre polia 1 % zabezpečenia maximálneho denného úhrnu atmosférických zrážok v jednotlivých mesiacoch. Táto bola vykonaná v prostredí GIS-GRASS 6.0.2 pomocou regularizovaného splajnu s tenziou (3D interpolácia) s možnosťou nastavenia vstupných parametrov tenzie (tension), zhladzovania (smoothing) a pod. Matematická formulácia regularizovaného splajnu s tenziou umožňuje pri interpolácii zahrnúť aj informácie o priestorovom rozložení doplňujúcej premennej, napr. pri interpolácii atmosférických zrážok a teploty vzduchu využiť informácie o topografii územia. Najlepšie výsledky dosahuje pri interpolácii veľmi hladkých povrchov znázorňujúcich napr. klimatické javy, keďže metóda splajnov využíva matematicky definované krivky, ktoré po častiach interpolujú jednotlivé časti povrchu, výsledný povrch má minimálnu krivosť. Interpoláčna metóda regularizovaný splajn s tenziou patrí k veľmi presným a flexibilným interpoláčnym metódam. Pri interpolácii teploty vzduchu sa z dôvodu fiktívneho zahustenia staničnej siete pridali hodnoty tohto prvku v tzv. „virtuálnych stanicach“, ktoré boli rozložené v sieti 10 x 10 km na základe regionalizácie Slovenska podľa teplotných pomerov (Mikulová, 2005). Konkrétne hodnoty v uvedených bodoch boli vypočítané na základe úzkeho regresného vzťahu medzi teplotou vzduchu a nadmorskou výškou. Podobná metóda bola použitá aj pre analýzu zrážkového poľa, no s nerovnomerne rozloženými „virtuálnymi stanicami“, umiestnenými najmä v horských oblastiach.

Výsledky

Priemerná mesačná (I a VII) a ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 - 1990

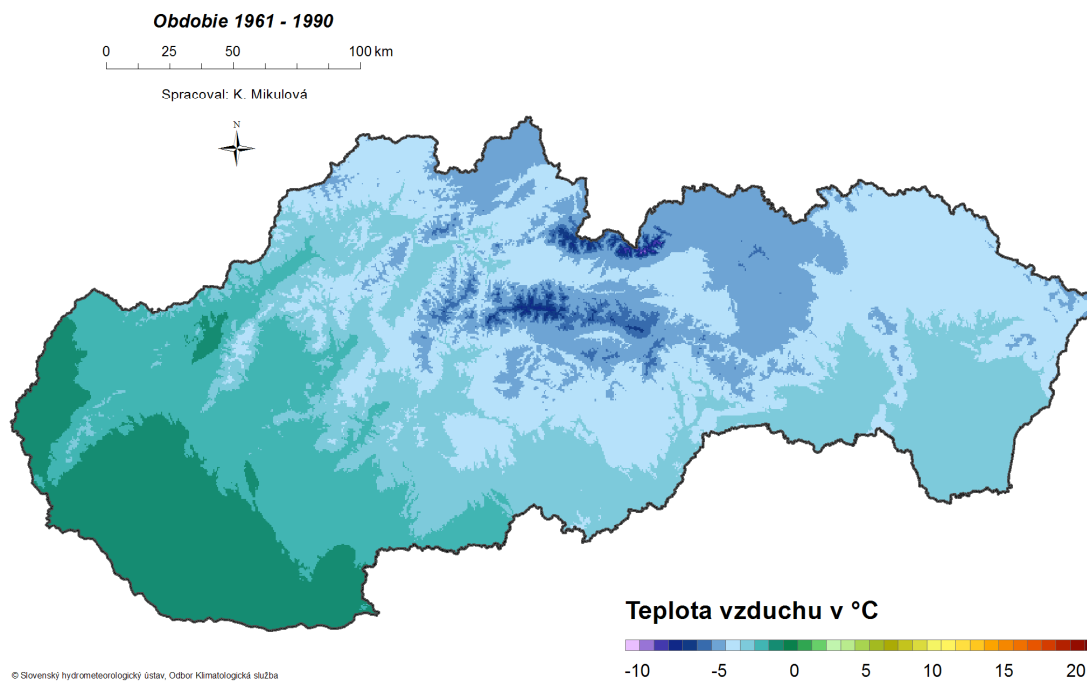
Potvrdili sa očakávania úspešnej aplikácie objektívnej interpolačnej metódy na analýzu poľa dlhodobých charakteristík teploty vzduchu. Porovnanie s už publikovanými mapami 1961-1990 (Atlas krajiny SR, 2002) ukázalo na nasledovné skutočnosti. V princípe sú zodpovedajúce mapy porovnateľné (Obr. 1-3). Menšie rozdiely sú spôsobené tým, že interpolačná metóda plne rešpektuje terén, čím je najmä v hornatom teréne presnejšia ako expertná mapa. Vyšší počet staníc sa prejavil v analýze v menej členitom teréne. Vzhľadom na jednoznačnosť týchto výsledkov budeme viac pozornosti venovať výsledkom analýzy poľa hodnôt 1 % zabezpečenia prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok.

Priemerná ročná teplota vzduchu



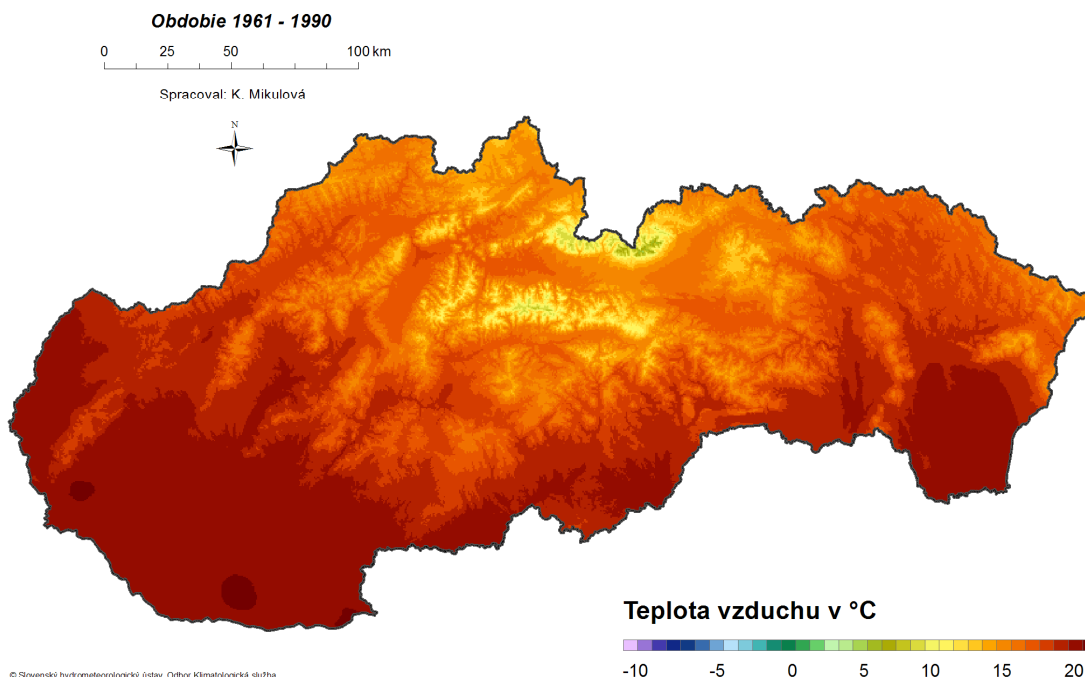
Obr. 1 Priemerná ročná teplota vzduchu na Slovensku v období 1961-1990

Priemerná mesačná teplota vzduchu Január



Obr. 2 Priemerná mesačná teplota vzduchu v januári na Slovensku v období 1961-1990

Priemerná mesačná teplota vzduchu Júl



Obr. 3 Priemerná mesačná teplota vzduchu v júli na Slovensku v období 1961-1990

1 % zabezpečenosť prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok v jednotlivých mesiacoch roka na Slovensku v období 1951-2000

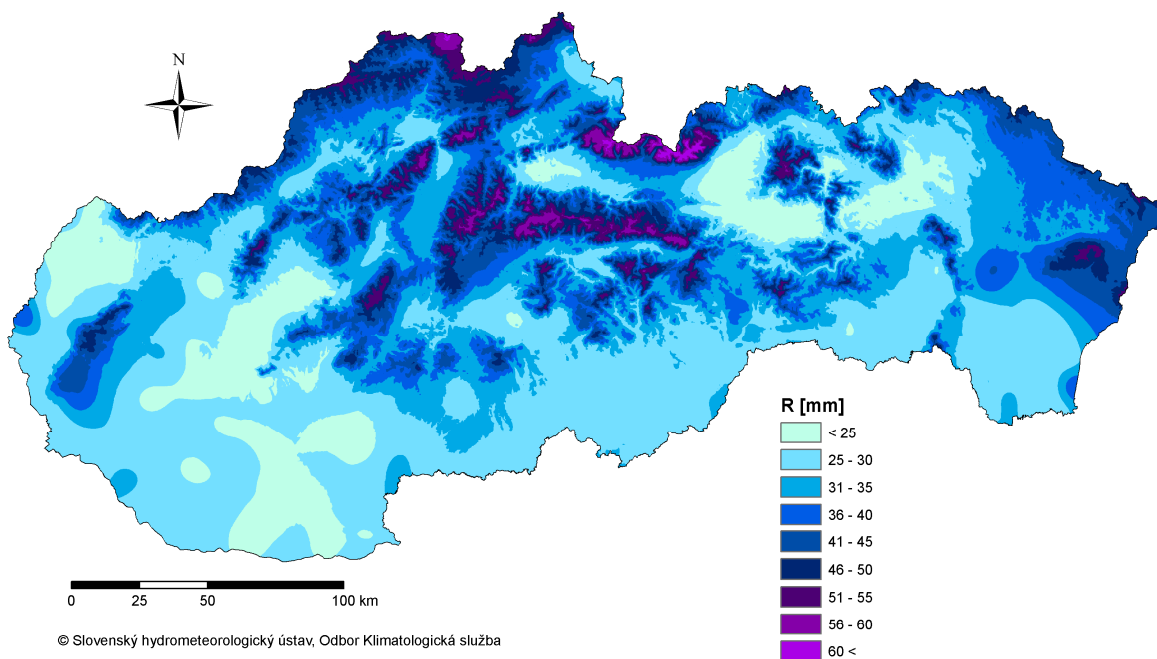
Január

Najvyššie hodnoty 1 % zabezpečenosť prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok v januári za obdobie 1951-2000 sú sústredené prevažne v horských oblastiach severného Slovenska v súvislosti s advekciou vlhkého vzduchu od severozápadu, čo podporuje teóriu o výraznom uplatňovaní náveterných a záveterných efektov na zrážky v oblastiach severozápadného, severného a severovýchodného Slovenska pri tomto type poveternostnej situácie. Zreteľné sú aj nízke úhrny zrážok na Spiši (Obr. 4).

Február

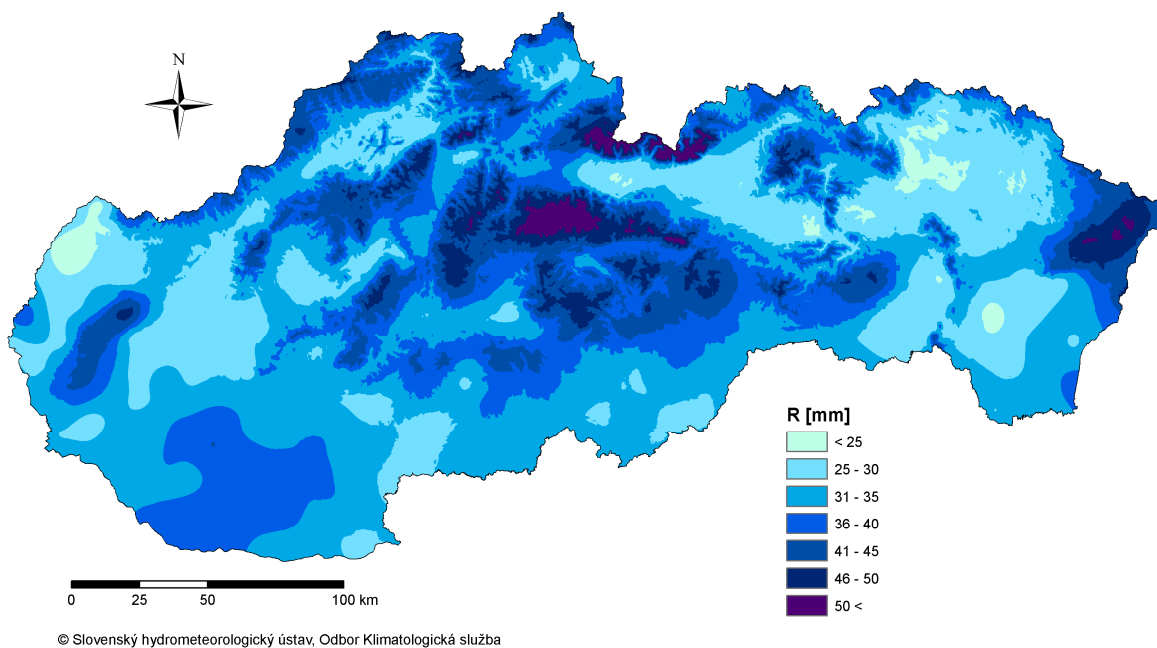
Vo februári dosahujú hodnoty 1 % zabezpečenosť prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok na Slovensku takmer rovnakú úroveň ako v januári. V porovnaní s januárom bolo ich priestorové rozloženie vyváženejšie. Oblasť s najnižšími hodnotami bola v tomto mesiaci v strednej časti povodia Torusy (Obr. 5).

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v januári na Slovensku v období 1951-2000**



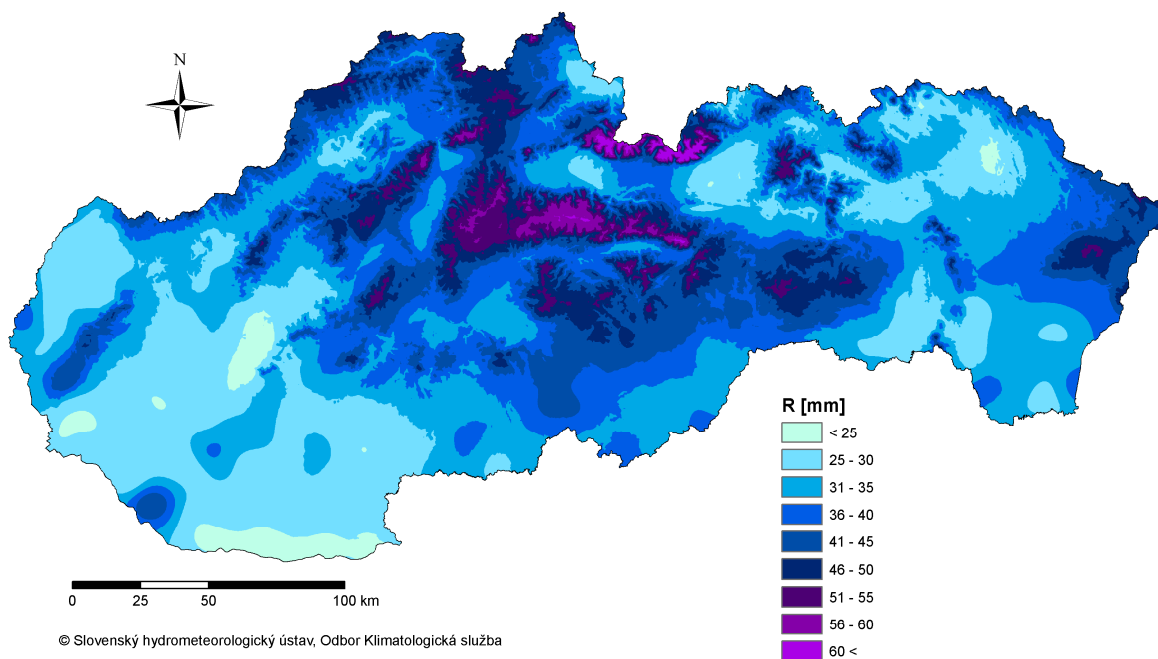
Obr. 4 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v januári na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] vo februári na Slovensku v období 1951-2000**



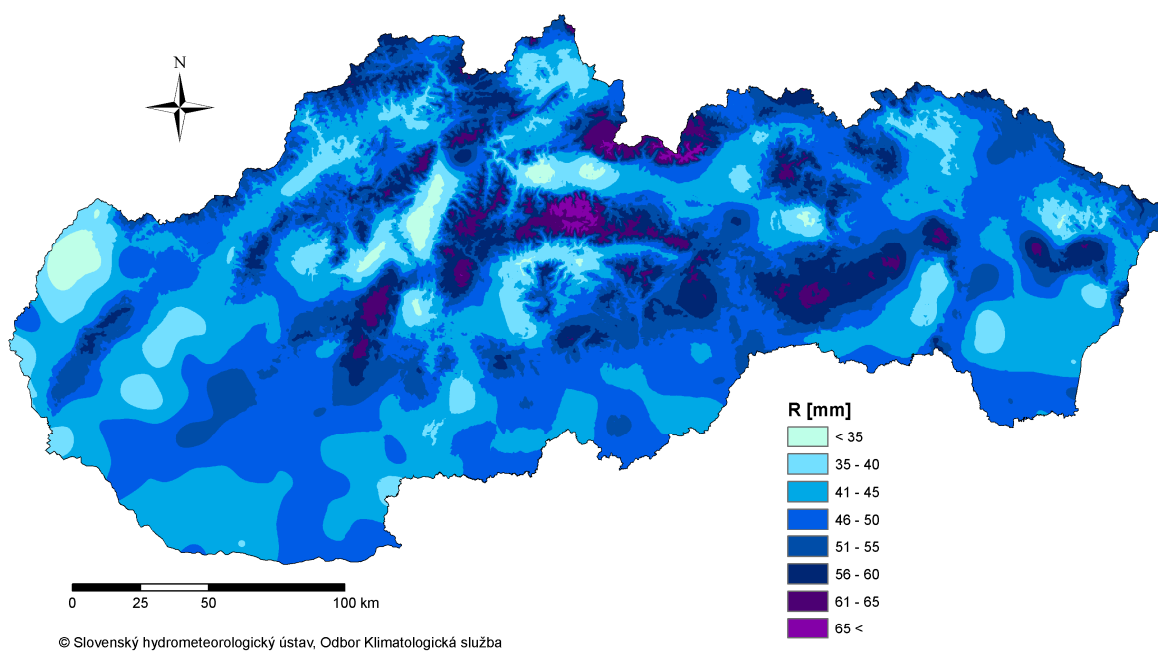
Obr. 5 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok vo februári na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v marci na Slovensku v období 1951-2000**



Obr. 6 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v marci na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v apríli na Slovensku v období 1951-2000**



Obr. 7 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v apríli na Slovensku (1951-2000)

Marec

V priebehu marca sa obyčajne mení charakter veľkopriestorovej cirkulácie v Európe a prejavilo sa to aj na výraznejšej závislosti maximálnych denných úhrnov zrážok od nadmorskej výšky na Slovensku. Na východnom Slovensku bola štruktúra poľa hodnôt 1 % zabezpečenia prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok ešte aj v tomto mesiaci ovplyvnená väčšou kontinentalitou klímy v tejto časti Slovenska, čo spôsobuje v ročnom režime výraznejšie pribúdanie zrážok až v nasledujúcich mesiacoch (Obr. 6).

Apríl

Apríl je prvým mesiacom v roku, v ktorom začína byť v poli maximálnych denných úhrnov zrážok zreteľná väčšia priestorová premenlivosť. Pri tejto charakteristike zrážok je to zvýraznené aj tým, že časť týchto denných úhrnov zrážok má už v tomto mesiaci pôvod v búrkových lejakoch. Toto konštatovanie potvrdzuje aj závislosť týchto zrážok od nadmorskej výšky, ktorá je menej výrazná ako v marci (Obr. 7).

Máj

V máji má pole maximálnych denných úhrnov zrážok na Slovensku ešte väčšiu priestorovú premenlivosť ako v apríli. Najvyššie hodnoty 1 % zabezpečenia prekročenia májových maximálnych denných úhrnov zrážok sú v izolovaných regiónoch rozptýlené po celom Slovensku a ich najvyššie hodnoty prekračujú hranicu 100 mm (Obr. 8).

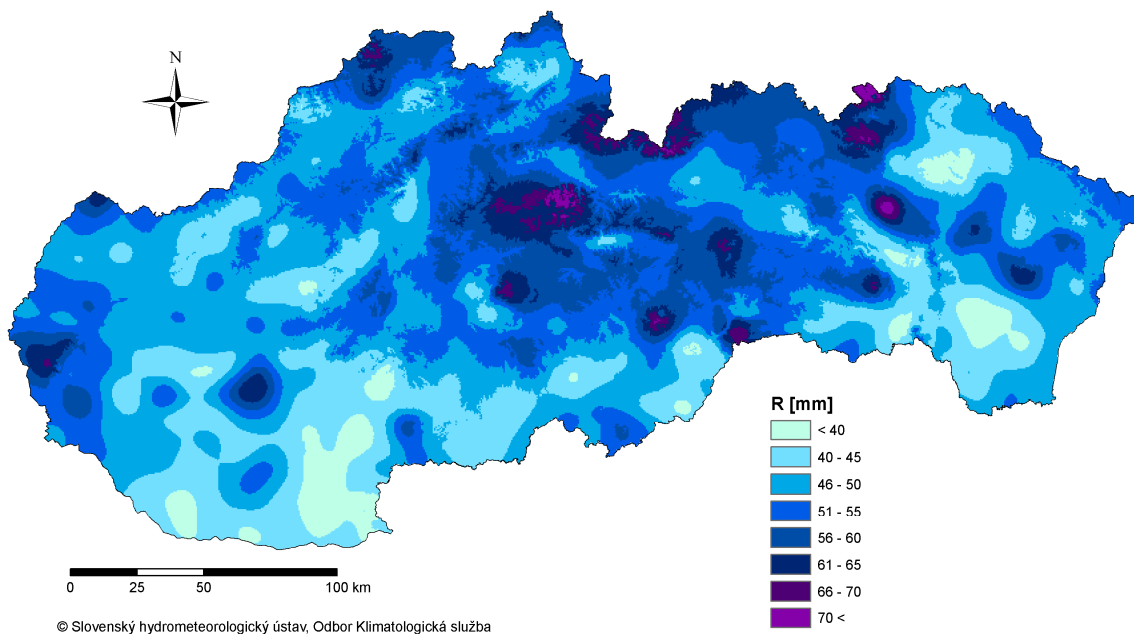
Jún

Jún je v skupine mesiacov teplého polroka (apríl až september) výnimočný tým, že v tomto mesiaci je väčšia závislosť maximálnych denných úhrnov zrážok od nadmorskej výšky ako v ostatných mesiacoch uvádzaného polroka. Podmienené to bolo aj veľmi dominantným, na zrážky bohatým, typom poveternostnej situácie NEc, pri ktorom boli zaznamenané 29. 6. 1958 v horských oblastiach severného Slovenska mimoriadne vysoké úhrny zrážok. Nezanedbateľný je však aj pôvod maximálnych denných úhrnov zrážok v júni. Tieto nie sú tak často sprevádzané búrkami ako v ostatných letných mesiacoch. Príčinou je aj cirkulácia vzduchu medzi Atlantickým oceánom a európskym vnútrozemím, ktorá sa v tomto mesiaci obyčajne zvýrazňuje (Obr. 9).

Júl

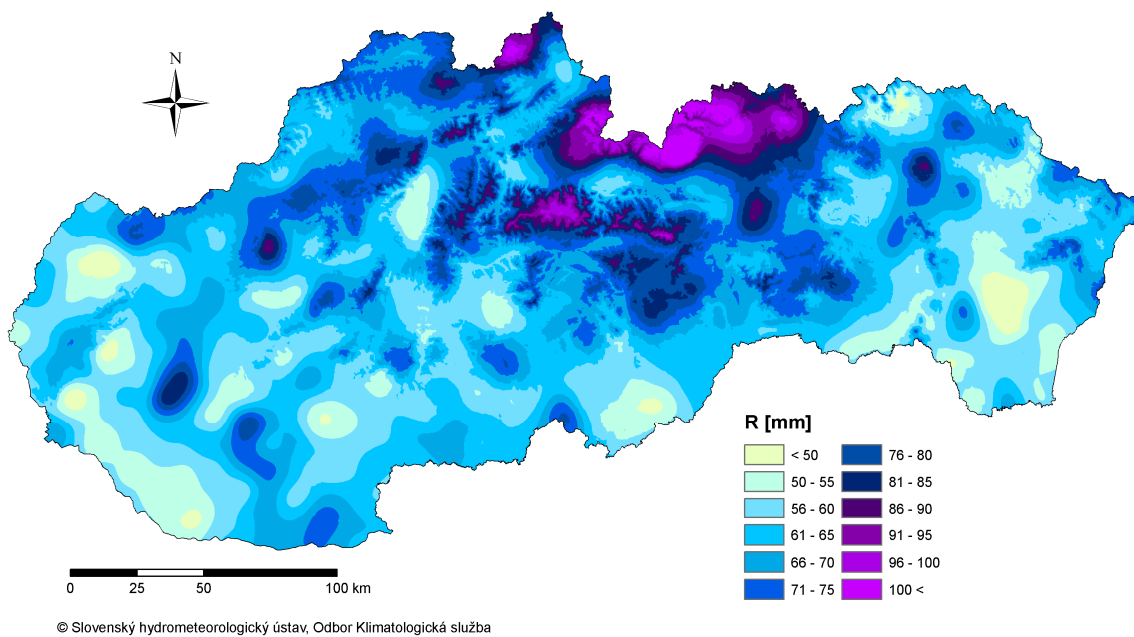
V júli majú v pôvode maximálnych denných úhrnov zrážok dominantné postavenie búrky. Lokality s najvyššími hodnotami maximálnych denných úhrnov zrážok, ktoré boli zaznamenané na Slovensku v júli sa nachádzajú aj v horských, aj v nížinných oblastiach a podstatná nie je ani zemepisná šírka alebo dĺžka. Relatívne vyššiu koncentráciu však majú tieto úhrny zrážok v oblasti od Malých Karpát po Považský Inovec a rovnako aj na severozápadnej Orave a v Tatrách (Obr. 10).

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v máji na Slovensku v období 1951-2000**



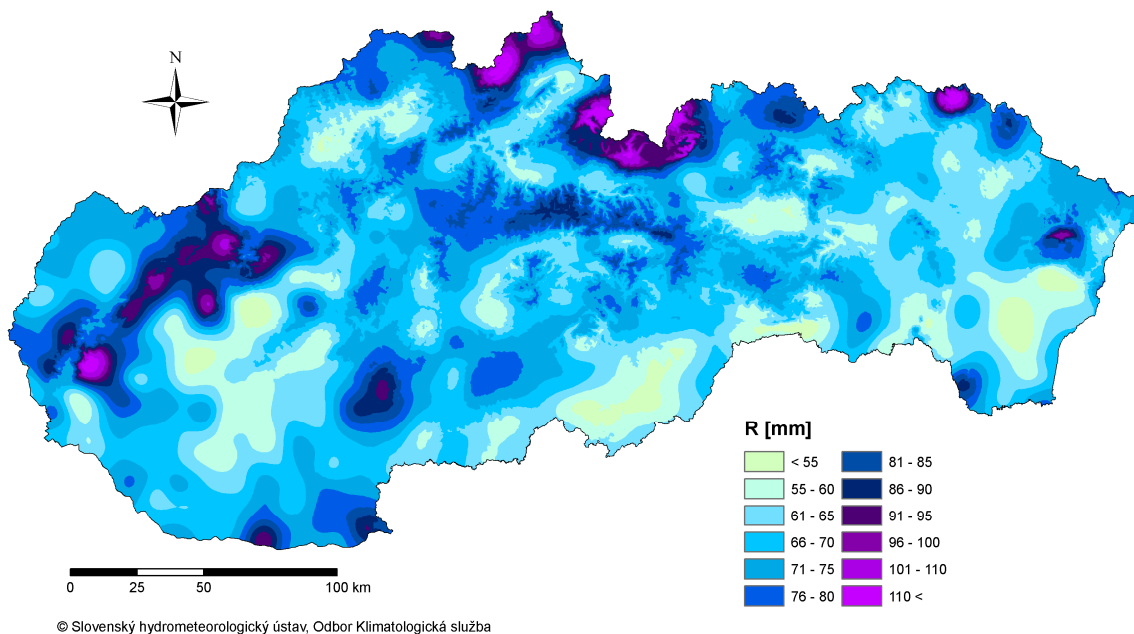
Obr. 8 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v máji na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v júni na Slovensku v období 1951-2000**



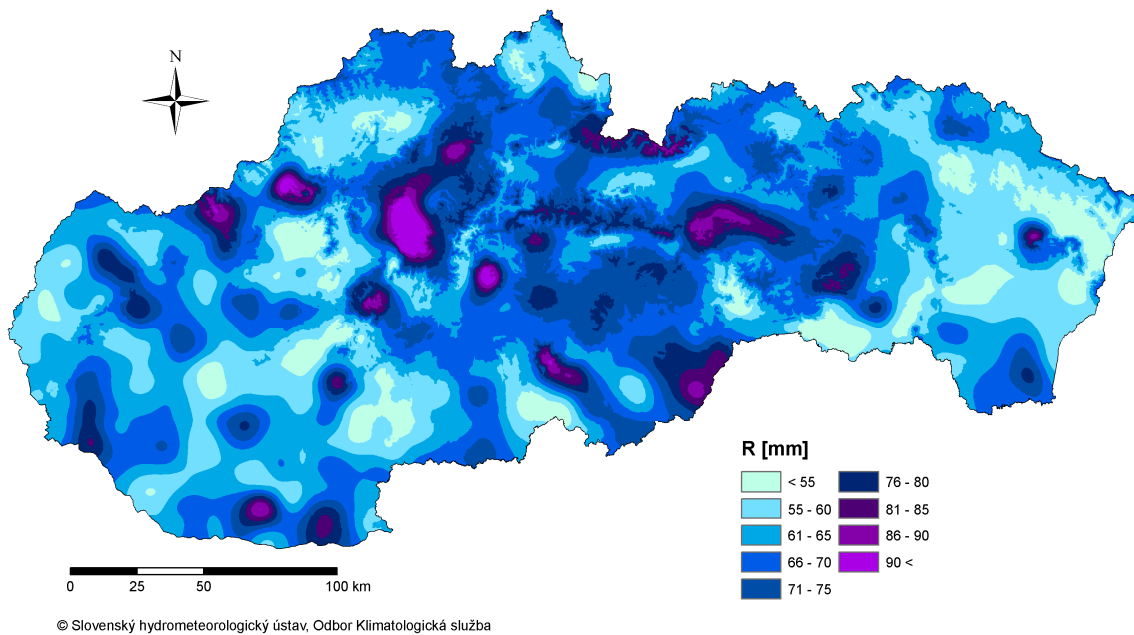
Obr. 9 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v júni na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v júli na Slovensku v období 1951-2000**



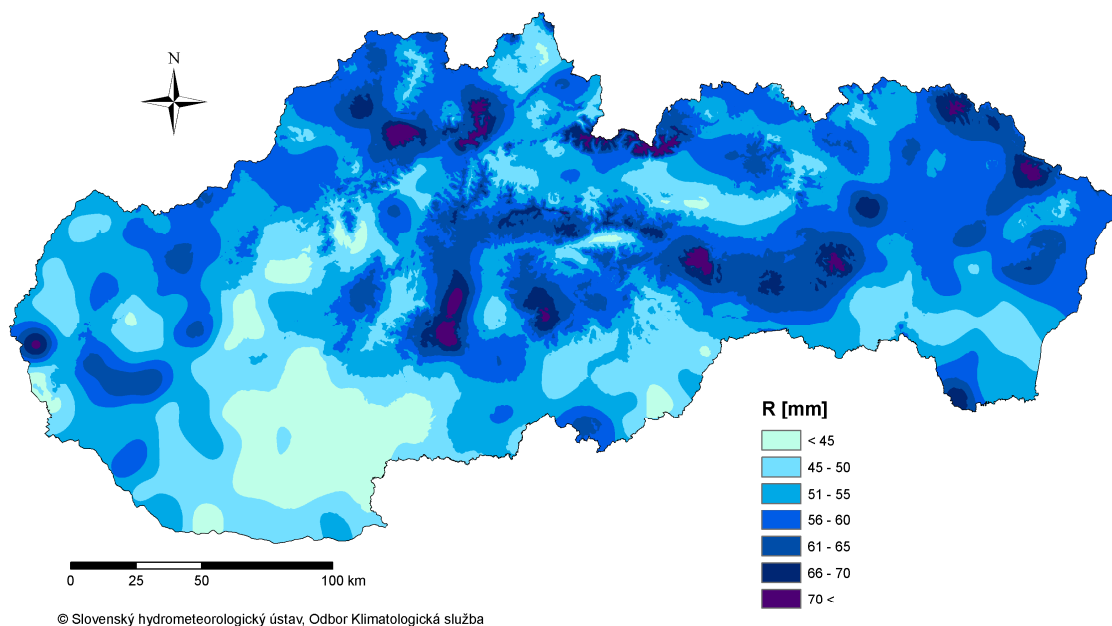
Obr. 10 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v júli na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v auguste na Slovensku v období 1951-2000**



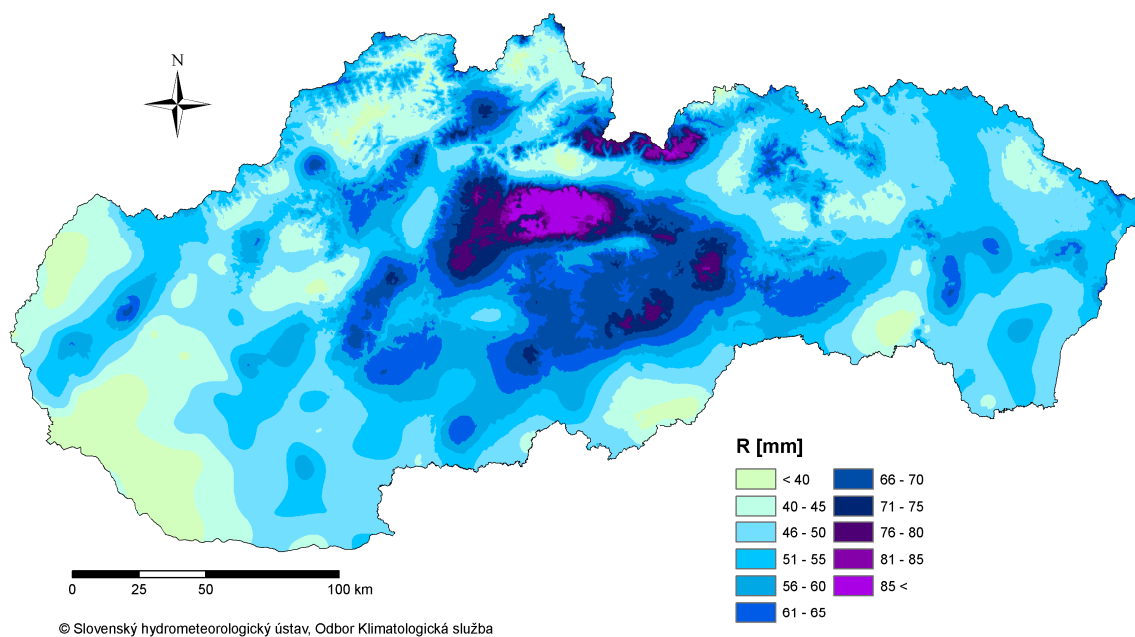
Obr. 11 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v auguste na Slovensku (1951-2000)

1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v septembri na Slovensku v období 1951-2000



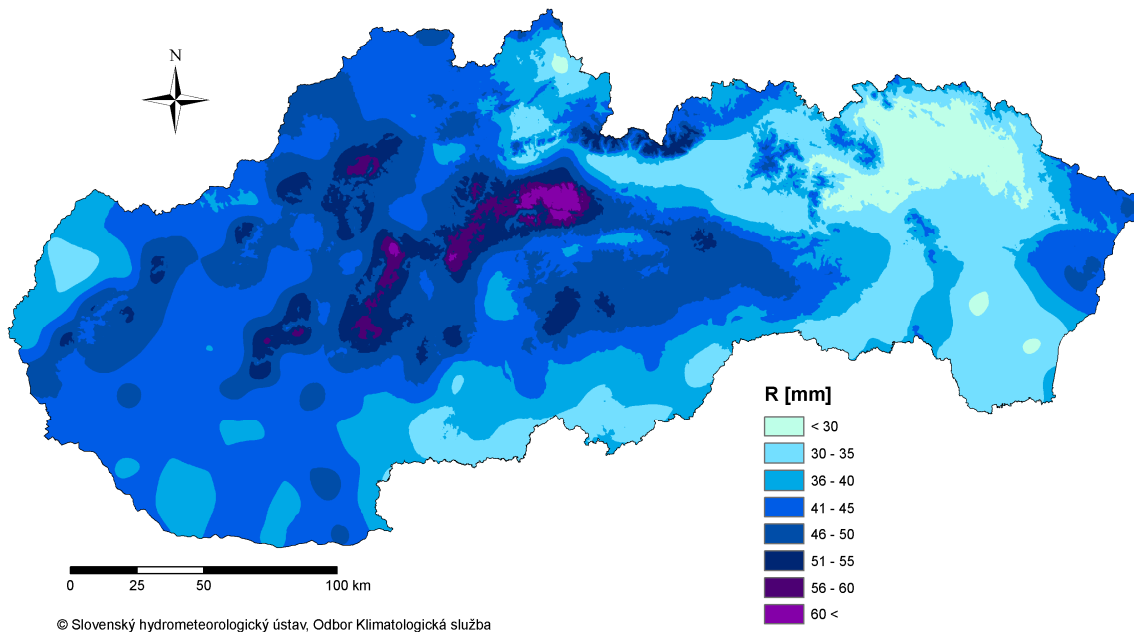
Obr. 12 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v septembri na Slovensku (1951-2000)

1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v októbri na Slovensku v období 1951-2000



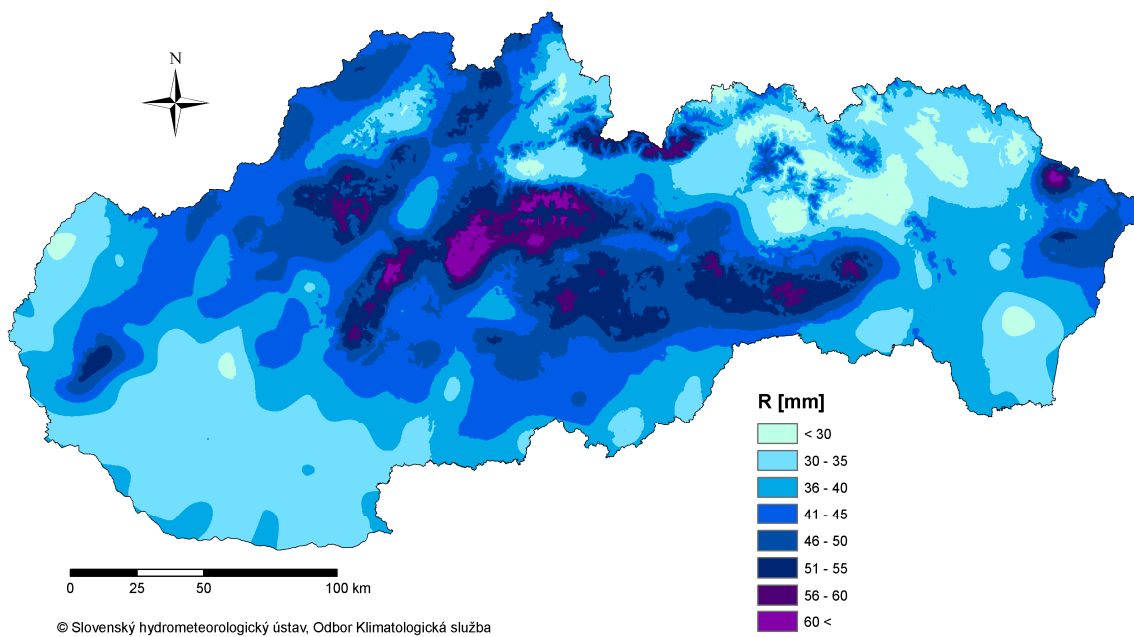
Obr. 13 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v októbri na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v novembri na Slovensku v období 1951-2000**



Obr. 14 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v novembri na Slovensku (1951-2000)

**1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov
atmosférických zrážok [mm] v decembri na Slovensku v období 1951-2000**



Obr. 15 1 % zabezpečenosť maximálnych denných úhrnov zrážok v januári na Slovensku (1951-2000)

August

Na konci leta, prevažne až v druhej polovici augusta, sa aj na Slovensku začína prejavovať zvýšená aktivita stredomorských tlakových níží. Kým v júli boli ohniská najvyšších denných úhrnov zrážok sústredené do západných, severozápadných, severných a severovýchodných oblastí Slovenska, v auguste boli koncentrované viac do Pohronia, na Spiš a do oblastí juhovýchodného Slovenska. Tradične suchšie oblasti na juhu Slovenska sú na konci leta vystavené vplyvu mediteránnych cyklón, čo určitým spôsobom zmieňuje v tomto poslednom mesiaci leta rozdiely medzi vlhkejším severom a na zrážky všeobecne chudobnejším juhom Slovenska (Obr. 11).

September

V septembri má pole 1 % zabezpečnosti prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok odlišný charakter na západnom Slovensku, kde sú tieto hodnoty relatívne nižšie, v porovnaní s hodnotami na strednom a východnom Slovensku. Príčinou sú poveternostné situácie, kedy zvlnené frontálne rozhrania smerujúce v brázdach nízkeho tlaku vzduchu smerom na východ, svoj postup nad Slovenskom môžu výrazne spomaliť. V uvádzaných regiónoch vznikajú pri takýchto situáciách výdatné zrážky, pričom začína už byť znova zreteľnejšie aj uplatňovanie náveterných efektov na zrážky v horských oblastiach. Ale príčina vysokých denných úhrnov zrážok však v septembri môže spočívať ešte aj v búrkach (Obr. 12).

Október

Október je učebnicovým príkladom vytvárania náveterných zrážkových efektov pri prúdení vlhkých vzduchových hmôt nad Slovensko od juhozápadu až juhu, kedy je tento jav najvýraznejší v Nízkych Tatrách a v Slovenskom rudohorí. Z tohto vyplýva aj výraznejšia závislosť zrážok od nadmorskej výšky v tomto mesiaci, v porovnaní s ostatnými mesiacmi jesene (Obr. 13).

November

V novembri sa stále prejavuje v poli maximálnych denných úhrnov zrážok na Slovensku vplyv tlakových níží zo Stredomoria. Menej významný je už tento vplyv na východnom Slovensku, ale naopak veľmi nápadný je ešte v západnej polovici Slovenska a predovšetkým na juhozápadnom Slovensku (Obr. 14).

December

V decembri sa ešte viac ako v marci prejavuje vplyv horských pásiem Slovenska na štruktúru poľa maximálnych denných úhrnov zrážok. V tomto poli sú zreteľne vyčlenené nížiny, kotliny a údolia, ako oblasti s nižšími hodnotami 1 % zabezpečnosti prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok (Obr. 15).

Pole 1 % zabezpečnosti prekročenia maximálnych denných úhrnov zrážok v jednotlivých ročných obdobiach v teplom a chladnom polroku a v roku predstavuje väčšinou pestrú mozaiku, ktorá je výsledkom skladania osobitostí, ktorými sa vyznačujú jednotlivé mesiace roka. Je to aj dôsledok veľmi zložitých prírodných podmienok Slovenska, kde v chladnom polroku je výrazné uplatňovanie náveterných a záveterných efektov na úhrny atmosférických zrážok. Nezanedbateľná je aj poloha Slovenska vzhľadom na vlahu prinášajúce vzdušné prúdenia. Veľmi často je Slovensko len čiastočne zasiahnuté niektorým zrážkovo významným typom poveternostnej situácie. Skladaním týchto jednotlivých udalostí potom môžu v dlhom časovom horizonte vznikať na území Slovenska zložitá polia maximálnych denných úhrnov zrážok

Záver

Z prezentovaných výsledkov vyplýva, že existujú dobré predpoklady na ďalšie využitie objektívnych interpolačných metód na analýzu polí charakteristík meteorologických prvkov. Z perspektívneho hľadiska bude v tejto súvislosti dôležité zachovať aspoň súčasný rozsah a kvalitu merania a pozorovania meteorologických prvkov a javov v sieti meteorologických staníc SHMÚ, čo je však v súčasnosti práve naopak systematicky spochybňované. Neakceptovateľné sú ilúzie, že prepracovaná objektívna interpolačná metóda je zárukou dobrého výsledku, bez ohľadu na rozsah a kvalitu vstupných údajov.

Pod'akovanie

Táto štúdia bola podporená Agentúrou na podporu vedy a techniky v rámci projektu APVV-51-030205.

Literatúra

- [1] Daly, C., Neilson, R. P., Phillips, D. L. (1994): A Statistical - Topographic Model for Mapping Precipitation over Mountainous Terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33, str. 140 – 158.
- [2] Faško, P., Lapin, M., Šťastný, P. (2000): Maximálne denné úhrny zrážok na Slovensku v období 1951-2000. NKP SR, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, č. 9, 2000.
- [3] Faško, P., Šťastný, P., Vívoda, J. (2003): The orography influence on the maximum daily sums of precipitation in Slovakia. 27 th International Conference on Alpine Meteorology, May 2003, Brig, Switzerland.
- [4] Faško, P., Pecho, J., Mikulová, K., Šťastný P. (2005): Príklady vysokých denných, mesačných a sezónnych úhrnov atmosférických zrážok na východnom Slovensku na konci 20. a na začiatku 21. storočia v kontexte s historickými údajmi. XIII Posterový deň s medzinárodnou účasťou „Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra“, Bratislava, CD, ISBN 80-85754-13-4.
- [5] Gaál, L., Lapin, M., Faško, P. (2004): Maximálne viacdenné úhrny zrážok na Slovensku. In *Sborník abstraktů – Seminář „Extrémny počasí a podnebí“*, Brno, 11. března 2004. Eds. J. Rožnovský a T. Litshmann. Brno: Česká bioklimatologická společnost, 2004, s.30.
- [6] Goovaerts, P. (2000): Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, *Journal of Hydrology*, 228, str. 113 – 129.
- [7] Hevesi, J. A., Istok, J. D., Flint, A. L. (1992): Precipitation Estimation in Mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics. Part I: Structural Analysis. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 31, str. 661 – 676.
- [8] Hofierka, J., Parajka, J., Mitášová, H., Mitáš, L. (2002): Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension. In: *Transactions in GIS 6*: 135-150.
- [9] Kol. autorov (2002): *Atlas krajiny*, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenská agentúra životného prostredia, Bratislava
- [10] Majerčáková, O., Faško, P., Šťastný, P., Marikovičová, J. (2004): Frekvencia výskytu a priestorové rozloženie veľmi vysokých denných úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. In: Rožnovský, J., Litchmann, T. (eds): *Extrémny počasí a podnebí – zborník abstraktov*, Brno.
- [11] Majerčáková, O., Šťastný, P., Faško, P. (2004): Prehľad mimoriadnych hydrologických a meteorologických situácií za ostatné roky. *Vodohospodársky spravodajca*, 47, č. 2-3, s. 10-11.
- [12] Mikulová, K. (2005): Rozdelenie územia Slovenska do oblastí na základe teplotných pomerov, 8. konferencia mladých meteorológov a klimatológov, *Hydrologické dni 2005*, Bratislava.
- [13] Mikulová, K. (2006): Praktické uplatnenie GIS v klimatológii. Tvorba jednotlivých vrstiev meteorologických prvkov v prostredí GIS a ich vzájomná väzba. *Písomný projekt dizertačnej práce*. 85s.
- [14] Mitášová, H., Mitáš, L. (1993): Interpolation by Regularized Spline with Tension: I. Theory and implementation. *Mathematical Geology* 25: 641-655.

- [15] Mitášová, H., Hofierka, J. (1993): Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modelling and surface geometry analysis. In: *Mathematical Geology*, 25: 657-671.
- [16] Mitášová, H., Hofierka, J., Zlocha, M. (1990): Kartografické modelovanie plôch a telies splajnami s tenziou, *Geodetický a kartografický obzor*, č. 9, str. 232 – 236.
- [17] Mitášová, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L. (1996): Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, vol. 10, No. 5, str. 629 – 641.
- [18] Mitášová, H., Mitáš, L., Brown, W. M., Gerdes, D. P., Kosinovsky, I., Baker, T. (1995): Modeling spatially and temporally distributed phenomena: new methods and tools for GRASS GIS. *International Journal of GIS*, Vol. 9, No. 4, str. 433 – 446.
- [19] Papamichail, D. M., Metaxa, I. G. (1996): Geostatistical analysis of spatial variability of rainfall and optimal design of a rain gauge network, *Water Resources Management*, no. 10 str. 107 – 127.
- [20] Parajka, J. (1994): Mapovanie prvkov hydrologickej bilancie (Diplomová práca) PriF UK Bratislava.
- [21] Parajka, J. (2001): Mapovanie dlhodobého priemerného ročného odtoku na území Slovenska (Dizertačná práca) Stavebná Fakulta STU Bratislava.
- [22] Pardo-Igúzquiza, E. (1998): Comparison of Geostatistical Methods for Estimating the Areal Average Climatological Rainfall Mean Using Data on Precipitation and Topography, *International Journal of Climatology*, 18, str. 1031 – 1047.
- [23] Phillips, D. L., Dolph, J., Marks, D. (1992): A comparison of geostatistical procedure for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 58, str. 119 – 141.
- [24] Szolgay, J., Hlavčová, K., Mosný, V., Parajka, J. (1997): Časové a priestorové zmeny hydrologickej bilancie na území východného Slovenska (monografia) STU, Bratislava.
- [25] Talmi, A., Gilat, G. (1977): Method for Smooth Approximation of Data. *Journal of Computational Physics*, 23, str. 93 – 123.