

EXTRÉMNE ATMOSFÉRICKÉ ZRÁŽKY NA JAR A NA ZAČIATKU LETA 2010 NA SLOVENSKU

JOZEF PECHO¹, PAVEL FAŠKO¹, MILAN LAPIN², PETER KAJABA¹, KATARÍNA MIKULOVÁ¹, PAVEL ŠŤASTNÝ¹

¹Slovenský hydrometeorologický ústav, Oddelenie Klimatologická služba, Bratislava, pavol.fasko@shmu.sk

²Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Bratislava, lapin@fmph.uniba.sk

Numerous regions in Slovakia were stricken by heavy and extensive rainfall in May and in early June caused mostly by a cyclonic weather situation. Apart from the usual flooded-vulnerable catchments (Ondava, Hornád, Topľa, Myjava) some other basins in the south of Slovakia were also stricken, e.g. Žitava, Nitra, as well as in the north of the country, e.g. Poprad. From the long-term precipitation point of view May 2010 was unprecedented with record-breaking amounts in Slovakia. We can prove this statement with the fact that up-to-now legitimate May precipitation records were exceeded at almost 400 rain gauge stations (2/3 of overall count) in Slovakia. Furthermore, some of these stations have available precipitation data since 1901. In the presented paper we deal with statistical and spatial analysis of extreme monthly, weekly as well as daily and k-daily precipitation totals in Slovakia in May and June 2010. The results reveal two basic assumptions. The rainfall in May 2010 was characterized by their exceptional intensity and overall quantity, moreover they hit repeatedly at the most flooded-vulnerable river basins in Slovakia. Additionally, most of these catchments had been sufficiently water-saturated by previous precipitation events, especially in April 2010. The results either show how the changed physical state conditions of the lower troposphere (mostly higher mean air temperature and air humidity; monthly mean air temperature in May was ~ 2 °C above normal conditions) could contribute to extreme precipitation totals in May and June 2010.

V priebehu mája a na začiatku júna 2010 postihli mnohé regióny Slovenska výdatné celoplošné zrážky podmienené predovšetkým cyklónnym charakterom počasia v tomto období. Povodne počas tohtoročného mája zasiahli, okrem vodných tokov Ondavy, Hornádu, Tople a Myavy, aj povodia Nitry, Žitavy a Popradu. Fakt, že išlo o skutočne historické májové zrážky potvrdzuje aj skutočnosť, že na takmer 400 zrážkomerných staniciach boli prekonané doposiaľ platné rekordy mesačných úhrnov zrážok za máj. Na okraj možno pripomeneť aj to, že mnohé z uvedených zrážkomerných staníc majú k dispozícii mesačné úhrny už od roku 1901. V predkladanom príspevku sme sa zamerali na štatistickú a priestorovú analýzu extrémnosti tak mesačných ako aj denných, prípadne týždenných úhrnov atmosférických zrážok, ktoré spadli na Slovensku v máji a na začiatku júna 2010. Dosiahnuté výsledky jednoznačne potvrdzujú skutočnosť, že problémom májových a júnových zrážok bola nielen ich značná výdatnosť a veľký priestorový rozsah opakujúci sa hned v niekol'kých po sebe nasledujúcich vlnách, ale aj fakt, že zväčša vypadávali v povodiach, ktoré boli už dosťatočne nasýtené zrážkami z predošlých poveternostných situácií, predovšetkým z apríla 2010. Určitú spojitosť medzi májovými extrémnymi zrážkami a meniacimi sa podmienkami vplyvom klimatickej zmeny možno vidieť najmä v tom, že zrážky počas celého sledovaného obdobia vypadávali pri priemerne vyšších teplotách vzduchu (v mesačnom priemere to bol rozdiel až o ~ 2 °C). Popri cirkulačných faktoroch to boli teda nakoniec aj odlišné stavové fyzikálne veličiny spodnej troposféry (predovšetkým vyššia priemerná teplota a vlhkosť vzduchu), ktoré v konečnom dôsledku veľmi pravdepodobne ovplyvnili extrémnosť májových a júnových zrážok na Slovensku.

Keywords: extreme precipitation, areal precipitation, climate change, floods in May 2010

ÚVOD

Posledné povodňové udalosti na Slovensku nastolili otázku, či boli podmienené nedostatočnými vodohospodárskymi aktivitami a nepriaznivým stavom prírodného prostredia alebo boli atmosférické zrážky také výdatné, že v danom prostredí museli vyvolať takéto dôsledky. Zdá sa, že hlavná príčina povodní bola v mimoriadnych až extrémnych a predovšetkým dlhotrvajúcich zrážkach, ktoré zasiahli opakovane rozsiahlejšie územia Slovenska, pričom v mnohých prípadoch to boli vždy tie isté regióny. V tom zmysle boli najviac zasiahnuté východné oblasti Podunajskej nížiny, južné regióny stredného Slovenska a veľká časť východného Slovenska, kde iba na krajinom severovýchode nespôsobili zrážky významnejšie škody. V priebehu druhej

polovice jari a na začiatku leta boli zrážky výdatné aj na severnom Slovensku, na Kysuciach a Orave, ale v týchto regiónoch bola predchádzajúca zima relatívne chudobná na zrážky. Z analýz charakterísk zrážok treba upriamiť pozornosť na sezónne úhrny zrážok v období od októbra 2009, resp. od januára 2010 do mája, resp. júna 2010. Z ďalších zaujímavých výsledkov možno vyzdvihnúť porovnanie mesačných úhrnov zrážok z mája 2010 s ich doposiaľ historicky najvyššími hodnotami zaregistrovanými vo vybraných regiónoch Slovenska a na jednotlivých meteorologických (zrážkomerných) staniciach už od roku 1901. Nemenej zaujímavé je aj hodnotenie vzťahu priemernej mesačnej teploty vzduchu a mesačných úhrnov zrážok v máji na vybraných klimatologických staniciach v posledných šesťdesiatich rokoch (1951–2010).

MATERIÁL A METÓDY

Pre účel analýzy boli spracované maximálne mesačné úhrny zrážok za máj z 556 zrážkomerných staníc na Slovensku, z ktorých 178 má k dispozícii údaje už od roku 1901. Tento, pomerne početný súbor staníc, je možné rozšíriť o ďalších 127 meracích bodov dostupných od roku 1931, resp. 65 od roku 1951 a 186 staníc od roku 1961. Priestorové rozloženie a časovú dostupnosť údajov o mesačných úhrnoch zrážok je možné vidieť na Obr. 1. Pri priestorovom hodnotení extrémnosti jarných zrážok sme vychádzali z porovnania sezónnych (október 2009 – máj 2010, resp. január – máj 2010) ako aj mesačných (máj – jún 2010) úhrnov zrážok s ich normálovými hodnotami 1961 – 1990 (Mikulová et al., 2008; Mikulová et al., 2009). Okrem tohto boli vykonané aj základné priestorové analýzy absolútnej hodnoty sezónnych a mesačných úhrnov atmosférických zrážok. Popri analýze údajov o mesačných a sezónnych úhrnoch zrážok sme hodnotili aj extrémnosť denných a viacdenných (2- a 5-denných), prípadne týždenných úhrnov zrážok. Vybrané poveternostné situácie vedúce k výdatným zrážkam za obdobie od začiatku októbra 2009 až do júna 2010 sme spracovali a hodnotili na základe synoptických podkladov o rozložení prízemného tlakového poľa v priestore strednej Európy. Rovnako významná bola aj analýza korelačného vzťahu medzi mesačnými úhrnmi zrážok a priemernou mesačnou teplotou vzdachu v máji na vybraných klimatologických staniciach za obdobie 1951 – 2010.

VÝSLEDKY ANALÝZY

Analýza poveternostných situácií s nadnormálne vysokými úhrnmi atmosférických zrážok

Po zrážkovo nadnormálnych jesenných a zimných mesiacoch, počas ktorých sa v niektorých regiónoch Slovenska vyskytli zrážkovo významnejšie situácie (napr. situácia v období od 22. do 25. decembra viedla k väčnej povodňovej situácii na Hrone), nasledoval zrážkovo normálny marec 2010, ktorý pokračoval nadnormálnym aprílom a mimořiadne nadnormálnym májom 2010. V juhovýchodných oblastiach Slovenska boli aj viaceré predchádzajúce mesiace od jesene 2009 výraznejšie zrážkovo nadnormálne, napríklad v období od októbra 2009 do januára 2010. Mesačné úhrny zrážok v máji boli na väčšine Slovenska zrážkovo extrémne nadnormálne, pričom napršalo prevažne 3 až 4 krát viac zrážok ako je májový normál. Takmer na celom území Slovenska to bolo v absolútnom vyjadrení vyše 200 mm zrážok. Toto spôsobilo, že už na začiatku júna dosiahli priebežné úhrny zrážok v roku 2010 také hodnoty, ktoré prislúchajú ročným normálom zrážok.

Na tomto mieste aspoň stručne priblížime synoptické podmienky štyroch významných zrážkových situácií (v období od októbra 2010 do júna 2010), ktoré boli zaujímavé nielen z pohľadu denných, prípadne viacdenných úhrnov zrážok, ale boli charakteristické predovšetkým tým, že zasiahli takmer vždy celé územie Slovenska. Treba však pripomenúť, že okrem nižšie uvedených situácií sa v uve-

denom období vyskytol aj celý rad ďalších, predovšetkým kratšie trvajúcich poveternostných situácií, ktoré však vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku nemožno opisovať detailnejšie. Vývoj prízemného tlakového poľa v prípade štyroch vybraných poveternostných situácií je možné vidieť na Obr. 2a-d (10. až 15. októbra 2009), Obr. 3a-d (22. až 25. decembra 2009), Obr. 4a-b (5. až 6. mája 2010) a Obr. 5a-d (16. až 19. mája 2010).

Poveternostná situácia

v dňoch 10. až 15. októbra 2009

Najvýdatnejšie zrážky vypadávali v tomto období od 12. do 14. októbra a súviseli s prechodom mohutného zvlneného rozhrania (Obr. 2a-d), ktoré sa sformovalo spolu s rozsiahľou tlakovou nížou nad Poľskom a príľahlým Pobaltím. Zrážky, ktoré súčasti vypadávali v tuhom skupenstve, sa vyskytovali prevažne v severných až severozápadných regiónoch Slovenska a dosiahli miestami aj viac ako 100 mm. Ich celkové úhrny klesali smerom na juh až juhovýchod, kde boli prevažne nižšie ako 25 mm. V tom období to bol už druhý po sebe nasledujúci októbrový týždeň, kedy sme na území Slovenska zaznamenali výdatné zrážky. Pozoruhodné boli predovšetkým zrážky od 12. do 14. októbra 2009, kedy napríklad v Oravskej Lesnej spadlo 93 mm, v Javorine 82 mm a na Skalnatom plese 73 mm zrážok. V súvislosti s výrazným ochladením boli zaznamenané na niektorých meteorologických staniciach rekordné októbrové hodnoty novej aj celkovej snehovej pokrývky aspoň od roku 1921. Napríklad v Javorine napadol 14. októbra 2009 45 cm nového snehu a celková snehová pokrývka dosiahla v piatok ráno (16. októbra 2010) až 80 cm, čo sa v tejto lokalite nestalo v októbri aspoň za posledných 89 rokov.

Poveternostná situácia

v dňoch 22. až 25. decembra 2009

Výdatné zrážky boli v tomto období podmienené frontálnymi poruchami, ktoré nad územie Slovenska postupovali od juhovýchodu a boli spojené s hlbokou tlakovou nížou so stredom nad južnou Škandináviou a Baltských morom. Po jej prednej strane k nám súčasne prúdil od juhovýchodu pomerne teply a vlhký vzduch, v ktorom sa vytvárala mohutná frontálna oblačnosť bohatá na zrážky. Postup jednotlivých frontálnych rozhraničí cez naše územie je dokumentovaný na Obr. 3a-d. December 2009 sa zaradil medzi zrážkovo najbohatšie decembre na Slovensku. Pripojil sa tak k decembrom 2008 a 2005, ktoré doposiaľ viedli súbor decembrových priestorových úhrnov zrážok spolu s decembrom 1976 a 1954. Výrazným príspevkom k mesačným úhrnom zrážok v decembri 2009 boli zrážky, ktoré padali v dvoch vlnách, a to tesne pred Vianocami a v ich prvej polovici. Mimoriadnosť týchto zrážok spočívala v tom, že spadli po veľmi krátkej prestávke a úhrny oboch poveternostných situácií boli mimoriadne vysoké. Situáciu navyše skomplikovalo mimoriadne chladné (mrázivé) počasie, ktoré panovalo tesne pred ich príchodom. Zrážková voda tak odtekala po zamrznutom zemskom povrchu a takmer okamžite sa hromadila vo vodných tokoch. Dôsledok bol veľmi

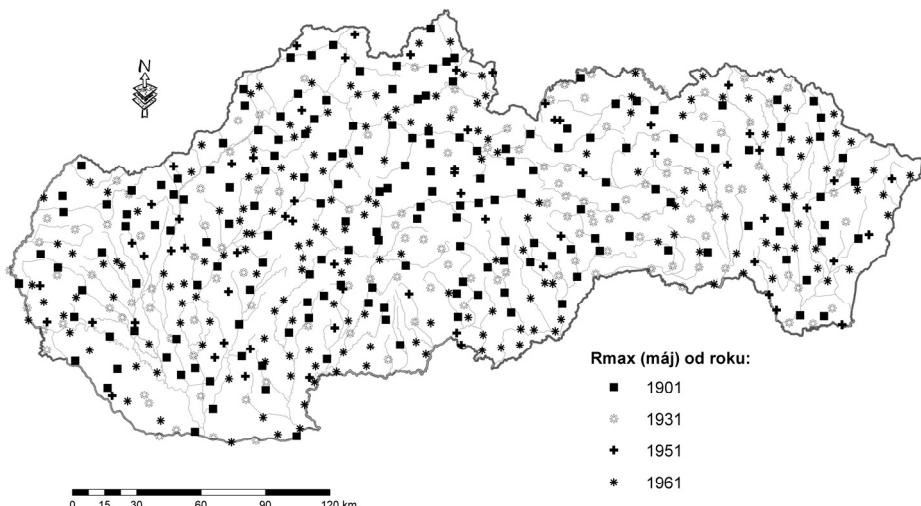
rýchly - povodeň na vodných tokoch južnej polovice stredného Slovenska, na juhovýchodnom Slovensku a čiastočne aj vo východných regiónoch západného Slovenska. Mesačný úhrn zrážok v decembri 2009 dosiahol napríklad v Banskej Bystrici 177 mm (4. najvyšší úhrn od roku 1901).

Dvojdenné úhrny zrážok, ktoré boli zaznamenané 22. a 23. decembra, resp. 24. a 25. decembra 2009, sa zaradili na popredné miesta tejto charakteristiky zrážok v povodí Hrona, kde boli dôsledky zrážok najvýraznejšie. Napríklad v Banskej Bystrici obidva 2-denné úhrny dosiahli 52 mm.

Obrázok 1.

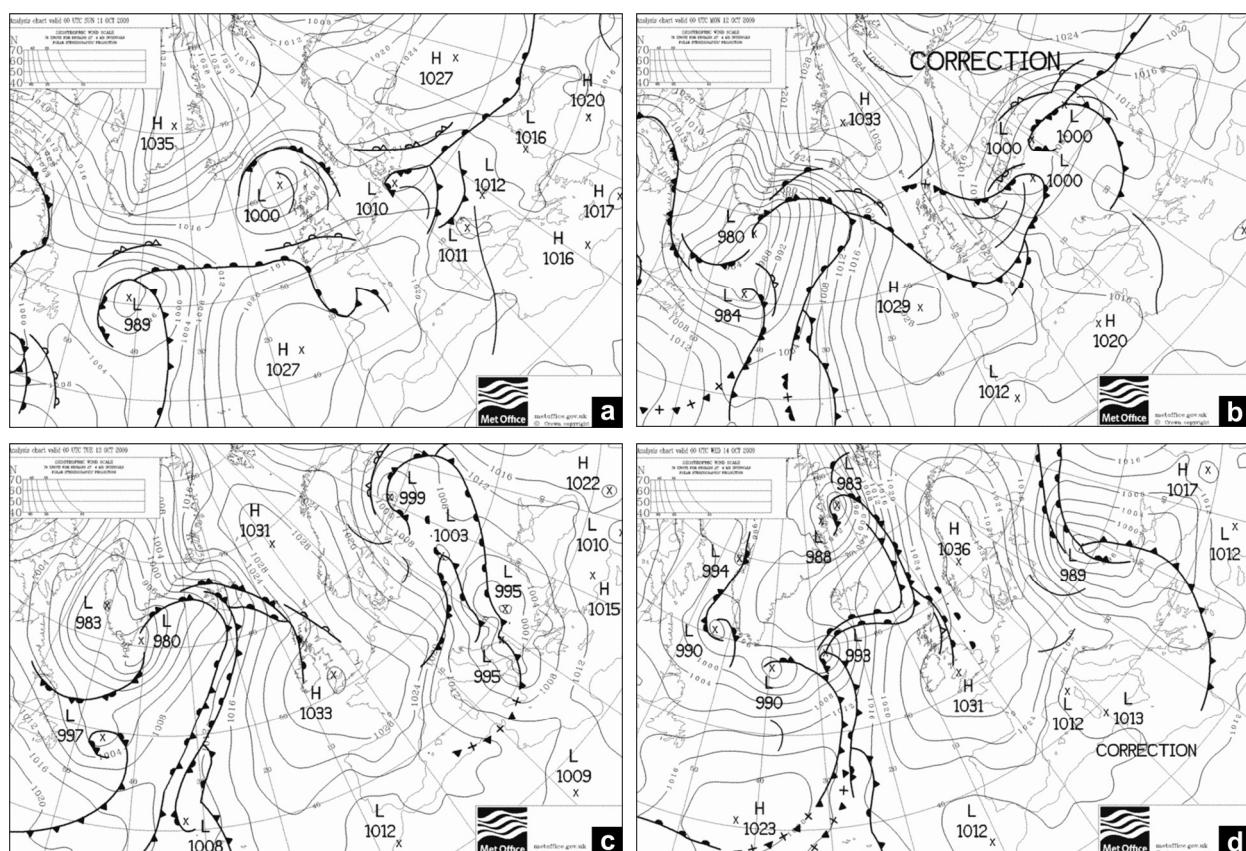
Priestorové rozloženie a časová dostupnosť údajov o mesačných, resp. maximálnych (R_{max} – máj) mesačných úhrnov atmosférických zrážok za máj na Slovensku od roku 1901, 1931, 1951 a 1961 (Zdroj: SHMÚ).

Figure 1. Spatial distribution and temporal availability of monthly precipitation totals as well as maximal monthly precipitation totals (R_{max} – may) in May in Slovakia from 1901, 1931, 1951 a 1961 (Source: SHMÚ).



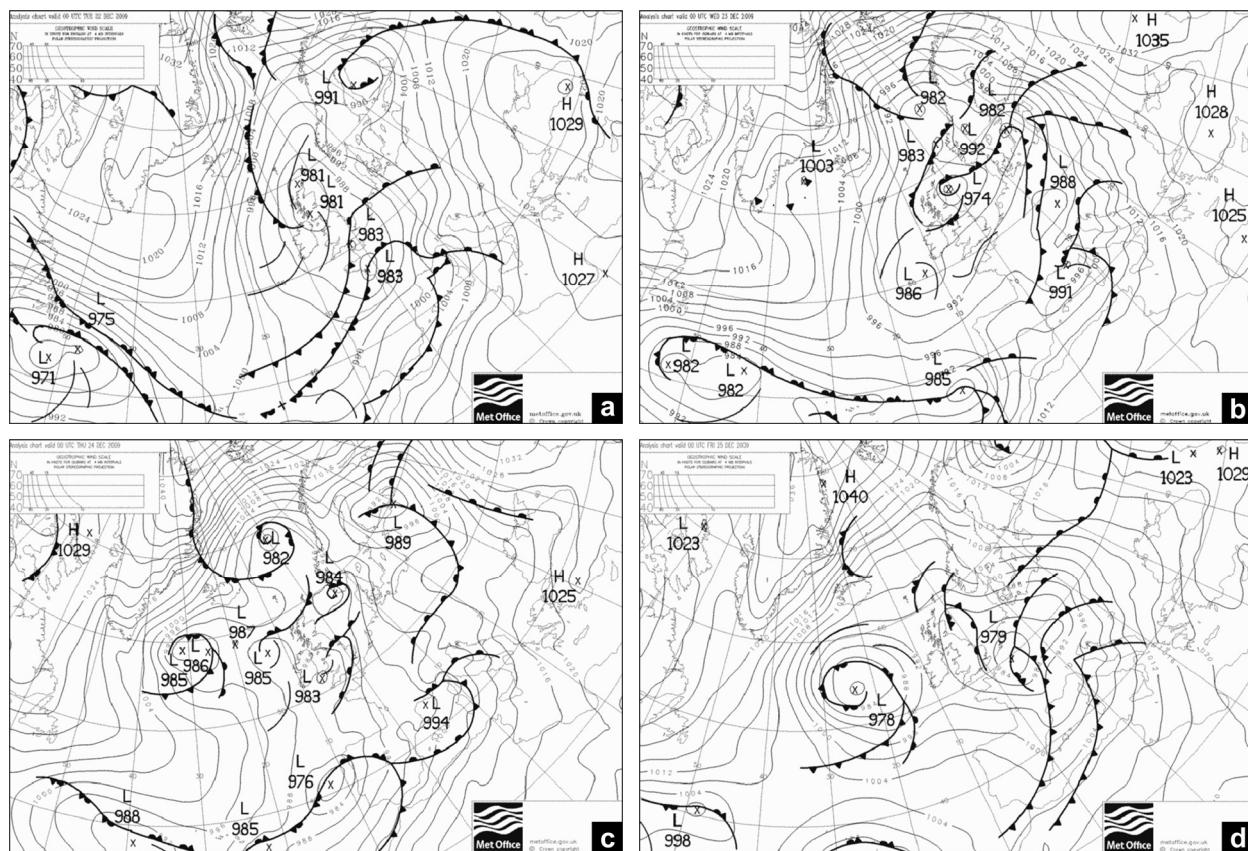
Obrázok 2a-d. Vývoj prízemného tlakového pol'a v Európe v dňoch 11.-14. októbra 2009 (00:00 UTC). (Zdroj: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)

Figure 2a-d. Surface atmospheric pressure field in Europe during the period from 11th till 14th October 2009 (00:00 UTC). (Source: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)



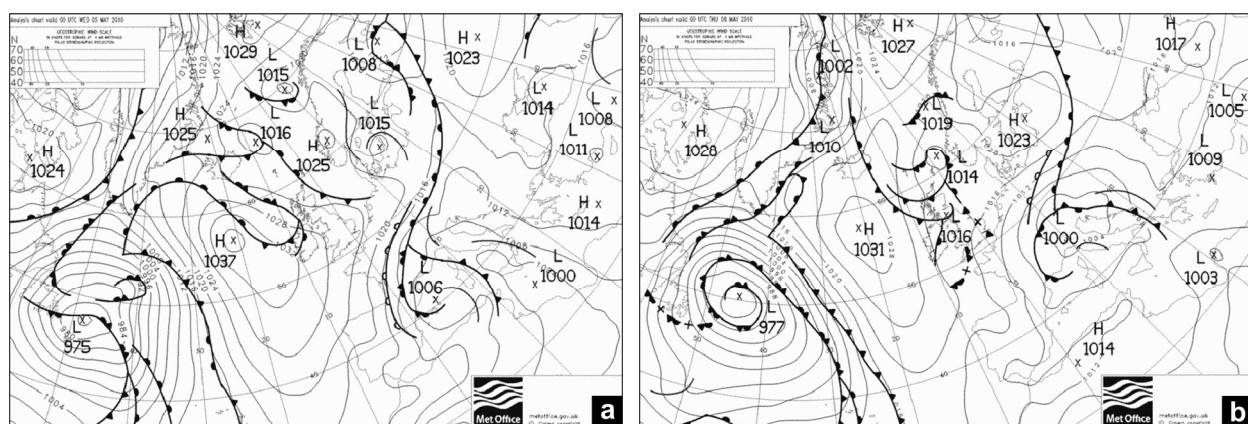
Obrázok 3a-d. Vývoj prízemného tlakového pol'a v Európe v dňoch 22.-25. decembra 2009 (00:00 UTC).
 (Zdroj: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)

Figure 3a-d. Surface atmospheric pressure field in Europe during the period from 22nd till 25th October 2009 (00:00 UTC).
 (Source: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)



Obrázok 4a-b. Vývoj prízemného tlakového pol'a v Európe v dňoch 5.-6. mája 2010 (00:00 UTC).
 (Zdroj: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)

Figure 4a-b. Surface atmospheric pressure field in Europe during the period from 5th till 6th May 2010 (00:00 UTC).
 (Source: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)



Poveternostná situácia v dňoch 5. až 6. mája 2010

Intenzívne celoplošné zrážky podmienila rozsiahla cyklo-nálna porucha (pôvodne frontálna vlna) spojená s výrazným frontálnym systémom, ktorá postupovala cez územie Slovenska od juhozápadu smerom na severovýchod. Naj-

výdatnejšie zrážky sa vyskytli práve v stredu (5. mája) a vo štvrtok (6. mája), kedy denné úhrny zrážok dosiahli v najzasiahnutejších oblastiach viac ako 50 mm, napríklad v Motyčkách 51 mm, v Čiernom Váhu 52 mm, v Chvojnici 55 mm, v Jasnej 66 mm a v Hnúšti 77 mm. Mimoriadne vysoké boli aj týždenné úhrny zrážok (od 3. do 9. mája 2010).

V najexponovanejších miestach dosiahli viac ako 100 mm, napríklad v Čiernom Váhu 101 mm a v Hnúšti 110 mm, na väčšine územia Slovenska to bolo od 25 až 100 mm a iba v niektorých oblastiach o niečo menej, napríklad v Žiharci 23 mm, v Bratislave na letisku 21 mm, vo Vysokej nad Uhom 20 mm, v Kameníne 18 mm a v Salke 14 mm. Vývoj poveternostnej situácie v dňoch 5. až 6. mája 2010 je možné vidieť na Obr. 4a-b.

Poveternostná situácia v dňoch 10. až 20. mája 2010

Tlaková níž, ktorá postupovala počas tohto obdobia zo severného Talianska nad Slovensko, južné Poľsko a západnú Ukrajinu, spôsobila mimoriadne výdatné a priestorovo rozsiahle zrážky, ktoré vypadávali najmä od nedele (16. mája) až do stredy (19. mája). Za obdobie od soboty popoludnia do pondelka rána (17. mája) napršalo na krajinom juhovzápade, na juhu stredného Slovenska, na väčšine východného Slovenska a na krajinom severe Slovenska 51 až 100 mm zrážok, pričom na niektorých exponovaných miestach to bolo aj viac. Tieto zrážky spadli do vlahou presýteného prostredia, pretože veľa pršalo aj v predchádzajúcich dňoch. V priebehu nasledujúceho obdobia sa k trvalým zrážkam pripojili aj zrážky vo forme búrkových lejakov, ktoré ďalej

zvýšili už tak dosť prebytkovú bilanciu zrážok. Vývoj poveternostnej situácie v dňoch 16. až 19. mája 2010 je možné vidieť na Obr. 5a-b.

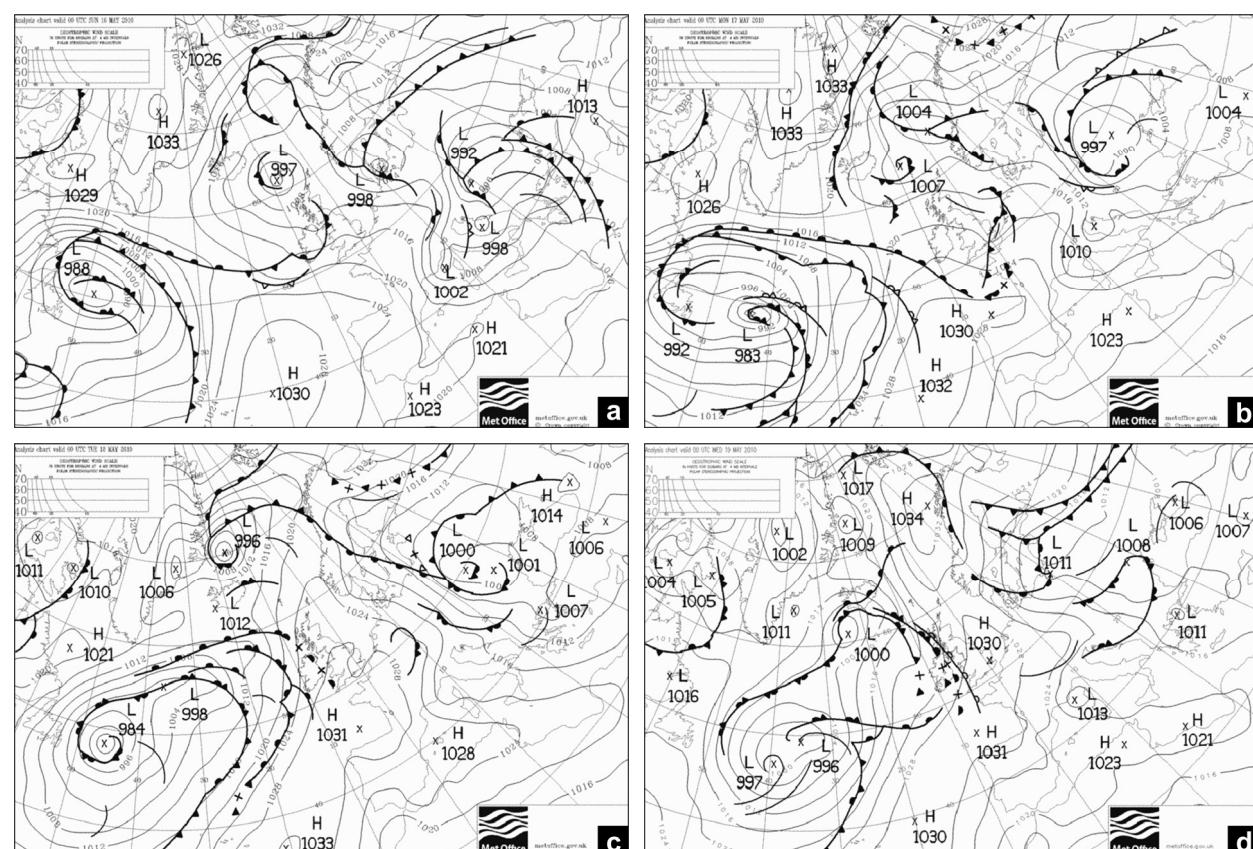
Úhrn atmosférických zrážok za obdobie od októbra 2009 do júna 2010

Možno menej nápadnou, ale podstatnou príčinou povodní v máji a júni 2010 na Slovensku bola presýtenosť prírodného prostredia predchádzajúcimi zrážkami. Toto sa najnegatívnejšie prejavilo v juhovýchodných oblastiach Podunajskej nížiny, na juhu stredného a východného Slovenska a neskôr aj v západných oblastiach východného Slovenska. Dokumentujú to mapové spracovania (Obr. 6-14), v ktorých sú uvedené tak absolútne ako aj relativne hodnoty atmosférických zrážok na Slovensku v období od októbra 2009 do mája, resp. júna 2010. V tomto osem mesačnom období dosiahli úhrny zrážok na juhu Slanských vrchov a juhovzápade Východoslovenskej nížiny vyše 225 % normálmu za toto obdobie, čo je pre obdobie 2/3 roka extrémna hodnota. Podobne, iba v období od začiatku roka 2010 do konca mája 2010 prekročili v južných regiónoch Slovenska, pozdĺž hranice s Maďarskom, úhrny zrážok hodnoty, ktoré vyjadrujú ¾ ročného normálmu zrážok v tomto regióne (Obr. 10).

Obrázok 5a-d. Vývoj prízemného tlakového poľa v Európe v dňoch 16.-19. mája 2010 (00:00 UTC).

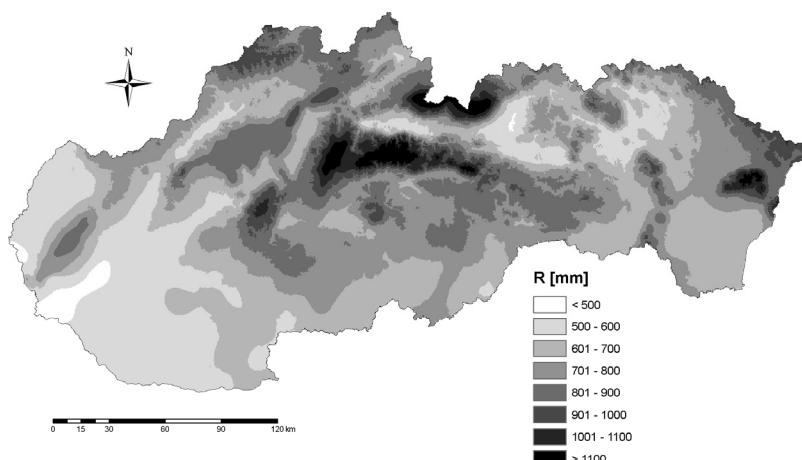
(Zdroj: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)

Figure 5a-d. Surface atmospheric pressure field in Europe during the period from 16th till 19th May 2010 (00:00 UTC). (Source: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>)



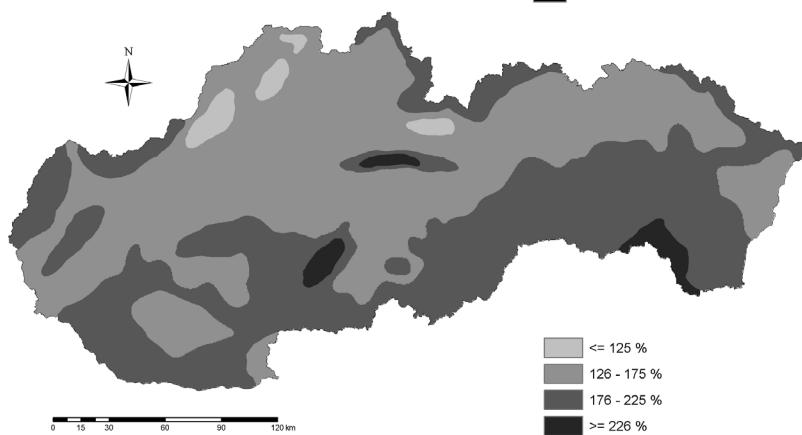
Obrázok 6.
Úhrn atmosférických zrážok [mm]
na Slovensku za obdobie
október 2009 až máj 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 6.
*Precipitation total (in mm)
 in Slovakia in the period
 of October 2009 – May 2010.
 (Source: SHMÚ)*



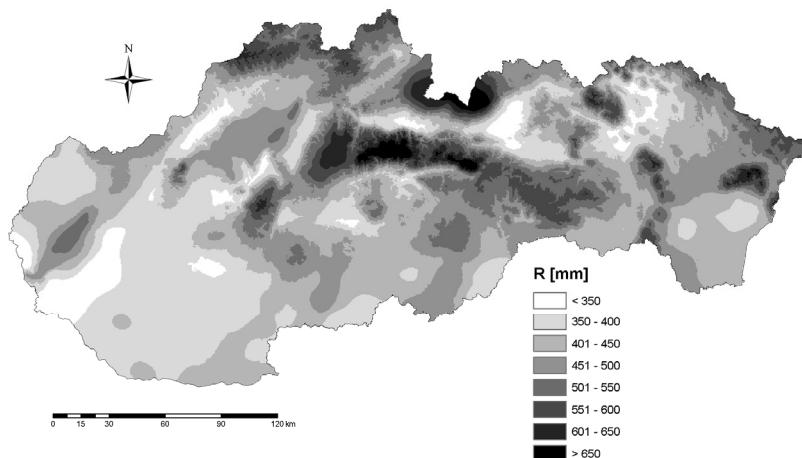
Obrázok 7.
Úhrn atmosférických zrážok
v % normálu 1961–1990
na Slovensku za obdobie
október 2009 až máj 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 7.
*Precipitation total in %
 of 1961 – 1990 normal
 in Slovakia in the period
 of October 2009 – May 2010.
 (Source: SHMÚ)*



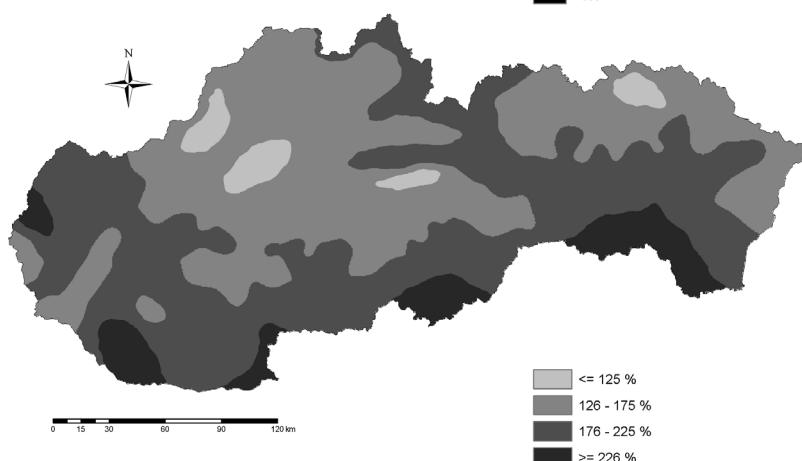
Obrázok 8.
Úhrn atmosférických
zrážok [mm] na Slovensku
za obdobie január až máj 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

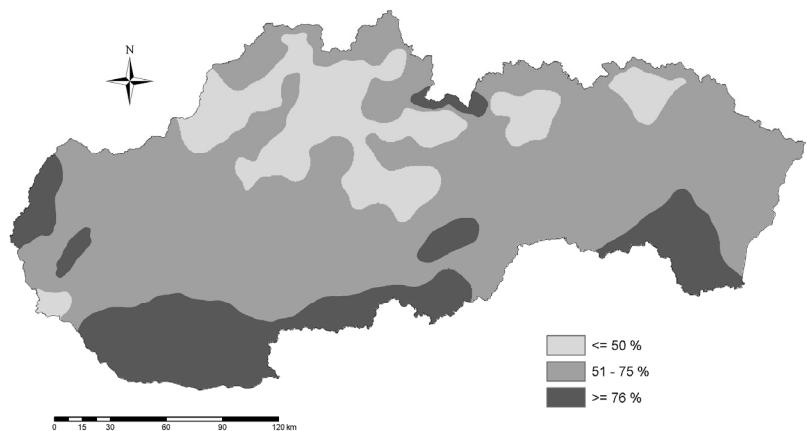
Figure 8.
*Precipitation total (in mm)
 in Slovakia in the period
 of January – May 2010.
 (Source: SHMÚ)*



Obrázok 9.
Úhrn atmosférických zrážok
v % normálu 1961–1990
na Slovensku za obdobie
január až máj 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

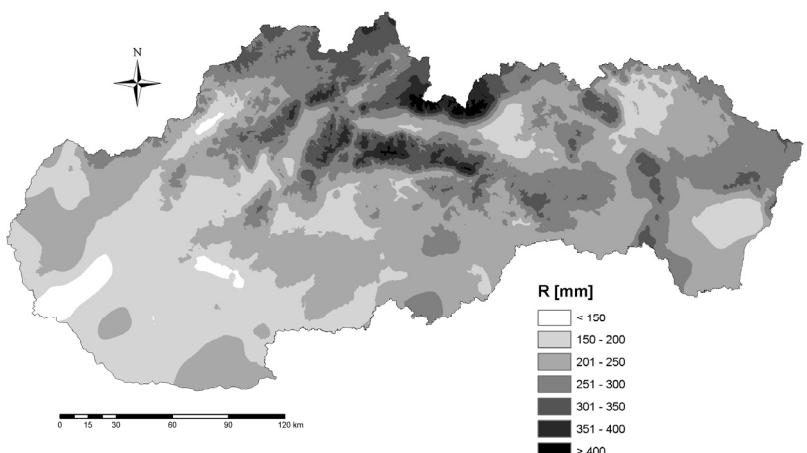
Figure 9.
*Precipitation total in %
 of 1961 – 1990 normal
 in Slovakia in the period
 of January – May 2010.
 (Source: SHMÚ)*





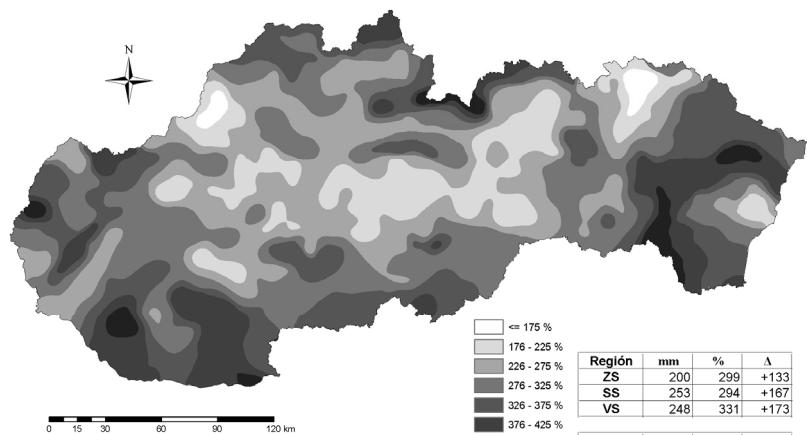
Obrázok 10.
Úhrn atmosférických zrážok
v období január až máj 2010
na Slovensku v % ročného
normálového úhrnu 1961–1990.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 10.
Precipitation total in period
of January – May 2010 in Slovakia
in % of annual normal
precipitation total 1961–1990.
(Source: SHMÚ)



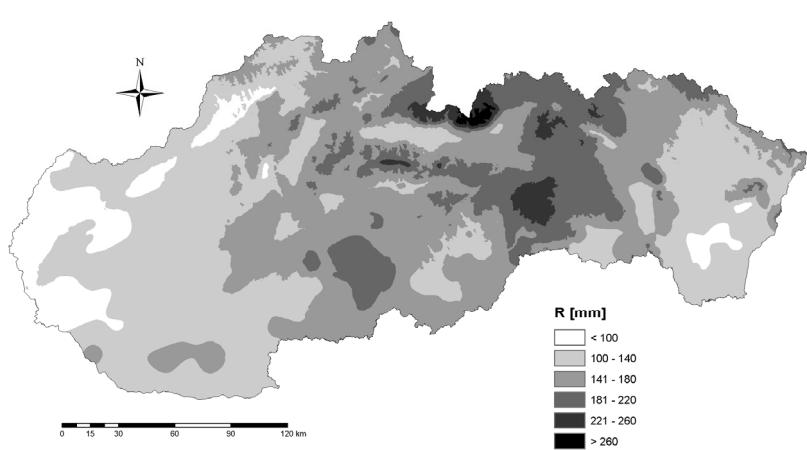
Obrázok 11.
Úhrn atmosférických zrážok [mm]
na Slovensku v máji 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 11.
Precipitation total (in mm)
in Slovakia in May 2010.
(Source: SHMÚ)



Obrázok 12.
Úhrn atmosférických zrážok
v % normálu 1961–1990
na Slovensku v máji 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 12.
Precipitation total in %
of 1961–1990 normal
in Slovakia in May 2010.
(Source: SHMÚ)

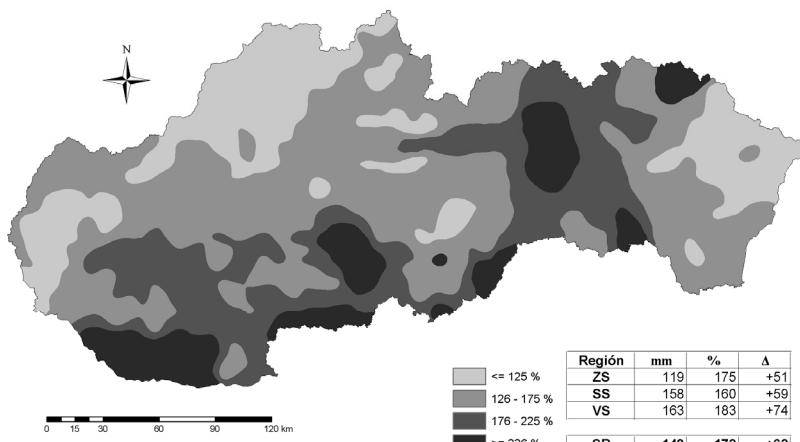


Obrázok 13.
Úhrn atmosférických zrážok [mm]
na Slovensku v júni 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 13.
Precipitation total (in mm)
in Slovakia in June 2010.
(Source: SHMÚ)

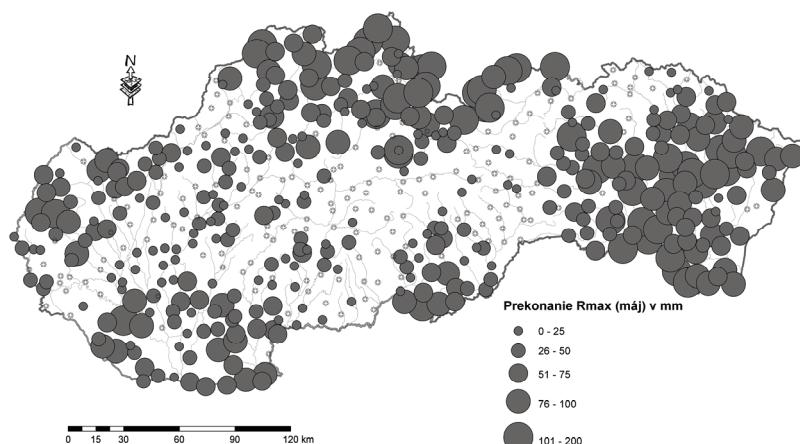
Obrázok 14.
Úhrn atmosférických zrážok
 v % normálu 1961 – 1990
 na Slovensku v júni 2010.
 (Zdroj: SHMÚ)

Figure 14.
*Precipitation total in %
 of 1961 – 1990 normal in
 Slovakia in June 2010.
 (Source: SHMÚ)*



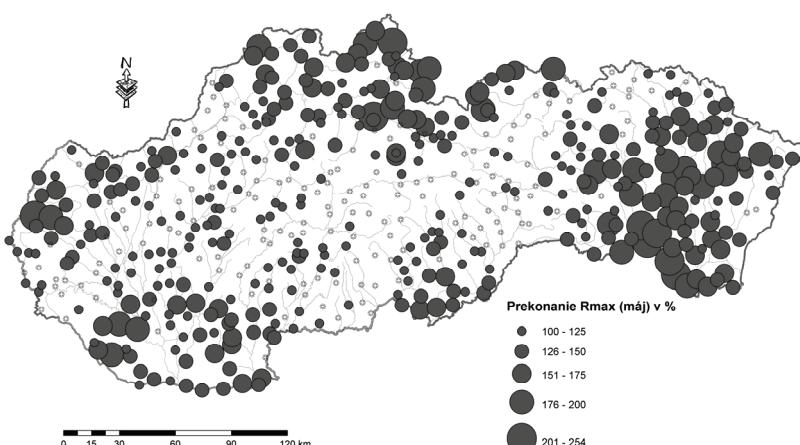
Obrázok 15.
Absolútна hodnota prekonania
 [mm] maximálnych májových
 úhrnov zrážok na vybraných
 zrážkomerných stanicach
 na Slovensku v máji 2010.
 (Zdroj: SHMÚ)

Figure 15.
*Absolute overcoming [mm]
 of the May maximal monthly
 precipitation totals
 at selected rain gauge stations
 in Slovakia in May 2010.
 (Source: SHMÚ)*



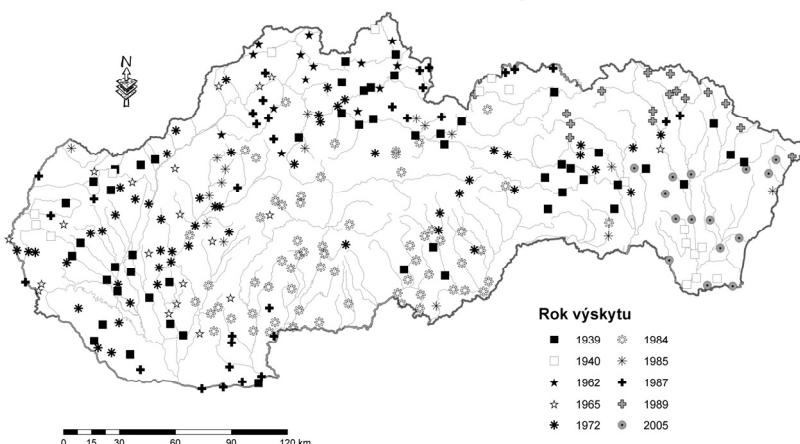
Obrázok. 16.
Relatívna hodnota prekonania
 [%] maximálnych májových
 úhrnov zrážok na vybraných
 zrážkomerných stanicach
 na Slovensku v máji 2010.
 (Zdroj: SHMÚ)

Figure 16.
*Relative overcoming [%]
 of the May maximal monthly
 precipitation totals at selected
 rain gauge stations in Slovakia
 in May 2010 (Source: SHMÚ)*



Obrázok 17.
Priestorová a časová distribúcia
 maximálnych májových úhrnov
 zrážok na Slovensku v období
 1901 – 2009.
 (Zdroj: SHMÚ)

Figure 17.
*Spatial and temporal
 distribution of maximal
 monthly precipitation totals
 in May in the period
 1901 – 2009.
 (Source: SHMÚ)*



Extrémne mesačné úhrny zrážok v máji a júni 2010

V máji 2010 boli približne na dvoch tretinách meteorologických (zrážkomerných) staníc prekonané dovtedy platné rekordy mesačných úhrnov zrážok pre tento mesiac. Okrem priestorového rozsahu v regiónoch, kde boli prekonané májové rekordy, stojí za pozornosť aj absolútne a relatívne rozdiel májového mesačného úhrnu zrážok v máji 2010 a dovtedy platnej hodnoty rekordu v tomto mesiaci (Obr. 15 a 16, zoznam najvýraznejších prekonaní prináša Tab. 1). Nebolo výnimkou, keď hodnota rekordu bola prekonaná o viac ako 100 mm a na pomerne veľkou počte meteorologických staníc to bolo o 50 až 100 mm. Veľký počet prekonaných rekordov májových úhrnov je dôkazom výnimočnej výdatnosti zrážok v tomto mesiaci, a to dokonca aj v oblastiach severného Slovenska a Tatier. Podobne výdatné zrážky sa v týchto oblastiach zvyknú vyskytovať až v letných mesiacoch. Menej prekvapujúce boli rekordy mesačných úhrnov zrážok na juhozápadnom Slovensku, na juhu stredného a východného Slovenska, kde v ročnom režime býva naznamenávané primárne, resp. sekundárne maximum zrážok. Lenže rozdiely v niekoľkých desiatkach milimetrov alebo prekonanie rekordu o 100 mm sú v týchto oblastiach, s tradične bohatšími jarnými zrážkami, mimoriadne pozoruhodné. Pri pohľade na zrážkovo najbohatšie máje v histórii meteorologických meraní na Slovensku (Obr. 17), kedy boli tiež prekonané rekordy mesačných úhrnov zrážok, je vidieť, že máj 2010 bol svojím rozsahom v tomto zmysle, bezkonkurenčný. Aj preto bola tak jednoznačne prekonaná dovtedy najvyššia hodnota priestorového úhrnu zrážok pre celé územie Slovenska z roku 1939, ktorá predstavovala 165 mm. V máji 2010 dosiahla uvedená charakteristika vypočítaná izohyetovou metódou hodnotu 235 mm (Obr. 18). Od roku 1881 do tohtoročného mája ani jeden mesačný priestorový úhrn zrážok vypočítaný metódou dvojitého váženého priemeru na Slovensku nedosiahol hodnotu 200 mm. Pri historickom porovnaní priestorových úhrnov zrážok však nezostal v úzadí ani jún 2010 (Obr. 19) – skončil ako tretí najdaždivejší aspoň od roku 1881.

Viacdenné a týždenné úhrny zrážok v apríli až júni 2010

Podobne zaujímavé boli aj úhrny zrážok v kratších časových úsekoloch, napríklad za týždeň (Obr. 20 a 21), päť dní, resp. dva dni. Ich hodnoty boli na túto ročnú dobu veľmi vysoké. V máji zvyknú byť naznamenávané menej výdatné zrážky, výnimkou sú len intenzívne búrkové lejaky, ktoré môžu byť aj v máji už veľmi nebezpečné. Po jarnom odteku vody z topiaceho sa snehu, sme závažnejšie zrážkové obdobie naznamenali v tretej aprílovej pentáde, počas ktorej napríklad na zrážkomernej stanici Dobšinská ľadová jaskyňa len za 3 dni napršalo 86 mm zrážok. Na rozhraní medzi prvou a druhou májovou pentádou nasledovalo ďalšie zrážkovo významnejšie obdobie, kedy napríklad v Hnúští napršalo za 2 dni 95 mm zrážok. V priebehu druhej dekády mája pršalo výdatne počas niekoľkých dní, 12. a 13. mája 2010 napršalo napríklad v Senohrade 45 mm zrážok, ďalej za 3 dni, od 15. do 17. mája 2010, napršalo napríklad v Modre-Piesku 119 mm, v Liesku 100 mm, v Bratislave na Kolibe 95 mm a v Somotore 90 mm. 24. a 25. mája 2010

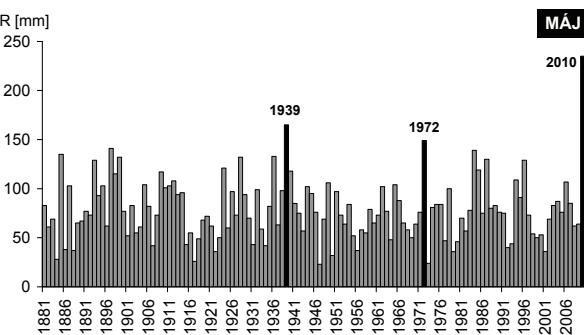
napršalo pri búrkových lejakoch napríklad v Holíči 45 mm zrážok a podobne 27. mája 2010 v Regetovke 35 mm, 29. mája 2010 v Holíči 47 mm a 30. mája v Nitrianskej Strede 39 mm, v Rimavskej Sobote 35 mm, v Žihárci 33 mm a v Kráľovej pri Senci 32 mm. Za 31. mája a 1. júna 2010 potom pri trvalom daždi napršalo napríklad v Rudňanoch 107 mm, v Smolníku 83 mm, v Mochovciach 82 mm a v Skýcove 66 mm. Medzi tým boli často menej významné zrážkové epizódy, niekedy aj v sprievode búrok.

Teplotné podmienky v máji a júni 2010 pri mimoriadnych mesačných úhrnoch zrážok

V máji 2010 bolo minimum letných dní a viaceré meteorologicke stanice ich nenaznamenali vôbec. Napriek tomu vplyvom oblačnosti a vyšej nočnej a rannej teplote vzduchu to bol jednoznačne teplotne nadnormálny mesiac. Pri takomto počte daždivých a oblačných dní je to výnimočná situácia. Na Obr. 22a-d je možné vidieť štatistikú závislost medzi priemernou mesačnou teplotou vzduchu a mesačnými úhrnmi zrážok v máji na vybraných klimatologických staniciach (Bratislava-Koliba, Hurbanovo, Oravská Lesná, Košice-letisko) v období 1951–2010. Z uvedenej funkčnej závislosti, ktorá je mimochodom najlepšie vyjadrená na meteorologickej stanici Bratislava-Koliba, je zrejmé, že pri celkovo vyšších úhrnoch májových zrážok je dosahovaná priemerne nižšia teplota vzduchu.

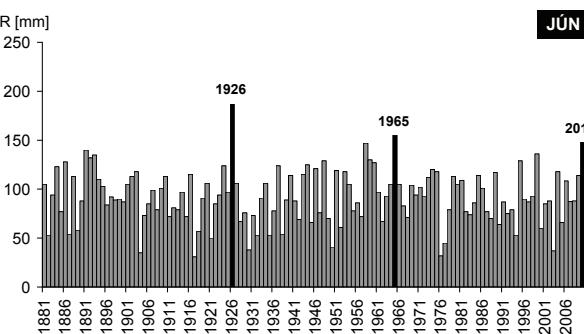
Obrázok 18. Priestorový úhrn atmosférických zrážok v máji na Slovensku v období 1881–2010. (Zdroj: SHMÚ)

Figure 18. Areal precipitation total in May in Slovakia in the period 1881–2010. (Source: SHMÚ)



Obrázok 19. Priestorový úhrn atmosférických zrážok v júni na Slovensku v období 1881–2010. (Zdroj: SHMÚ)

Figure 19. Areal precipitation total in June in Slovakia in the period 1881–2010. (Source: SHMÚ)



Tabuľka 1.
Zoznam zrážkomerných staníc s najvyšším
relatívnym prekonaním maximálneho
mesačného úhrnu v máji. (Zdroj: SHMÚ)

Table 1.
List and rating of the rain-gauge stations with the
greatest relative overcoming of maximal monthly
precipitation total in May. (Source: SHMÚ)

H [m] – nadmorská výška stanice v m n. m.
(meteorological station altitude in m a.s.l.)

R_max [mm] – maximálny mesačný úhrn zrážok v máji
za obdobie 1901 – 2009 (maximal monthly precipitation
total in May in the period 1901 – 2009)

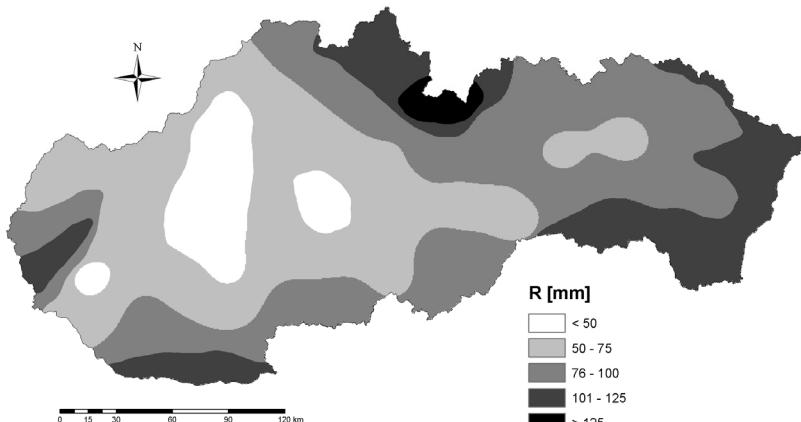
R_max_rok – rok výskytu maximálneho májového
úhrnu zrážok (incidence year of maximal monthly
precipitation total in May)

R_max_2010 [mm] – mesačný úhrn zrážok v máji 2010
(monthly precipitation total in May 2010)

Δ [mm] – absolútny rozdiel mesačného úhrnu zrážok
v máji 2010 a maximálneho májového úhrnu za
obdobie 1901 – 2009 (absolute difference between
monthly precipitation total in May 2010 and
maximal monthly precipitation total in May
in the period 1901 – 2009)

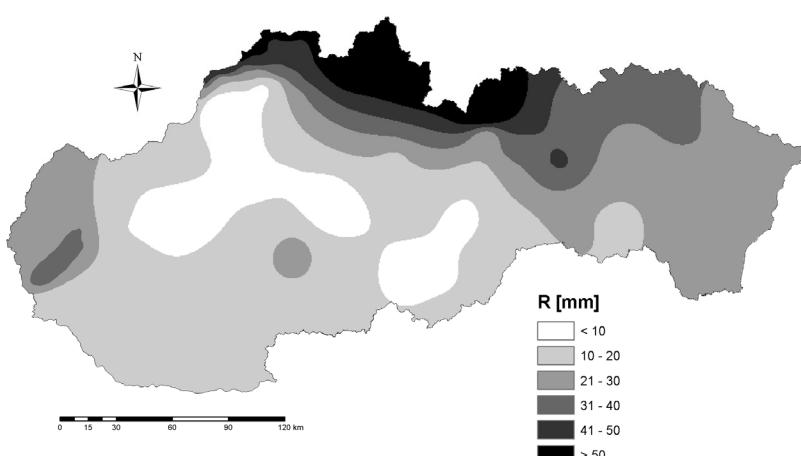
Δ [%] – relatívny rozdiel mesačného úhrnu zrážok
v máji 2010 a maximálneho májového úhrnu za
obdobie 1901 – 2009 v % Rmax (relative difference
between monthly precipitation total in May 2010
and maximal monthly precipitation total in May
in the period 1901 – 2009 in % of Rmax)

IND	Názov stanice	H [m]	R_max [mm]	R_max _rok	R_max_2010 [mm]	Δ [mm]	Δ [%]
22200	Rabčice	675	126	1962	320	194	254.0
51160	Slanská Huta	467	131	-	315	184	240.5
21300	Lúčky	616	127	1966	282	155	222.0
60100	Vyšný Čaj	230	105	2006	229	124	218.7
16080	Veľké Leváre	150	132	1940	283	151	214.4
51140	Slanské Nové Mesto	224	142	2006	302	160	212.8
51200	Malá Trňa	160	124	1957	263	139	212.1
43260	Vyšný Hrušov	184	124	1937	258	134	208.1
51180	Michalany	131	139	2005	280	142	202.2
13240	Pilhov	425	150	1987	300	150	200.0
17520	Jahodná – Dunaj. Klátov	114	114	1972	227	113	199.1
43140	Koškovce	191	121	2006	241	120	199.0
55120	Malá Ida	302	126	1984	250	124	198.4
49380	Čaklov	140	127	2005	250	123	197.5
21200	Kvačany	620	171	1987	336	165	196.5
17640	Pataš	112	99	1972	193	94	194.9
60160	Milhost'	164	118	1974	229	111	194.1
16060	Studienka	177	128	1987	248	120	193.8
59300	Kokošovce	382	147	2005	280	134	191.1
51120	Streda nad Bodrogom	100	131	1940	249	118	190.1
17500	Trstice	111	107	2006	200	93	186.9
48200	Slovenská Kajňa	144	134	2006	250	116	186.6
43400	Kamenica nad Cirochou	176	137	1994	255	118	186.1
22080	Mútne	835	170	2002	316	146	186.1
23080	Vitanová	690	175	1987	325	150	185.7
25080	Korňa	592	176	1962	325	149	184.7
49420	Banské	348	150	2005	275	125	183.5
44040	Strážske	133	149	1994	272	123	182.6
49340	Čierne nad Topľou	155	138	1976	250	112	181.2
43320	Starina	345	153	2006	275	122	179.4
22240	Suchá Hora	792	181	1987	322	141	177.9
12100	Lomnický štít	2635	253	1952	450	197	177.9
59340	Ploské	215	144	1972	255	111	177.1
58060	Klenov	561	138	1972	243	105	176.1
23060	Vitanová - Oravice	853	205	1987	360	155	175.6



Obrázok 20.
Úhrn atmosférických
zrážok [mm] v týždni
od 10. 5. do 16. 5. 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 20.
Weekly precipitation
totals in the period
of 10th – 16th May 2010.
(Source: SHMÚ)

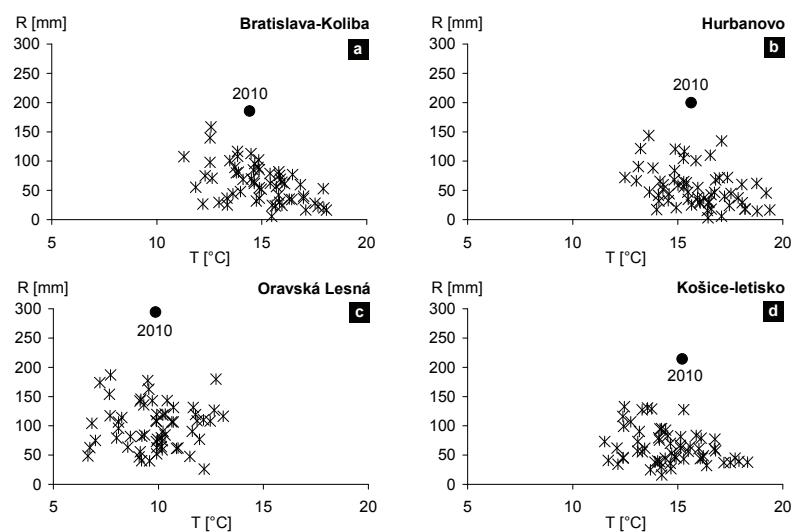


Obrázok 21.
Úhrn atmosférických
zrážok [mm] v týždni
od 17. 5. do 23. 5. 2010.
(Zdroj: SHMÚ)

Figure 21.
Weekly precipitation
totals in the period
of 17th – 23rd May 2010.
(Source: SHMÚ)

Obrázok 22a-d.
Korelačný vzťah medzi priemernou mesačnou teplotou vzduchu T [$^{\circ}\text{C}$] a mesačným úhrnom atmosférických zrážok R [mm] na klimatologických staniciach Bratislava-Koliba (a), Hurbanovo (b), Oravská Lesná (c) a Košice-letisko (d) v období 1951–2010. (Zdroj: SHMÚ)

Figure 22a-d.
The correlation relationship between monthly mean air temperature and monthly precipitation totals in May at climatological stations Bratislava-Koliba (a), Hurbanovo (b), Oravská Lesná (c) and Košice-letisko (d) in the period 1951–2010. (Source: SHMÚ)



Aj napriek menej tesnému korelačnému vzťahu nie je tento výsledok vôbec prekvapivý a je fyzikálne logicky zdôvoditeľný. Určitú konzistentnosť však narúša práve situácia z mája 2010. Aj napriek extrémne vysokým mesačným úhrnom dosiahla priemerná mesačná teplota vzduchu relatívne vysoké hodnoty. Z hľadiska štatistického hodnotenia majú hodnoty za máj 2010 jednoznačne povahu odľahlých hodnôt (outliers). Extrapoláčnou metódou by sme čisto hypoteticky mali pri uvedených úhrnoch dostať priemerné mesačné teploty vzduchu minimálne o 2°C nižšie. Z uvedeného je celkom zjavné, že májové zrážky vypadávali na väčšine územia Slovenska pri diametralne odlišných teplotných a zrejme aj vlhkostných podmienkach, ako býva pri podobných situáciach normálne. Vyššie priemerné teploty vzduchu v kombinácii s vyššou absolútou vlhkosťou vzduchu veľmi pravdepodobne viedli k výrazne vyším úhrnom, než na aké sme v tomto období zvyknutí (zvýšenie teploty vzduchu o 1°C znamená pri cyklónalnej situácii aj zvýšenie absolútnej vlhkosti vzduchu o 6%). Aby sme do určitej miery podporili tento vzájomný a fyzikálne konzistentný zrážkovo-teplotný vzťah aj z pohľadu dlhodobého vývoja, pripravili sme okrem už uvedených korelačných závislostí

aj dva ilustračné výstupy zobrazujúce dlhodobý vývoj priemernej mesačnej teploty vzduchu a mesačný úhrn zrážok v máji na dvoch vybraných klimatologických staniciach, a to v Bratislave na Kolibe a v Sliači (obdobie 1951–2010). Je zrejmé, že v rokoch s vyššími úhrnmi májových zrážok zaznamenávame obyčajne nižšiu priemernú teplotu vzduchu (Obr. 23a-b).

DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky predkladaného príspevku potvrdzujú bezprecedentnú extrémnosť a rozsah atmosférických zrážok, ktoré postihli rozsiahle oblasti Slovenska v máji a na začiatku júna 2010. K závažnosti povodňových situácií v niektorých najviac postihnutých povodiach (napr. Ondava, Hornád, atď.) nepochybne prispeli nielen výdatne a často sa vyskytujúce zrážky v priebehu mája a júna 2010, ale aj stav dostatočnej nasýtenosti regiónov dosiahnutý po predchádzajúcich zrážkach, predovšetkým z apríla 2010. Ako sa neskôr ukázalo, na výrazný prebytok vody v prírodnom prostredí mali vplyv aj zrážky z jesene 2009 a zimy 2009/2010.

Obrázok 23a-b. Dlhodobé zmeny mesačnej priemernej teploty vzduchu T [$^{\circ}\text{C}$] a mesačného úhrnu atmosférických zrážok R [mm] na klimatologických staniciach Bratislava-Koliba (a) a Sliač (b) v období 1951–2010. (Zdroj: SHMÚ)

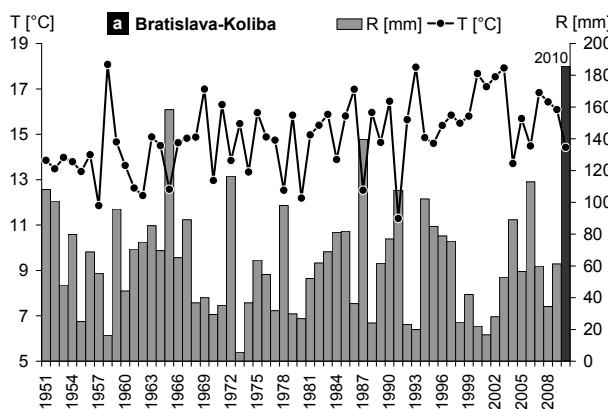
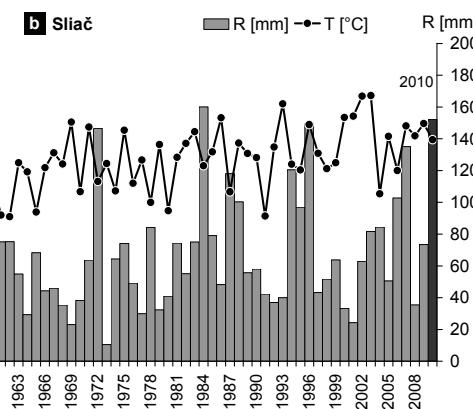


Figure 23a-b. The long-term changes of monthly mean air temperature and monthly precipitation totals in May at climatological stations Bratislava-Koliba (a) and Sliač (b) in the period 1951–2010. (Source: SHMÚ)



Extrémnosť májových zrážok možno dokumentovať hneď niekoľkými významnými kvantitatívnymi ukazovateľmi. Okrem mimoriadneho počtu meteorologických staníc, na ktorých boli prekonané rekordy mesačných úhrnov zrážok (takmer 400 z celkového počtu približne 556 staníc), dosiahol májový priestorový úhrn zrážok hodnotu 235 mm, čím prekonal predošlé maximum o celých 70 mm (!). Pozoruhodné boli v niektorých regiónoch aj zrážky, ktoré spadli za oveľa kratšie ako mesačné obdobie. V niektorých prípadoch presiahli denné úhrny aj hodnotu 100 mm, čo je už skutočne výnimcočné. K mimoriadnosti zrážkových situácií v priebehu mája 2010 prispel aj fakt, že zrážky vypadávali pri priemerne vyšších teplotách. Priemerná mesačná teplota vzduchu bola minimálne o 2 °C vyššia ako zvykne byť pri podobných zrážkových situáciách. V podmienkach meniacich sa klímy na Slovensku predstavuje máj 2010 určitú modelovú situáciu, s ktorou je potrebné aj v budúcnosti, najmä v súvislosti s rastúcou teplotou vzduchu, počítať (Faško et al., 2008). To, že sa zrážky, ktoré zvyčajne registrujeme v našom regióne až v priebehu letným mesiacov, vyskytli už v priebehu mája, možno pripisovať najmä zmene režimu zrážok, ktorá je nevyhnutným dôsledkom meniacich sa teplotných a cirkulačných podmienok v širšom stredoeurópskom priestore (Faško et al., 2009a, 2009b; Pecho et al., 2009; Pecho et al., 2010).

LITERATÚRA

- Faško, P.–Lapin, M.–Pecho, J., 2008, 20-Year Extraordinary Climatic Period in Slovakia: In: Meteorological Journal, Vol. 11, No. 3, Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava 2008, ISSN 1335-339X.
- Faško, P.–Lapin, P.–Melo, M.–Pecho, J., 2009, Changes in precipitation regime in Slovakia – past, present and future. 2nd International Conference on Bioclimatology 2009: A changing climate for biology and soil hydrology interactions. Institute of Hydrology SAS, Bratislava, Slovakia, 21.–24. September 2009.
- Faško, P.–Pecho, J.–Mikulová, K.–Nejedlík, P., 2009, Trends of selected characteristics of precipitation in The Northern Carpathians in the light of water supply for agriculture. In: Eitzinger, J., Kubu, G. (ed.), (2009): Impact of Climate Change and Adaptation in Agriculture. Extended Abstracts of the International Symposium, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, June 22-23 2009. BOKU-Met Report 17, 106–109, ISSN 1994-4179 (Print), ISSN 1994-4187 (Online) – <http://www.boku.ac.at/met/report>.
- Mikulová, K.–Faško, P.–Bochníček, O.–Borsányi, P.–Ondruška, P.–Čepčeková, E.–Šťastný, P.–Pecho, J., 2008, Klimatologické normály 1961–1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky, Záverečná správa výskumnnej úlohy.
- Mikulová, K.–Faško, P.–Pecho, J., 2009, Porovnanie úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku za štandardné normálové obdobia 1961–1990 a 1931–1960. In: Čelková, A. (Ed.): Zborník recenzovaných príspevkov, 17. Postrovy deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV – Transport vody, chemikálii a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. 12. november 2009. Bratislava, 385–390. ISBN 978-80-89139-19-4.
- Pecho, J.–Faško, P.–Lapin, M.–Mikulová, K.–Šťastný, P., 2009, Extreme values of precipitation and snow cover characteristics in Slovakia. In: Pribullová, A., Bičárová, S. (Eds.) 2009: Sustainable Development and Bioclimate, Reviewed Conference Proceedings. Geophysical Institute of the SAS, 5th to 8th October 2009, Stará Lesná, 2009, ISBN: 978-80-900450-1-9 [CD].
- Pecho, J.–Faško, P.–Gaál, L.–Mikulová, K.–Nejedlík, P.–Lapin, M.–Bochníček, O.–Šťastný, P., 2010, Long-term changes of extreme one-day and k-days precipitation totals in western Slovakia within the 1951–2009 period. In: Zborník abstraktov z medzinárodnej konferencie EGU, Viedeň, Rakúsko, 2. – 7. máj 2010.
- Mapy poľa prízemného tlaku vzduchu:
<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>.