

ISSN 1335-339X

# METEOROLOGICKÝ ČASOPIS

## METEOROLOGICAL JOURNAL

# 2021

ROČNÍK 24 - ČÍSLO 1  
VOLUME 24 - NUMBER 1



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Meteorologický časopis vydáva Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) ako vedecké a odborné periodikum so zameraním na meteorológiu, klimatológiu, hydrológiu, znečistenie ovzdušia a príbuzné vedné disciplíny. Časopis uverejňuje pôvodné vedecké práce, prehľadové články a krátke odborné príspevky domácich aj zahraničných autorov. Všetky články sú recenzované minimálne dvomi recenzentmi. Príspevky sa publikujú v jazyku anglickom, slovenskom a českom. Časopis vychádza 2x ročne. Časopis je dostupný na <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>.

The Meteorological Journal is being published by the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ). The purpose of the journal is to publish papers in any field of meteorology, climatology, hydrology, air pollution and related scientific disciplines. They may be original scientific papers, reviews and short communications of Slovak and foreign authors. All the papers are reviewed by at least two reviewers. Papers are published in English, either Slovak, or Czech languages. The Meteorological Journal is issued twice per year. Journal is available at <http://www.shmu.sk/en/?page=31>.

#### **PREDSEDA REDAKČNEJ RADY – EDITORIAL BOARD CHAIRMAN**

Norbert Polčák, SHMÚ, Bratislava

#### **TECHNICKÁ REDAKTORKA – TECHNICAL EDITOR**

Katarína Pukančíková, SHMÚ, Bratislava

#### **REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD**

Jan Bednář, MFF UK (Faculty of Mathematics and Physics Charles University), Praha

Martin Benko, SHMÚ, Bratislava

Rudolf Brázdil, MU (Masaryk University), Brno

Kamila Hlavčová, STU (Slovak University of Technology), Bratislava

Branislav Chvíla, SHMÚ, Bratislava

Martin Kremler, SHMÚ, Bratislava

Milan Lapin, FMFI UK (Faculty of Mathematics, Physics and Informatics Comenius University), Bratislava

Danica Lešková, SHMÚ, Bratislava

Oľga Majerčáková, SHMÚ, Bratislava

Igor Matečný, PriF UK (Faculty of Natural Sciences Comenius University), Bratislava

Irena Michlíková, SHMÚ, Bratislava

Jozef Mindáš, SEVS (University of Central Europe), Skalica

Pavol Nejedlík, SHMÚ, Bratislava

Vladimír Pastirčák, SHMÚ, Bratislava

Jana Poórová, SHMÚ, Bratislava

Anna Pribullová, SHMÚ, Gánovce

Zora Snopková, SHMÚ, Banská Bystrica

Janka Szemesová, SHMÚ, Bratislava

Ján Szolgay, STU (Slovak University of Technology), Bratislava

Bernard Šiška, SPU (Slovak University of Agriculture), Nitra

Štefan Škulec, SHMÚ, Bratislava

Jaroslav Škvarenina, TU (Technical University), Zvolen

Pavel Šťastný, SHMÚ, Bratislava

Radim Tolasz, ČHMÚ (Czech Hydrometeorological Institute), Ostrava

Milan Trizna, PriF UK (Faculty of Natural Sciences Comenius University), Bratislava

Jozef Vivoda, SHMÚ, Bratislava

Pavol Zaujec, SHMÚ, Bratislava

#### **VYDAVATEĽ – EDITOR**

© Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, júl 2021

Jeséniova 17, P.O. Box 15, 833 15 Bratislava 37

IČO 00 156 884

R. č. MK SR: 3268/09

ISSN 1335-339X

# METEOROLOGICKÝ ČASOPIS

## METEOROLOGICAL JOURNAL

**2021**

**ROČNÍK 24 – ČÍSLO 1**

**VOLUME 24 – NUMBER 1**

SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV  
SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE



## CONTENTS

### PROBLEMS OF SHORT-TERM RAIN INTENSITIES ESTIMATE IN SLOVAKIA

Milan Kupčo, Pavol Nejedlík, Milan Onderka ..... 3

### THE DROUGHT EVALUATION IN SLOVAKIA IN 2020

Maroš Turňa, Gabriela Ivaňáková, Ivana Krčová,  
Ivan Mrekaj, Jakub Ridzoň ..... 11

### TEMPERATURE INVERSIONS AND THEIR INFLUENCE ON THE DEPTH OF THE SNOW COVER IN THE SLOVAK CARPATHIANS

Jakub Ridzoň ..... 21

### A CASE STUDY OF MESOCYCLONIC TORNADO IN GEMERSKÁ VEŠ

Miroslav Šinger ..... 33

## INFORMATION

### Meeting with the President of Slovakia, Zuzana Čaputová

Zuzana Danáčová ..... 43

### Hydrological situation in surface waters in 2020

Zuzana Danáčová ..... 44

### Groundwater assessment in 2020

Eugen Kulman ..... 46

### Hydrological evaluation of winter 2020/2021 in the Hron basin

Martin Halaj, Tomáš Trstenský ..... 48

### 24<sup>th</sup> Snow meeting

Martin Halaj ..... 51

### The Hurbanovo "site" of science has served us for 150 years

Dalibor Výberčí, Jozef Pecho,  
Pavel Faško, Oliver Bochníček ..... 52

PERSONALS ..... 57

## OBSAH

### PROBLÉMY URČOVANIA INTENZÍT KRÁTKODOBÝCH DAŽĎOV NA SLOVENSKU

Milan Kupčo, Pavol Nejedlík, Milan Onderka ..... 3

### ZHODNOTENIE SUCHA NA SLOVENSKU V ROKU 2020

Maroš Turňa, Gabriela Ivaňáková, Ivana Krčová,  
Ivan Mrekaj, Jakub Ridzoň ..... 11

### TEPLTNÉ INVERZIE A ICH VPLYV NA VÝŠKU SNEHOVEJ POKRÝVKY V SLOVENSKÝCH KARPATOCH

Jakub Ridzoň ..... 21

### PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA MEZOCYKLONÁLNEHO TORNÁDA V GEMERSKEJ VSI

Miroslav Šinger ..... 33

## INFORMÁCIE

### Stretnutie s prezidentkou SR, Zuzanou Čaputovou

Zuzana Danáčová ..... 43

### Hydrologická situácia na povrchových tokoch počas roka 2020

Zuzana Danáčová ..... 44

### Zhodnotenie podzemných vôd v roku 2020

Eugen Kulman ..... 46

### Zhodnotenie zimy 2020/2021 v povodí Hrona z pohľadu operatívnej hydrológie

Martin Halaj, Tomáš Trstenský ..... 48

### 24. stretnutie snehárov

Martin Halaj ..... 51

### Hurbanovské sídlo vedy nám slúži už 150 rokov

Dalibor Výberčí, Jozef Pecho,  
Pavel Faško, Oliver Bochníček ..... 52

PERSONÁLIE ..... 57



# PROBLÉMY URČOVANIA INTENZÍT KRÁTKODOBÝCH DAŽĎOV NA SLOVENSKU

MILAN KUPČO<sup>1</sup>, PAVOL NEJEDLÍK<sup>2</sup>, MILAN ONDERKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav (dôchodca), milan.kupco@centrum.sk

<sup>2</sup> Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, geofpane@savba.sk, geofmond@savba.sk

*This paper deals with the use of several methodological approaches to assess short-duration rainfall intensities. The presented methods were developed in different time periods. Point estimates of short-duration rainfall intensities and their variability in space are affected by the availability of input data and the length of pluviographic records. In principle, two approaches are presented: (i) pluviograph records are directly processed and statistically analysed; (ii) short-duration rainfalls are related to daily rainfall totals. A considerable variability of the results appeared when shorter records were processed. This is caused by random errors that to a certain extent limit the validity of the estimated intensities with respect to the future and interpretation in space. Generalizing the obtained results in space looks problematic due to the stochastic nature of precipitation, which is mostly the case with extreme intensities during short lasting rains. In case of limited lengths of time series, applying one global curve for the whole territory of Slovakia or for a small number of regions seems to be an effective option.*

*Príspevok sa zaoberá použitím viacerých metodologických prístupov k stanovovaniu intenzít krátkodobých dažďov. Prezentované sú výsledky metodík, ktoré vznikali v rôznych časových obdobiach. Dostupnosť vstupných údajov v tom-tom období, resp. dĺžka radov ombrografických záznamov ovplyvnila možnosti ako bodových výsledkov, tak aj možnosti interpretácie ich priestorového rozloženia. V podstate sú prezentované dva prístupy. Jeden je založený na priamom spracovaní ombrografických záznamov a následnom štatistickom vyhodnotení, druhý rozširuje túto metódu a využíva vzťah krátkodobých dažďov k denným úhrnom. Pri spracovaní kratších radov sa prejavila značná variabilita výsledkov. Je spôsobená náhodnými chybami, čo do istej miery limituje jednak platnosť výsledkov smerom do budúcnosti, ale tiež pri ich interpretácii do širšieho územia. Vzhľadom k stochastickému charakteru javu, čo sa prejavuje hlavne pri extrémnych krátkodobých intenzitách počas krátkeho trvania zrážkových oddielov, sa ukazuje byť priestorová generalizácia problematická. V tomto ohľade, v prípade obmedzeného počtu, resp. dĺžky časových radov uplatnenie jednej globálnej čiary pre celé územie Slovenska, alebo len v malom počte regiónov sa javí ako jedna z efektívnych možností.*

**Key words:** short-rain intensities, designed values, global curve, precipitation scaling, extrem values

## ÚVOD

Intenzívne atmosférické zrážky sú zrejme najčastejším rizikovým klimatickým extrémom a sú často sprevádzané povodňami. Ich výskyt sa v priestore strednej Európy pritom v ostatných dekádach zvýšil (Blöschl et al., 2020). Charakteristiky intenzívnych dažďov hrajú pri analýzach takýchto situácií rozhodujúcu úlohu. Prvé spracovania intenzít dažďa na Slovensku boli robené pre hydrologické spracovania (Dub, 1946). Popri spracovániach vysokých mesačných úhrnov zrážok Šamaj (Šamaj, 1961) spracoval metódou Chomicza a metódou stanovenia čiar určitej pravdepodobnosti hodnoty intenzít extrémnych dažďov v Starom Smokovci. Hydrologická komunita javila záujem o charakteristiky intenzívnych dažďov v krátkom časovom rozlíšení v plošnom vyjadrení. Systematicky sa spracovaním intenzít krátkodobých zrážok na Slovensku zaoberali naďalej Šamaj a Valovič (Šamaj-Valovič, 1967). Ucelené spracovanie intenzít krátkodobých dažďov pre časové oddiely 5–360 min predstavili v celoplošnej interpretácii pre územie Slovenska v roku 1973 (Šamaj a Valovič, 1973). Urcikán zakomponoval tieto výsledky do modelu, ktorý dovoľoval určiť hodnoty zrážok v ľubovoľnom mieste na Slovensku (Urcikán, 1980), neskôr postupne nasledovali

d'alšie hodnotenia s použitím tejto metódy (Tekušová, 1989). Uvedená metodika bola využívaná, a čiastočne je aj doteraz, v oblasti hydrologických hodnotení v situáciách extrémnych prietokov a pri povodniach, v posudkovej činnosti, klimatických regionálnych hodnoteniach, a tiež v inžinierskej praxi pri dimenzovaní kanalizačných štruktúr a odtokových parametrov. Výsledky práce poukazujú na pomerne veľkú variabilitu porovnateľných hodnôt zrážok určitej pravdepodobnosti pre jednotlivé stanice. Autori zistili, že napr. na južnom Slovensku sa maximálne hodnoty intenzít vyskytli na staniách s kratšími radmi, pričom na staniách s dlhšími radmi takéto hodnoty zaznamenané neboli. Taktiež poukazujú na oveľa skoršie konštatovanie Haeusera (Haeuser, 1919), že hodnoty dlhodobých pozorovaní sa blížila k obalovej čiare maximálnych intenzít platnej pre širšiu oblasť. Nakoľko štatistické parametre intenzít krátkodobých dažďov sú vo veľkej miere využívané hydroológmi, títo pri počiatočnej absencii výsledkov klimatických spracovaní pri hodnotení vysokých prietokov s odtokovými charakteristikami pre dané územia navrhovali všeobecnejšie aplikácie. Dzubák (Dzubák, 1969) skúmal aplikáciu v hydrologii používanej hypotézy ergodičnosti radov hydrologických veličín pomocou globálnych čiar prekročenia na štatistickom súbore maximálnych denných úhrnov a na

možnú rajonizáciu maximálnych zrážok navrhuje zlučovať rady do globálnych množín. Kupčo (Kupčo, 1983; Kupčo, 1985) taktiež aplikoval pri spracovaní intenzít krátkodobých dažďov metodiku globálnych čiar prekročenia na intervaly dažďa už od 10 minút. Pre celé územie Slovenska navrhuje len dve čiary prekročenia pre určitý čas trvania dažďa.

Plošné vyjadrenie vzhľadom k priestorovej distribúcii charakteristík krátkodobých intenzít dažďa naráža obyčajne na nedostatočný počet staníc s dlhšími radmi kontinuálnych ombrografických záznamov. Tento problém čiastočne rieši štatistická metóda škálovania zrážok, ktorá umožňuje použitím denných úhrnov zrážok získať pre stanovenú frekvenciu návrhové hodnoty zrážok pre zvolené trvanie dažďa (Bara et al., 2008; Kohnová et al., 2014). Uvedená metóda následne umožňuje pri využití regionalizácie (Gaál, 2009) odhad návrhových hodnôt na konkrétne vyčlenených územiach (Zechelová et al., 2013).

V súčasnej dobe je vzhľadom na zvyšujúce sa množstvo radov obsahujúcich adekvátne údaje z jednotlivých staníc možné použiť metódy hlbšej analýzy pravdepodobnosti výskytu jednotlivých zrážkových oddielov na danom mieste. V našom prípade bola použitá metóda generalizovaného rozdelenia extrémnych hodnôt (GEV), a to v stacionárnom aj nestacionárnom režime (Onderka et al., 2020).

## POPIS METODÍK A VÝSLEDKY

V tejto kapitole je kumulovaný krátky popis jednotlivých metodík uplatnených na jednotlivých staniaciach a sú prezentované jednotlivé výstupy. Vzhľadom na pomerne dlhý čas v rámci ktorého boli jednotlivé metodiky použité, výsledky hodnotení pokrývajú rôzne obdobia. Preto jednotlivé porovnania nezahŕňajú identické obdobia.

V ďalšom spracovaní bude pre nás východiskovým obdobie od spracovania autormi Šamaj-Valovič. Ide o výsledky spracovania zo 68 ombrografických staníc z obdobia 1901–1965, s časovými radmi 5 až 64 rokov, s pomerne častými prerušeniami pozorovaní. Na spracovanie boli použité maximálne ročné hodnoty z každej stanice a z takto vytvoreného radu pravdepodobnostným hodnotením boli vypočítané maximálne hodnoty zrážok v jednotlivých oddieloch pre pravdepodobnosti výskytu raz za 100 rokov až 5 krát do roka, resp. pravdepodobnosť 0,01 až 5. U kratších radov to bolo len pre pravdepodobnosť do 0,05, čo je 20 ročná maximálna intenzita. Ďalším problémom bol výskyt náhodných chýb, ktoré vyplývajú z použitia štatistických metód. Výsledkom tejto klasickej štatistickej metódy je, že všetky základné výberové hodnoty čiary prekročenia (priemer, koeficient variácie -  $C_v$  a koeficient asymetrie -  $C_s$ ) sa pohybujú v hraniciach štatistických odchýliek parametrov základného radu. Ide o stochastický proces, keď z jedného dlhodobého radu maximálnych hodnôt skúmaného javu možno vytvoriť  $n$ -radov, ktorých priemerné hodnoty majú normálne rozdelenie a ostatné kvantily majú už rozdelenie asymetrické. Ďalšou vlastnosťou takýchto čiastkových radov je to, že spolu s náhodnými chybami vstupuje aj vplyv regionalít, ktorú nevieme oddeliť od náhodných chýb. Tieto skutočnosti sú príčinou

nesúrodých hodnôt čiar prekročení na jednotlivých staniaciach, čo následne prakticky sťažujú účinne vytvárať regionálne zoskupenia, ktoré by reprezentovali skupinu staníc s blízkymi maximálnymi hodnotami a parametrami čiary prekročenia. Urcikán (Urcikán, 1980) do určitej miery riešil tento problém tak, že všetky rozdiely, ktoré majú navzájom jednotlivé stanice považuje za regionálne vplyvy.

Hydrológovia, ktorí používali tieto výsledky dochádzali k dileme, keď použili maximálne hodnoty na konfrontáciu maximálnych prietokov a najmä povodňových vln, pretože pri maximálnych prietokoch sa silne prejavujú regionálne vplyvy i ďalšie orografické činitele. Z uvedeného dôvodu bola vyvinutá snaha znovu prehodnotiť intenzity zrážok s očakávaním, že tieto budú spresnené (aj preto, lebo došlo k predĺženiu radov maximálnych prietokov).

V okolitých štátoch spracovatelia viazali väčšinou čiary prekročenia na väčšie územné celky. Trupl (Trupl, 1958) konštatoval pri spracovániach v povodiach Odry, Labe a Moravy nezávislosť intenzít krátkodobých zrážok na nadmorskej výške. Pre danú oblasť boli navrhnuté jednotné čiary prekročenia intenzít. K podobným záverom prišli aj odborníci v Poľsku a Maďarsku.

K zaujímavému poznatku dospel už v počiatkoch spracovania intenzít dažďa Haeuser (Haeuser, 1919) pre región Bavorska. Na základe skúmania obalových čiar maximálnych intenzít zistil, že čiary prekročenia, ktoré platia pre jednotlivé miesta, sa približujú k jednej čiare, ktorá charakterizuje celú oblasť tým viac, čím je doba pozorovania dlhšia. Ak by toto platilo i pre štatistické parametre miestnych čiar, potom by bolo možné na základe teórie ergodičnosti z údajov na jednotlivých staniaciach v rámci vymedzenej oblasti tiež stanoviť jednu čiaru prekročenia maximálnych úhrnov zrážok pre jednotlivé časové oddiely trvania zrážok. V bývalom Sovietskom zväze po prvý raz rozpracovali túto teóriu a aplikovali na hydrologické a meteorologické prvky Alexejev (Alexejev, 1962) a Kalinin (Kalinin, 1968). Podstata tejto teórie spočíva v tom, že určitý náhodný jav možno z hľadiska pravdepodobnosti jeho výskytu hodnotiť jednak na základe jeho dlhodobého pozorovaniu na jednom mieste (stanice), alebo na viacerých miestach za relatívne kratší čas, aj s krátkymi radmi pozorovaní, ktoré potom zlučujeme do jedného globálneho radu za podmienky, že vytvorený globálny rad má transformované charakteristiky jednotlivých časových radov, ktoré sa majú líšiť od nových charakteristík základného globálneho radu len v rámci chýb, ktoré pripúšťajú štatistické zákonitosti. Ide o štatistické parametre čiar prekročenia (priemerná hodnota, súčinitele variácie) a zákon rozdelenia. Preto robíme štatistické testy týchto parametrov a keď vyhovujú kritériám, považujeme metódu globálnych radov za opodstatnenú pre vyčlenenú oblasť v danej krajine.

U nás túto metódu po prvý raz použil Dzubák (Dzubák, 1969) na overenie zákona rozdelenia pre 24 hodinový dažď pre celé Slovensko. V podmienkach Slovenska ďalej Kupčo (Kupčo, 1985) predstavil aplikáciu tejto metódy pre stanovenie čiar prekročení a návrhových hodnôt maximálnych úhrnov zrážok v rozsahu výskytu pravdepodobnosti  $P = 0,001–9,9\%$  a času trvania od 10 do 360 min.

Vychádzal zo spracovania globálnych radov zostavených z najvyššej ročnej hodnoty úhrnu určitého časového trvania  $t$  [min]. Východiskové podklady boli totožné s materiálmi použitými v práci Šamaj-Valovič. Pre vytvorenie globálnych radov pre Slovensko vyčlenil na základe rozloženia priemerov maximálnych intenzít 2 oblasti. Oblasť č. 1 zahŕňa západnú časť Slovenska s časťou severného Slovenska Oravy, Kysúc a Liptova. Zvyšok územia tvorí oblasť č. 2. Oblasť č. 1 pri spracovaní obsahovala 14 ombrografických staníc s počtom 394 rokov pozorovaní, oblasť č. 2 44 staníc s 827 rokmi pozorovaní (Obr. 1). Každý globálny rad pre jednotlivé zrážkové oddiely v časovom rozpätí 10–360 min bol podrobený štatistickej analýze, ktorá preukázala, že čiastkové rady pozorovaní sú súčasťou novovytvoreného globálneho radu.

Spracovanie je urobené klasickým spôsobom používaným v hydrológii a meteorológii pre stanovenie čiar prekročenia veľkých vôd a maximálnych zrážok podľa vzťahu:

$$H_{smax} = \bar{H}_s(\theta C_v + 1),$$

kde:  $H_{smax}$  je hodnota max. zrážok zvolenej pravdepodobnosti výskytu,

$\bar{H}_s$  je priemerná hodnota maximálnych denných úhrnov zrážok zrážkového oddielu za sledované obdobie v stanici,

$\theta$  je parameter čiary rozdelenia pravdepodobnosti (veľkosť podľa súčiniteľa asymetrie  $C_s$  a zvolenej pravdepodobnosti),

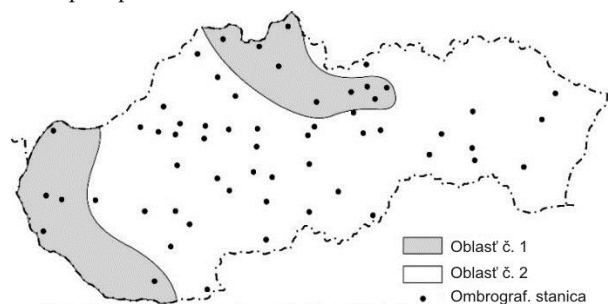
$C_v$  je súčiniteľ variácie vypočítaný zo vstupných údajov radu maximálnych zrážok.

Základnou podmienkou spájania čiastkových radov do globálneho sú pozitívne testy štatistickej rovnorodosti medzi výberovými hodnotami charakteristik jednotlivých

radov a parametrami globálneho radu (priemerná hodnota  $\bar{H}_s$ , súčiniteľ variácie  $C_v$ , súčiniteľ asymetrie  $C_s$  a funkcia rozdelenia). Podľa vyššie uvedeného postupu sme zostavili fiktívny globálny rad z údajov, ktoré sme získali z výsledkov škálovania z 91 staníc. Použili sme odhad priemeru maximálnych zrážok z každej stanice ako hodnotu kvantilu pre  $P = 40\%$ , ktorú považujeme blízku skutočným hodnotám priemerov jednotlivých radov maximálnych zrážok. Pre odhad ďalších parametrov  $C_v$ ,  $C_s$  a funkcie rozdelenia sme použili výsledky predchádzajúcich prác Kupča (Kupčo, 1983; Kupčo, 1985). Z vyššie uvedeného dôvodu sú hodnoty kvantilov pre  $P = 40\%$  tiež odhadom priemerov. Preto aj test priemerov a jeho výsledky v uvedenom texte príspevku treba považovať ako test hodnoty kvantilu. Vzhľadom na uvedené skutočnosti sú aj výsledky hodnôt globálnych radov, ktoré obsahuje Tab. 1, len odhadom hodnôt skutočného klasickým spôsobom vytvoreného globálneho radu.

**Obrázok 1. Rozdelenie Slovenska na oblasti rovnakých maximálnych úhrnov.**

Figure 1. Partition of Slovakia to the areas with uniform maximal precipitation totals.



**Tabuľka 1. Odhad návrhových hodnôt pre intenzity krátkodobých dažďov zvolenej periodicity metódou globálnej čiary pre územie Slovenska s využitím výsledkov škálovania zrážok za obdobie 1995–2009.**

Table 1. Estimate of designed values for short-term rain intensities of selected periodicity by global curve method for the territory of Slovakia by using results of precipitation scaling in 1995–2009 period.

Priemerné hodnoty maximálnych úhrnov [mm] za zvolené trvanie zrážkových oddielov [min] pre pravdepodobnosť  $P = 40\%$ . (Average values of maximal precipitation totals [mm] for selected duration of rain periods [min] for 40% probability)

| P % | 5    | 10   | 15    | 20    | 30    | 40 | 50    | 60    | 120   | 180   |
|-----|------|------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 40  | 8,13 | 9,89 | 11,03 | 11,99 | 13,38 | 15 | 15,47 | 16,22 | 19,77 | 21,84 |

Úhrny atmosférických zrážok [mm] pre jednotlivé trvanie zrážkových oddielov a danú pravdepodobnosť na základe výsledkov čiary prekročenia pre územie Slovenska. (Rainfall totals [mm] for separate rain duration periods and particular probability based on the results of exceedance curve for the territory of Slovakia.)

| P % | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 120   | 180   | 240   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,1 | 29,80 | 36,29 | 40,48 | 44,00 | 49,10 | 55,05 | 56,77 | 59,52 | 72,55 | 80,26 | 88,22 |
| 1   | 20,81 | 25,31 | 28,24 | 30,69 | 34,25 | 38,40 | 39,60 | 41,52 | 50,61 | 55,98 | 61,54 |
| 5   | 15,20 | 18,49 | 20,63 | 22,42 | 25,02 | 28,05 | 28,90 | 30,33 | 36,97 | 40,89 | 44,95 |
| 10  | 12,76 | 15,53 | 17,32 | 18,38 | 21,00 | 23,55 | 24,28 | 25,46 | 31,03 | 34,33 | 37,24 |
| 20  | 10,57 | 12,86 | 14,33 | 15,59 | 17,39 | 19,50 | 20,11 | 21,80 | 25,70 | 28,43 | 31,25 |
| 50  | 7,08  | 8,60  | 9,60  | 10,43 | 11,64 | 13,05 | 13,46 | 14,11 | 17,20 | 19,02 | 20,91 |
| 80  | 5,20  | 6,33  | 7,06  | 7,67  | 8,56  | 9,60  | 9,90  | 10,38 | 12,65 | 14,00 | 15,38 |
| 90  | 4,47  | 5,44  | 6,07  | 6,59  | 7,36  | 8,25  | 8,50  | 8,92  | 10,87 | 12,03 | 13,22 |
| 95  | 3,82  | 4,65  | 5,18  | 5,63  | 6,29  | 7,05  | 7,27  | 7,62  | 9,29  | 10,27 | 11,30 |
| 99  | 3,00  | 3,66  | 4,08  | 4,44  | 4,95  | 5,55  | 5,72  | 6,00  | 7,31  | 8,09  | 8,90  |

**Tabuľka 2. Smerodajné odchýlky priemerných hodnôt intenzít krátkodobých dažďov na 91 staniciach pre jednotlivé zrážkové oddiely (5 – 240 min) s priemernými hodnotami vypočítanými z globálneho radu.**

Table 2. Standard deviations of average intensities of short-term rains at 91 stations for selected rain periods (5–240 min) together with average intensities calculated out of global series.

| t [min]        | 5    | 10   | 15    | 20    | 30    | 40   | 50    | 60    | 120   | 180   | 240   |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sigma_{Hs1}$ | 2,03 | 2,15 | 2,22  | 2,25  | 2,32  | 2,35 | 2,36  | 2,55  | 2,55  | 2,55  | 2,65  |
| $\sigma_{Hs2}$ | 1,33 | 1,63 | 1,82  | 1,98  | 2,21  | 2,43 | 2,56  | 2,68  | 3,27  | 3,62  | 3,95  |
| $\sigma_{Hs}$  | 3,70 | 4,54 | 5,07  | 5,55  | 6,15  | 6,90 | 7,11  | 7,46  | 9,09  | 10,06 | 11,05 |
| $\bar{H}_s$    | 8,13 | 9,89 | 11,03 | 11,99 | 13,38 | 15,0 | 15,47 | 16,22 | 19,77 | 21,67 | 24,04 |

$\sigma_{Hs1}$  – smerodajná odchýlka priemerov z čiar prekročení jednotlivých staníc  
(standard deviation of the averages from exceedance curve of selected stations)

$\sigma_{Hs2}$  – smerodajná odchýlka vypočítaná podľa vzťahu (standard deviation calculated by):  $\sigma_{Hs2} = \frac{\sigma_{Hs}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}}$ , (1)

kde:

$\sigma_{Hs} = \bar{H}_s \cdot C_v$  je smerodajná odchýlka základného, globálneho radu ( $\bar{H}_s$  - priemerná hodnota celého globálneho radu,  $C_v$  - súčiniteľ variácie globálneho radu ako odhad podľa výsledkov z práce Kupčo, 1985 pre všetky zrážkové oddiely)  
 $n$  je priemerný počet rokov pozorovaní všetkých staníc,  
 $r$  je súčiniteľ korelácie medzi stanicami. Táto hodnota sa pohybuje okolo hodnoty  $r = 0,3$  a je určená podľa analýzy v Kupčo (1985).

Vo vzťahu (1) platí rovnosť v prípade, že do globálneho radu vstupujú hodnoty zaťažené regionálnym vplyvom. Preto, že vplyv regionalít i presnejšie určenie súčiniteľa  $r$  je obtiažné, mení sa táto rovnica na  $\sigma_{Hs1} > \sigma_{Hs2}$ , vyjadrenú pomerom  $\sigma_{Hs1}/\sigma_{Hs2}$ , ktorý sa pohybuje v hodnotách 1 až 2. Hranica 2 je kritickou, pre ktorú sa dá táto metóda globálnych čiar použiť Kalinin (1969). Rozdielnosť hodnôt  $\sigma_{Hs1}$  a  $\sigma_{Hs2}$  v našom prípade môže byť spôsobená okrem regionálneho vplyvu, najmä nepresne odhadnutým súčiniteľom korelácie.

Na testy štatistickej rovnorodosti medzi priemernými nameranými maximálnymi zrážkami na jednotlivých staniciach a zrážkových oddieloch s parametrami globálneho radu sme aplikovali test priemerov jednotlivých radov oproti priemerom globálnych čiar prekročení vypočítaným pre priemerný počet rokov čiastkových radov (14,4 roka). Urobené bolo porovnanie štandardných odchýlok od priemeru, ktoré je uvedené v Tab. 2 aj s príslušným výpočtom. Výsledky ukázali, že priemerné hodnoty jednotlivých zrážkových oddielov z 90 staníc majú normálne rozdelenie, čo potvrdzuje aj rozloženie priemerných hodnôt od celkového priemeru vyjadrené rozsahom  $\sigma \pm 3\sigma$ . Dokumentovať to možno na príklade 30 min zrážok, kde v hraniciach  $\pm 1\sigma$  sa nachádza 36 hodnôt, v rozpätí  $2\sigma$  9 a 1 hodnota (stanica) je na hranici  $3\sigma$ . V záporných hodnotách (pod celkovým priemerom) je rozloženie priemerov v jednotlivých staniciach totožné s kladnými hodnotami.

Takéto zoskupenie, resp. rozloženie jednotlivých priemerov zo staníc od celkového priemeru ( $\bar{H}_s$  ako aj výsledky testov a porovnanie smerodajných odchýliek  $\sigma_{Hs1}$  a  $\sigma_{Hs2}$  (Tab. 2) dávajú oprávnenie predpokladať, že všetky čiastkové priemery zrážok z každej stanice a zrážkové oddiely sú súčasťou jedného spoločného globálneho radu pre každý zrážkový oddiel.

Vzhľadom k stochastickému charakteru extrémnych krátkodobých dažďov je ich priestorová interpretácia v miestach bez ombrografických meraní problematická. Preto sa hľadali metódy umožňujúce získať zo zrážkových úhrnov s menším časovým rozlíšením, avšak dostupných v dostatočnej priestorovej hustote (v štandardných zrážkových sieťach sú to merania 24 hodinových úhrnov), údaje s väčším rozlíšením. Postupne bolo v 80-tych a 90-tych

rokoch minulého storočia vyvinutých viacero matematicko-štatistických prístupov, resp. modelov prezentujúcich metódu jednoduchého, alebo multiplikatívneho škálovania (Burlando et al., 1996; Menabde, 1999), ktoré boli postupne aplikované na rôznych územiach.

Metodiku škálovania uviedol a v širšom rozsahu použil na Slovensku kolektív autorov Katedry vodného hospodárstva krajiny Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (Bara et al., 2008; Kohnová et al., 2014).

Metóda je založená na vzťahu (prevode) medzi poznanou intenzitou zrážok v poznanom časovom úseku a intenzitou vo zvolenom časovom úseku za uplatnenia tzv. škálovacieho koeficienta. Matematicky je vyjadrený nasledovným vzťahom:

$$I_d = \left( \frac{d}{d_o} \right)^{\beta} I_{d_o},$$

kde  $I_{d_o}$  je známa intenzita za známy časový úsek  $d_o$ ,  $I_d$  je intenzita za požadovaný časový úsek,  $\beta$  je škálovací koeficient. Pri aplikácii na väčšie územie v rámci komplexného terénu je potrebné stanoviť škálovacie koeficienty v tomto priestore, ktoré sú následne aplikované na lokality/stanice, kde sú dostupné len úhrny zrážok za dlhšie časové intervaly. Obyčajne sú to denné úhrny. Uvedená metóda dovoľuje spracovávať aj kratšie rady. Metódy regionalizácie väčšieho územia pre účel vyčlenenia kvázi homogénnych regiónov využívajú dlhodobé charakteristiky zrážok od ročných a polročných úhrnov po maximálne denné úhrny za daný rok v rámci pozorovaného obdobia. V priestore strednej Európy, napr. na území Českej republiky Kyselý a Píček (Kyselý a Píček, 2007) pre účely frekvenčnej analýzy

zy extrémnych zrážkových udalostí na základe dlhodobých charakteristík zrážok zo 77 staníc aplikovali metódu klasrovej analýzy s následnými testami regionálnej homogenity. Územie tak rozdelili na 4 regióny. Širší prístup k regionalizácii na Slovensku uplatnil Gaál (Gaál, 2009), ktorý na základe spracovania maximálnych úhrnov zrážok rozdelil Slovensko do 3 regiónov, pričom uplatnil metódu tzv. vplyvného regiónu, kde každá stanica má svoj región a následne porovnával viacero modelov vplyvného regiónu. Remiášová (Remiášová et al., 2011) rozpracovala metodiku založenú na údajoch o maximálnych denných úhrnoch zrážok v každom roku, kedy testovali viac rozdelení pravdepodobnosti. V práci použili údaje z 557 zrážkomerných staníc a testovali viaceré interpolačné metódy. Kohnová (Kohnová et al., 2016) testovala na interpoláciu škálovacích exponentov krátkodobých zrážok interpolačnú metódu Hardyho multikvadrík. Výsledky porovnaní na 91 staniaciach vykázali veľmi dobrú zhodu s priamo odvodenými škálovacími koeficientmi. Na Slovensku bolo postupne publikovaných niekoľko spracovaní pomocou škálovacej metódy (napr. Bara et al., 2009; Zechelová et al., 2013). Najkomplexnejšie zrejme vzniklo v spolupráci spomínaného kolektívu s firmou SENSOR, spol. s r.o. v rámci projektu *Aplikovaný výskum metód na určovanie klimatických a hydrologických návrhových veličín*. Tu bola pre realizátora projektu - firmu ESPRIT spol. s r.o. vypracovaná správa *Stanovenie návrhových hodnôt zrážkových intenzít pre vybrané trvania a periodicity v analyzovaných staniaciach na základe odvodených škálovacích exponentov* (Kohnová et al., 2014). Spracovaných bolo 91 staníc, s výnimkou 5 staníc mali rady dĺžku 10–14 rokov. Výsledky spracovania sú udané pre 1–99 % zabezpečenosť pre zrážkové oddiely 5–240 min vrátane 24 h max. zrážok.

Digitalizácia dostatočne dlhých radov ombrografických záznamov z viacerých staníc na Slovensku umožňuje aplikovať podrobné spracovania už minútových intenzít. Jednou zo štatistických metód na odhad kvantilov zrážok zadaného trvania, a to v stacionárnom aj nestacionárnom režime, je generalizované rozdelenie extrémnych hodnôt (GEV), (Onderka et al., 2020). Rozdelenie GEV v nestacionárnom tvare (Cheng et al., 2014) je vyjadrené vzťahom, kde parameter polohy a parameter škály sú funkciou času:

$$f_{X_t}(x_t|\mu_t, \sigma_t, \xi) = \frac{1}{\sigma_t} \left[ 1 + \xi \left( \frac{x_t - \mu_t}{\sigma_t} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}-1} \cdot \exp \left[ - \left( 1 + \xi \left( \frac{x_t - \mu_t}{\sigma_t} \right) \right)^{-1/\xi} \right],$$

kde  $\mu$  je parameter polohy,  $\sigma$  je parameter škály a  $\xi$  je parameter tvaru rozdelenia. Parameter polohy  $\mu$  je funkciou času  $\mu(t) = \mu_0 + \mu_1 t$  s lineárnymi parametrami  $\mu_0 + \mu_1$ .

Opis nestacionárneho časového radu je dosiahnutý tým, že parameter polohy je modelovaný ako lineárna funkcia času. Podrobnejší opis metodiky je uvedený v štúdiách Ragno (Ragno et al., 2019) a Onderka (Onderka et al., 2020). Štúdia Onderka et al., 2020 tiež konštatuje, že ročné maximá zrážok s krátkym trvaním 15 až 60 minút sa správajú nestacionárne. Toto je potenciálne možné zdôvodniť

globálnym otepľovaním a jeho vplyvom na intenzity zrážok. Napr., 30-minútové úhrny na stanici Hurbanovo, ktoré sa v minulosti javili ako zrážky s pravdepodobnosťou 0,02 (t.j. 50-ročné), by sa dnes mali považovať za zrážky vyskytujúce sa v priemere raz za desať rokov.

Z dôvodov dostupnosti údajov sa obdobia spracované rôznymi metodikami líšia. Následne istým nedostatkom takýchto spracovaní je, že nové metodiky nie sú porovnávané s predošlými spracovaniami už pri vstupných údajoch. V nasledujúcom texte uvedieme niekoľko porovnaní aplikácií rôznych metodík, hoci si uvedomujeme hore uvedený fakt. V tabuľkových prílohách sú uvedené vybrané výsledky aplikácií jednotlivých metód.

Jednou z metód, pri ktorej sme interpretovali výsledky autorov tohto článku, je metóda globálnej čiary. Pri jej použití, na základe priaznivého testu priemerných hodnôt z každej stanice k celkovému priemeru zo všetkých staníc pre jednotlivé a zrážkové oddiely, ako aj odhadu ďalších parametrov globálneho radu ako:  $cv = 0,46$ ,  $cs = 1,66$  a funkciu logaritmicko-normálneho rozdelenia z prác Kupča (Kupčo, 1983; Kupčo, 1985), sme pristúpili k spracovaniu jednotlivých globálnych radov pre maximálne zrážkové úhrny v rozsahu pravdepodobnosti ich výskytu  $P = 0,001–99\%$  podľa postupu uvedeného v predošlom texte. Konkrétne výsledky sú uvedené v Tab. 1. Pri využití výsledkov metódy škálovania boli použité spomínané výsledky, získané pomocou koeficientu škálovania pre teplý polrok.

V Tab. 3 je uvedené porovnanie kvantilov globálnych čiar, spracovaných za obdobie 1995–2009 a obdobie 1901–1973. Tabuľku dopĺňajú maximálne hodnoty zrážok od Šamaja ako aj od Haeusera, ktorí neuvádzajú pravdepodobnosť výskytu. V porovnaní so spracovanými údajmi globálnych čiar je ich pravdepodobnosť výskytu menšia ako 0,001. Maximálne hodnoty úhrnov krátkodobých zrážok na Slovensku sa však týmto hodnotám približujú, resp. prekračujú aj tieto max. hodnoty, napr. N. Komárnik, 18. júla 1977: 80 mm/60 min, Dolná Poruba, 27. júla 2016: 91 mm/30 min, Trnava, 3 júna 1951: 162,8 min  $\approx$  2 hod, Salka, 12. júla 1957: 225 mm/65 min. Pri porovnaní hodnôt globálnej čiary (a a b v Tab. 3), napriek rozdielnym časovým obdobiam dávajú výsledky pre trvanie dažďa do 30 min pri  $P = 1\%$  prekvapivo malé rozdiely.

V priestorovom hodnotení sa vyskytli v základných spracovaniach značné rozdiely, ktoré sú aj vo výsledkoch blízkyh susedných staníc, pre ktoré je ťažké nájsť vplyv regionality, napr. niektoré oblasti severného a východného Slovenska, podobne južného Slovenska. Tieto rozdiely vyplývajú zrejme zo spôsobu spracovania krátkych radov (konkrétne pre škálovanie 14 rokov v priemere) a následne výskytom náhodných chýb výberov, čo potvrdzuje aj spracovanie čiar prekročení za rôzne obdobia v stanici Hurbanovo, kde aj pre spracovanie 30 ročných radov je vplyv štatistických náhodností viditeľný (Tab. 4). Z aplikácie jednej metódy v rôznych časových periódach (horné tri riadky tabuľky) sa ukazuje, že výber obdobia, resp. jeho dĺžka, výrazne ovplyvňuje výsledné priemerné hodnoty, čo je prirodzene zvýraznené pri nízkych pravdepodobnostiach výskytu. Toto možno vidieť aj pri porovnaní aplikácie iných metód za iné obdobia.

**Tabuľka 3. Porovnanie kvantilov globálnych čiar intenzít krátkodobých dažďov pravdepodobnosti  $P = 40\%$  a  $P = 1\%$ .**

Table 3. Comparison of quantiles of global curves of short-term rains for probability  $P = 40\%$  and  $P = 1\%$ .

|                                                              | t [min] | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 120   | 180   | 240   |
|--------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>H<sub>s</sub> max <math>P = 40\%</math> [mm], t [min]</b> | a)      | 8,13  | 9,89  | 11,03 | 11,99 | 13,38 | 15,0  | 15,47 | 16,22 | 19,77 | 21,84 | 24,04 |
|                                                              | b)      | –     | 12    | 13    | 14,5  | 17,1  | 18,2  | 19,5  | 20,8  | 24,2  | 26,2  | 27,5  |
| <b>H<sub>s</sub> max <math>P = 1\%</math> [mm]</b>           | a) [mm] | 20,81 | 25,31 | 28,24 | 30,69 | 34,25 | 38,34 | 39,60 | 41,82 | 50,61 | 55,98 | 61,54 |
|                                                              | b) [mm] |       | 26    | 32    | 35    | 41    | 44,5  | 47,5  | 51    | 61    | 67    | 71    |
| <b>H<sub>s</sub> max - (Šamaj)</b>                           | c) [mm] | 30    | 40,8  | 45,0  | 55,8  | 66,6  | 72    | 80    | 86,4  | 110   | 126   | 138   |
| <b>H<sub>s</sub> max - (Haeuser)</b>                         | d) [mm] | –     | 55    | 68    | 78    | 92    | 105   | 115   | 125   | 160   | 180   | 200   |

a) Globálna čiara obdobia 1995 – 2009  
s využitím výsledkov metódy škálovania

b) Globálna čiara obdobia 1901 – 1973  
s využitím výsledkov Šamaj-Valovič

c) Maximálne zrážkové intenzity - Šamaj-Valovič

d) Maximálne zrážkové intenzity (Haeuser pre región Bavarska)

a) Global curve for period 1995 – 2009  
by using results of precipitation scaling

b) Global curve for period 1901 – 1973  
by using results of Šamaj-Valovič

c) Maximal precipitation intensities (Šamaj-Valovič)

d) Maximal precipitation intensities (Haeuser for Bavaria region)

**Tabuľka 4. Porovnanie intenzity 180 min dažďa pre  $P = 0,1$ – $99,5$  pre viaceré metodiky na stanici Hurbanovo za vybrané obdobia pozorovaní.**

Table 4. Comparison of 180 min rain intensities for  $P = 0,1$ – $99,5$  for several methods. 1) Moments method by Alexejev (Kupčo, unpublished), 2) Scaling method (Kohnová et al., 2014), 3) Global curve method, territory of Slovakia (1995–2009), 4) Global curve method, territory of Slovakia (1901–1973), 5) Method of generalized distribution of extreme values.

| P %                                                           | 0,1  | 1     | 5  | 10   | 20   | 50   | 80 | 90    | 95    | 99  | 100  | C <sub>s</sub> | C <sub>s</sub> | H <sub>s</sub> [mm] |
|---------------------------------------------------------------|------|-------|----|------|------|------|----|-------|-------|-----|------|----------------|----------------|---------------------|
| 1) Metóda momentov Alexejev (Kupčo, nepublikované)            |      |       |    |      |      |      |    |       |       |     |      |                |                |                     |
| 1901–1965                                                     | 88,9 | 59,1  | 41 | 34,3 | 27,3 | 18   | 12 | 10,1  | 8,5   | 6,0 | 5,10 | 0,5            | 2,02           | 20,62               |
| 1901–1930                                                     | 56,3 | 40,2  | 30 | 25,6 | 21,4 | 15,3 | 11 | 9,5   | 8,4   | 6,8 | 5,4  | 0,4            | 1,6            | 16,68               |
| 1931–1965                                                     | 101  | 67    | 47 | 39   | 31,2 | 20,7 | 14 | 11,7  | 10    | 7,9 | 6,2  | 0,5            | 2,0            | 23,66               |
| 2) Metóda škálovania (Kohnová et al., 2014)                   |      |       |    |      |      |      |    |       |       |     |      |                |                |                     |
| 1961–1994                                                     | 55   | 42,3  | 33 | 28,8 | 24,3 | 17,4 | 13 | 10,9  | 9,2   | 8,3 | –    |                |                | 19,1                |
| 3) Metóda globálnej čiary, územie Slovenska                   |      |       |    |      |      |      |    |       |       |     |      |                |                |                     |
| 1995–2009                                                     | 80,3 | 55,98 | 41 | 34,3 | 28,4 | 19   | 14 | 12,03 | 10,27 | 8,1 |      | 0,5            | 1,7            | 21,9                |
| 4) Metóda globálnej čiary – oblasť č. 1                       |      |       |    |      |      |      |    |       |       |     |      |                |                |                     |
| 1901–1973                                                     | 71   | 52,1  | 40 | 34,5 | 28,5 | 21   | 16 | 13,2  | 11,5  | 8,5 | 7,5  | 0,4            | 1,4            | 22,9                |
| 5) Metóda generalizovaného rozdelenia extrémnych hodnôt (GEV) |      |       |    |      |      |      |    |       |       |     |      |                |                |                     |
| 1961–2009                                                     |      | 62,4  | 42 | 34,8 | 28,5 | 20,7 |    |       |       |     |      |                |                |                     |

Ako komparatívny príklad k doterajším spracovaniám uvádzame aj stacionárnu analýzu ročných maxim zrážok s trvaním 180 minút pre stanicu Hurbanovo. Vstupné údaje pochádzajú z digitalizovaných ombrografických záznamov za obdobie rokov 1961–2009 s minútovým rozlíšením. Ročné maximá 180-minútových zrážok boli počítané ako maximálne kľzavé sumy zrážok s dĺžkou okna 180 minút pre každý rok samostatne. Takto získaný časový rad ročných maxim bol ( $n = 49$ ) podrobený nestacionárnej analýze GEV v prostredí Matlab, toolbox ProNEVA (Ragno et al., 2019). Výsledky spracovania môžu popri už konštatovanej zvýšenej pravdepodobnosti vysokých úhrnov za 30 a menej minút naznačovať tiež nárast magnitúdy daného javu.

Príklad porovnania metodík na ďalšej stanici je v Tab. 5. Pre stanicu Liptovský Hrádok sú uvedené výsledky intenzít pre trvanie dažďa 60 a 120 minút. V danom prípade výsledky podľa metodiky škálovania sú podstatne nižšie ako je pri klasickom spracovaní uvádzané za obdobie 1961–1990. Z hore uvedených výsledkov plynie, že k istej objektívizácii metodík by mohlo prísť súbežným overením na krátkych i dlhých radoch na údajoch istého minimálneho počtu staníc. Tu sa preukáže, či spracovanie podlieha náhodným chybám, resp. či spracované údaje na jednotlivých staniaciach majú alebo nemajú regionálny charakter. Toto umožní vyčleniť územia, kde je vhodnejšie

aplikovať metódy globálnych čiar. Takéto územia boli napr. vyčlenené pre povodie Labe, Moravy a Odry (Trupl, 1958). Výsledné údaje pre maximálne intenzity zrážok sú veľmi podobné so slovenskými spracovanými autormi pre oblasť severného a západného Slovenska (Tab. 6). Z porovnania uvedených maximálnych intenzít vyplýva, že navzájom veľmi podobné sú hodnoty získané pre celú oblasť Slovenska (1) a povodie Moravy (3). Pre oblasť Slovenska spracovanú na podkladoch najnovšej práce prezentovanú metodikou škálovania oblasti 1995–2009 sú uvedené hodnoty nižšie až na 10 min zrážkový oddiel.

## DISKUSIA A ZHRNUTIE

V príspevku je prezentovaná štatistická analýza výsledkov hodnotení viacerých metodík spracovania krátkodobých intenzít zrážok na Slovensku. Ako posledná metodika použitá v širokom územnom rozsahu je metóda založená na škálovaní intenzívnych zrážok. Spracované obdobie bolo v prevažnej miere za roky 1995–2009, na niektorých staniaciach dlhšie. Výsledkom sú čiary prekročenia pre zabezpečenosť 1–99 % pre každú stanicu a jednotlivé zrážkové oddiely od 5 min do 240 min pre krátkodobé intenzity maximálnych zrážok a tiež aj hodnoty 24 hodinových zrážok.

Čiary prekročenia v stanici pre všetky zrážkové oddiely majú rovnaké parametre ( $c_v$ ,  $c_s$  a funkcia rozdelenia). Takto spracované výsledky sú charakteristické značnou variabilitou spôsobenou zrejme náhodnými chybami vyplývajúcimi z použitia krátkych radov. Táto okolnosť limituje platnosť aktuálnych údajov pre budúcnosť, a tiež vymedzenie regiónov, do ktorých by boli rozdelené aj územia bez pozorovania. Vplyv náhodných chýb pre rôzne obdobie je dokumentovaný v príspevku na stanici Hurbanovo, ktoré má aj dlhšie pozorovanie. Podstatné predĺženie spracovaných radov pozorovaní by zrejme umožnilo spoľahlivejšie stanovenie čiar prekročenia ako je tomu z krátkodobých radov.

Prínosom pre objektivizáciu výsledkov by mala byť analýza podľa už aplikovanej komparatívnej metodiky. V príspevku porovnané spracované návrhové hodnoty intenzít na stanici Liptovský Hrádok vykazujú značné rozdiely. Metódou škálovania sú napr. hodnoty najmä v oblasti pravdepodobnosti  $P = 1 - 60\%$  podstatne nižšie. Vzájomné

porovnanie údajov metódy škálovania a predošlých spracovaní metódou Šamaj-Valovič v 17 staniciach, vykonané pracovníkmi SHMÚ, ukázalo v priemere o 26 % nižšie hodnoty metódou škálovania (Mikulová, 2015). Nižšie návrhové hodnoty zrážkových intenzít za všetky oddiely sú, prirodzene, dokumentované aj v spracovaní metódou globálnej čiary, ktorá je aplikovaná na celé územie Slovenska. Z vyššie uvedených výsledkov sa ukazuje, že rozdiely návrhových hodnôt intenzít zrážok pomocou rôznych metód tkvejú pravdepodobne v rozdieloch metód a nie sú výsledkom meniacej sa klímy.

Statistickými testami, vrátane neparametrického testu Alexejeva, bolo preukázané, že metóda globálnej čiary použitá pre návrhové zrážkové intenzity spĺňa podmienky ergodicity. V teórii ergodičnosti to znamená, že všetky čiastkové rady sú súčasťou jedného globálneho radu, vrátane ich čiar prekročení. Takto vieme presnejšie stanoviť aj hodnoty maximálnych zrážok pre pravdepodobnosť

$P < 0,01$ . Je na meteorológoch, aby aj pri metóde škálovania potvrdili možnosť vytvorenia globálneho radu pre vyčlenené územia z maximálnych zrážok.

Stochastický charakter intenzít krátkodobých dažďov poukazuje na dôležitosť objektívneho hodnotenia dosiahnutých výsledkov. Metódy spracovania uplatnené na Slovensku v minulom tisícročí boli založené na manuálnom vyhodnotení konkrétnych časových intervalov ombrografických záznamov, čo poskytovalo pomerne obmedzený rozsah podkladov. Postupná digitalizácia ombrografických záznamov umožnila využitie minútových údajov o zrážkových úhrnoch a podstatne rozširuje možnosti spracovania týchto charakteristík. Tieto podklady boli prvýkrát využité pri spomínanej metóde škálovania. Masívnejšie rozšírenie automatických váhových zrážkomerov v sieti Slovenského hydrometeorologického ústavu dáva ďalšie možnosti spracovania na konkrétnych staniciach. Otázkou naďalej zostane uplatňovanie interpolačných prístupov pri vyčleňovaní kvázi homogénnych území v procese regionalizácie.

**Tabuľka 5. Porovnanie výsledkov spracovania maximálnych intenzít krátkodobých dažďov v mm pre čas trvania 60 a 120 min na stanici Liptovský Hrádok za obdobie 1961 – 1990.**

Table 5. Comparison of the results of calculation of maximal intensities of short-term rains in mm for the duration 60 and 120 min at Liptovský Hrádok station in period 1961 – 1990.

| Čas trvania 60 minút  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| P %                   | 1    | 2    | 5    | 10   | 20   | 40   | 50   | 80   | 90   | 95    | 99    |
| 1                     | 43   | 38,7 | 29,6 | 26   | 21   | 16,6 | 14,0 | 10,0 | 9,0  | 8,0   | 6,6   |
| 2                     | 24,3 | 22,8 | 20,4 | 18,6 | 16,6 | 14,1 | 13,2 | 10,5 | 9,4  | 8,6   | 7,3   |
| Rozdiel               | 18,7 | 15,9 | 8,2  | 7,4  | 4,4  | 2,5  | 0,8  | -0,5 | -0,4 | -0,6  | -0,7  |
| %                     | 43,5 | 41,1 | 27,7 | 28,5 | 20,9 | 15,1 | 5,7  | -5   | -4,4 | -0,75 | -10,6 |
| Čas trvania 120 minút |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| P %                   | 1    | 2    | 5    | 10   | 20   | 40   | 50   | 80   | 90   | 95    | 99    |
| 3                     | 49   | 44,6 | 37,4 | 31,4 | 25   | 18   | 15   | 11,3 | 10,4 | 9     | 7,5   |
| 4                     | 46,1 | 42,8 | 35,5 | 30,2 | 25,9 | 20,4 | 18   | 13   | 11,5 | 10,3  | 8,7   |
| 5                     | 49   | 44   | 37   | 32   | 26,7 | 21   | 19   | 13,6 | 11,7 | 10,2  | 7,6   |
| 6                     | 29,9 | 28,1 | 25,1 | 22,9 | 20,4 | 17,4 | 16,3 | 13,0 | 11,6 | 10,6  | 9     |
| 7                     | 50,6 | 45   | 37   | 31   | 25,7 | 19   | 17,2 | 12,6 | 10,9 | 9,3   | 7,3   |

- 1) Metóda Šamaj-Valovič (Šamaj-Valovič method)
- 2) Metóda škálovania (Scaling method)
- 3) Metóda Šamaj-Valovič 1961 – 1990, SHMÚ, Tekušová 1989 (Šamaj-Valovič method 1961 – 1990, SHMÚ, Tekušová 1989)
- 4) Metóda Šamaj-Valovič 1931 – 1944 a 1948 – 1965, Šamaj-Valovič, 1973 (Šamaj-Valovič method 1931 – 1944 a 1948 – 1965, Šamaj-Valovič, 1973)
- 5) Metóda globálnej čiary - oblasť č. 1 - Slovensko, Kupčo (Global curve method - area No. 1 - Slovakia, Kupčo)
- 6) Škálovacia metóda (Scaling method), Kohnová, 2014
- 7) Metóda glob. čiary (1995 – 2009) s využitím výsledkov škálovania (Global curve method for period 1995 – 2009 by using results of precip. scaling)

**Tabuľka 6. Maximálne intenzity krátkodobých dažďov pre  $P = 1\%$  pre intenzitu vyjadrenú v  $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  pre: 1) Slovensko, metóda globálnej čiary (Kupčo 1985), 2) povodie Labe, 3) povodie Moravy, 4) Slovakia 1995 – 2009, metóda globálnej čiary na základe výsledkov škálovania.**

Table 6. Maximal intensities of short-term rains for  $P = 1\%$  for the intensity expressed in  $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  for: 1) Slovakia, global curve method (Kupčo 1985), 2) Labe basin, 3) Morava basin, 4) Slovakia 1995 – 2009, global curve method (by using results of precipitation scaling).

|   | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 120  | 180 | 240  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| 1 |       | 43,3  | 35,5  | 29,16 | 22,8  | 18,54 | 15,9  | 14,18 | 8,45 | 6,2 | 4,93 |
| 2 |       | 49,6  |       | 33,7  | 25,6  | 20,8  | 17,6  | 15,2  | 8,7  | 6,4 |      |
| 3 |       | 40,8  |       | 28,3  | 22,4  | 18,9  | 16,4  | 14,4  | 9,0  | 6,5 |      |
| 4 | 68,33 | 42,16 | 31,37 | 25,56 | 19,02 | 16    | 13,20 | 11,53 | 7,02 | 5,2 | 4,27 |

## Podakovanie

Práca bola uskutočnená s podporou grantov VEGA 2/0015/18 „Mezo- a mikro-meteorologický prieskum výskytu hydrometeorov v prízemnej vrstve troposféry na základe pasívneho vyhodnocovania zmien elektromagnetického žiarenia z antropogénnych zdrojov“ a VEGA 2/0003/21 „Komplexná analýza vplyvu rastúcej teploty vzduchu na extremalitu zrážok na Slovensku“.

## LITERATÚRA

- Alexeev, G.A., 1962, *Objektivnyye statističeskie metody rasčota I obobščeniya parametrov maximal'nogo doždevogo stoka. Meždunarodnyj simposium po pavodnom I ich rasčotom. Leningrad, 1962.*
- Bara, M.–Gaál, L.–Kohnová, S.–Szolgay, J.–Hlavčová, K., 2008, Simple scaling of extreme rainfall in Slovakia – a case study. Bratislava 2008. *Meteorologický časopis. Ročník 11, číslo 4.*
- Bara, M.–Kohnová, S.–Gaál, L.–Szolgay, J.–Hlavčová, K., 2009, Estimation of IDF curves of extreme rainfall by simple Scaling in Slovakia. *Contributions to Geophysics and Geodesy* 39(3):187–206.
- Blöschl, G.–Kiss, A.–Viglione, A. et al., 2020, Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature* 583, 560–566.
- Burlando, P.–Rosso, R., 1996, Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. *Journal of Hydrology* 187: 45–64.
- Dub, O., 1946, *Režim veľkých vôd na malých tokoch. Štátny ústav hydrologický, Bratislava 1946.*
- Dzubák, M., 1969, Stanovenie zákona rozdelenia maximálnych denných zrážkových úhrnov pomerom globálnych čiar prekročenia. *Vodohospodársky časopis. 1969, roč. 17, č. 3, 209–225, ISSN 0042-790X.*
- Gaál, L., 2009, *Metódy výpočtu štatistických charakteristík návrhových hodnôt úhrnov zrážok na Slovensku. Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 2009. 224 s. ISBN: 978-80-7418-047-7.*
- Haeuser, J., 1919, *Kurze starke in Regenfälle in Bayern. (Heavy rainfall of short duration in Bavaria. In: Abhandlungen des Kgl. Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde, München, 1919.*
- Cheng, L.–AghaKouchak, A.–Gilleland, E.–Katz, R.W., 2014, Non-stationary extreme value analysis in a changing climate. *Clim Change* Vol. 27, 353–69. ISSN: 0165-0009.
- Kalinin, G.P., 1968, *Problemy global'noj gidrologii. Leningrad, Gidrometeorologičeskoje Izdatel'stvo, 377 p.*
- Kohnová, S.–Szolgay, J.–Hlavčová, K.–Látečková, J.–Zecheľová, K., 2014, *Správa, Stanovenie návrhových hodnôt zrážkových intenzít pre vybrané trvania a periodicity v analyzovaných staniách na základe odvodených škálovacích exponentov. ESPRIT s.r.o. Banská Štiavnica.*
- Kohnová, S.–Bohdalová, M.–Bohdal, R.–Ochabová, K., 2016, *Využitie metódy radiálnych základných funkcií na interpoláciu škálovacích exponentov krátkodobých dažďov na Slovensku. Acta Hydrologica Slovaca, Ročník 17, č. 2, 2016, 243–251.*
- Kupčo, M., 1983, *Stanovenie krátkodobých zrážkových úhrnov na Slovensku pomocou globálnych čiar prekročenia. Práce a štúdie č. 30. Aktuálne problémy hydrometeorologickej služby na východnom Slovensku. 26 referátov zo seminára v Košiciach 19. 4. 1983.*
- Kupčo, M., 1985, *Stanovenie čiar prekročenia maximálnych prietokov z krátkodobých pozorovaní. Zborník prác SHMÚ. Zv. 25, 1985. Bratislava: ALFA, 1985. 9–87.*
- Kyselý, J.–Picek, J., 2007, Regional growth curves and improved design value estimates of extreme precipitation events in the Czech Republic. *Climate research* 33:243–255 (2007). doi:3354/cr033243.
- Menabde, M.–Seed, A.–Pegram, G., 1999, A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resources Research*, 35(1): 335–339.
- Mikulová, K., 2015, *Porovnanie výsledkov intenzít zrážok. Prednesené na odbornej konferencii „Aplikovaný výskum metód na určovanie klimatických a hydrologických návrhových veličín“. Skalica, 18–19.5.2015. (nepublikované).*
- Onderka, M.–Pecho, J.–Nejedlík, P., 2020, Are rainfall extremes becoming non-stationary due to global warming? A case-study from Slovakia. *Meteorologické Zprávy. ISSN 0026-1173. V tlači.*
- Ragno, E.–AghaKouchak, A.–Cheng, L.–Sadegh, M., 2019, A Generalized Framework for Process Informed Non-stationary Extreme Value Analysis, *Advances in Water Resources*, 130, 270–282, doi:10.1016/j.advwatres.2019.06.007.
- Remišová, R.–Gaál, L.–Hlavčová, K.–Kohnová, S.–Szolgay, J., 2011, *Priestorová regionalizácia návrhových zrážok na Slovensku. Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 2011. 92 s. ISBN 978-80-7418-109-2.*
- Šamaj, F., 1961, *Spracovanie krátkodobých extrémnych zrážok. Geografický časopis XII., 1961, č. 4, 250–270.*
- Šamaj, F.–Valovič, Š., 1967, *Spracovanie intenzít krátkodobých zrážok na Slovensku. Vodohosp. spravodajca, 4, 1967.*
- Šamaj, F.–Valovič, Š., 1973, *Intenzity krátkodobých dažďov na Slovensku. Zb. prác HMÚ Bratislava. Zv. 5. Bratislava: Slov. pedagog. nakl., 1973. 93 s.*
- Trupl, J., 1958, *Závislost intenzit krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. VÚV, Praha 1958.*
- Tekušová, M., 1989, *Závěrečná správa výskumnej úlohy „Intenzity krátkodobých dažďov“, SHMÚ Bratislava, 1989.*
- Urcikán, P., 1980, *Matematický model intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Vodohospodársky časopis, 1980, roč. 28, č. 5, 449–471, ISSN 0042-790X.*
- Zecheľová, K.–Kohnová, S.–Hlavčová, K.–Szolgay, J., 2013, The regional scaling of the short-term precipitation in selected raingauge stations in Slovakia. *Acta Hydrologica Slovaca, vol. 14, no.1, 252–260. 2644-4690.*



# ZHODNOTENIE SUCHA NA SLOVENSKU V ROKU 2020

MAROŠ TURŇA, GABRIELA IVAŇÁKOVÁ, IVANA KRČOVÁ, IVAN MREKAJ, JAKUB RIDZOŇ

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Odbor Klimatologická služba

*The drought in Slovakia in year 2020 was dominant mostly in the spring, mainly in April and in the beginning of May. The lack of soil moisture was caused by the very low level of the snow cover in the previous winter months and the weather was also influenced by the long-term anticyclone in April 2020. This month was very dry in the major part of Slovakia and the extreme drought hit 24.3% of the area of Slovakia. The unfavourable situation was registered in various regions by our reporters, both in the agricultural and forestry sectors. In summer the situation was stable and the severe drought didn't occur. In September the mild drought was only in the eastern part of Slovakia. October was humid in several regions. The severe and severe soil drought in November was expressed in the first half of December in the north-western and middle part of Slovakia.*

*Sucho bolo na Slovensku najviac rozšírené v roku 2020, najmä na jar, pričom najvýraznejšie bolo v apríli a začiatkom mája. V týchto mesiacoch sa prejavil nedostatok pôdnej vlhky po predchádzajúcej zime, ktorá bola chudobná na snehovú pokrývku, a zároveň v apríli mala výrazný vplyv na charakter počasia anticyklonálna synoptická situácia. Mesiac apríl bol na väčšine územia Slovenska suchý až veľmi suchý a extrémne sucho sa vyskytlo na 24,3 % celkovej plochy. Nepriaznivú situáciu zaznamenali v rôznych regiónoch aj naši reportéri, a to v oblasti poľnohospodárstva, aj lesníctva. Počas leta bola situácia stabilná a výraznejšie sucho sa nevyskytlo. V septembri bolo mierne sucho len na východnom Slovensku. Október bol vlhký až veľmi vlhký na viacerých miestach. Výrazné sucho v novembri sa v pôde prejavilo v prvej polovici decembra, kedy bolo závažné pôdne sucho ojedinele na severozápadnom a strednom Slovensku.*

**Key words:** extreme drought, April 2020

## ÚVOD

Sucho, na rozdiel od búrky alebo silného vetra, neprichádza zo dňa na deň, alebo z hodiny na hodinu. Jeho nástup je pomalý, pozvoľný, možno až nenápadný, rovnako ako jeho doznievanie. Z tohto dôvodu je dôležitý monitoring podmienok pre výskyt sucha. SHMÚ monitoruje meteorologické a pôdne sucho od roku 2015, ku ktorým sa pridal v roku 2017 monitoring dopadov sucha.

Sucho v roku 2020 je v článku zhodnotené podľa dvoch najviac používaných indexov sucha, SPEI a CMI, a taktiež pomocou hodnôt relatívneho nasýtenia vody v pôde, intenzity sucha a deficitu pôdnej vlhky. Monitoring dopadov sucha zaisťuje spoľahlivé a o prax opreté informácie o aktuálnom suchu a jeho dopadoch. Reportérmi dopadov sucha sú najmä odborníci z praxe - poľnohospodári, ovocinári, vinohradníci, lesníci, ale aj široká verejnosť, ktorí dotazníkovou formou posielajú týždenne hlásenia o aktuálnom stave porastov, vodnej bilancii a dopadoch sucha na jednotlivé plodiny a porasty.

## METODIKA

### Štandardizovaný zrážkový index a štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index

Štandardizovaný zrážkový index (SPI) vyjadruje relatívne odchýlky úhrnu zrážok v danom období od dlhodobej strednej hodnoty. Na rovnakom princípe je založený aj štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI). Ten však na rozdiel od SPI, ktorý pracuje len s úhrnmi zrážok, hodnotí jednoduchú vodnú bilanciú (zrážky - poten-

ciálna evapotranspirácia). Oba indexy majú 30-dňovú kumulatívnu dobu. To znamená, že index vyjadrený pre daný deň určuje odchýlku zrážok, resp. vodnej bilancie, daného a predchádzajúcich 29 dní, pričom je aplikované tzv. „kľzavé okno“ na celú dĺžku dátového radu. Negatívne hodnoty indexov znamenajú suché podmienky, pozitívne naopak vlhké podmienky, pričom ich intenzita je odstupňovaná v jednotlivých stupňoch (Tab. 1). Tieto stupne pochádzajú z pôvodnej metodiky pre určenie charakteristiky obdobia pre jednomesačný SPI, resp. SPEI (McKee et al., 1993). V našom prípade sa táto charakteristika vzťahuje vždy na obdobie posledných 30 dní k danému dátumu. Suché obdobie začína pri poklese hodnôt pod -1 a končí pri jeho výstupe nad hodnotu 0 (Spinoni et al., 2013). Sucho identifikované pomocou SPI, resp. SPEI neznamena, že dané obdobie bolo úplne bez zrážok. Index vyjadruje odchýlku od strednej hodnoty teoretického rozdelenia nameraných hodnôt, a teda deficit, nie úplnú absenciu zrážok.

**Tabuľka 1. Klasifikácia období podľa SPI a SPEI (McKee et al., 1993).**

Table 1. Classification of the time period for SPI and SPEI (McKee et al., 1993).

| SPI a SPEI    | Charakteristika |
|---------------|-----------------|
| 2,0 a viac    | Extrémne vlhké  |
| 1,5 až 1,99   | Veľmi vlhké     |
| 1,0 až 1,49   | Mierne vlhké    |
| -0,99 až 0,99 | Blízko normálu  |
| -1,0 až -1,49 | Mierne suché    |
| -1,5 až -1,99 | Veľmi suché     |
| -2,0 a menej  | Extrémne suché  |

## Palmerov index CMI

Pri tomto indexe sucha sa okrem zrážok a evapotranspirácie zohľadňuje aj pôdna charakteristika, ktorou je využitelná vodná kapacita. Informácie o využitelnej vodnej kapacite pôdy boli poskytnuté Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany pôdy, pričom konkrétna hodnota využitelnej vodnej kapacity v mm sa vzťahuje na lokalitu, kde sa nachádza meteorologická stanica. Index CMI sa počíta v týždennom kroku, v jednotlivých týždňoch v roku (od pondelka do nedeľa). Pri výpočte CMI sa využíva, podobne ako pri SPEI, vodná bilancia v pôde, teda rozdiel zrážky – potenciálna evapotranspirácia, ktorá je počítaná podľa metódy Thornthwaita. Pri tomto indexe sa určuje aj odtok a prítok vypočítaný za posledný týždeň, ako aj hodnota vlhkosti pôdy na konci predposledného týždňa. Následne z vypočítaných veličín sa výsledný deficit, resp. nadbytok vlhkosti v pôde, prevedie do jednoduchej bezrozmernej číselnej hodnoty, ktorá predstavuje mieru intenzity sucha v danej lokalite. CMI má záporné hodnoty v suchom období a kladné hodnoty vo vlhkom období. Klasifikácia období podľa CMI je uvedená v Tab. 2.

**Tabuľka 2. Klasifikácia obdobia podľa CMI (Palmer, 1968).**

Table 2. Classification of the time period for CMI (Palmer, 1968).

| CMI          | Charakteristika  |
|--------------|------------------|
| 3,0 a viac   | Veľmi vlhké      |
| 2,0 až 2,9   | Vlhké            |
| 1,0 až 1,9   | Mierne vlhké     |
| 0,1 až 0,9   | Začínajúce vlhké |
| -0,1 až -0,9 | Začínajúce suché |
| -1,0 až -1,9 | Mierne suché     |
| -2,0 až -2,9 | Suché            |
| -3,0 a menej | Veľmi suché      |

## Pôdne sucho – Intenzita sucha a relatívne nasýtenie pôdy

Podklady k vyhodnoteniu pôdneho sucha boli získané vďaka spolupráci s českými kolegami z Czechglobe, so sídlom v Brne, v rámci monitoringu pôdneho sucha s názvom Intersucho. Miera intenzity sucha sa posudzuje podľa odchýlky aktuálneho stavu v porovnaní s obvyklými podmienkami v rovnakom ročnom období ( $\pm 10$  dní od posudzovaného dátumu) v priebehu rokov 1961–2010. Rozlišujeme 7 úrovní intenzity sucha. Normálny stav je bez rizika, intenzita sucha S0 predstavuje len zníženú úroveň vlhkosti v pôde, S1 je začínajúce sucho, S2 mierne sucho, S3 výrazné sucho, S4 výnimočné sucho a S5 je extrémne sucho. Extrémne sucho predstavuje extrémne nízku hodnotu pôdnej vlhkosti, ktorá sa v danom období v priemere opakuje raz za 100 rokov a súčasne relatívne nasýtenie je nižšie ako 50 % po dobu viac ako jeden mesiac. Relatívne nasýtenie 100 % predstavuje plnú poľnú kapacitu. Pod 50 % už hovoríme o bode zníženej dostupnosti vody pre koreňový systém rastlín (nedostatok vlhkosti, stres pre vegetáciu, potrebné je zavlažovanie). Pri nasýtení 0 % hovoríme už

o bode vädnutia, pričom rastlina už nie je schopná prijímať vodu svojím koreňovým systémom. Relatívne nasýtenie predstavuje množstvo vody v percentách, ktorá sa nachádza v kapilárach vo vrstve pôdy do hĺbky 100 cm. Pôdny horizont je v tejto metodike rozdelený ďalej do dvoch vrstiev, 0–40 cm a 40–100 cm. Relatívne nasýtenie sa mení podľa ročnej doby. Najvyššie hodnoty bývajú spravidla v zime, v chladnom období, keď je nízky výpar. Najnižšie sú v letnom období, pri vysokých teplotách vzduchu a vysokom výpare. Piesčité a skeletnaté pôdy majú v priemere nižšie hodnoty využitelnej vodnej kapacity, preto aj nízke hodnoty relatívneho nasýtenia v oblastiach s takýmto typom pôd sú bežné, a od toho závisí potom aj intenzita sucha. Deficit pôdnej vlhkosti predstavuje odchýlku zásoby pôdnej vlhkosti v mm v porovnaní s dlhodobým priemerom vypočítaným za obdobie 1961–2010.

## METEOROLOGICKÉ SUCHO NA SLOVENSKU V ROKU 2020

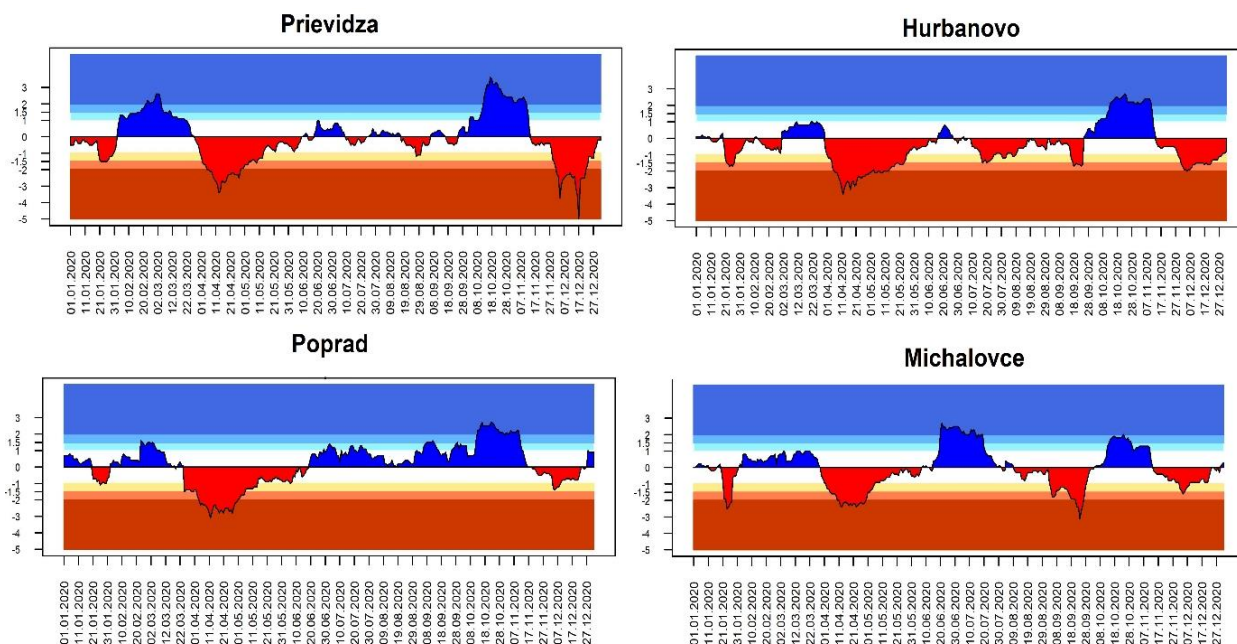
### Zhodnotenie roka 2020 podľa indexu SPEI

Výrazné až extrémne sucho sa podľa SPEI prvýkrát v roku 2020 objavilo už v januári. Najviac zasiahnuté oblasti boli Zemplín a Šariš. Na 8 meteorologických staniciach na východnom Slovensku pokleslo SPEI pod hranicu –2, pričom najnižšia hodnota bola až –3,0 v Orechovej, v okrese Sobrance. Extrémne sucho trvalo v januári najviac 6 dní. Vo februári a marci bola situácia lepšia a len na niektorých miestach bolo nanajvyš mierne sucho. Výrazné zhoršenie nastalo až v apríli. Extrémne sucho sa objavilo v apríli hneď na začiatku mesiaca. V tomto mesiaci klesli hodnoty SPEI pod hranicu –2 na všetkých staniciach na Slovensku. Na väčšine staníc extrémne sucho trvalo viac ako 2 týždne. Počas tejto veľmi suchej epizódy bola najnižšia hodnota SPEI –3,55 v Nitre a približne –3,4 v Žihárči, Prievidzi a Hurbanove. Ojedinele extrémne suché podmienky pretrvali až do začiatku mája. Neskôr sa v priebehu mája situácia pomaly zlepšovala. Počas leta bola situácia na väčšine územia priaznivá. Výrazné sucho bolo v auguste napríklad v Oravskej Lesnej a Podolínci. Krátkodobé zhoršenie, kedy opäť SPEI kleslo pod –2, nastalo v septembri. Extrémne sucho v tomto období trvalo najviac 5 dní a najnižšie kleslo SPEI na –3 v Michalovciach. Na konci septembra a v priebehu októbra už bolo dostatok zrážok a na Slovensku najskôr prevažovali normálne podmienky, v druhej polovici októbra veľmi vlhké až extrémne vlhké podmienky. Výrazné až extrémne sucho sa objavilo opäť v decembri. Najhoršia situácia bola na meteorologických staniciach Prievidza, Žilina, Oravská Lesná a Topoľčany. Práve v tomto období sme v Prievidzi zaznamenali najnižšiu hodnotu SPEI v roku 2020, a to až –5,0.

Na Obr. 1 je znázornený ročný priebeh indexu SPEI na štyroch vybraných meteorologických staniciach v roku 2020. Najvyšší počet dní, keď bola hodnota SPEI pod hranicou –2,0 (extrémne sucho), bol 43 dní na meteorologickej stanici Prievidza. V Topoľčanoch bol počet takýchto dní 40 a v Žiline 39.

**Obrázok 1. Ročný priebeh indexu SPEI v roku 2020 na vybraných meteorologických staniciach (Prievidza, Hurbanovo, Poprad a Michalovce).**

Figure 1. Course of index SPEI in 2020 in four chosen meteorological stations (Prievidza, Hurbanovo, Poprad, Michalovce).



Mesačný výskyt sucha rôznej intenzity je pre vybrané meteorologické stanice znázornený v Tab. 3, pričom sucho danej intenzity sa zohľadnilo aj vtedy, keď sa v danom mesiaci vyskytlo na danej meteorologickej stanici aspoň jeden deň.

**Tabuľka 3. Mesačný výskyt sucha v roku 2020 na vybraných meteorologických staniciach.**

Table 3. Monthly occurrence of drought in 2020 in chosen meteorological stations.

| Stanica            | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| Bratislava-letisko | V | Z  | Z   | E  | V | Z  | Z   | Z    | M  | Z | M  | E   |
| Piešťany           | V | Z  | Z   | E  | M | Z  | Z   | Z    | Z  | Z | Z  | E   |
| Nitra              | V | Z  | Z   | E  | V | Z  | Z   | Z    | Z  | Z | M  | V   |
| Hurbanovo          | V | Z  | Z   | E  | E | Z  | M   | M    | V  | Z | M  | V   |
| Topoľčany          | V | Z  | M   | E  | V | Z  | Z   | Z    | Z  | Z | M  | E   |
| Banská Bystrica    | V | M  | Z   | E  | V | M  | Z   | Z    | Z  | Z | M  | V   |
| Boľkovce           | M | Z  | Z   | E  | E | Z  | Z   | Z    | Z  | Z | Z  | V   |
| Prievidza          | V | Z  | M   | E  | V | Z  | Z   | M    | Z  | Z | V  | E   |
| Žilina             | V | Z  | Z   | E  | V | Z  | Z   | M    | Z  | Z | M  | E   |
| Oravská Lesná      | M | Z  | Z   | E  | E | Z  | M   | V    | Z  | Z | V  | E   |
| Poprad             | M | Z  | M   | E  | V | M  | Z   | Z    | Z  | Z | Z  | M   |
| Švedlár            | V | M  | Z   | E  | E | Z  | Z   | M    | V  | Z | Z  | V   |
| Prešov             | E | M  | M   | E  | E | Z  | Z   | M    | V  | Z | Z  | V   |
| Košice             | M | Z  | Z   | E  | V | M  | Z   | Z    | V  | Z | Z  | V   |
| Michalovce         | E | Z  | Z   | E  | V | Z  | Z   | Z    | E  | Z | Z  | V   |
| Somator            | E | Z  | Z   | E  | V | Z  | Z   | Z    | E  | Z | Z  | V   |
| Tisinec            | M | Z  | Z   | E  | M | Z  | Z   | M    | Z  | Z | Z  | M   |

M - mierne, V - výrazné, E - extrémne, Z - žiadne

### Zhodnotenie roka 2020 podľa indexu CMI

Index CMI je vhodný na identifikáciu oblastí, ktoré mali v priebehu roka podľa vlhovej bilancie najhoršie vlhkosťné podmienky. Z pohľadu tohto indexu bol rok 2020 priaznivý. Sucho sa v chladnom období neprejavilo, a v lete, kedy bol najvyšší potenciálny výpar a najvyššie teploty vzduchu, bolo mierne sucho len ojedinele. CMI

kleslo pod hranicu  $-1$  len v Senici, Žihárce, Jaslovských Bohuniciach, Hurbanove, Prievidzi a Žiline. Podľa tohto indexu mierne sucho nebolo vôbec na východnom Slovensku. V aprílovej epizóde sucha bola najnižšia hodnota  $-0,94$  na meteorologickej stanici Bratislava – letisko, a to až na začiatku mája, kedy sa výrazný nedostatok zrážok v apríli prejavil v pôde s určitým časovým odstupom. Počas leta bolo CMI pod hranicou  $-1$  najdlhšie v Hurbanove v siedmich termínoch a v Senici v troch termínoch. V Hurbanove bola zároveň aj najnižšia hodnota CMI  $-2,00$ , čo predstavuje už hranicu veľmi suchých podmienok. Na Obr. 2 je znázornený ročný priebeh CMI v roku 2020 na štyroch vybraných meteorologických staniciach, kde podľa tohto indexu bola najhoršia situácia. Na týchto staniciach mal index CMI podobný priebeh, pričom platí, že minimum bolo dosiahnuté v júli, respektíve v auguste. Počas septembra a v októbri sa vlaha postupne doplnila.

### PÔDNE SUCHO NA SLOVENSKU V ROKU 2020

Zimná sezóna 2019/2020 bola na niektorých miestach Slovenska poznačená tým, že bol zaznamenaný rekordne nízky počet dní so snehovou pokrývkou a podobne aj rekordne nízka suma výšok snehovej pokrývky. Príkladom môže byť meteorologická stanica Poprad, kde suma výšok snehovej pokrývky za celú zimnú sezónu 2019/2020 dosiahla iba 124 cm, čo je najmenej aspoň od polovice 20. storočia. (Zimná sezóna sa v tomto prípade môže považovať aj za obdobie október 2019 až marec 2020). Ani v jednom dni so snehovou pokrývkou nebola v Poprade jej výška v tejto sezóne väčšia ako 8 cm. Príkladom rekordne nízkeho počtu dní so snehovou pokrývkou je meteorologická stanica Bratislava-letisko, kde v zimnej sezóne 2019/2020 zaznamenali iba 1 deň so snehovou pokrývkou

a jej výška tam dosiahla iba 1 cm. Dlhodobý priemer počtu dní so snehovou pokrývkou za obdobie 1981–2010 v mesiacoch október až marec je na meteorologickej stanici Bratislava-letisko 34,5 dňa.

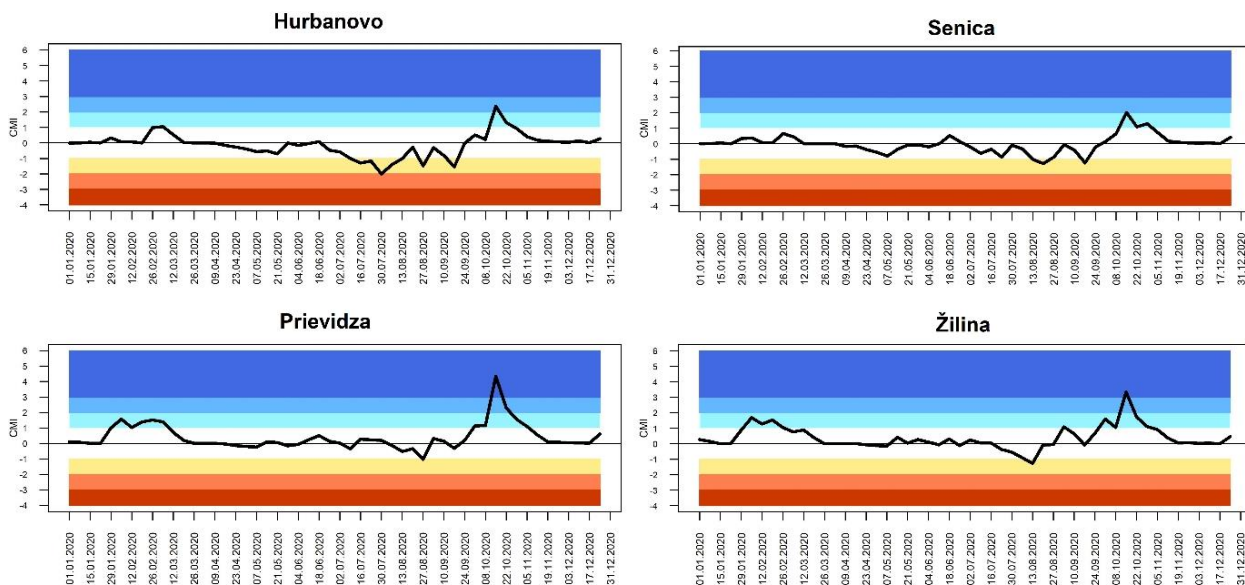
V januári 2020 sa na strednom a východnom Slovensku objavilo na pár týždňov len ojedinele mierne až výrazné suchu. Vo februári bola väčšina Slovenska bez

rizika sucha. Tento stav pretrval až do tretej marcovej dekády.

Na konci marca sa mierne suchu najskôr začalo rozširovať na severe Slovenska. Počas apríla sa situácia stále zhoršovala. Výrazné až extrémne suchu bolo už v druhej polovici apríla na väčšine územia, pričom najhorší stav bol dňa 26. apríla 2020 (Obr. 3).

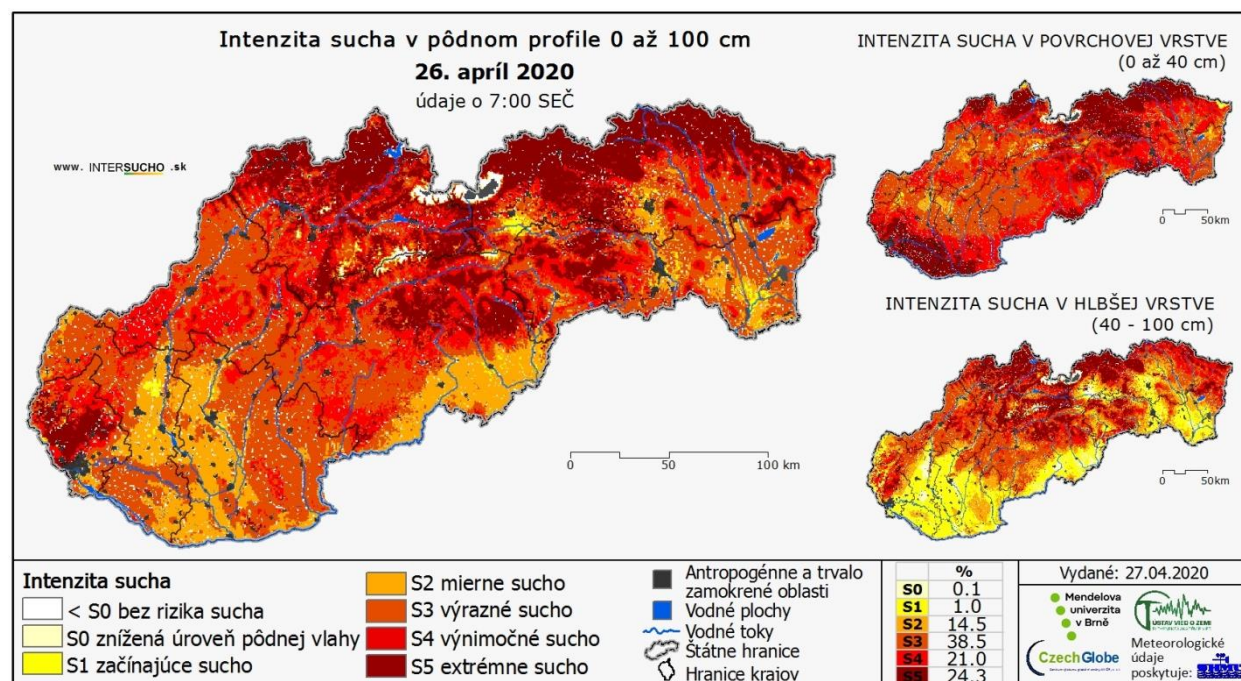
**Obrázok 2. Ročný priebeh indexu CMI v roku 2020 na vybraných meteorologických staniciach (Hurbanovo, Senica, Prievidza a Žilina).**

Figure 2. Course of index CMI in 2020 in four chosen meteorological stations (Hurbanovo, Senica, Prievidza, Žilina).



**Obrázok 3. Intenzita sucha na Slovensku dňa 26. apríla 2020.**

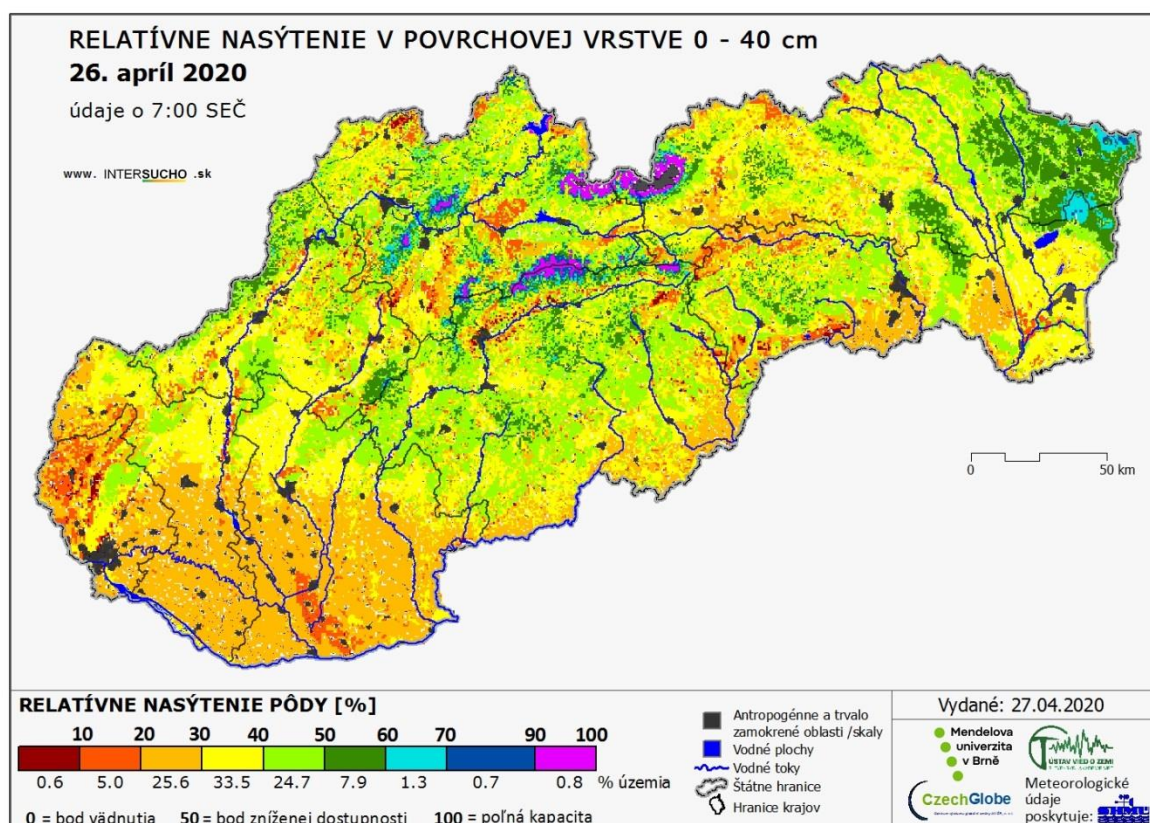
Figure 3. Drought intensity in Slovakia on the 26<sup>th</sup> April 2020.





**Obrázok 4. Relatívne nasýtenie na Slovensku vo vrstve pôdy 0–40 cm dňa 26. apríla 2020.**

Figure 4. Relative soil saturation in Slovakia in the profile 0–40 cm on the 26<sup>th</sup> April 2020.

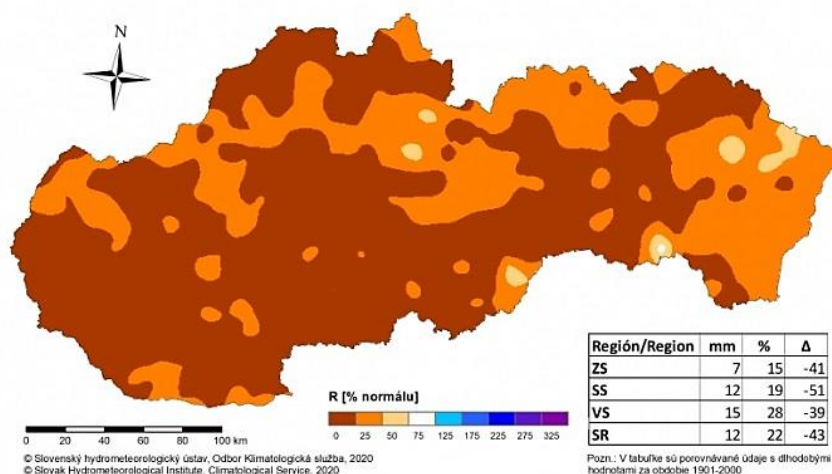


V tomto termíne bolo extrémne sucho na viac ako 24 % celkovej plochy. Najviac zasiahnuté oblasti boli severná časť východného Slovenska, Orava, Kysuce, Liptov, Spiš a Slovenské rudohorie. Na juhozápadnom Slovensku sa situácia zhoršila neskôr, až na začiatku mája. Deficit pôdnej vlhky v tomto období bol na takmer celom území Slovenska (okrem vysokohorských polôh) a najvyššie hodnoty deficitu boli až –80 mm na Spiši, Zamagurí, Orave a Kysuciach. Relatívne nasýtenie v povrchovej vrstve kleslo pod hranicu 50 % na takmer 90 % územia. Veľmi nízke hodnoty nasýtenia pod 10 % boli na Záhorí, Above, ale dokonca aj na Kysuciach, Turci a lokálne aj v Slovenskom rudohorí (Obr. 4). Tento nepriaznivý stav pretrval približne do polovice mája. Extrémne sucho v máji najdlhšie pretrvalo na Spiši, v Slovenskom rudohorí a v Levočských vrchoch. V centrálnej časti Slovenska, v oblastiach Muránska planina a Balocké vrchy, trvalo extrémne sucho až do prvej júnovej dekády. Nedostatok vlhky v apríli, v niektorých regiónoch aj v máji, bol spôsobený nielen suchým počasím, ale aj nedostatkom snehovej pokrývky počas zimy 2019/2020.

Mesiac apríl bol na viacerých miestach veľmi suchý. Na Podunajskej nížine na niektorých miestach spadlo menej ako 2 mm zrážok za celý mesiac. Lokálne to bolo dokonca menej ako 1 mm, prípadne bolo úplne bez zrážok (Obr. 5).

**Obrázok 5. Úhrny atmosférických zrážok na Slovensku v apríli 2020 v % normálu 1961–1990.**

Figure 5. Sums of the atmospheric precipitation in Slovakia in April 2020 in the percentage of the normal 1961–1990.



Na väčšine Slovenska bol celkový mesačný úhrn atmosférických zrážok v apríli v percentách normálu 1961–1990 nižší ako 50 %, miestami dokonca nižší ako 25 %.

Okrem nízkeho mesačného úhrnu zrážok v apríli, bol vďaka dlhotrvajúcemu snežnému počasiu vysoký aj potenciálny výpar. Na Podunajskej nížine bol potenciálny výpar v apríli lokálne od 100 mm do 115 mm, v percentách normálu 1981–2010 od 115 % do 135 %.

V hlbšej vrstve bolo výrazné až extrémne suchu ojedinele v Slovenskom rudohorí a na západnom Slovensku približne do polovice júna. Od druhej polovice júna až do augusta bolo len ojedinele a krátkodobo začínajúce až mierne suchu. Výrazné suchu sa objavilo na Orave až koncom augusta. Relatívne nasýtenie v júni a v júli bolo na Podunajskej nížine v celom profile (0–100 cm) prevažne 20–50 %, na ostatnom území Slovenska bolo nasýtenie vyššie ako 50 %. V druhej polovici augusta bolo relatívne nasýtenie nižšie ako 50 % na približne 40 % celkovej plochy. Deficit vlhky bol v lete najviac –60 až –80 mm na konci augusta lokálne na Orave. V prvej polovici septembra sa tu situácia zlepšila. Výrazné suchu sa neskôr opäť objavilo v druhej polovici septembra ojedinele na krajnom východe a v Žilinskom kraji. Na prelome septembra a októbra sa vlhka postupne doplnila, pričom v priebehu októbra už so suchom problém nikde nebol. Výrazný nedostatok zrážok v novembri sa v pôde prejavil v prvej polovici decembra, kedy bolo extrémne suchu ojedinele na severozápadnom a strednom Slovensku. Najviac zasiahnuté oblasti boli Orava, Kysuce, Javorníky a Považie. Deficit pôdnej vlhky tu bol ojedinele až –60 mm.

## DOPADY SUCHA NA SLOVENSKU V ROKU 2020

Na základe informácií od odborníkov z praxe, ktoré zbierame a zverejňujeme prostredníctvom portálu [www.intersucho.sk](http://www.intersucho.sk), sme prvé hlásenia v roku 2020 na epizódu sucha zaznamenali s nástupom vegetácie a prvých jarných prác.

### Dopady sucha v roku 2020 na poľnohospodárstvo, ovocinárstvo a vinárstvo podľa reportérov národnej reportovacej siete

Už v prvej aprílovej dekáde sme monitorovali počiatkový vplyv sucha na takmer celom území Slovenska. V dôsledku dlhotrvajúceho anticyklónálneho počasia s nízkymi úhrnmi atmosférických zrážok, vysokým potenciálnym výparom a snežným svitom v jarých mesiacoch, hlásili reportéri nedostatok pôdnej vlhky, najmä vo vrchnej vrstve pôdy. Začínajúce suchu skomplikovali aj vpády studeného arktického vzduchu, pričom nenávratne poškodili rozkvitnuté ovocné stromy, najmä marhule, broskyne a čerešne, čím vystavili jednotlivé plodiny stresovej situácii. To nepriaznivo ovplyvnilo ich ďalší vývoj a rast. Niektoré porasty reagovali zastavením rastu alebo len veľmi slabým vzchádzaním. Poľnohospodári v okresoch stredného a severného Slovenska pripravovali urýchlene pôdu na siatie, aby zachytili aspoň nejakú vlhku potrebnú pre prvotný rast obilnín. Prejavy nedostatku vlhky, presušenú vrchnú časť pôdy spôsobujúcu problémy pri raste ozimín a vzchádzaní

maku, jarín, ďatelín, krmovín, zemiakov, tráv hlásili reportéri z okresov Spišská Nová Ves, Nové Mesto nad Váhom, Senec, Myjava, Bardejov, Považská Bystrica, Levice, Nitra, Piešťany, Šaľa, Partizánske, Komárno, Topoľčany, Prievidza, Trnava, Senica, Košice-okolie, Vranov nad Topľou, Trebišov, Kežmarok, Prešov, Sabinov a Gelnica (Obr. 6). Teplejšie a suchšie počasie navyše vyhovovalo hľadávkam, čo bolo možné pozorovať v porastoch ozimín. Takéto podmienky hlásila v období marca a apríla väčšina reportérov národnej reportovacej siete dopadov sucha na Slovensku vo svojich dotazníkoch a komentároch.

Májové úhrny zrážok a chladnejšia teplota vzduchu znížili deficit pôdnej vlhky v koreňovej zóne. U obilnín priaznivo ovplyvnili hmotnosť zrna, a tak zachránili značnú časť úrody. Porasty jačmeňa a pšenice však ostali v niektorých juhozápadných regiónoch Slovenska nenávratne poškodené suchom. Reportéri hlásili veľké rozdiely v úrode u všetkých ozimín, a to nielen medzi jednotlivými parcelami, ale aj v rámci parciel. Ostatné jaré plodiny, najmä miešanky, zeleniny, porasty cukrovej repy, kukurice, slnečnice v dôsledku zlepšenia vlhkových pomerov postupne vzchádzali a viditeľne podrástli. Poľnohospodári sa spoliehali na predpovedaný chladnejší a vlhší vývoj počasia v ďalších dňoch, ktorý by pomohol regenerácii porastov.

Mesiace jún až august priniesli zrážky, ktoré spolu s miernejšou teplotou vzduchu prispeli k zníženiu škôd spôsobených predchádzajúcim dlhým obdobím sucha. Tieto zrážky významne doplnili potrebné množstvo vlhky a zlepšili kondičný a zdravotný stav porastov. V dôsledku búrkovej činnosti, výskytu krupobitia a vetra boli zaznamenané slabé lokálne poľahnutia, najmä na jačmeni jarnom. Letné zrážky zmenili pôvodnú situáciu a boli pre vegetáciu prínosom v poslednej chvíli. Priaznivo ovplyvnili stav krmovín, hlavne trávnych porastov. Miestami však svojou intenzitou a výdatnosťou zabránili v zbere a oddialili žatvu, čo hlásili najmä reportéri z Považia, stredného a východného Slovenska. Vplyvom vysokých úhrnov zrážok, najmä v kotlinách a severných častiach Slovenska, nastalo poľahnutie a podhniwanie obilnín, stredný až silný infekčný tlak hubových ochorení, ktorý sa prejavil na klasoch a listoch obilnín, repke a najmä zemiakoch. Reportéri hlásili zníženie úrod a zhoršenú kvalitu produkcie obilnín, ktorú spôsobilo v jarých mesiacoch suchu a v letných mesiacoch vysoký úhrn zrážok.

Priaznivé poveternostné podmienky v septembri umožnili poľnohospodárom dokončiť zber ovocia, zemiakov a silážovanie kukurice. Vlhavý režim v pôdnom profile mal veľmi pozitívny vplyv na vzchádzanie zasiatych ozimín v oblastiach, kde ich poľnohospodári stihli zasieť.

Avšak, intenzívne zrážky v mesiaci október a neustále premočená pôda skomplikovali až zastavili zberové práce jesenných plodín v mnohých okresoch. Týkalo sa to najmä zberu kukurice na zno a vyorávaní cukrovej repy. Poľnohospodári v rámci celého Slovenska hlásili veľmi sťažené až znemožnené podmienky na poliach pri príprave, obrábaní a hnojení pôdy pod ozimné obilniny. Pôda bola silne premočená až blatistá, čím bol znemožnený akýkoľvek mechanický zásah a zakladanie novej úrody. Vysoké úhrny atmosférických zrážok spôsobili eróziu na poliach

bez vegetácie. Výrazné zvýšenie vodných hladín bolo pozorované takmer na všetkých tokoch, naprieč celým územím Slovenska, s dosiahnutím 1. až 3. stupňa povodňovej aktivity. Inverzné počasie a nástup prvých mrazov v novembri postupne ukončili poľnohospodárske práce na poliach. Pomalý vývoj porastov ozimín, ich mierne až stredne silné zažltnutie v dôsledku množstva zrážok, nahradenie jarín namiesto ozimných obilnín na premočených parcelách hlásili reportéri národnej reportovacej siete Slovenska ku koncu roka 2020.

Okresy, v ktorých bola odhadovaná strata výnosov poľnohospodárskych plodín viac ako 40 %, sú uvedené

v Tab. 4. Najviac ohrozené plodiny boli mak, pšenica ozimná, jačmeň jarný a trvalé trávnaté porasty. Z oblasti ovocinárstva a vinárstva sme výraznejšie dopady sucha na ovocné stromy, či vinič nezaznamenali. Zásadným činiteľom, ktorý ovplyvnil ich tohtoročnú úrodu, boli jarné mrazy. Tie na viacerých miestach južného Slovenska poškodili najmä kvety.

Na Obr. 7 je znázornená mapa okresov s najvyššou odhadovanou stratou výnosov v poľnohospodárstve a ovocinárstve. Sucho sa vyskytlo nielen na juhu Slovenska, ale znížené výnosy v porovnaní s poslednými 3 rokmi boli hlásené aj na Orave, Spiši a Liptove.

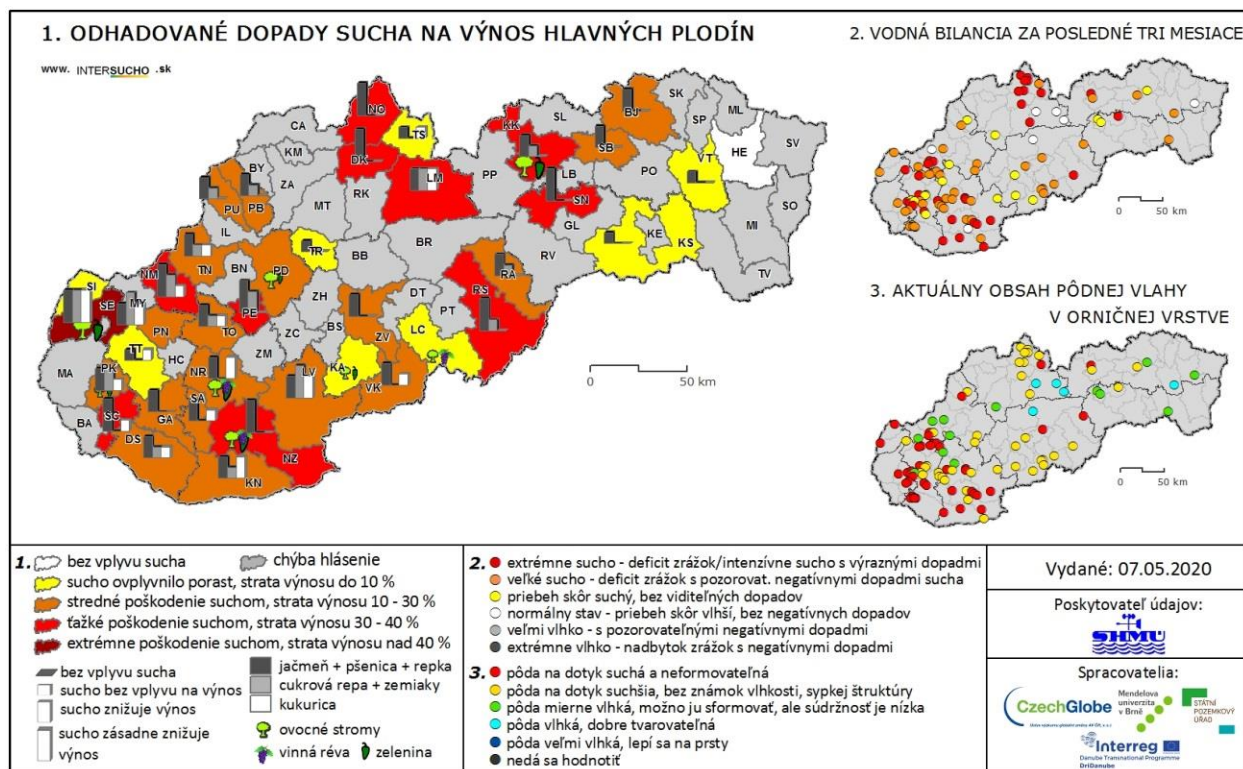
**Tabuľka 4.**  
**Okresy s odhadovanou stratou výnosov poľnohospodárskych plodín v roku 2020 vyššou ako 40 %.**

**Table 4.**  
**The regions with the assessed loss of crop yields higher than 40% in 2020.**

| Okres               | Plodina      | Okres           | Plodina        |
|---------------------|--------------|-----------------|----------------|
| Dolný Kubín         | ďateloviny   | Nové Zámky      | pšenica ozimná |
| Dolný Kubín         | tráva        | Partizánske     | mak            |
| Krupina             | tráva        | Rimavská Sobota | tráva          |
| Kežmarok            | mak          | Senica          | ovos           |
| Komárno             | tráva        | Senica          | mak            |
| Komárno             | jačmeň jarný | Senica          | lucerna        |
| Liptovský Mikuláš   | repka ozimná | Senica          | ďateloviny     |
| Nové Mesto n. Váhom | lucerna      | Senica          | tráva          |
| Nové Mesto n. Váhom | jačmeň jarný | Senica          | pšenica ozimná |
| Námestovo           | ďateloviny   | Senica          | jačmeň jarný   |
| Námestovo           | tráva        | Senica          | zemiaky        |
| Nitra               | jačmeň jarný | Zvolen          | mak            |

**Obrázok 6. Odhadované dopady sucha na výnos hlavných plodín na Slovensku k 7. máju 2020 (informácie z jednotlivých okresov od našich reportérov neodrážajú stav v celom okrese, ale popisujú situáciu vo vybraných katastrach).**

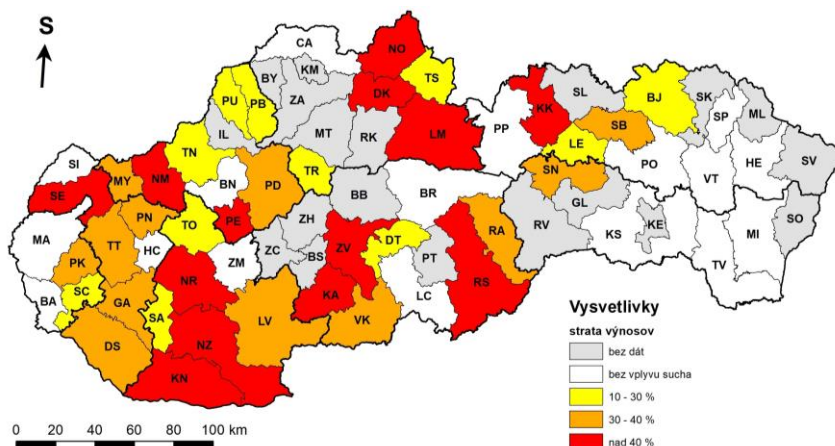
**Figure 6. Assessment of drought impacts on the yields of main crops in Slovakia on the 7<sup>th</sup> May 2020 (information in concrete regions sent by our reporters do not represent the situation in the whole region, but only in the concrete land register).**





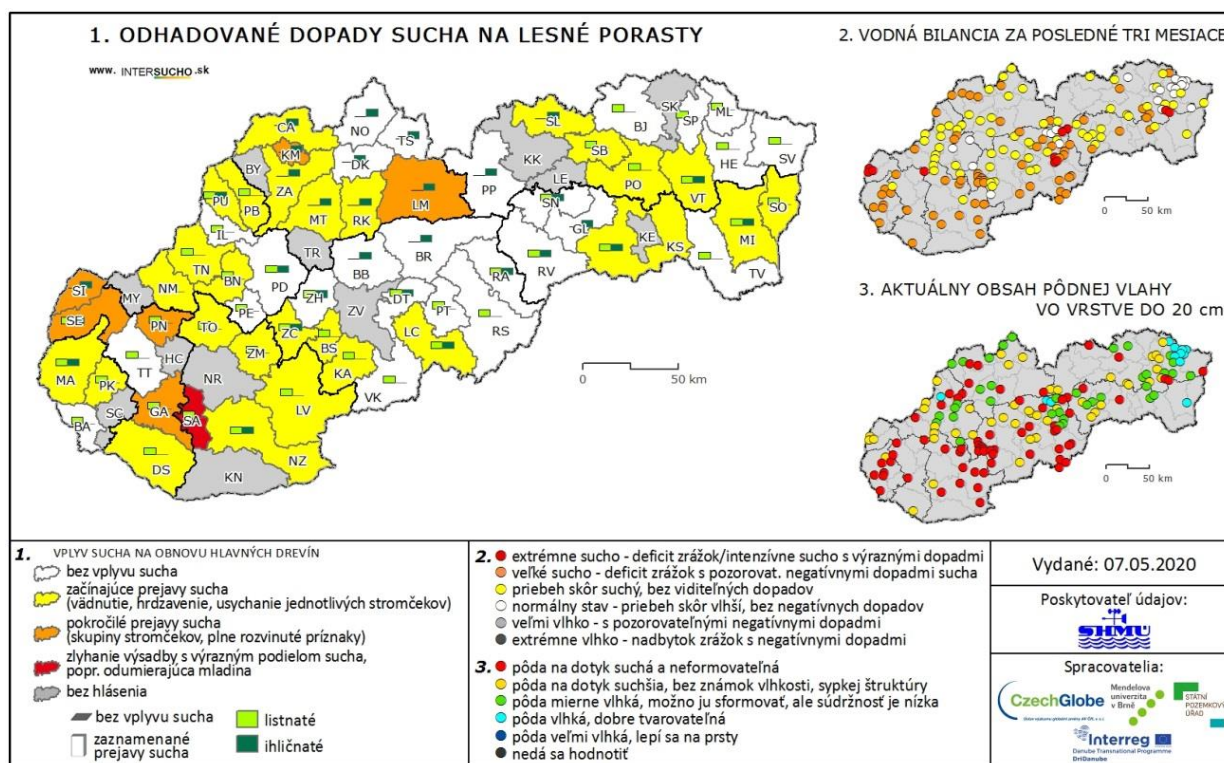
**Obrázok 7.**  
Najvyššia odhadovaná strata výnosov v poľnohospodárstve a ovocinárstve v roku 2020.

Figure 7.  
The highest assessed loss of yields in the agriculture and fruit orchards in 2020.



**Obrázok 8.** Odhadované dopady sucha na lesné porasty na Slovensku k 7. máju 2020 (informácie z jednotlivých okresov od našich reportérov neodrážajú stav v celom okrese, ale popisujú situáciu vo vybraných katastroch).

Figure 8. Assessment of drought impacts on the forests in Slovakia on the 7<sup>th</sup> May 2020 (information in concrete regions sent by our reporters do not represent the situation in the whole region, but only in the concrete land register).



## Dopady sucha v roku 2020 na lesníctvo podľa reportérov národnej reportovacej siete

Strata vlhkosti vrchnej vrstvy pôdy, presychanie hrabanky, riziko lesných požiarov a negatívny vplyv sucha na zalesňovacie práce boli najčastejšie hlásené problémy lesníkov tohtoročnej jari. Podľa hlásení lesníkov z Východoslovenskej nížiny sa sucho prejavuje každoročne aj na prírastkoch mladých lesných porastov. Dokazujú to bukové mladiny z náletov, ktoré pred 15 rokmi na tých istých stanovištiach mali prírastok oveľa väčší, ako je to v posledných rokoch. Pomalú stratu vlhkosti vrchnej vrstvy pôdy hlásili reportéri dopadov sucha na lesy z okresov Považská Bystrica,

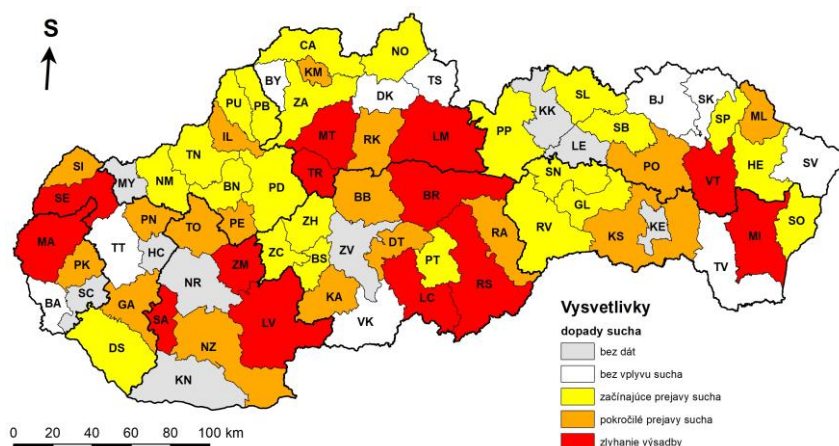
Pezinok, Piešťany, Rožňava, Liptovský Mikuláš, Púchov a Ilava (Obr. 8).

Deficit vlhky a veterné počasie v jarnom období mali negatívny vplyv na priebeh zalesňovacích prác pri umelej obnove lesa. Aj napriek tomu, že koreňový systém sadeníc bol ošetrovaný proti vysychaniu, pri dlhodobom deficite vlhky strácal účinok. V konečnom dôsledku sa tak výrazne znížilo percento ujatosti sadeníc. Najviac ohrozené výsadby boli v regiónoch Záhorie, Podunajská nížina, Turiec, Liptov, Gemer, Horehronie a Východoslovenská nížina (Obr. 9). Najviac poškodenými drevinami pri tohtoročných výsadbách boli smrek a buk.



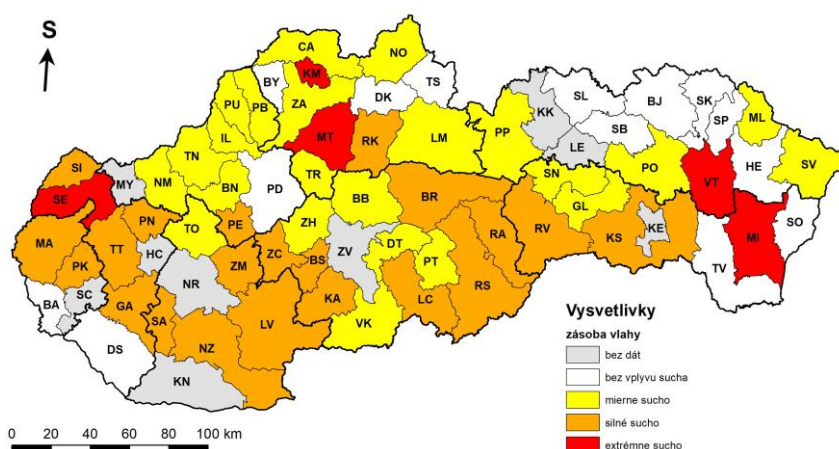
**Obrázok 9.**  
Najvýznamnejšie odhadované  
dopady sucha na obnovu  
hlavných drevín v roku 2020.

Figure 9.  
The most significant assessed  
drought impacts on the  
renovation of main wood  
species in 2020.



**Obrázok 10.**  
Najnižšia odhadovaná  
zásoba vody v lesných  
porastoch v roku 2020.

Figure 10.  
The lowest assessed  
waterstock in forests in 2020.



Reportéri lesníckeho dotazníka hlásili spomalený až zastavený vývoj jarnej výsadby, pomalé rašenie púčikov, predovšetkým tvrdých listnáčov (dub, buk), extrémne vysušenú pôdu do hĺbky viac ako 20 cm, najmä na otvorených plochách a holinách. Taktiež pozorovali vädnutie, resp. osychanie terminálnych výhonov, na nových výsadbách do troch rokov na vysychavých stanovištiach. K jarnému deficitu vlhky sa pridružil problém neúmerne premnoženej danielej a muflonej zveri v lesoch, ktorá spôsobovala na mladých lesných porastoch a výsadbách veľké škody.

Májové a júnové ochladenie a výdatnejšie zrážky prospeli k regenerácii lesnej vegetácie. Zlepšil sa kondičný stav všetkých lesných porastov. Zrážky mali pozitívny vplyv najmä na novú výsadbu, aj keď v niektorých oblastiach Slovenska prišli neskoro a tohoročnému zalesňovaniu už nepomohli. Leto bolo pre lesné porasty dostatočne vlhké. Počas letných mesiacov sa objavovalo už iba mierne sucho, ktoré výrazne neovplyvnilo škody na lesných porastoch, ani na výsadbách. Výraznejšie sucho, ktoré sa vyskytlo koncom augusta, mohlo lokálne ovplyvniť výsadby prebiehajúce na jeseň. Nakoľko sa situácia počas septembra zlepšila, nebolo hlásené poškodenie výsadiieb z jesenného zalesňovania. Poveternostné pomery v ďalších mesiacoch roka boli pre lesné kultúry a mladiny priaznivé. Prívalové zrážky spojené s intenzívnou búrkovou činnosťou spôsobovali lokálne na svahoch intenzívnu vodnú eróziu a problémy najmä s dostupnosťou mechanizmov do lesov.

Z hľadiska najnižšej odhadovanej zásoby vody v lesných porastoch boli v roku 2020 najvýraznejšie suchom ohrozené dospelé lesné porasty borovice, smreka a duba, najmä v lokalitách Záhorie, Podunajská nížina, Turiec, juh stredného Slovenska, Gemer a južná časť východného Slovenska (Obr. 10).

Výraznejšie sucho sa prejavilo na konci marca a v priebehu apríla aj v severných regiónoch Slovenska. Monitoring dopadov sucha však nezobrazuje výrazné poškodenie porastov suchom v týchto regiónoch. Je to pravdepodobne z dôvodu výrazného zastúpenia smreka v lesných porastoch, pri ktorom sa sucho prejavilo ako primárny škodlivý činiteľ, a stres zo sucha vytvoril predispozíciu na poškodenie sekundárnymi škodcami (podkôrny hmyz, drevokazné huby). V takomto prípade je ťažké odhadnúť, do akej miery bolo poškodenie lesných porastov zapríčinené suchom.

Len vďaka reportérom dopadov sucha a ich pravidelne zasielaným hláseniam je možné zaistiť spoľahlivé informácie a získať spätnú väzbu o aktuálnej situácii porastov a vodnej bilancii v týždennom kroku. Výhodou je práve aktuálnosť, ktorá umožňuje včas reagovať na situáciu, ako zo strany poľnohospodárskych a lesníckych organizácií, tak aj zo strany verejnosti a verejných činiteľov. Samozrejme, čím vyšší bude počet reportérov národnej reportovacej siete, tým budú hlásenia v jednotlivých okresoch objektívnejšie.

## Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## LITERATÚRA

- Liesebech, M., 2002, *On the Adaptability of Norway Spruce (Picea abies [L.] Karst.) to the projected Change of Climate in Germany*. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121 (1): 130–144.
- Štrélcová, K.–Sitková, Z.–Kurjak, D.–Kmet', J. (eds), 2011, *Stres suchom a lesné porasty, aktuálny stav a výsledky výskumu*. *Technická univerzita vo Zvolene*. 266 s., ISBN 978-288-2233-6.
- Škvarenina et al., 2018, *Globálne zmeny klímy a lesné ekosystémy*. *Vysokoškolská učebnica*. Vydavateľstvo TU vo Zvolene *Technická univerzita vo Zvolene*. 210 s., ISBN 978-80-228-3049-2.
- Petráš, R.–Košík, M.–Oszlanyi, J., 1985, *Listová biomasa stromov smreka, borovice a buka*. *Lesnícky časopis* 31: 121–136.
- Roberts, J., 1983, *Forest transpiration: a conservative hydrological process?* *Journal of Hydrology* 66: 133–141.
- McKee et al., 1993, *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*. 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Anaheim, CA.
- Palmer, W.C., 1968, *Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index*. *Weatherwise*, 21: 156–161.
- Spinoni, J.–Carrao et al., 2013, *A global drought climatology for the 3rd edition of the World Atlas of Desertification (WAD)*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 15, EGU General Assembly 2013.

# TEPLOTNÉ INVERZIE A ICH VPLYV NA VÝŠKU SNEHOVEJ POKRÝVKY V SLOVENSKÝCH KARPATOCH

JAKUB RIDZON

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, jakub.ridzon@shmu.sk

*Temperature inversion is the state of the atmosphere, when the air temperature increases with increasing altitude. This paper was focused on the evaluation of temperature inversions in the Slovak Carpathians. The aim was to analyze the effect of temperature inversions on the depth of snow cover in the Slovak Carpathians and to verify the hypothesis that temperature inversions have an effect on the depth of snow cover in the Slovak Carpathians. The impact analysis was examined on the basis of average daily air temperature and snow cover depth data for the period 1999–2018, for the months of December, January, February and March (period December 1999–March 2018), for 21 selected meteorological stations in Slovakia. The paper contains characteristics of inverse days, inverse weather situations and number of days with individual types of thermal stratification (inversion, isothermia, normal stratification). Furthermore, temperature inversions were classified based on the intensity of the inversion and the duration of the inversion. The influence of temperature inversions on the depth of snow cover was investigated in selected profiles in the Slovak Carpathians. Dependencies between temperature inversion and the depth of the snow cover were identified for selected time periods.*

*Teplotná inverzia je stav atmosféry, kedy teplota vzduchu s narastajúcou nadmorskou výškou rastie. Tento príspevok bol zameraný na zhodnotenie teplotných inverzií v slovenských Karpatoch. Cieľom bolo analyzovať vplyv teplotných inverzií na výšku snehovej pokrývky v slovenských Karpatoch a overiť hypotézu, že teplotné inverzie majú vplyv na výšku snehovej pokrývky v slovenských Karpatoch. Analýza vplyvu bola skúmaná na základe údajov o priemernej dennej teplote vzduchu a údajov o výške snehovej pokrývky za obdobie rokov 1999–2018, pre mesiace december, január, február a marec (obdobie december 1999–marec 2018), pre 21 vybraných meteorologických staníc na území Slovenska. Príspevok obsahuje charakteristiky inverzných dní, inverzných poveternostných situácií a počet dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia (inverzia, izotermia, normálne zvrstvenie). Ďalej boli teplotné inverzie klasifikované na základe intenzity inverzie a dĺžky trvania inverzie. Vplyv teplotných inverzií na výšku snehovej pokrývky bol skúmaný vo vybraných profiloch v slovenských Karpatoch. Pre vybrané časové obdobia boli identifikované závislosti medzi teplotnými inverziami a výškou snehovej pokrývky.*

**Key words:** air temperature, depth of snow cover, temperature inversion, Slovakia

## ÚVOD

Teplotná inverzia je stav atmosféry, kedy teplota vzduchu s narastajúcou nadmorskou výškou stúpa. Teplotné inverzie sú v prírodných podmienkach Slovenska častým javom, ktorý sa vyskytuje prevažne v zimnom období, najmä v horských oblastiach. V klimatických podmienkach Slovenska môžu trvať niekoľko dní až týždňov. Teplotné inverzie sa najčastejšie vytvárajú pri anticyklonálnych poveternostných situáciách. Inverzné poveternostné situácie ovplyvňujú počasie.

Problematickou teplotných inverzií na území Slovenska sa ako prvý zaoberal Petrovič vo svojich prácach z rokov 1953 a 1967. Petrovič vo svojich prácach sledoval inverzie v dolinách pod Tatrami. Za základ si zobral rozdiely teploty vzduchu z termínových pozorovaní (siedma, štrnásť a dvadsiata prvá hodina), maximálne i minimálne teploty vzduchu, ako aj rozdiely priemernej dennej teploty vzduchu. Inverzie klasifikoval podľa intenzity a dĺžky trvania inverzie. V práci z roku 1967 autor spracoval aj vplyv typických poveternostných situácií na výskyt inverzií rozdelením na anticyklonálne a cyklonálne situácie. Problematicke teplotných inverzií sa v zahraničí venovali autori Hogan a Ferrick (1997), Whiteman et al. (2004), Vitasse et al. (2017), Hiebl a Schöner (2018). Hogan a Ferrick

(1997) sa vo svojej práci venujú priestorovým zmenám rannej teploty vzduchu za tri zimné obdobia pozdĺž rieky Connecticut v USA. Whiteman et al. (2004) sa vo svojej práci zaoberajú porovnaním rozpadu inverzie v doline vo Východných Alpách a v doline v Skalnatých horách v USA. Vitasse et al. (2017) vo svojej práci skúmajú intenzitu, frekvenciu a priestorové rozloženie zimných teplotných inverzií v uzavretom údolí La Brevine vo Švajčiarsku. Hiebl a Schöner (2018) sa vo svojej práci zaoberajú priestorovým rozložením, sezónnymi variáciami a časovými trendmi teplotných inverzií v Rakúsku v období 1961–2017.

Problematickou snehovej pokrývky na území Slovenska sa prvýkrát komplexnejšie zaoberali autori Konček a Briedoň v roku 1964. V práci autori prezentujú výsledky 30-ročného pozorovania snehovej pokrývky (1921/1922–1950/1951). Ďalej sa v roku 1988 snehovým pomerom na území Slovenska venovali autori Šamaj a Valovič. V tejto práci autori prezentujú výsledky 60-ročného pozorovania snehovej pokrývky. V posledných rokoch sa problematike snehovej pokrývky venovali autori Vojtek (2010), Nechaj (2015), ale aj Šiman a Polčák (2017). Vojtek (2010) sa vo svojej práci zameriava na klimatické trendy pozorované v horských polohách Slovenska, s dôrazom na charakteristiky snehovej pokrývky. Nechaj (2015) sa vo svojej práci venuje maximálnej výške celkovej snehovej pokrývky

v povodiach riek severozápadného a západného Slovenska v období 1981/82–2010/11. Siman a Polčák (2017) vo svojej práci analyzujú vplyv kontinentality podnebia na vybrané charakteristiky snehovej pokrývky na území Slovenska v rovnakom období ako Nechaj (2015).

V zahraničí sa problematike snehovej pokrývky venovali autori Wielke et al. (2004), Fiema (2008) a Bulygina et al. (2009). Wielke et al. (2004) sa vo svojej práci zaoberajú zmenami počtu dní so snehovou pokrývkou na 59 švajčiarskych klimatických stanicích, vzhľadom na priemernú teplotu v Európe v zime a na jar. Fiema (2008) sa vo svojej práci venuje zmenám snehovej pokrývky vo vybraných synoptických situáciách v období 1966/67–1995/96 na území južného Poľska (Karpaty). Bulygina et al. (2009) vo svojej práci riešia zmeny snehovej pokrývky v severnej časti Eurázie.

Problematike teplotných inverzií vo vzťahu k snehovej pokrývke sa venovali v zahraničí autori Kirschner et al. (2013), ako aj Hiebl a Schöner (2018).

Tento príspevok bol zameraný na hodnotenie teplotných inverzií a ich vplyvu na snehovú pokrývkou v slovenských Karpatoch. Cieľom príspevku bolo analyzovať vplyv teplotných inverzií na výšku snehovej pokrývky v slovenských Karpatoch a overiť hypotézu, že teplotné inverzie majú vplyv na výšku snehovej pokrývky v slovenských Karpatoch.

## ÚDAJE A METODIKA

Za záujmové územie tohto príspevku boli zvolené Karpaty na území Slovenska. V príspevku sme pracovali s údajmi, ktoré nám boli poskytnuté od Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ). Pre účely príspevku nám boli

poskytnuté denné údaje o priemernej teplote vzduchu a denné údaje o výške snehovej pokrývky pre obdobie 1999/2000–2017/2018, konkrétne za mesiace december, január, február a marec (december 1999–marec 2018) pre 21 vybraných meteorologických staníc (Obr. 1).

Pre hodnotenie teplotných inverzií, ako aj ich vplyvu na výšku snehovej pokrývky, sme potrebovali údaje z meteorologických staníc v kotlinových a horských oblastiach. Kotlinové oblasti nám charakterizovali meteorologické stanice Brezno, Banská Bystrica, Sliač, Žiar nad Hronom, Turčianske Teplice, Liesek, Liptovský Mikuláš, Poprad, Spišské Vlachy, Švedlár a Moldava nad Bodvou. Horské oblasti nám charakterizovali meteorologické stanice Chopok, Kremnické Bane, Oravská Lesná, Štrbské Pleso, Skalnaté Pleso, Lomnický štít, Telgárt, Lom nad Rimavicou, Štós-kúpele a Silica.

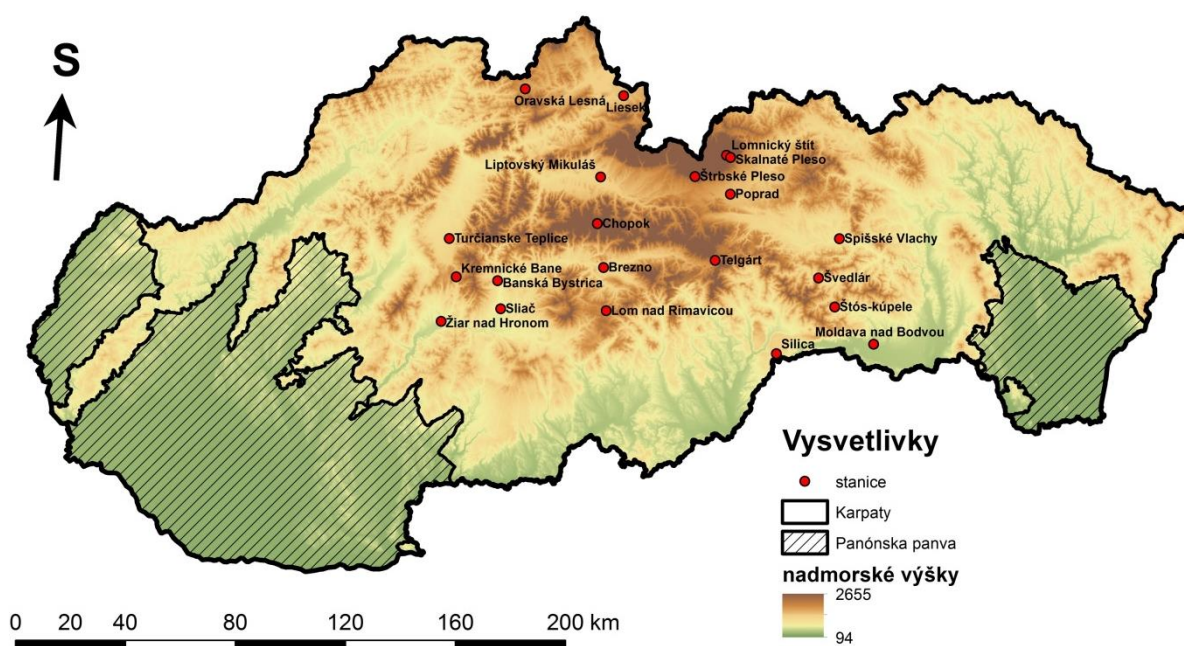
Vytvorili sme 52 profilov, na ktorých sme hodnotili teplotné inverzie, ako aj ich vplyv na výšku snehovej pokrývky. Jednotlivé profily sme začlenili do týchto skupín: porovnanie dolina - dolina (9 profilov), porovnanie svah - svah (1 profil), porovnanie hrebeň - hrebeň (1 profil), porovnanie dolina - svah (17 profilov), porovnanie svah - hrebeň (9 profilov) a porovnanie dolina - hrebeň (15 profilov). V rámci tohto príspevku sú prezentované len vybrané profily.

Vymedzenie inverzných dní bolo uskutočnené na základe porovnania priemernej dennej teploty vzduchu, pričom kladný rozdiel  $> 0,1^{\circ}\text{C}$  medzi dvomi vybranými meteorologickými stanicami nám definoval inverzný deň. Rozdiel medzi priemernou dennou teplotou vzduchu medzi meteorologickými stanicami sme vypočítali nasledovne:

*priemerná denná teplota vzduchu na meteorologickej stanici s vyššou nadmorskou výškou - priemerná denná teplota vzduchu na meteorologickej stanici s nižšou nadmorskou výškou.*

**Obrázok 1. Záujmové územie s vybranými meteorologickými stanicami.**

Figure 1. Area of interest with selected meteorological stations.



Identifikované dni s kladným rozdielom sme považovali za inverzné dni. Pre každý profil bol určený počet inverzných dní, počet inverzných poveternostných situácií, ako aj počet dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia (inverzia, izotermia, normálne zvrstvenie) za celé sledované obdobie.

Intenzitu inverzií sme klasifikovali podľa prác Petroviča (1953, 1967), ktorý inverzie rozdelil podľa veľkosti rozdielu hodnôt priemernej dennej teploty vzduchu medzi meteorologickými stanicami (Tab. 1). Hodnotenie inverzií z hľadiska intenzity sme rozšírili aj o maximálne intenzity inverzných dní, maximálne intenzity inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky, priemerné intenzity inverzných dní a priemerné intenzity inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky vo všetkých vybraných profiloch.

**Tabuľka 1. Rozdelenie inverzií z hľadiska intenzity podľa Petroviča (1953, 1967).**

Table 1. Distribution of inversions in terms of intensity according to Petrovič (1953, 1967).

| rozdiel teplôt [°C] | typ                |
|---------------------|--------------------|
| 0,1 – 3,0           | slabé              |
| 3,1 – 6,0           | stredne silné      |
| 6,1 – 9,0           | silné              |
| 9,1 – 12,0          | mohutné            |
| 12,1 a viac         | mimoriadne mohutné |

Dĺžku trvania inverzií sme klasifikovali tiež podľa prác Petroviča (1953, 1967), ale s úpravou pre denné údaje (Tab. 2), nakoľko autor túto klasifikáciu používal pre termínové údaje teploty vzduchu. Hodnotenie inverzií z hľadiska dĺžky trvania sme rozšírili aj o maximálne dĺžky trvania inverzných dní a priemerné dĺžky trvania inverzných dní vo všetkých vybraných profiloch.

**Tabuľka 2. Rozdelenie inverzií z hľadiska trvania podľa Petroviča (1953, 1967), upravené pre denné údaje.**

Table 2. Distribution of inversions in terms of duration according to Petrovič (1953, 1967), adjusted for daily data.

| trvanie (deň) | typ         |
|---------------|-------------|
| 1             | krátkodobé  |
| 2 – 4         | strednodobé |
| 5 a viac      | dlhodobé    |

Kvôli lepšiemu priestorovému pochopeniu niektorých skúmaných charakteristík inverzií sme pristúpili k tvorbe mapových výstupov. Rozhodli sme sa priestorovo porovnať nasledujúce charakteristiky inverzií: počet inverzných dní, počet inverzných poveternostných situácií a maximálnu intenzitu inverzie. Na sledovanom území sme si vybrali kotliny, ktoré boli reprezentované vybraným profilom nasledovne: Žiarska kotlina (profil Žiar nad Hronom - Chopok), Zvolenská kotlina (profil Sliač - Chopok), Popradská kotlina (profil Poprad - Chopok), Liptovská kotlina (profil Liptovský Mikuláš - Chopok), Hornádska kotlina (profil Spišské Vlachy - Chopok), Horehronské podolie (profil Brezno - Chopok), Oravská kotlina (profil Liesek - Chopok) a Turčianska kotlina (profil Turčianske Teplice -

Chopok). Každá kotlina bola charakteristická vybraným profilom vzhľadom na stanicu Chopok.

V poslednej časti sme si na zhodnotenie závislosti intenzity inverzie na výšku snehovej pokrývky vybrali 5 vybraných časových období, počas ktorých bola identifikovaná teplotná inverzia počas anticyklonálnej poveternostnej situácie (údaje o poveternostných situáciách sme získali zo stránky SHMÚ) a rozdiel úbytkov výšky snehovej pokrývky medzi meteorologickými stanicami bol výrazný. Boli to tieto časové obdobia: 6. 2. 2001 – 8. 2. 2001, 9. 1. 2002 – 11. 1. 2002, 2. 2. 2002 – 3. 2. 2002, 4. 2. 2004 – 5. 2. 2004 a 15. 3. 2004 – 17. 3. 2004.

Na výpočet závislosti sme použili Pearsonov koeficient korelácie  $r$  a koeficient determinácie  $r^2$ . Závisle premennou  $Y$  bola výška snehovej pokrývky a nezávisle premennou  $X$  bola intenzita inverzie. Na výpočet Pearsonovho koeficientu korelácie  $r$  sme použili funkciu (=PEARSON) a na výpočet koeficientu determinácie  $r^2$  sme použili funkciu (=RSQ) v programe Microsoft Office Excel. Počas celého výskumu sme pracovali v programoch Microsoft Office Excel a ArcGIS.

## VÝSLEDKY

### Počet inverzných dní a počet inverzných poveternostných situácií

Prvou hodnotenou charakteristikou bol počet inverzných dní za obdobie 1999/2000 – 2017/2018 (konkrétne za mesiace december, január, február a marec), ktorý bol identifikovaný na 52 profiloch. V sledovanom období sme z vybraných profilov najväčší počet inverzných dní zaznamenali na profile Sliač - Turčianske Teplice (970 inverzných dní; 42,1 % skúmaných dní). V tomto prípade išlo o profil typu dolina - dolina.

Lukniš a Plesník (1961) v práci Nižiny, kotliny a pohoria Slovenska rozdeľujú kotliny Slovenska podľa nadmorskej výšky. Kotliny do 300 m n. m. charakterizujú ako kotliny nížinného stupňa alebo nízko položené kotliny. Kotliny v rozpätí od 300 do 500 m n. m. charakterizujú ako kotliny stredne vysokých pohorí alebo kotliny stredného výškového stupňa. Kotliny vyššie ako 500 m n. m. charakterizujú ako vysoko položené kotliny.

Autori v tejto práci zaraďujú Zvolenskú kotlinu (meteorologická stanica Sliač) medzi kotliny stredného výškového stupňa a Turčiansku kotlinu (meteorologická stanica Turčianske Teplice) medzi vysoko položené kotliny. Pri profile Sliač - Turčianske Teplice môžeme vidieť, že počet inverzných dní sa pomerne výrazne prejavuje aj medzi kotlinami stredného výškového stupňa a vysoko položenými kotlinami. Ďalším príkladom je aj profil Spišské Vlachy - Poprad, kde sme zaznamenali 639 inverzných dní. V tomto prípade ide o rozdiel medzi Hornádskou kotlinou (meteorologická stanica Spišské Vlachy), ktorá patrí medzi kotliny stredného výškového stupňa a Popradskou kotlinou (meteorologická stanica Poprad), ktorá patrí medzi vysoko položené kotliny.

Na druhej strane, najmenší počet inverzných dní sme zaznamenali na profile Kremnické Bane - Chopok (159 inverzných dní; 6,9 % skúmaných dní). V tomto prípade



**Tabuľka 3.**  
**Počet inverzných dní**  
**a inverzných**  
**poveternostných situácií**  
**vo vybraných profiloch.**

Table 3.  
Number of inverse days  
and inverse weather  
situations in selected  
profiles.

| stanica ↓          | stanica ↑          | typ             | rozdiel (H) | počet dní | %    | počet situácií |
|--------------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------|------|----------------|
| Spišské Vlachy     | Poprad             | dolina - dolina | 314         | 639       | 27,7 | 323            |
| Sliač              | Turčianske Teplice | dolina - dolina | 209         | 970       | 42,1 | 340            |
| Sliač              | Kremnické Bane     | dolina - svah   | 445         | 503       | 21,8 | 221            |
| Brezno             | Telgárt            | dolina - svah   | 414         | 495       | 21,5 | 221            |
| Moldava nad Bodvou | Štós-kúpele        | dolina - svah   | 376         | 579       | 25,1 | 277            |
| Poprad             | Skalnaté Pleso     | dolina - svah   | 1084        | 566       | 24,6 | 203            |
| Sliač              | Lom nad Rimavicou  | dolina - hrebeň | 705         | 470       | 20,4 | 202            |
| Brezno             | Lom nad Rimavicou  | dolina - hrebeň | 531         | 684       | 29,7 | 267            |
| Brezno             | Chopok             | dolina - hrebeň | 1518        | 228       | 9,9  | 89             |
| Poprad             | Chopok             | dolina - hrebeň | 1311        | 257       | 11,2 | 106            |
| Sliač              | Chopok             | dolina - hrebeň | 1692        | 202       | 8,8  | 75             |
| Kremnické Bane     | Chopok             | svah - hrebeň   | 1247        | 159       | 6,9  | 71             |
| Telgárt            | Chopok             | svah - hrebeň   | 1104        | 175       | 7,6  | 88             |
| Štós-kúpele        | Lom nad Rimavicou  | svah - hrebeň   | 438         | 385       | 16,7 | 191            |

išlo o profil typu svah - hrebeň. V prípade profilu Kremnické Bane - Chopok môžeme vidieť, že vo vyšších nadmorských výškach (meteorologická stanica Kremnické Bane – 758 m n.m.) sa teplotné inverzie nevytvárajú tak často. Inverzie sa vytvárajú predovšetkým v dolinách a kotlinách, preto sa na tomto profile nevyskytol taký veľký počet inverzných dní. Podobným zastúpením je významný aj profil Telgárt - Chopok (175 inverzných dní; 7,6 % skúmaných dní).

Druhou hodnotenou charakteristikou bol počet inverzných poveternostných situácií za obdobie 1999/2000 – 2017/2018 (konkrétne za mesiace december, január, február a marec), ktorý bol identifikovaný opäť na 52 profiloch. Počet inverzných poveternostných situácií priamo súvisí s počtom inverzných dní.

V sledovanom období sme z vybraných profilov najväčší počet inverzných poveternostných situácií znova zaznamenali na profile Sliač - Turčianske Teplice (340 inverzných poveternostných situácií). Na druhej strane, najmenší počet inverzných poveternostných situácií sme znova zaznamenali na profile Kremnické Bane - Chopok (71 inverzných poveternostných situácií). Počet inverzných dní a počet inverzných poveternostných situácií pre ďalšie vybrané profile je uvedený v Tab. 3.

#### Počet dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia (inverzia, izotermia, normálne)

Tretou hodnotenou charakteristikou bol počet dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia (inverzia, izotermia, normálne zvrstvenie) za obdobie 1999/2000 – 2017/2018 (konkrétne za mesiace december, január, február a marec), ktorý bol identifikovaný znova na 52 profiloch.

Počet dní s inverziou tvoril pomerné zastúpenie od 7 % na profile Kremnické Bane - Chopok do 42 % na profile Sliač - Turčianske Teplice. Väčšie zastúpenie počtu dní s inverziou bolo charakteristické pre profile s menším výškovým rozdielom medzi stanicami (rozdiel do 710 m). Pomerné zastúpenie do 12 % bolo charakteristické pre profile so stanicou Chopok, kde bol výškový rozdiel medzi stanicami vždy väčší ako 1100 m.

Počet dní s izotermiou tvoril vo všetkých vybraných profiloch veľmi malé zastúpenie, maximálne 2,5 % na profile Sliač - Turčianske Teplice.

Vo všetkých profiloch prevažovalo normálne teplotné zvrstvenie, a to od 55 % na profile Sliač - Turčianske Teplice až do 93 % na profile Kremnické Bane - Chopok. Pomerné zastúpenie okolo 90 % bolo charakteristické pre profile so stanicou Chopok, kde bol výškový rozdiel nadmorských výšok medzi stanicami vždy väčší ako 1100 m.

Percentuálne zastúpenie počtu dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia (inverzia, izotermia, normálne zvrstvenie) pre ďalšie vybrané profile je uvedené na Obr. 2.

#### Intenzita inverzie

Štvrtou hodnotenou charakteristikou bola intenzita inverzných dní za obdobie 1999/2000 – 2017/2018 (konkrétne za mesiace december, január, február a marec), ktorá bola identifikovaná opäť na 52 profiloch. Intenzita inverzných dní bola hodnotená pre jednotlivé vybrané typy profilov.

Podľa intenzity inverzie sa na profiloch typu dolina - dolina vyskytli v prevažnej väčšine slabé inverzie (nad 80 %). Stredne silné inverzie sa vyskytli len v okolo 15 % prípadoch a silné inverzie len v 1 % prípadoch. Tieto výsledky sú charakteristické pre profile s výškovým rozdielom do 400 m.

Na profiloch typu dolina - svah sa slabé inverzie vyskytli od 50 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso) do 85 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele). Významne zastúpené boli aj stredne silné inverzie, od 11 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele) do 25 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso). Silné inverzie sa vyskytli od 3 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele) do 13 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso). Mohutné inverzie sa nevyskytli len na profile Sliač - Kremnické Bane. Na profile Poprad - Skalnaté Pleso boli zastúpené všetky typy inverzií (slabé až mimoriadne mohutné).

Na profiloch typu svah - hrebeň sa slabé inverzie vyskytli od 61 % prípadov (profil Kremnické Bane - Chopok) do 71 % prípadov (profil Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou). Významne zastúpené boli aj stredne silné inverzie, od 20 % prípadov (profil Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou) do 25 % prípadov (profil Telgárt - Chopok). Silné inverzie sa vyskytli od 5 % prípadov (profil Telgárt - Chopok) do 13 % prípadov (profil Kremnické Bane - Chopok). Mohutné inverzie tvorili len od 1 % prípadov (profil Štós-kúpele -



Lom nad Rimavicou) do 3 % prípadov (profil Kremnické Bane - Chopok). Mimoriadne mohutné inverzie sa vyskytli len na profile Kremnické Bane - Chopok.

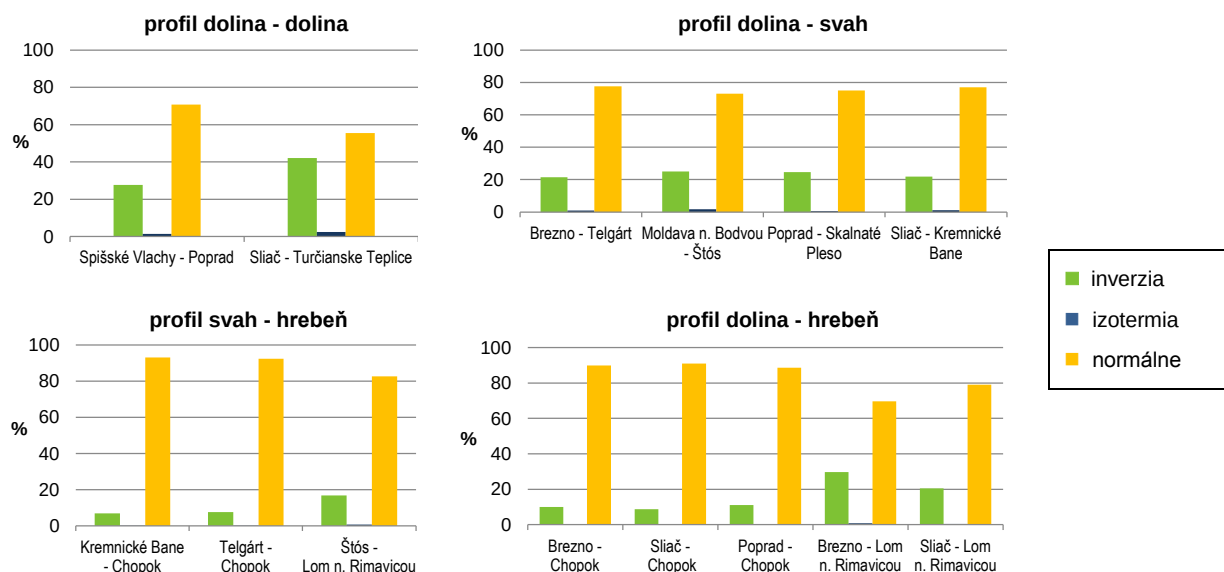
Na profiloch typu dolina - hrebeň sa slabé inverzie vyskytli od 46 % prípadov (profil Brezno - Chopok) do 68 % prípadov (profil Brezno - Lom nad Rimavicou). Stredne silné inverzie sa vyskytli od 20 % prípadov (profil Brezno - Lom nad Rimavicou) do 29 % prípadov (profil Brezno - Chopok). Silné inverzie sa vyskytli od 9 % prípadov (profil Brezno - Lom nad Rimavicou) do 17 % prípadov (profil Brezno - Chopok). Mohutné inverzie tvorili len od 3 % prí-

padov (profil Brezno - Lom nad Rimavicou) do 7 % prípadov (profil Brezno - Chopok a profil Poprad - Chopok). Mimoriadne mohutné inverzie sa vyskytli len do 1,5 % prípadov (profil Sliač - Chopok).

Na všetkých profiloch typu dolina - hrebeň boli zastúpené všetky typy inverzií (slabé až mimoriadne mohutné). Tieto výsledky sú charakteristické pre profily s výškovým rozdielom nad 1000 m, kde môžu v niektorých prípadoch vznikajú rozsiahle inverzie, ktoré sú často krát aj dlhotrvajúce. Percentuálne zastúpenie inverzií podľa ich intenzity pre ďalšie vybrané profily je uvedené na Obr. 3.

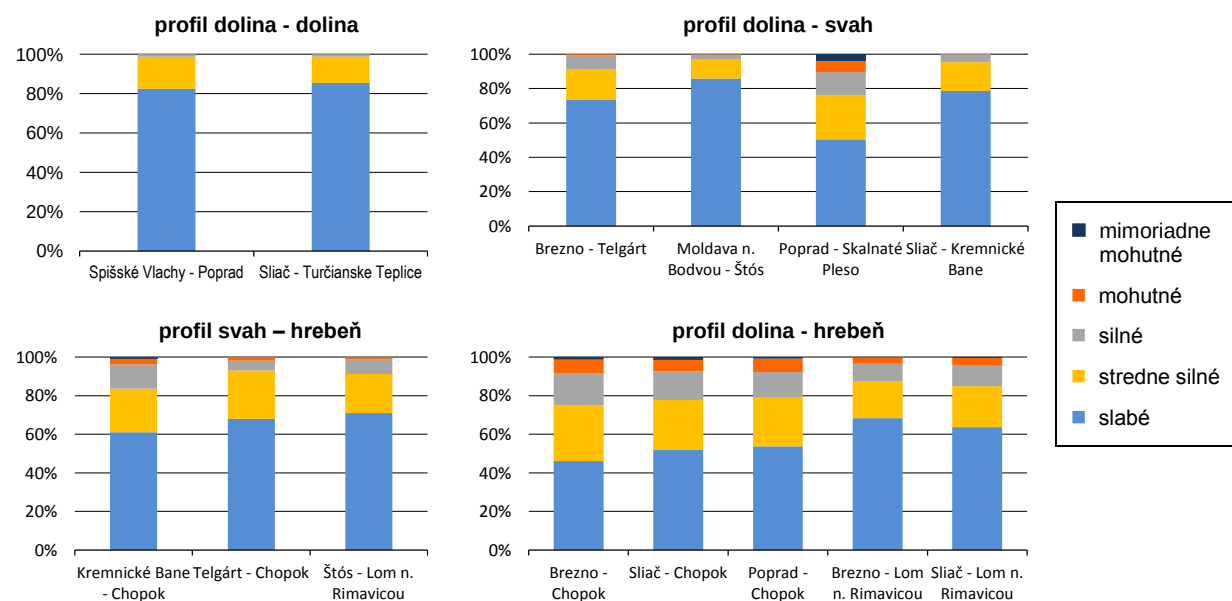
**Obrázok 2. Percentuálne zastúpenie dní s inverziou, izotermiou a normálnym zvrstvením pre vybrané profily.**

Figure 2. Percentage of days with inversion, isothermia and normal stratification for selected profiles.



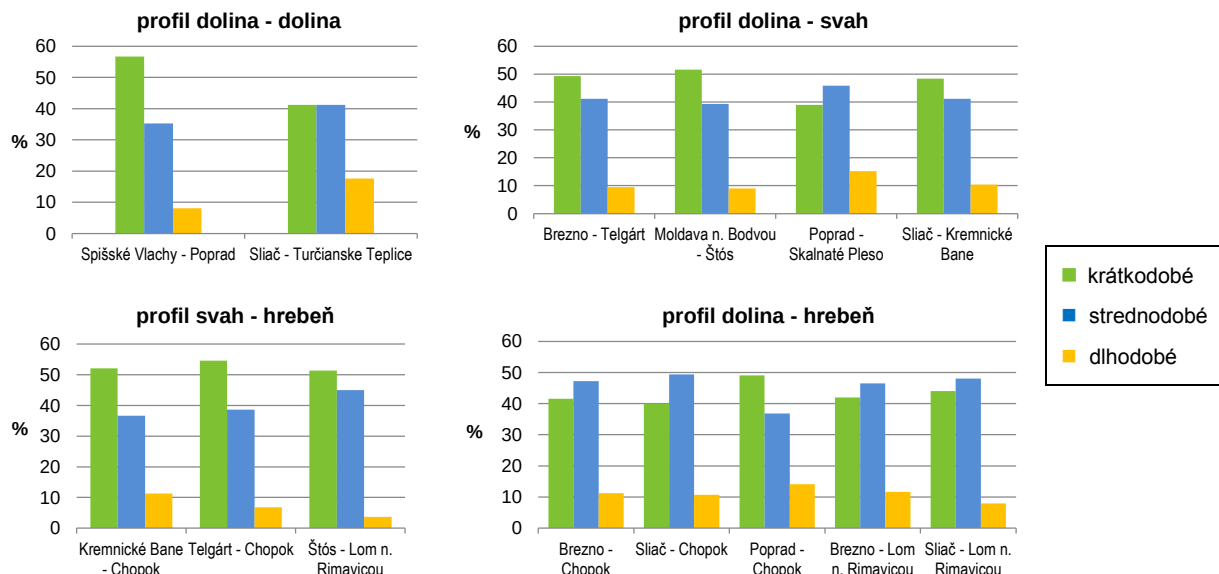
**Obrázok 3. Percentuálne zastúpenie inverzií podľa ich intenzity podľa Petroviča (1953, 1967) pre vybrané profily.**

Figure 3. Percentage of inversions according to their intensity according to Petrovič (1953, 1967) for selected profiles.



**Obrázok 4. Percentuálne zastúpenie inverzií podľa ich trvania podľa Petroviča (1953, 1967), upravené pre denné údaje pre vybrané profily.**

Figure 4. Percentage of inversions according to their duration according to Petrovič (1953, 1967), adjusted for daily data for selected profiles.



## Dĺžka trvania inverzie

Piatou hodnotenou charakteristikou bola dĺžka trvania inverzných dní za obdobie 1999/2000–2017/2018 (konkrétne za mesiace december, január, február a marec), ktorá bola identifikovaná znova na 52 profiloch. Dĺžka trvania inverzných dní bola hodnotená pre jednotlivé vybrané typy profilov.

Podľa dĺžky trvania inverzie sa na profiloch typu dolina - dolina vyskytli krátkodobé inverzie v 57 % prípadoch na profile Spišské Vlachy - Poprad a v 41 % prípadoch na profile Sliač - Turčianske Teplice. Strednodobé inverzie sa vyskytli v 35 % prípadoch na profile Spišské Vlachy - Poprad a znova v 41 % prípadoch na profile Sliač - Turčianske Teplice. Najmenšie pomerné zastúpenie tvorili dlhodobé inverzie, 8 % prípadov na profile Spišské Vlachy - Poprad a 18 % prípadov na profile Sliač - Turčianske Teplice. Na základe týchto výsledkov môžeme konštatovať, že v Zvolenskej kotline sa vyskytujú dlhšie trvajúce inverzné poveternostné situácie v porovnaní s Hornádkou kotlinou.

Na profiloch typu dolina - svah sa krátkodobé inverzie vyskytli od 39 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso) do 52 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele). Významne zastúpené boli aj strednodobé inverzie, od 39 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele) do 46 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso). Dlhodobé inverzie sa vyskytli od 9 % prípadov (profil Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele) do 15 % prípadov (profil Poprad - Skalnaté Pleso).

Na profiloch typu svah - hrebeň sa krátkodobé inverzie vyskytli v okolo 50 % prípadoch. Významne zastúpené boli aj strednodobé inverzie, od 37 % prípadov (profil Kremnické Bane - Chopok) do 45 % prípadov (profil Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou). Dlhodobé inverzie sa

vyskytli od 4 % prípadov (profil Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou) do 11 % prípadov (profil Kremnické Bane - Chopok).

Na profiloch typu dolina - hrebeň sa krátkodobé inverzie vyskytli od 40 % prípadov (profil Sliač - Chopok) do 49 % prípadov (profil Poprad - Chopok). Významne zastúpené boli aj strednodobé inverzie, od 37 % prípadov (profil Poprad - Chopok) do 49 % prípadov (profil Sliač - Chopok). Dlhodobé inverzie sa vyskytli od 8 % prípadov (profil Sliač - Lom nad Rimavicou) do 14 % prípadov (profil Poprad - Chopok).

Na základe výsledkov môžeme konštatovať, že počet strednodobých inverzií vo väčšine prípadov narastal so zvyšujúcim sa výškovým rozdielom medzi stanicami. Vo všeobecnosti boli najmenej zastúpené dlhodobé inverzie, od 4 % na profile Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou do 18 % na profile Sliač - Turčianske Teplice. Percentuálne zastúpenie inverzií podľa ich trvania pre ďalšie vybrané profily je uvedené na Obr. 4.

## Maximálne intenzity inverzných dní a maximálne dĺžky trvania inverzných dní

V rámci hodnotenia inverzií z hľadiska intenzity sme zaznamenali aj maximálne intenzity inverzných dní, maximálne intenzity inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky, priemerné intenzity inverzných dní a priemerné intenzity inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky vo všetkých vybraných profiloch. Hodnoty týchto charakteristík pre všetky vybrané profily sú uvedené v Tab. 4. Najvyššie a najnižšie hodnoty sú farebne odlišené.

Najvyššia maximálna intenzita inverzných dní bola identifikovaná na profile Poprad - Skalnaté Pleso (19,1 °C). Najnižšia maximálna intenzita inverzných dní bola identifikovaná na profile Sliač - Turčianske Teplice (8,1 °C).

**Tabuľka 4. Maximálna intenzita inverzných dní [°C]), maximálna intenzita inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky [°C], priemerná intenzita inverzných dní [°C], priemerná intenzita inverzných dní na 100 m nadmorskej výšky [°C], maximálna dĺžka trvania inverzných dní a priemerná dĺžka trvania inverzných dní vo vybraných profiloch.**

Table 4.

Maximum intensity of inverse days [°C], maximum intensity of inverse days at 100 m altitude [°C], average intensity of inverse days [°C], average intensity of inverse days at 100 m altitude [°C], maximum duration of inverse days and the average duration of inverse days in the selected profiles.

| stanica ↓          | stanica ↑          | intenzita |              |         |                 | trvanie |         |
|--------------------|--------------------|-----------|--------------|---------|-----------------|---------|---------|
|                    |                    | max.      | max. / 100 m | priemer | priemer / 100 m | max.    | priemer |
| Spišské Vlachy     | Poprad             | 8,5       | 2,7          | 1,8     | 0,6             | 9       | 2,0     |
| Sliač              | Turčianske Teplice | 8,1       | 3,9          | 1,6     | 0,8             | 18      | 2,9     |
| Sliač              | Kremnické Bane     | 9,0       | 2,0          | 2,0     | 0,4             | 14      | 2,3     |
| Brezno             | Telgárt            | 10,1      | 2,4          | 2,3     | 0,6             | 12      | 2,2     |
| Moldava nad Bodvou | Štós-kúpele        | 10,1      | 2,7          | 1,6     | 0,4             | 11      | 2,1     |
| Poprad             | Skalná Pleso       | 19,1      | 1,8          | 4,0     | 0,4             | 14      | 2,8     |
| Sliač              | Lom nad Rimavicou  | 14,1      | 2,0          | 3,0     | 0,4             | 16      | 2,3     |
| Brezno             | Lom nad Rimavicou  | 12,6      | 2,4          | 2,7     | 0,5             | 16      | 2,6     |
| Brezno             | Chopok             | 12,9      | 0,8          | 4,0     | 0,3             | 13      | 2,6     |
| Poprad             | Chopok             | 16,1      | 1,2          | 3,7     | 0,3             | 13      | 2,4     |
| Sliač              | Chopok             | 13,5      | 0,8          | 3,8     | 0,2             | 13      | 2,7     |
| Kremnické Bane     | Chopok             | 13,3      | 1,1          | 3,1     | 0,2             | 14      | 2,2     |
| Telgárt            | Chopok             | 10,7      | 1,0          | 2,6     | 0,2             | 10      | 2,0     |
| Štós-kúpele        | Lom nad Rimavicou  | 10,8      | 2,5          | 2,4     | 0,5             | 14      | 2,0     |

Najvyššia maximálna intenzita inverzných dní na 100 m bola identifikovaná na profile Sliač - Turčianske Teplice (3,9 °C). Najnižšia maximálna intenzita inverzných dní na 100 m bola identifikovaná na profiloch Brezno - Chopok a Sliač - Chopok (0,8 °C).

Najvyššia priemerná intenzita inverzných dní bola identifikovaná na profiloch Poprad - Skalná Pleso a Brezno - Chopok (4,0 °C). Najnižšia priemerná intenzita inverzných dní bola identifikovaná na profiloch Sliač - Turčianske Teplice a Moldava nad Bodvou - Štós-kúpele (1,6 °C).

Najvyššia priemerná intenzita inverzných dní na 100 m bola identifikovaná na profile Sliač - Turčianske Teplice (0,8 °C). Najnižšia priemerná intenzita inverzných dní na 100 m bola identifikovaná na profiloch Sliač - Chopok, Kremnické Bane - Chopok a Telgárt - Chopok (0,2 °C).

V rámci hodnotenia inverzií z hľadiska dĺžky trvania sme zaznamenali aj maximálne dĺžky trvania inverzných dní a priemerné dĺžky trvania inverzných dní vo všetkých vybraných profiloch. Hodnoty týchto charakteristík pre všetky vybrané profily sú znova uvedené v Tab. 4. Najvyššie a najnižšie hodnoty sú farebne odlišené.

Najvyššia maximálna dĺžka trvania inverzných dní bola identifikovaná na profile Sliač - Turčianske Teplice (18 dní). Najnižšia maximálna dĺžka trvania inverzných dní bola identifikovaná na profile Spišské Vlachy - Poprad (9 dní).

Najvyššia priemerná dĺžka trvania inverzných dní bola identifikovaná na profile Sliač - Turčianske Teplice (takmer 3 dni). Najnižšia priemerná dĺžka trvania inverzných dní bola identifikovaná na profiloch Spišské Vlachy - Poprad, Telgárt - Chopok a Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou (2 dni).

#### Mapové zhodnotenie vybraných charakteristík inverzií

Mapové zhodnotenie teplotných inverzií pre vybrané kotliny záujmového územia na základe počtu inverzných dní, počtu inverzných poveternostných situácií a maximálnej intenzity inverzných dní potvrdilo naše doterajšie výsledky.

Na základe počtu inverzných dní môžeme konštatovať, že najviac inverznou kotlinou je Popradská kotlina

a najmenej inverznou kotlinou je Žiarska kotlina (Obr. 5, mapa hore).

Na základe počtu inverzných poveternostných situácií môžeme konštatovať, že najviac inverznou kotlinou je Popradská kotlina a najmenej inverznými kotlinami sú Žiarska kotlina a Turčianska kotlina (Obr. 5, mapa v strede).

Na základe maximálnej intenzity inverzných dní môžeme konštatovať, že najviac inverznou kotlinou je Popradská kotlina a najmenej inverznými kotlinami sú Žiarska kotlina a Oravská kotlina (Obr. 5, mapa dole).

Vo všeobecnosti sa teda preukázalo, že najviac inverznou kotlinou je Popradská kotlina a najmenej inverznou kotlinou je Žiarska kotlina.

#### Závislosť intenzity inverzie na výšku snehovej pokrývky

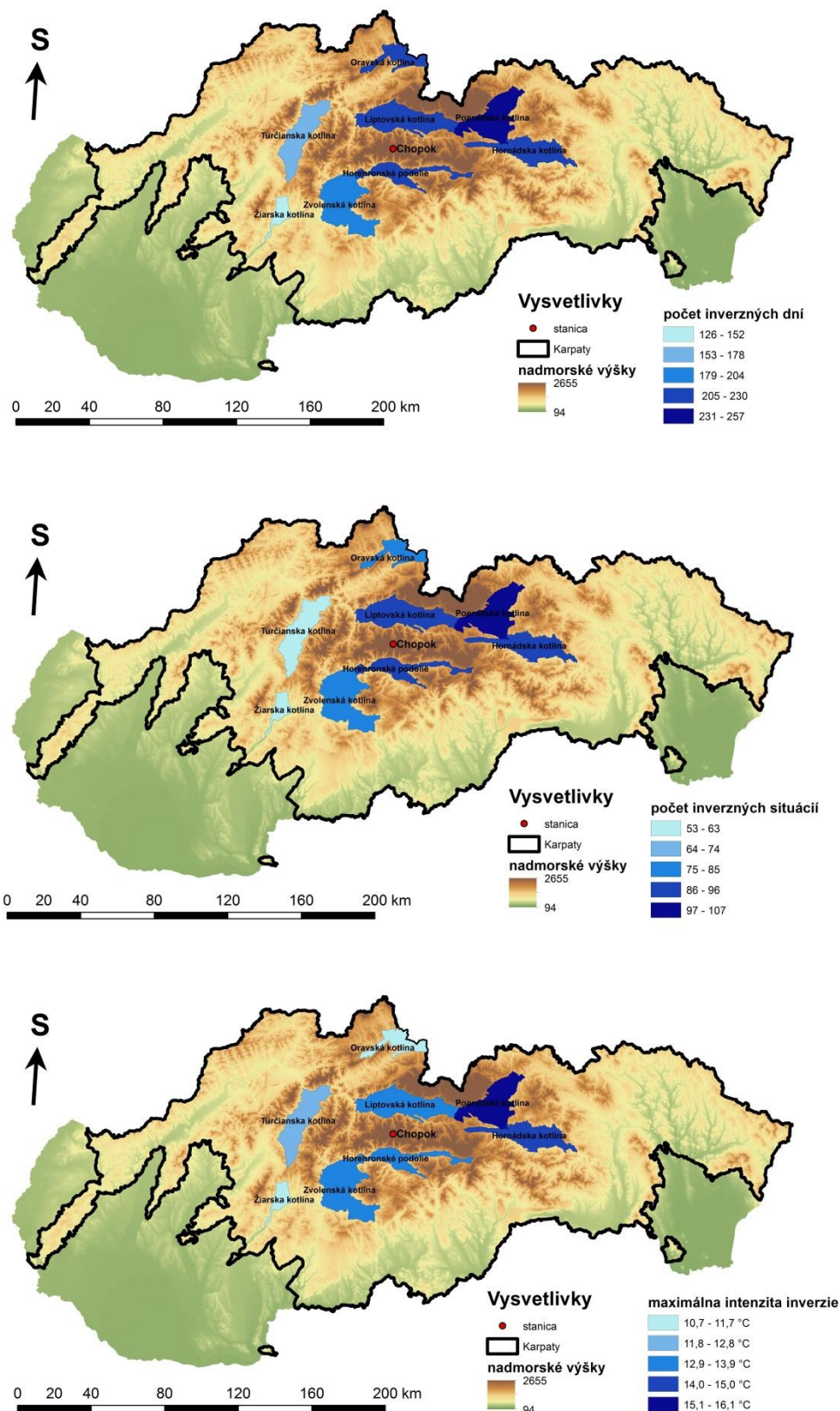
V rámci príspevku bola zhodnotená závislosť intenzity inverzie na výšku snehovej pokrývky. Zhodnotenie bolo vykonané pre 5 vybraných časových období, počas ktorých bola identifikovaná teplotná inverzia počas anticyklonálnej poveternostnej situácie, pričom podstatný bol aj väčší rozdiel úbytkov výšky snehovej pokrývky medzi stanicami. Zhodnotenie prebehlo v týchto vybraných profiloch v týchto vybraných časových obdobiach:

| časové obdobie         | profil                           |
|------------------------|----------------------------------|
| • 6. 2. – 8. 2. 2001   | Brezno - Lom nad Rimavicou,      |
| • 9. 1. – 11. 1. 2002  | Sliač - Chopok,                  |
| • 2. 2. – 3. 2. 2002   | Sliač - Chopok,                  |
| • 4. 2. – 5. 2. 2004   | Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou, |
| • 15. 3. – 17. 3. 2004 | Brezno - Lom nad Rimavicou.      |

Závislosti boli vypočítané pomocou Pearsonovho koeficientu korelácie  $r$  a koeficientu determinácie  $r^2$ . Závisle premennou  $Y$  bola výška snehovej pokrývky a nezávisle premennou  $X$  bola intenzita inverzie. Na základe výpočtu podľa funkcií programu Microsoft Office Excel boli zistené nasledujúce hodnoty závislostí (Tab. 5). Pre závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky bol vytvorený graf bodovej závislosti  $XY$  pre jednotlivé obdobia výskumu (Obr. 6).

**Obrázok 5. Počet inverzných dní (hore), počet inverzných poveternostných situácií (v strede) a maximálna intenzita inverzie (dole) vo vybraných kotlinách Karpát vzhľadom na stanicu Chopok za obdobie 1999 – 2018 v mesiacoch december, január, február a marec.**

Figure 5. Number of inversion days (up), number of inverse weather situations (in the middle) and maximum inversion intensity (down) in selected Carpathian basins considering to the station Chopok for the period 1999 – 2018 in December, January, February and March.





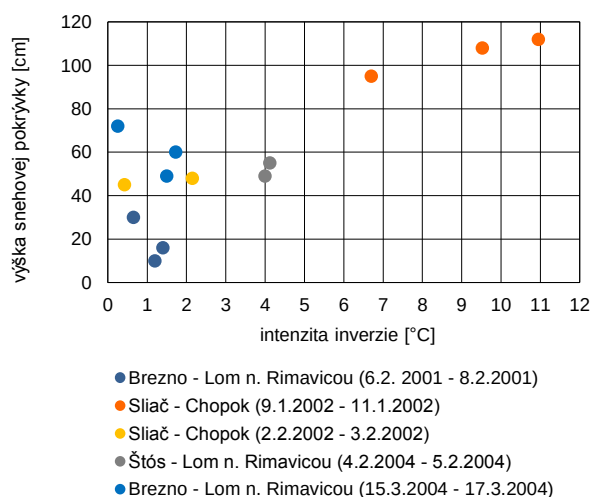
**Tabuľka 5. Hodnoty závislosti pre vybrané časové obdobia na vybraných profiloch.**

Table 5. Dependency values for selected time periods on selected profiles.

| stanica ↓   | stanica ↑        | r     | r <sup>2</sup> |
|-------------|------------------|-------|----------------|
| Brezno      | Lom n. Rimavicou | -0,85 | 72,05          |
| Sliač       | Chopok           | 0,99  | 98,82          |
| Sliač       | Chopok           | 1     | 100            |
| Štós-kúpele | Lom n. Rimavicou | 1     | 100            |
| Brezno      | Lom n. Rimavicou | -0,80 | 64,28          |

**Obrázok 6. Štatistická lineárna závislosť intenzity inverzie na výšku snehovej pokrývky vo vybraných profiloch pre zvolené časové obdobia výskumu.**

Figure 6. Statistical linear dependence of inversion intensity on the depth of snow cover in selected profiles for selected research time periods.



Pre obdobie 6.2.2001–8.2.2001 na profile Brezno - Lom nad Rimavicou bola hodnota závislosti -0,85, teda silná nepriama lineárna závislosť, hodnoty boli závislé na 72 %. Pre obdobie 9.1.2002–11.1.2002 na profile Sliač - Chopok bola hodnota závislosti 0,99, teda silná priama lineárna závislosť, hodnoty boli závislé na 99 %. Pre obdobie 2.2.2002–3.2.2002 na profile Sliač - Chopok bola hodnota závislosti 1, teda silná priama lineárna závislosť, hodnoty boli závislé na 100 %. Pre obdobie 4.2.2004–5.2.2004 na profile Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou bola hodnota závislosti 1, teda silná priama lineárna závislosť, hodnoty boli závislé na 100 %. Pre obdobie 15.3.2004–17.3.2004 na profile Brezno - Lom nad Rimavicou bola hodnota závislosti -0,80, teda silná nepriama lineárna závislosť, hodnoty boli závislé na 64 %. Pri jednotlivých skúmaných obdobiach sme kládli dôraz aj na detailnú analýzu obdobia predtým.

Počas obdobia 6.2.2001–8.2.2001, kedy bola na profile Brezno - Lom nad Rimavicou identifikovaná silná nepriama lineárna závislosť, bola zaznamenaná kladná priemerná teplota vzduchu na obidvoch staniách. Teplotná inverzia sa pred týmto obdobím nevyskytla, priemerná

teplota vzduchu na obidvoch staniách bola záporná, sneh bol čerstvo napadnutý.

Počas obdobia 9.1.2002–11.1.2002, kedy bola na profile Sliač - Chopok identifikovaná silná priama lineárna závislosť, bola zaznamenaná kladná priemerná teplota vzduchu na stanici Chopok a záporná priemerná teplota vzduchu na stanici Sliač. Teplotná inverzia sa pred týmto obdobím vyskytla, priemerná teplota vzduchu na obidvoch staniách bola záporná, sneh bol uľahnúty.

Počas obdobia 2.2.2002–3.2.2002, kedy bola na profile Sliač - Chopok identifikovaná silná priama lineárna závislosť, bola zaznamenaná kladná priemerná teplota vzduchu na stanici Chopok a záporná priemerná teplota vzduchu na stanici Sliač. Teplotná inverzia sa pred týmto obdobím nevyskytla, priemerná teplota vzduchu na stanici Chopok bola záporná a na stanici Sliač kladná, sneh bol uľahnúty.

Počas obdobia 4.2.2004–5.2.2004, kedy bola na profile Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou identifikovaná silná priama lineárna závislosť, bola zaznamenaná kladná priemerná teplota vzduchu na obidvoch staniách. Teplotná inverzia sa pred týmto obdobím vyskytla, priemerná teplota vzduchu na obidvoch staniách bola kladná, sneh bol uľahnúty.

Počas obdobia 15.3.2004–17.3.2004, kedy bola na profile Brezno - Lom nad Rimavicou identifikovaná silná nepriama lineárna závislosť, bola zaznamenaná kladná priemerná teplota vzduchu na obidvoch staniách. Teplotná inverzia sa pred týmto obdobím nevyskytla, priemerná teplota vzduchu na stanici Lom nad Rimavicou bola záporná a na stanici Brezno kladná, sneh bol čerstvo napadnutý.

Na základe týchto výsledkov môžeme vo všeobecnosti konštatovať, že v prípade vybraných časových období sme identifikovali silnú priamu lineárnu závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky v tých prípadoch, kedy bol sneh uľahnúty a silnú nepriamu lineárnu závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky sme identifikovali v tých prípadoch, kedy bol sneh čerstvo napadnutý.

## ZÁVER

Vplyv teplotných inverzií na počasie sa prejavuje aj v klimatických podmienkach Slovenska. Teplotné inverzie menia zákonitosti zmeny teploty vzduchu s nadmorskou výškou. Výsledky tohto príspevku preto prispeli k rozšíreniu poznatkov o klimatických podmienkach na Slovensku. Cieľom tohto príspevku bolo analyzovať vplyv teplotných inverzií na výšku snehovej pokrývky v slovenských Karpatoch. Závislosť bola skúmaná na základe denných údajov o priemernej dennej teplote vzduchu a denných údajov o výške snehovej pokrývky. Tieto údaje boli analyzované pre obdobie rokov 1999–2018, konkrétne za mesiace december, január, február a marec (obdobie december 1999–marec 2018), pre 21 vybraných meteorologických staníc na území Slovenska.

V príspevku je interpretovaný počet inverzných dní, počet inverzných poveternostných situácií a počet dní s jednotlivými typmi teplotného zvrstvenia. Klasifikovaná



je tiež intenzita inverzie a dĺžka trvania inverzie. Najväčší počet inverzných dní bol zaznamenaný na profile Sliač - Turčianske Teplice (970 inverzných dní; 42,1 % skúmaných dní). Naopak, najmenší počet inverzných dní bol zaznamenaný na profile Kremnické Bane - Chopok (159 inverzných dní; 6,9 % skúmaných dní). Najväčší počet inverzných poveternostných situácií bol znova zaznamenaný na profile Sliač - Turčianske Teplice (340 inverzných poveternostných situácií). Naopak, najmenší počet inverzných poveternostných situácií sme znova zaznamenali na profile Kremnické Bane - Chopok (71 inverzných poveternostných situácií). V sledovanom období tvorili inverzné dni 7 až 40 % zastúpenie. Počet dní s izotermiou bol vo všetkých vybraných profiloch len málo zastúpený, maximálne okolo 2–3 %. Normálne teplotné zvrstvenie prevládalo vo všetkých vybraných profiloch.

Intenzita inverzných dní bola hodnotená v jednotlivých vybraných profiloch. Slabé inverzie prevažovali na všetkých typoch profilov, ale väčšinové zastúpenie mali len v profiloch typu dolina - dolina. Na profiloch typu dolina - hrebeň boli zastúpené všetky typy inverzií (slabé až mimoriadne mohutné). Taktiež bola hodnotená dĺžka trvania inverzných dní v jednotlivých vybraných profiloch. Vo väčšine profiloch prevažovali krátkodobé inverzie. Počet strednodobých inverzií vo väčšine prípadov narastal so zväčšujúcim sa výškovým rozdielom medzi stanicami. Najmenej zastúpené boli dlhodobé inverzie.

Mapové zhodnotenie teplotných inverzií na základe počtu inverzných dní, počtu inverzných poveternostných situácií a maximálnej intenzity inverzných dní preukázalo, že na sledovanom území je najviac inverznou kotlinou Popradská kotlina a najmenej inverznou kotlinou je Žiarska kotlina.

V rámci príspevku bola zistená priama lineárna závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky na profile Sliač - Chopok ( $r = 0,99$  a  $r = 1$ ) a na profile Štós-kúpele - Lom nad Rimavicou ( $r = 1$ ). Nepriama lineárna závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky bola zaznamenaná na profile Brezno - Lom nad Rimavicou ( $r = -0,85$  a  $r = -0,80$ ). Na základe ďalšieho detailnejšieho skúmania môžeme vo všeobecnosti konštatovať, že vo vybraných časových obdobiach sme identifikovali silnú priamu lineárnu závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky v tých prípadoch, kedy bol sneh uľahnutý a silnú nepriamu lineárnu závislosť medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky sme identifikovali v tých prípadoch, kedy bol sneh čerstvo napadnutý.

Problematike teplotných inverzií v spojení so snehovou pokrývkou sa okrem iných venovali v zahraničí Kirchner et al. (2013), ako aj Hiebl a Schöner (2018).

Kirchner et al. (2013) analyzovali vertikálnu teplotnú štruktúru v oblasti Garmisch-Partenkirchen medzi údolím rieky Loisach a najvyšším vrchom Nemecka (Zugspitze, 2962 m n.m.). Autori zistili, že sa na skúmanom území v posledných desaťročiach zvýšila teplota vzduchu. Okrem iného v rámci tejto štúdie tiež zistili, že snehová pokrývka nemala výrazný vplyv na vertikálne rozloženie teploty. Do ďalšieho výskumu autori navrhujú zahrnúť aj údaje o vetre, vlhkosti vzduchu a oblačnosti.

Hiebl a Schöner (2018) analyzovali priestorové rozloženie, sezónne variácie a časové trendy teplotných inverzií, v Rakúsku, v období 1961–2017. Autori zistili, že výskyt teplotných inverzií sa v priebehu obdobia znížil o 11 %. V rámci práce bolo dokázané, že inverzné parametre korelujú s tlakom vzduchu a trvaním slnečného svitu. Autori však konštatujú, že nezistili žiadny vzťah medzi inverznými parametrami a trvaním snehovej pokrývky ( $r = -0,05$  a  $0,14$ ). Tieto výsledky sú v súlade s výsledkami Kirchnera et al. (2013), ktorý tiež nezistil žiadny významný vplyv snehovej pokrývky na rozloženie teploty vzduchu v sledovanom údolí. Autori sa domnievajú, že synoptická dynamika špecifických regiónov a špecifických mesiacov sa zdá byť príliš zložitá na vytvorenie jednoduchých štatistických vzťahov. Okrem iného tiež zistili, že otepľovanie v nižších nadmorských výškach v decembri a januári môže v budúcnosti spôsobiť problémy pre zimnú turistiku v Alpách.

Výsledky spomínaných autorov sa z časti zhodujú aj s výsledkami nášho výskumu. V rámci skúmania závislosti intenzity inverzie na výške snehovej pokrývky sme dosiahli aj hodnoty významnej korelácie, ale výskum by si vyžadoval viacero takýchto výsledkov. Hodnoty korelácie boli taktiež v rámci nášho výskumu veľmi rôznorodé. Preto sa domnievame, že medzi intenzitou inverzie a výškou snehovej pokrývky môže byť významný iný typ závislosti, ako lineárna závislosť na základe Pearsonovho koeficientu korelácie, ktorá bola použitá v rámci nášho výskumu.

Pri ďalšom výskume v tejto problematike by sme radi skúmané obdobie rozšírili minimálne na 30 rokov. Počas práce sme mali pocit, že pri identifikácii inverzných dní sme mohli stratiť niektoré výrazné ranné inverzie teploty vzduchu, ktoré z hľadiska priemernej teploty vzduchu nemohli byť identifikované. Preto by sme v budúcnosti chceli rozšíriť hodnotenie teplotných inverzií aj podľa termínových pozorovaní hodnôt teploty vzduchu, ako aj maximálnej a minimálnej teploty vzduchu. Do ďalšieho výskumu plánujeme zahrnúť aj poveternostné situácie, prípadne aj hodnoty rýchlosti a smeru vetra, hodnoty vlhkosti a tlaku vzduchu, či dĺžku trvania slnečného svitu.

## LITERATÚRA

- Bulygina, O.N.–Razuvaev, V.N.–Korshunova, N.N., 2009, *Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades. Environmental Research Letters* [online]. Vol. 4, Nr. 4, 6 s. [cit 2017-10-12]. ISSN 1748-9326. Dostupné na: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/4/4/045026/pdf>>
- Fiema, A., 2008, *Changes of snow coverage in selected synoptical situations in the period 1966/67–1995/96. Meteorologický časopis. Roč. 11, č. 1–2*, 31–37. ISSN 1335-339X.
- Hiebl, J.–Schöner, W., 2018, *Temperature inversion in Austria in a warming climate - changes in space and time. Meteorologische Zeitschrift. Vol. 27, No. 4*, 309–323.
- Hogan, A.–Ferrick, M., 1997, *Winter morning air temperature. Journal of Applied Meteorology. Vol 36*, 52–69.
- Kirchner, M. et al., 2013, *Altitudinal temperature lapse rates in an Alpine valley: trends and the influence of season and weather patterns. International Journal of Climatology 33*, 539–555.

- Konček, M.–Briedoň, V., 1964, *Sneh a snehová pokrývka na Slovensku*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV. 76 s.
- Lukniš, M.–Plesník, P., 1961, *Nížiny, kotliny a pohoria Slovenska*. Bratislava: Osveta, 1961. 140 s.
- Nechaj, P., 2015, *Maximálna výška celkovej snehovej pokrývky v povodiach riek severozápadného a západného Slovenska v období 1981/82 – 2010/11*. *Meteorologický časopis*. Roč. 18, č. 1, 15 – 24. ISSN 1335-339X.
- Petrovič, Š., 1953, *Inverzie pod Vysokými Tatrami*. *Meteorologické zprávy*. Roč. 6, č. 5, 123 – 129.
- Petrovič, Š., 1967, *Teplotné inverzie v dolinách pod Tatrami*. *Meteorologické zprávy*. Roč. 20, č. 1, 19 – 24.
- Siman, C.–Polčák, N., 2017, *Vplyv kontinentality podnebia na vybrané charakteristiky snehovej pokrývky na Slovensku v období rokov 1981/1982 – 2010/11*. *Meteorologický časopis*. Roč. 20, č. 1, 11 – 18. ISSN 1335-339X.
- Šamaj, F.–Valovič, Š., 1988, *Snehové pomery na Slovensku*. *Zborník prác SHMÚ*, Zv. 14/ III. Bratislava: Alfa. 128 s.
- Typy poveternostných situácií [online]. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. Dostupné na: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=8>>.
- Vitasse, Y. et al., 2018, *Intensity, frequency and spatial configuration of winter temperature inversions in the closed La Brevine valley, Switzerland*. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 130. No. 3 – 4, 1073 – 1083.
- Vojtek, M., 2010, *Climate trends of snow cover in mountainous regions of Slovakia*. *Meteorologický časopis*. Roč. 13, č. 2 – 3, 57 – 61. ISSN 1335-339X.
- Whiteman, D.C. et al., 2004, *Inversion breakup in small Rocky Mountain and Alpine basins*. *Journal of Applied Meteorology*. Vol. 43, 1069 – 1082.
- Wielke, L.M.–Haimberger, L.–Hantel, M., 2004, *Snow cover duration in Switzerland compared to Austria*. *Meteorologische Zeitschrift* [online]. Vol. 13, No. 1, 13 – 17. ISSN 0941-2948. Dostupné na: <http://www.accc.gv.at/pdf/Wielke.pdf>.



# PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA MEZOCYKLONÁLNEHO TORNÁDA V GEMERSKEJ VSI

MIROSLAV ŠINGER

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava  
Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava

*An F1 tornado occurred on 5 October 2020 in the village of Gemerská Ves. Due to the large number of observations from local residents, media and civil protection, it was possible to describe the development of events. The tornado caused damage in a quite small area. The radar confirmed the association of the tornado with the supercell's mesocyclone. It formed on the convergence line in the environment of moderate instability and strong vertical wind shear. It formed in moderate instability in strongly vertical wind shear environment on the convergence line. Vertical wind shear in the lower troposphere was also affected by local orography, which could be another factor contributing to the tornadogenesis. The high-resolution NWP model was used for more detailed analysis.*

*Na juhu stredného Slovenska sa v obci Gemerská Ves vyskytlo 5. októbra 2020 tornádo F1. Vďaka veľkému množstvu záznamov od miestnych obyvateľov, médií, ako aj štátnych zložiek, bolo možné dostatočne presne popísať vývoj udalosti. Tornádo spôsobilo málo rozsiahle škody. Rádiolokátorom bol potvrdený súvis tornáda s mezocyklónou supercely. Sformovalo sa pri miernej instabilite v prostredí so silným vertikálnym strihom vetra na čiare konvergencie. Vertikálny strih vetra bol v dolnej troposfére ovplyvnený aj miestnou orografiou, čo mohol byť ďalší z faktorov podporujúci tornádogenezu. Pre podrobnejšiu analýzu sme využili numerický model ALADIN s vysokým rozlíšením.*

**Key words:** tornado, supercell, vertical wind shear, orography, convergence line, high-resolution NWP modelling

## ÚVOD

Tornádo je lokálny, krátkotrvajúci, a na Slovensku aj mimoriadne zriedkavý jav. Doposiaľ existuje len niekoľko zdokumentovaných prípadov z územia Slovenska. Pred októbrom 2020 sa naposledy vyskytlo 3. 10. 2018 v obci Lekárovce s intenzitou F1 (Šinger, 2018). V tomto prípade bol vôbec prvý raz na Slovensku potvrdený súvis tornáda s mezocyklónou supercely. V oblasti došlo k lokálnemu zvýšeniu vertikálneho strihu vetra a helicity predovšetkým v spodných hladinách troposféry, čo mohlo byť dôsledkom práve interakcie miestnej orografie s prúdením (Šinger a Púčík, 2020).

Takmer presne po dvoch rokoch sa situácia s mezocyklonálnym tornádom na Slovensku zopakovala. 5. októbra 2020 bolo krátko po 14:00 UTC pozorované tornádo v obci Gemerská Ves, kde spôsobilo lokálne škody na majetkoch a porastoch. Škody však boli rozsahom menšie v porovnaní s tornádom v Lekárovciach, pretože zasiahnutá obývaná časť bola podstatne menšia. K zraneniam obyvateľov nedošlo.

Podmienky, ktoré viedli k vzniku mezocyklonálneho tornáda, boli vzhľadom na ročnú dobu mimoriadne, pričom boli zvýraznené aj vplyvom orografie. Podmienkam je venovaná prvá časť článku, druhá popisuje vývoj a spôsobené škody.

V analyzovaný deň sme nad územím Slovenska a v okolí zaznamenali oblasti s ešte vyššou instabilitou ako na Gemeri a súčasne aj so silným vertikálnym strihom vetra. To viedlo k nebezpečným konvektívnym javom aj inde ako na Gemeri. Približne v čase výskytu tornáda v Gemerskej Vsi vzniklo na Zemplíne niekoľko silných superce-

lárnych búrok. Jedna z nich v obci Jasenovce priniesla mimoriadne veľké krúpy s priemerom až 7 cm (Šinger, 2020). Výskyt takto veľkých krúp je na Slovensku v jesennom období veľmi vzácny, ich početnosť je dokonca nižšia ako výskyt tornád, keďže v chladnom polroku sa vyskytli vôbec prvý raz za posledných 14 rokov (Šinger a Dlhoh, 2019), no tornáda sú začiatkom októbra známe už dve.

## METODIKA

Pri analýze podmienok sme vychádzali zo staničnej siete profesionálnych staníc a rádiolokátorov SHMÚ (Slovenský hydrometeorologický ústav) Španí laz v nadmorskej výške 619 m n.m. (SL) a Kojšovská hoľa v nadmorskej výške 1240 m n.m. (KH), využili sme aj aerologickú sondáž Budapešť. Merania zo staničnej siete sme vyhodnocovali jednotlivo, aj hromadne prostredníctvom analýz INCA (Haiden a kol., 2011).

Na dokumentáciu tornáda sme využili fotografie a videá z médií, od náhodných pozorovateľov a snímky z viacerých dronov (Ministerstvo vnútra SR, noviny.sk, rimava.sk).

Pri ďalšej analýze sme využívali numerické modely systému ALADIN (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement InterNational) SHMÚ. Pre popis situácie na synoptickej škále sme používali operatívne dostupný hydrostatický model (Termonia a kol., 2018; Derková a kol., 2017) s horizontálnym rozlíšením 4,5 km (v článku ozn. ALA4). Pre menšiu škálu sme využili experimentálny nehydrostatický model s horizontálnym rozlíšením 1 km (ALA1) nastavený podľa Brožková a kol. (2019). Ďalšie podrobnosti uvádzame v Tab. 1, domény výpočtu modelov sú na Obr. 1.

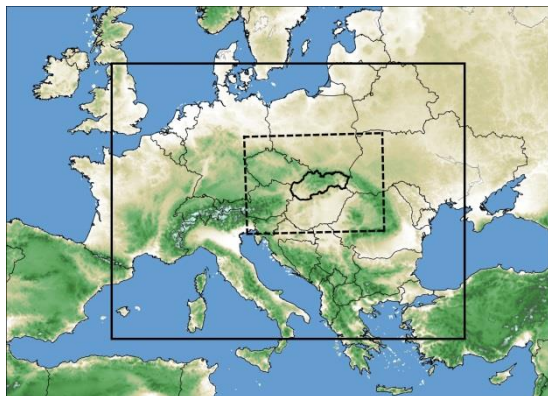
**Tabuľka 1.**  
**Popis numerických**  
**predpovedných modelov**  
**systému ALADIN, SHMÚ.**

**Table 1.**  
**Description of numerical**  
**weather prediction models,**  
**ALADIN, SHMÚ.**

| Popis                   | Operatívny model (ALA4)                                      | Experimentálny model (ALA1)   |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Horizontálne rozlíšenie | 4.5 km                                                       | 1 km                          |
| Počet gridových bodov   | 625 x 576                                                    | 1000 x 720                    |
| Spektrálne rozlíšenie   | 312 x 278 (linear truncation)                                | 499 x 359 (linear truncation) |
| Počet ver. hladín       | 63                                                           | 73                            |
| Dynamika                | Hydrostatická                                                | Nehydrostatická               |
| Fyzika                  | ALARO-1vB                                                    | ALARO-1vB                     |
| Mikrofyzika             | Lopez (2002)                                                 | Lopez (2002)                  |
| Hlboká konvekcia        | 3MT (Gerard, 2009)                                           | 3MT (Gerard, 2009)            |
| Časový krok             | 180 s                                                        | 50 s                          |
| Coupling model          | ARPEGE                                                       | ALA4                          |
| Coupling frequency      | 3 h                                                          | 1 h                           |
| Asimilácia              | Upper-air spectral blending<br>s CANARI a asimilácia povrchu | Dynamical downscaling         |
| Beh modelu              | 5.10.2020, 06:00 UTC                                         | 5.10.2020, 06:00 UTC          |
| Dĺžka predpovede        | 72 h                                                         | 12 h                          |

**Obrázok 1. Domény modelov ALADIN: operatívny**  
**s horizontálnym rozlíšením 4,5 km (čierny obdĺžnik,**  
**ALA4), experimentálny s horizontálnym rozlíšením**  
**1 km (čierny prerušovaný obdĺžnik (ALA1).**

**Figure 1. Model domains, ALADIN: operational ALA4**  
**(black rectangle), experimental ALA1 (black dashed**  
**rectangle).**



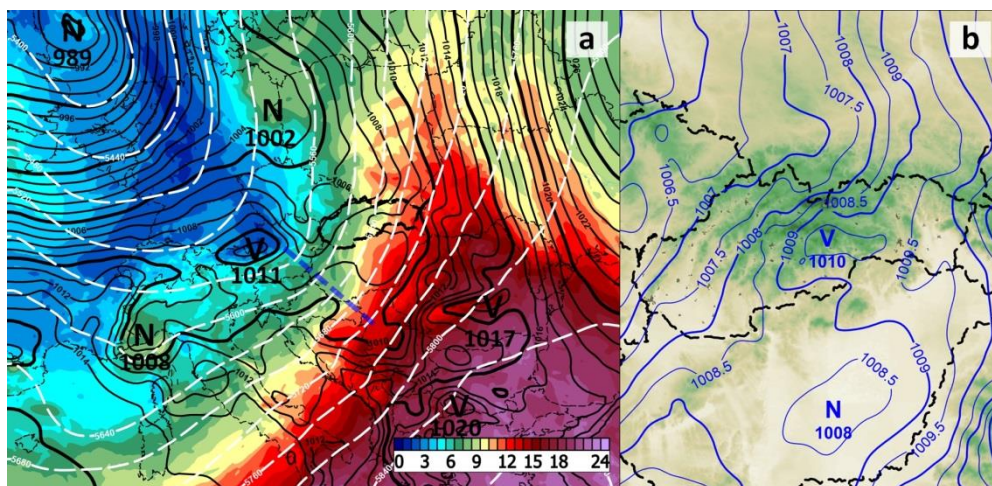
## ANALÝZA SITUÁCIE 5. 10. 2020

Cez Slovensko nad Karpaty, západnú Ukrajinu a Pobaltie prešiel 4. októbra 2020 od juhozápadu studený front spojený s rozsiahlou tlakovou nížou so stredom nad Anglickom. V oblasti sa udržiaval aj 5. októbra a územie Slovenska sa súčasne stále nachádzalo na prednej strane tejto rozsiahlej tlakovej níže. Zároveň popoludní prechádzala ponad Panónsku panvu a Karpaty ďalej na sever výšková brázda zasahujúca do oblasti od severozápadu, na ktorej prednej strane sa vlnil studený front (Obr. 2).

V priebehu dňa postupne zosilnelo južné prúdenie a v Banskobystrickom kraji a na východe Slovenska sme v spodných hladinách troposféry zaznamenali veľmi silnú advekciu vlhkého vzduchu. Teplota rosného bodu stúpala z ranných 7–12 °C na popoludňajších 14–20 °C (Obr. 3 a 4). S advekciou vlhkého vzduchu popoludní vzrástla aj instabilita. CAPE (Convective Available Potential Energy) dosahovala hodnoty 500 až 1200 J·kg<sup>-1</sup>, na Zemplíne lokálne až okolo 2000 J·kg<sup>-1</sup> (Obr. 5). Neskôr popoludní sa vzduch od juhozápadu opäť vysušoval, najvýraznejšie práve na Gemeri, kadiaľ súčasne prešlo aj rozhranie identifikované v prúde (Obr. 3 a 4).

**Obrázok 2. (a) Tlak vzduchu prepočítaný na hladinu mora (čiernie izobary, krok 1 hPa), geopotenciálna výška hladiny 500 hPa**  
**(biele prerušované izočary, krok 40 gpm), teplota v hladine 850 hPa (farebná škála, °C), ALA4, 5.10.2020, beh 06:00 UTC,**  
**predpoveď 12:00 UTC, zvýraznená os brázdy v 500 hPa (modrá prerušovaná čiara), (b) tlak vzduchu prepočítaný na hladinu**  
**mora (krok 0,5 hPa), ALA1, 5.10.2020, beh 06:00 UTC, predpoveď 12:00 UTC.**

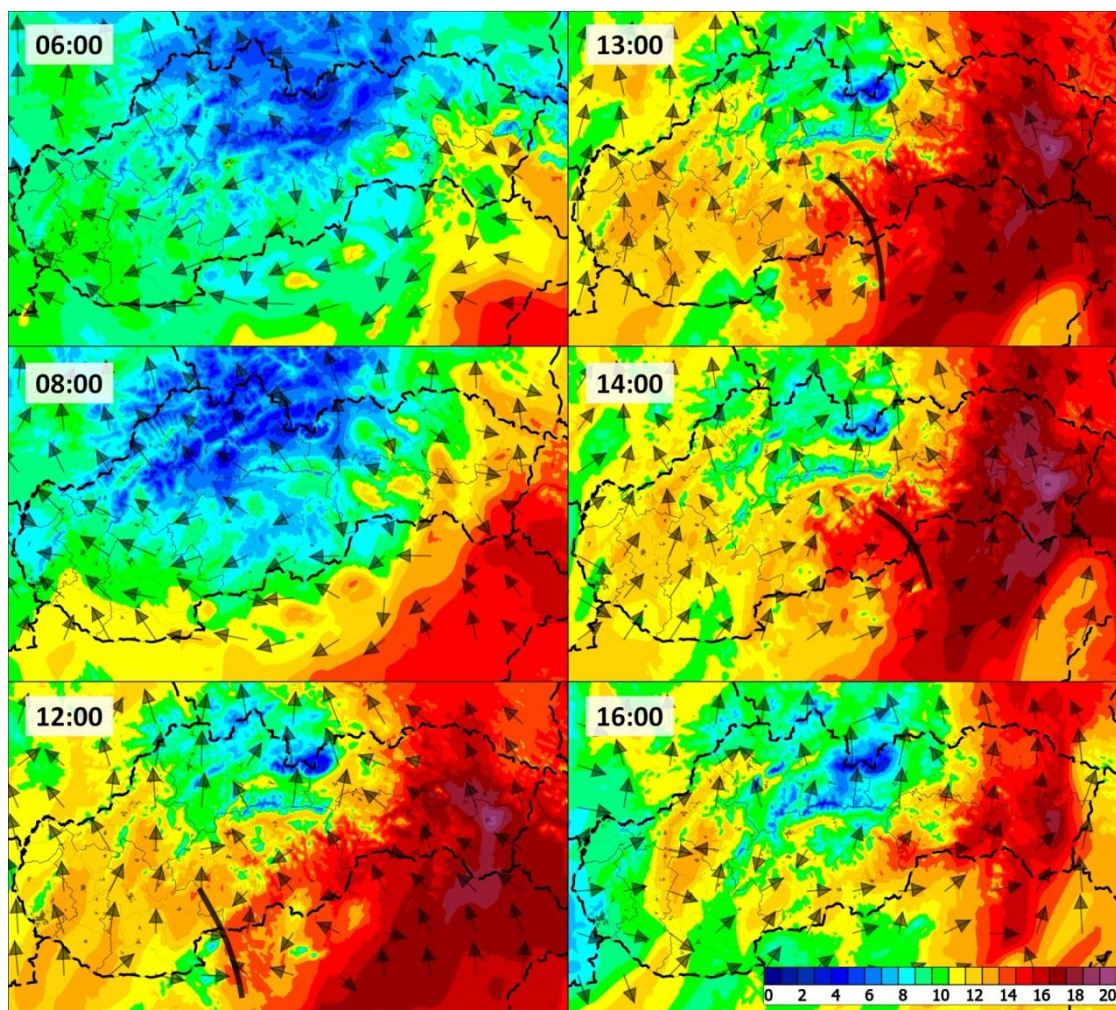
**Figure 2.(a) Mean sea-level pressure (black isolines, step 1 hPa) and geopotential height of 500 hPa (white dashed isolines, step**  
**40 gpm), temperature at 850 hPa (colour scale, °C), ALA4, 5.10.2020, run 06:00 UTC, forecast 12:00 UTC, trough axis 500 hPa**  
**highlighted by blue dashed line, (b) Mean sea-level pressure (step 0.5 hPa), ALA1, 5.10.2020, run 06:00 UTC, forecast 12:00 UTC.**





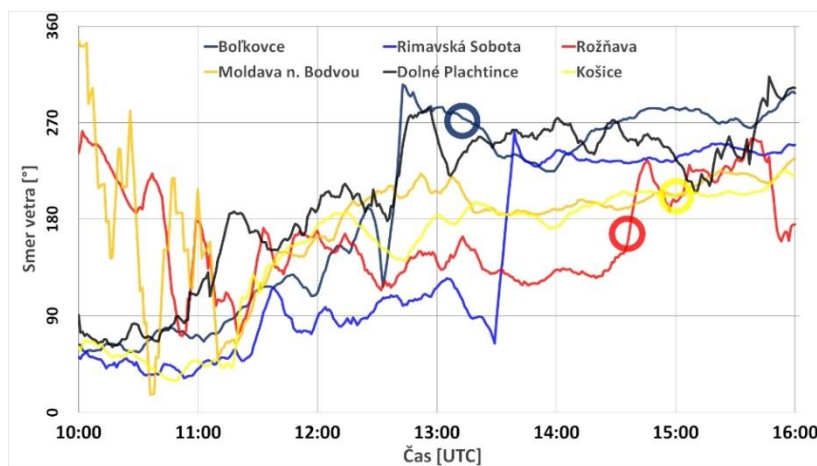
**Obrázok 3.** Teplota rosného bodu vo výške 2 m nad povrchom (farebná škála, °C), vietor vo výške 10 m (šípky), INCA, 5.10.2020, čas v obrázku uvedený v UTC. Advekcia vlhkého vzduchu od juhovýchodu (06–12:00 UTC), postup čiar konvergencie na východ až severovýchod cez Juhoslovenskú kotlinu a okolie (čierna čiara), za ňou pokles vlhkosti (13–16:00 UTC).

Figure 3. Dew-point temperature at 2 m (colour scale, °C), wind at 10 m (arrows), INCA, 5.10.2020, time marked in the figure in UTC. Advection of moist air from the southeast (06–12:00 UTC), progress of the convergence line through Juhoslovenská basin to east-northeast (black line), drop of moisture behind the line (13–16:00 UTC).



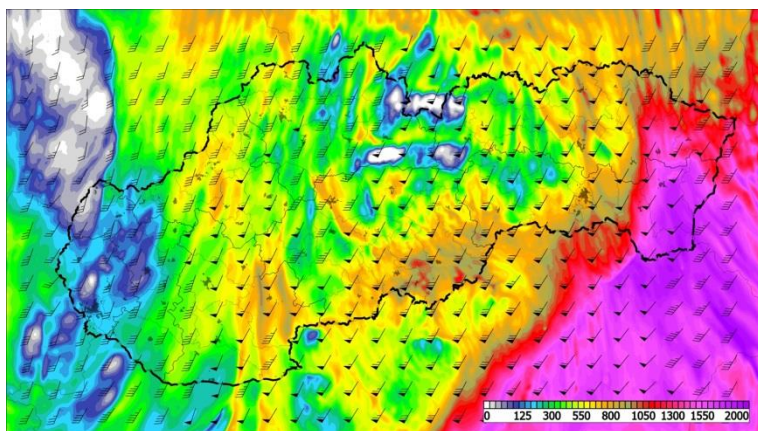
**Obrázok 4.** Časový vývoj smeru vetra (farebné čiary). Zmena smeru vetra po prechode rozhrania (Obr. 3) identifikovaná na staniciach Dolné Plachtince a Boľkovce (po 12:30 UTC), Rimavská Sobota (13:30 UTC) a Rožňava (po 14:30 UTC), stanice Moldava n. Bodvou a Košice zmenu smeru vetra nezaznamenali, začiatok vzostupu tlaku vzduchu vyznačený krúžkami.

Figure 4.  
The change in wind direction after crossing the convergence line (Fig. 3) identified at stations Dolné Plachtince and Boľkovce (after 12:30 UTC), Rimavská Sobota (13:30 UTC) and Rožňava (after 14:30 UTC), stations Moldava n. Bodvou and Košice did not notice a change in wind direction. The beginning of the increase of air pressure (rings) marked by rings.



**Obrázok 5. Vertikálny strih vetra vo vrstve 500 hPa – 10 m nad povrchom (symboly vetra) a CAPE (farebná škála,  $J \cdot kg^{-1}$ ), ALA1, 5.10.2020, beh 06:00 UTC, predpoveď na 12:00 UTC.**

Figure 5. Deep layer shear (windbarbs) and CAPE (colour scale,  $J \cdot kg^{-1}$ ), ALA1, 5.10.2020, run 06:00 UTC, forecast 12:00 UTC.



Popoludní prechádzala cez Slovensko na sever aj plytká tlaková níž identifikovaná vo východnom Maďarsku (Obr. 2b). Rozhranie v Banskobystrickom kraji s ňou však pravdepodobne nesúviselo, pretože začiatok vzostupu tlaku vzduchu po prechode níže sa na dostupných staniách v oblasti nezhodoval so systematickou zmenou smeru vetra po prechode rozhrania (Boľkovce), alebo sme žiadnu zmenu smeru vetra nezaznamenali (Košice). Zhodu sme identifikovali len na stanici Rožňava (Obr. 4). Aj časový vývoj vetra v priebehu dňa naznačuje, že vplyv plytkej tlakovej níže na vychýlenie smeru vetra na Gemeri na východný bol zanedbateľný. Už pred približujúcou sa plytkou tlakovou nížou sa vietor na celom území Slovenska stáčil zo severovýchodného až juhovýchodného na južný až juhozápadný vietor (Obr. 3), čo je opačne v porovnaní so štandardnou cirkuláciou v okolí tlakových níží (Bluestein, 1993).

V prostredí prevládal silný vertikálny strih vetra vo vrstve od 10 m nad povrchom do hladiny 500 hPa (ďalej strih), na Gemeri až s mimoriadnymi hodnotami, okolo  $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Obr. 5). Takéto prostredie umožňuje vznik superciel (Thompson a kol., 2003), pričom sú pravdepodobné aj nebezpečné prejavy počasia ako veľké krúpy a silný nárazový vietor (Púčik a kol., 2015). Najsilnejší strih sme identifikovali v čase pred prechodom výškovej brázd postupujúcej cez Slovensko a okolie na sever, pričom na Gemeri bol podporený aj pretrvávajúcím východným prúdením v spodných hladinách (Obr. 3, 12:00 UTC; Obr. 4). Rozdielny smer vetra v tomto regióne môžeme pripísať aj vplyvu orografie (McCauley a Sturman, 1999; Kljun a kol., 2001; Gaberšek a Durran, 2006), keďže na ostatnom území Slovenska sa vplyvom vývoja tlakového poľa v priebehu dňa vietor v prízemnej vrstve väčšinou zmenil z východného na južný (Obr. 6).

Bica a kol. (2007) uvádzajú, že napr. v Alpách dochádza pri južnom prúdení k vzostupu tlaku vzduchu na ich náveternej strane, pričom v spodných hladinách sa smer vetra stáča až na východný (Obr. 7a). Keďže pohoria na Slovensku sú menej rozsiahle a nižšie ako Alpy, efekt môže

byť nevýraznejší, a preto ho ľahšie identifikujeme prostredníctvom meraní vetra, s využitím numerických modelov aj v tlakovom poli<sup>1</sup>. Príklady ďalších dvoch situácií, v ktorých pri južnom až juhozápadnom prúdení došlo k popísanej deformácii tlakového poľa s východným vetrom v Banskobystrickom kraji a následným vznikom superciel, uvádzame na Obr. 7b (Šinger, 2017). Súčasne vplyvom južného prúdenia dochádza v závetrí hôr k poklesu tlaku vzduchu (Buzzi a kol., 2020; McGinley, 1982), čo pri južnom prúdení na Slovensku pozorujeme v južnom Poľsku. Popísané náveterné a záveterné efekty tak vedú k deformáciám tlakového poľa a prúdenia, ktoré sme identifikovali aj v analyzovanej situácii (Obr. 2).

Podľa predpovedaných aerologických sondáží ALA1 popoludní na Gemeri postupne zanikla stabilná vrstva identifikovaná v čase 10:00 UTC v okolí hladiny 900 hPa

(Obr. 8). Tým sa, spolu s advekciou vlhkého vzduchu v spodných hladinách, zlepšili podmienky na vývoj hlbokjej konvekcie. Sondáž z Budapešti potvrdzuje výskyt tejto stabilnej vrstvy aj v čase 12:00 UTC, čo môže naznačovať, že sondáž nebola dostatočne reprezentatívna pre oblasť Gemera. V porovnaní s meraním v Budapešti vidíme rozdiely aj vo vetre v spodných hladinách, ktoré boli dôležité pre vývoj tornáda v Gemerskej Vsi.

Mierny až silný vertikálny strih vetra s hodnotami viac ako  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  bol podľa ALA1 aj vo vrstve 0–1 km nad povrchom s čiastočným slabnutím neskôr popoludní. Coffey a Parker (2017) uvádzajú, že pre tornádogenézu je najvhodnejšie, ak je čo najviac helicity vo vrstve najspodnejších 500 m. Z vertikálneho profilu vetra ALA1 vyplýva, že vorticita mala orientáciu aj po smere vtoku vzduchu do bunky. Z toho vyplýva, že helicity bola v prostredí ALA1 prítomná práve kvôli juhovýchodnému vetru v prízemnej vrstve, s miernym popoludňajším poklesom zo 110 na cca  $50 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  (Obr. 8). Merania vetra čiastočne potvrdzujú predpovedaný profil ALA1, no vidíme určité rozdiely. Pri povrchu fúkal východný vietor až do času prechodu rozhrania (Obr. 3 a 4), čo mohlo helicitu oproti ALA1 ešte zvýšiť. Hodograj ALA1 tak považujeme za reprezentatívnejší ako sondáž z Budapešti, podľa ktorej v spodných hladinách fúkal juhozápadný vietor, no stále nedostatočne reprezentatívny pre oblasť Gemera, pretože v nej absentuje nameraná východná zložka vetra. Súčasne podľa radaru Špani laz v nadmorskej výške 1 km fúkal juhozápadný až západný vietor  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , čo však mohlo byť ovplyvnené

<sup>1</sup> Využitie staničnej siete meraní je veľmi obtiažne, pretože stanic s meraním tlaku vzduchu je príliš málo na spoľahlivú identifikáciu nevýrazných tlakových útvarov v okolí pohorí. Taktiež sa nachádzajú aj vo vyšších nadmorských výškach, čo ovplyvňuje prepočet na hladinu mora, pričom sme identifikovali aj rozdiel medzi automatickými a stanicami s manuálnym meraním. Výsledná interpretácia takto zostaveného tlakového poľa tak v požadovanom rozlíšení nebola možná.



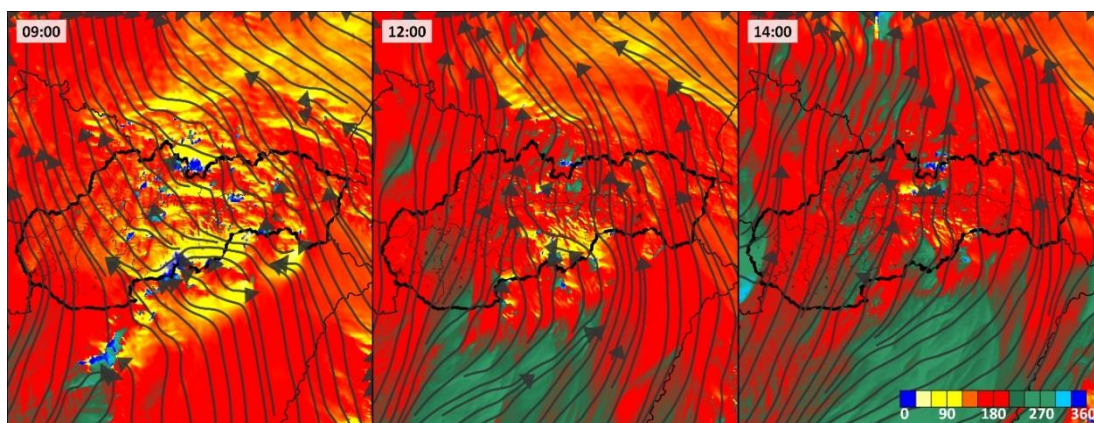
aj zrážkovým pásmom, ktoré sa presúvalo cez západné Slovensko a krajinú západnú časť Banskobystrického kraja ďalej na sever. Pre oblasť výskytu tornáda je v hladine okolo 1 km n. m. skôr reprezentatívnejšie meranie vetra z radaru Kojšovská hoľa. V oblasti KH sa zrážky nevyskytli a v najspodnejšej hladine fúkal celú dobu juho-juhozápadný vietor  $15\text{--}17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , čo v porovnaní s východným vetrom na Gemer naznačuje možný silný vertikálny strih vetra v najspodnejšom kilometri nad  $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Vzniku tornáda mohlo pomôcť aj rozhranie postupujúce cez Juhoslovenskú kotlinu. Markowski a kol. (1998) uvádzajú, že čiary konvergencie hrajú významnú úlohu pri

formovaní tornád, vrátane supercelárnych. Okrem konvergencie vlhkosti a podpore výstupných pohybov sú aj ďalším zdrojom vorticity. Čiary konvergencie boli registrované aj v prípade tornáda v Lekárovciach (Šinger, 2018). Podľa meraní vetra (Obr. 4) sme identifikovali, že tornádo v Gemerskej Vsi sa vyskytlo presne na rozhraní postupujúcom cez Juhoslovenskú kotlinu na severovýchod. Rozhranie bolo v oblasti výraznejšie práve vplyvom východnej zložky vetra, ktorá bola pred rozhraním najvýraznejšia na Gemer, no v Above sme ju nepozorovali vôbec. Tento rozdiel pripisujeme vplyvom orografie, ktorá tak nepriamo mohla ovplyvniť proces tornádogenézy.

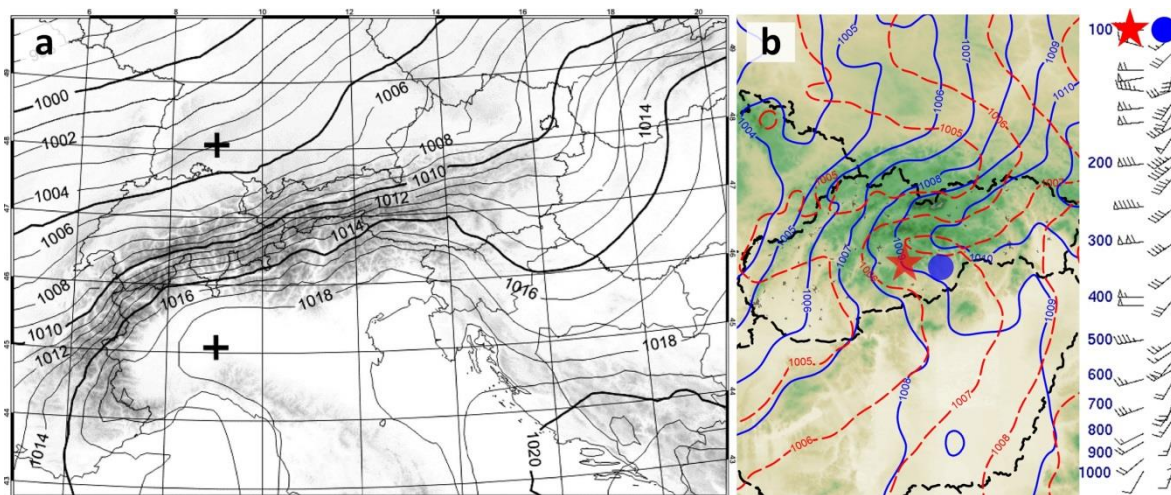
**Obrázok 6.** Prúdnice vo výške 10 m nad povrchom, farebne zobrazený smer vetra, ALA1, 5.10.2020, beh 06:00 UTC, čas predpovede uvedený v obrázku.

Figure 6. Streamlines at level of 10 m above the surface, wind direction highlighted by colour scale, ALA1, 5.10.2020, run 06:00 UTC, forecast time shown in the figure.



**Obrázok 7.** (a) Priemer tlaku vzduchu prepočítaného na hladinu mora (hPa), 67 situácií pri južnom prúdení v alpskej oblasti (Bica a kol., 2007), (b) tlak vzduchu prepočítaný na hladinu mora (hPa), ALA1, 6.6.2017, beh 06:00 UTC, predpoveď 14:00 UTC (modré izočiary), modrý kruh označuje miesto vzniku supercely a vertikálny profil vetra zo stanice Budapešť (12:00 UTC); 12.5.2017, beh 06:00 UTC, predpoveď 12:00 UTC (červené prerušované izočiary), červená hviezda označuje miesto vzniku supercely a vertikálny profil vetra zo stanice Budapešť (12:00 UTC).

Figure 7. (a) Average of Mean Sea-Level Pressure (hPa), 67 situations at southern flow in the Alpine region (Bica et al., 2007), (b) Mean Sea-Level Pressure (hPa), ALA1, 6.6.2017, run 06:00 UTC, forecast 14:00 UTC (blue isolines), the place of supercell's origin and vertical wind profile from Budapest sounding (12:00 UTC) highlighted by blue circle; ALA1 12.5.2017, run 06:00 UTC, forecast 12:00 UTC (red dashed isolines), the place of supercell's origin and vertical wind profile from Budapest sounding (12:00 UTC) highlighted by red star.



**Obrázok 8.** Aerologické a simulované sondáže, profily vetra a vybrané indexy, podľa merania v Budapešti a ALA1 pre Gemerskú Ves; miesto a čas (UTC) farebne vyznačené. Hodografy z ALA1 5.10.2020, výškové hladiny označené v km. Veterné profily namerané radarmi Španí laz (SL) a Kojšovská hoľa (KH) vpravo dolu. Vertikálny strih vetra (WS) a relatívna helicitu (SRH) vo vrstve spodného kilometra, SBCAPE – Surface-Based Convective Available Potential Energy, CIN – Convective Inhibition.

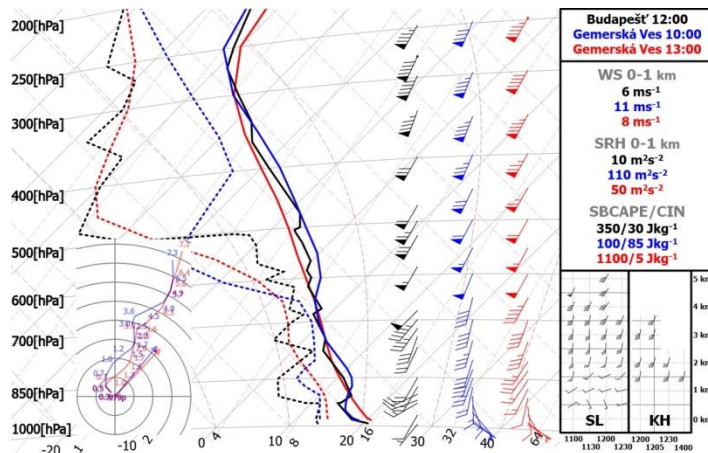


Figure 8. Soundings, wind profiles and selected indices, measurement in Budapest and ALA1 for Gemerská Ves, place and time (UTC) shown in the figure in color. Hodographs from ALA1 5.10.2020, altitude levels marked in km (at the bottom left). Wind profiles measured by radars Španí laz (SL) and Kojšovská hoľa (KH) (at the bottom right). Vertical wind shear (WS) and Storm to Relative Helicity (SRH) in 0 – 1 km, SBCAPE – Surface-Based Convective Available Potential Energy, CIN – Convective Inhibition.

## VÝVOJ SUPERCELY A TORNÁDA

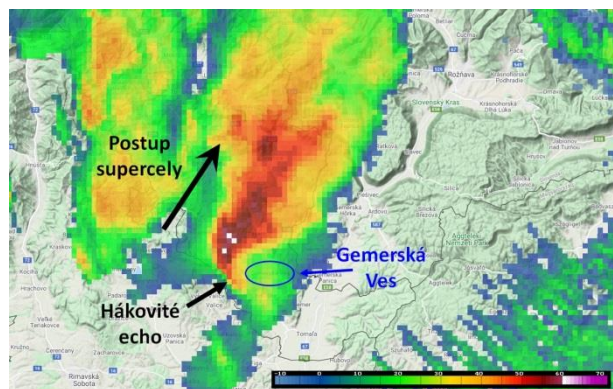
Búrka, ktorá vyprodukovala tornádo, vznikla po 13:00 UTC v oblasti Rimavskej Soboty priamo na postupujúcom rozhraní. V silnom prúdení postupovala smerom na sever až severovýchod, pričom v okolí Teplého vrchu sa začala odkláňať smerom na východ oproti pôvodnému smeru. Súčasne sme identifikovali viaceré supercelárne črty, ako inflow notch<sup>2</sup> a hákovité echo (Obr. 9). Potenciál najsilnejších tornád, ako aj najväčšia pravdepodobnosť vzniku tornád v rámci superciel, je na rozhraní hákovitého echa a vtoku vzduchu do búrky (Makorowski, 2002a), čo sme pozorovali aj v tomto prípade. Okraj hákovitého echa prechádzal krátko po 14:00 UTC ponad obec Gemerská Ves a v súvislosti s ním obyvatelia obce zdokumentovali rotujúci wallcloud supercely, clear slot (Lemon a Doswell, 1979), tornádo a zaniakajúci funnel cloud (Obr. 10). Supercela postupovala ďalej na severovýchod a zanikla až nad pohorím Branisko, no tornádo a škody boli zaznamenané len v obci Gemerská Ves.

## VLASTNOSTI TORNÁDA A DOKUMENTÁCIA ŠKÔD

Väčšie škody na majetku boli zaznamenané len v Gemerskej Vsi, časť Šankovce. Mimo tejto časti škody nie sú známe. Podľa záznamu škôd, ako aj vývoja situácie popísaného v predošlej kapitole, môžeme presnejšie určiť trajektóriu tornáda (Obr. 11). Škody sme zaznamenali na vzdialenosti približne 200 m so šírkou maximálne 70 m, čomu môže odpovedať aj šírka samotného tornáda. Keďže tornádo postupovalo od juhozápadu priečne vzhľadom na ulicu, škody boli výraznejšie len v malej oblasti. Z tohto dôvodu bez ďalších záznamov nie je možné presne určiť, kde a kedy vzniklo a zaniklo, preto to v analýze neuvádzame. Podľa výpovedí obyvateľov tornádo trvalo niekoľko minút. Jeho rýchlosť postupu odhadujeme podľa rýchlosti pohybu hákovitého echa supercely na cca 17 m/s, čo sa zhoduje aj s vypočítaným vektorom pohybu (Obr. 8).

**Obrázok 9.** Radarové črty supercely, CAPPI 2 km<sup>3</sup>, radar Kojšovská hoľa, 5.10.2020, 14:05 UTC.

Figure 9. Radar supercell features, CAPPI 2 km, radar Kojšovská hoľa, 5.10.2020, 14:05 UTC.



Tornádo spôsobilo škody (Obr. 12 – 14) na strechách 9 rodinných domov, na ďalších menších objektoch v blízkosti domov poškodilo alebo úplne zničilo strechy a poškodilo rozvody. Došlo k poškodeniu elektrického vedenia, pri jednom rodinnom dome zvalilo plot aj s betónovými stĺpmi, poškodené boli aj úle v blízkom lesíku. Bola zaznamenaná aj škody na vegetácii. Tornádo vyvrátilo alebo vylomilo niekoľko väčších stromov (jeden z nich spadol veľmi blízko rodinného domu, na Obr. 12 v zelenej elipse pri dome 3), menšie stromy a vegetácia boli väčšinou len poškodené. Vplyvom lietajúcich trosiek došlo aj k ďalším škodám, ktoré tu neuvádzame – poškodené automobily, okná, záhrady, a pod. Za povšimnutie stojí výrazné rozhranie medzi veľkými škodami, a takmer žiadnymi, ktoré na Obr. 12 vidieť medzi domami označeným 1 a 2. Vzhľadom na to, že ani v areáli domu 1 nedošlo k škodám na iných objektoch, možno to prisúdiť skôr objektívnym príčinám vyplývajúcim z výrazného horizontálneho gradientu rýchlosti vetra v tornáde, nie vlastnostiam budov.

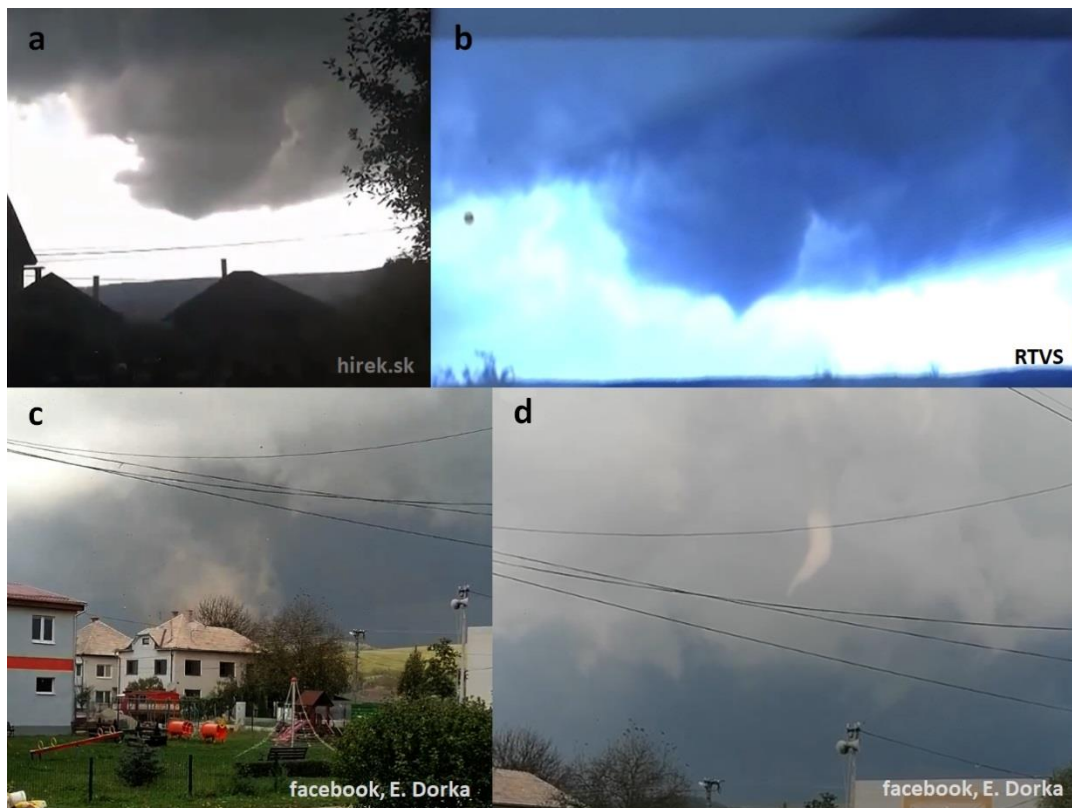
<sup>2</sup> Vtokový región v spodných hladinách supercely.

<sup>3</sup> CAPPI – Constant Altitude Plan Position Indicator – rádiolokačná odrazivosť v určitej hladine.



**Obrázok 10. Supercela v obci Gemerská Ves, 5.10.2020, (a)(b), pohľad z Gemerskej Vsi (časť Šankovce) smerom na juhozápad na prichádzajúci wall cloud supercely a vznikajúce tornádo, (c)(d) pohľad na sever až severovýchod z južnej časti obce v čase prechodu (c) a zániku (d) tornáda.**

Figure 10. Supercell over Gemerská Ves village, 5.10.2020, (a)(b), view towards the southwest on the incoming wall cloud and emerging tornado from the village Gemerská Ves, part of Šankovce, (c)(d) view towards the north-northeast from the southern part of the village, at the time of the transition (c) and extinction (d) of the tornado.



**Obrázok 11. Fotografia Gemerskej Vsi, časť Šankovce. Odhadovaná trajektória tornáda podľa zaznamenaných škôd (biela šípka); poškodené strechy domov (červené krúžky), poškodené alebo úplne zničené strechy ďalších objektov (žlté krúžky), poškodené elektrické vedenie/stĺpy (tmavomodré krúžky), vyvrátený plot (modrý krúžok), vyvrátené veľké stromy (zelené krúžky), zlámané, vyvrátené a poškodené stromy v lese (zelená elipsa), poškodené úle (biely krúžok). Vyznačené údaje nemusia byť kompletne. Foto: ministerstvo vnútra SR, HaZZ, 7.10.2020.**

Figure 11. Photo of Gemerská Ves, part of Šankovce. Estimated tornado's trajectory (white arrow) according to recorded damage; damaged roofs of houses (red circles), damaged or completely destroyed roofs of other objects (yellow circles), damaged power lines/poles (dark blue circles), collapsed fence (blue circle), uprooted large trees (green circles), broken, uprooted and damaged trees in the forest (green ellipse), damaged hives (white circle). The marked data may not be complete. Photo: Slovak government, 7.10.2020.





**Obrázok 12.** Škody v Gemerskej Vsi, časť Šankovce, fotografie zaznamenané z dronu v deň výskytu tornáda a deň po ňom (dátumy vyznačené v jednotlivých obrázkoch). Označené: domy (čísla), zvalený plot (modrá elipsa), zvalený strom (zelená elipsa), poškodené stromy v blízkom lese (zelená prerušovaná elipsa), postup tornáda z perspektívy jednotlivých obrázkov (šípky). Zdroj: 5.10.2020 TV JOJ, 6.10.2020 rimava.sk.

Figure 12. Damage in Gemerská Ves, part of Šankovce, photos taken from a drone on the tornado day and the day after (date marked in individual pictures). Marked: houses (numbers), collapsed fence (blue ellipse), collapsed tree (green ellipse), damaged trees in the nearby forest (green dashed ellipse), tornado progress from the perspective of individual images highlighted by arrows. Source: 5.10.2020 TV JOJ, 6.10.2020 rimava.sk.



**Obrázok 13.** Škody v Gemerskej Vsi, časť Šankovce. Číslovanie domov rovnaké ako na Obr. 12, spadnutý plot označený modrou elipsou rovnako ako na Obr. 11 a 12, čierna šípka ukazuje odtrhnutú strechu garáže medzi domami 2 a 3. Zdroj: rimava.sk, minv.sk, noviny.sk, RTVS.

Figure 13. Damage in Gemerská Ves, part of Šankovce. The numbering of the houses is the same as in Fig. 12, a collapsed fence marked with a blue ellipse as in Fig. 11 a 12, the black arrow shows completely destroyed roof of the garage between houses 2 and 3. Source: rimava.sk, minv.sk, noviny.sk, RTVS.





**Obrázok 14. Škody v Gemerskej Vsi, časť Šankovce. Spadnutý strom vľavo hore je na Obr. 11 vyznačený zeleným krúžkom na juhozápade oblasti škôd, ostatné obrázky prislúchajú lesu na okraji obce (na Obr. 11 zelená elipsa). Zdroj: rimava.sk, minv.sk, noviny.sk.**

Figure 14. Damage in Gemerská Ves, part of Šankovce. The fallen tree at the top left is in Fig. 11 marked with a green circle in the southwest of the damage area, the other pictures belong to the forest on the edge of the village (green ellipse in Fig. 11). Source: rimava.sk, minv.sk, noviny.sk.



## DISKUSIA A ZÁVER

5. októbra 2020 sa v obci Gemerská Ves krátko po 14:00 UTC vyskytlo tornádo priamo spojené s mezocyklónou supercely. Zasiahlo obývanú oblasť, v ktorej spôsobilo škody na majetku, no k zraneniam obyvateľov nedošlo. Podľa zdokumentovaných škôd, výpovedí obyvateľov a záchranných zložiek tornádo klasifikujeme ako F1 na medzinárodnej Fujitovej stupnici sily tornád (ESSL, 2018).

Tornádo v Gemerskej Vsi predstavuje druhý prípad tornáda za posledné dva roky na území Slovenska. Pred takmer presne dvomi rokmi (3.10.2018) sa vyskytlo tornádo v Lekárovciach (Šinger a Púčik, 2020). Aj vtedy tornádo zasiahlo obývanú oblasť, no vidíme tu niekoľko rozdielov. V Gemerskej Vsi malo tornádo zrejme kratšiu životnosť, aj dráhu. Odhadujeme, že trvalo len niekoľko desiatok sekúnd, nanajvýš pár minút a prešlo len niekoľko sto metrov, so šírkou rotácie maximálne 70 m. Postupovalo priečne vzhľadom na ulicu, čo tiež zapríčinilo, že škody neboli rozsiahle. V Lekárovciach tornádo existovalo približne 10 minút, prešlo viac ako 3 km, šírka rotácie dosahovala minimálne 280 m a postupovalo pozdĺž najdlhšej ulice v obci, čoho dôsledkom boli rozsiahlejšie škody.

Vznik tornáda v Gemerskej Vsi bol ovplyvnený viacerými faktormi. Silné strihové prostredie s miernou instabilitou predstavovalo vhodné podmienky pre vznik superciel, najmä vo východnej polovici územia Slovenska. Práve supercely majú potenciál pre genézu silnejších a cirkulačne stabilnejších tornád (Davies-Jones a kol., 2001). Súčasne sme v spodných hladinách identifikovali východné prúdenie v oblasti Gemera, pričom na ostatnom území už prevládalo južné prúdenie. Východné prúdenie na Ge-

meri zvýraznilo rozhranie postupujúce cez Juhoslovenskú kotlinu od juhozápadu ďalej na severovýchod. V Above sme však už východné prúdenie popoludní nezaznamenali, ani žiadnu výraznú zmenu vo vývoji smeru vetra, čím nebolo možné identifikovať ani toto rozhranie. Práve rozdiel v prúde v rámci týchto oblastí, ktorý sa navyše vyskytol aj v ďalších podobných situáciách, pripisujeme vplyvom orografie na mezo- $\beta$  škále (Orlanski, 1975).

Z popísaných parametrov vyplýva, že väčšina podmienok pre tornádogenézu bola splnená (Davies-Jones a kol., 2001). Pri predpovedi tornád sa štandardne sleduje aj výška kondenzačnej hladiny, ktorá bola v tomto prípade pomerne vysoko, až okolo 1500 m n. m. Táto hodnota je vyššia než typická výška základne pri mezocyklonálnych tornádach a menej vhodná pre proces tornádogenézy (Craven a Brooks, 2004). Výraznejší vplyv na tornádogenézu mohlo mať práve rozhranie v oblasti, no na preukázanie parciálneho vplyvu jednotlivých faktorov by boli nutné idealizované numerické simulácie s ešte vyšším rozlíšením ako 1 km. Zároveň prípady tornáda v Gemerskej Vsi a v Lekárovciach potvrdzujú, že CAPE nie je vhodný prediktor výskytu a intenzity tornád, keďže sa vyskytli pri slabej až miernej instabilite.

Vplyvom orografie na vývoj hlbokoj konvekcie sa venujeme aj v ďalšom výskume. Plánujeme v ňom zahrnúť dlhý rad meraní vetra zo staničnej siete SHMÚ, ktorý ukáže ďalšie systematické rozdiely v prúde v rámci územia Slovenska pri rôznych situáciách, čím sa jednoznačnejšie preukáže lokálne odchýlky od prevládajúceho prúdenia.

Tornádo v Gemerskej Vsi sa podarilo zachytiť aj na video, možno ho nájsť v stručnej analýze na webstránke SHMÚ (Šinger, 2020).

## LITERATÚRA

- Bica, B.–Knabl, T.–Steinacker, R.–Ratheiser, M.–Dorninger, M. – Lotteraner, C., Schneider, S., Chimani, B., Gepp, W.–Tschannett, S., 2007, Thermally and Dynamically Induced Pressure Features over Complex Terrain from High-Resolution Analyses, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(1), 50–65.
- Bluestein, H.B., 1993, *Synoptic-Dynamic Meteorology in Mid-latitudes. Vol. II: Observations and Theory of Weather Systems*. Oxford University Press, 594 pp.
- Brožková, R.–Bučánek, A.–Mašek, J.–Smolíková, P.–Trojáková, A., 2019, Nová provozní konfigurace modelu Aladin ve vysokém rozlišení. *Meteorol. Zprávy*, 72, 129–139.
- Buzzi, A.–Davolio, S.–Fantini, M., 2020, Cyclogenesis in the lee of the Alps: a review of theories. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*. 1. 1–25.
- Coffer, B.E.–Parker, M.D., 2017, Simulated Supercells in Non-tornadic and Tornadic VORTEX2 Environments. *Mon. Wea. Rev.*, 145, 149–180.
- Craven, J.P.–Brooks, H., 2004, Baseline climatology of sounding derived parameters associated with deep, moist convection. *Natl. Wea. Dig.*, 28, 13–24.
- Davies-Jones, R.R.J. Trapp–Bluestein, H.B., 2001, Tornadoes and tornadic storms. *Severe Local Storms, Meteor. Monogr.*, No. 50, 167–221.
- Derková, M.–Vivoda, J.–Belluš, M.–Španiel, O.–Dian, M.–Neštiak, M.–Zehnal, R., 2017, Recent improvements in the ALADIN/SHMU operational system. *Meteorol. J.*, 20, 45–52.
- European Severe Storms Laboratory (ESSL), 2018, The International Fujita (IF) Scale. [https://www.essl.org/media/publications/IF-scale\\_v0.10.pdf](https://www.essl.org/media/publications/IF-scale_v0.10.pdf).
- Gaberšek, S.–Durrán, D.R., 2006, Gap Flows through Idealized Topography. Part II: Effects of Rotation and Surface Friction. *Journal of the Atmospheric Sciences* 63, 11, 2720–2739.
- Gerard, L.–Piriou, J.-M.–Brožková, R.–Geleyn, J.-F.–Banciu, D., 2009, Cloud and precipitation parameterization in a meso-gammascale operational weather prediction model. *Mon. Weather Rev.*, 137, 3960–3977.
- Haiden, T.–Kann, A.–Wittmann, C.–Pistotnik, G.–Bica, B.–Gruber, C., 2011, The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) System and Its Validation over the Eastern Alpine Region, *Weather and Forecasting*, 26(2), 166–183.
- Kljun, N.–Sprenger, M.–Schär, C., 2001, Frontal modification and lee cyclogenesis in the Alps: A case study using the ALPEx reanalysis data set. *Meteorol Atmos Phys* 78, 89–105.
- Lopez, P., 2002, Implementation and validation of a new prognostic large-scale cloud and precipitation scheme for climate and data assimilation purposes. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 2002, 128, 229–257.
- Markowski, P.M.–Rasmussen, E.N.–Straka, J.M., 1998, The Occurrence of Tornadoes in Supercells Interacting with Boundaries during VORTEX-95, *Weather and Forecasting*, 13(3), 852–859.
- Markowski, P. A., 2002a, Hook echoes and rear-flank downdrafts: A review. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 852–876.
- McCauley, M.–Sturman, A., 1999, A Study of Orographic Blocking and Barrier Wind Development Upstream of the Southern Alps, New Zealand. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 70. 121–131.
- McGinley, J., 1982, A Diagnosis of Alpine Lee Cyclogenesis. *Monthly Weather Review* 110, 9, 1271–1287.
- Lemon, L.R.–Doswell, C.A., 1979, Severe Thunderstorm Evolution and Mesocyclone Structure as Related to Tornadoogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1184–1197.
- Lopez, P., 2002, Implementation and validation of a new prognostic large-scale cloud and precipitation scheme for climate and data assimilation purposes. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 128, 229–257.
- Orlanski, I., 1975, A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 56, 527–530.
- Púčik, T.–Groenemeijer, P.–Rýva, D.–Kolář, M., 2015, Proximity Soundings of Severe and Nonsevere Thunderstorms in Central Europe. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 4805–4821.
- Šinger, M., 2017, Supercela 5. mája 2017, aktuálny SHMÚ <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=829>.
- Šinger, M., 2018, Tornádo v Lekárovciach 3. októbra 2018. *Meteorologický časopis*, 21/2018, 109–116.
- Šinger, M.–Dlhoš, Š., 2019, Výskyt veľkých krúp na Slovensku v rokoch 2007–2019, *Meteorologický časopis*, 22/2019, 105–114.
- Šinger, M.–Púčik, T., 2020, A Challenging Tornado Forecast in Slovakia. *Atmosphere*, 11 (8), 821.
- Šinger, M., 2020, Tornádo v Gemerskej Vsi a obrovské krúpy na Zemplíne, aktuálny SHMÚ. <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1079>.
- Termonia, P.–Fischer, C.–Bazile, E.–Bouyssel, F.–Brožková, R.–Bénard, P.–Bochenek, B.–Degrauwe, D.–Derková, M.–El Khatib, R.–Hamdi, R.–Mašek, J.–Pottier, P.–Pristov, N.–Seity, Y.–Smolíková, P.–Španiel, O.–Tudor, M.–Wang, Y.–Wittmann, C.–Joly, A., 2018, The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1, *Geosci. Model Dev.*, 11, 257–281.
- Thompson, R.–Edwards, R.–Hart, J.–Elmore, K.–Markowski, P., 2003, Close proximity soundings within supercell environments obtained from the Rapid Update Cycle. *Wea. Forecasting*, 18, 1243–1261.



# INFORMÁCIE INFORMATION

## STRETNUTIE S PREZIDENTKOU SR, ZUZANOU ČAPUTOVOU

Po suchej, málo vodnej a teplej jari (apríl a máj, 2020) prichádzali obavy z nedostatku vody v povrchových tokoch a podzemných vodách už aj zo strany verejnosti, a aj preto sa v máji konalo stretnutie s pani Zuzanou Čaputovou, prezidentkou SR k hydrologickej situácii na povrchových tokoch pri vodomernej stanici Svinica na Svinickom potoku.

Priamo pri objekte štátnej hydrologickej siete, vodomernej stanici, sme mohli odprezentovať naše činnosti. Hovorili sme aj o aktuálnej meteorologickej a hydrologickej situácii. Následne sme diskutovali o ich možných príčinách a dôsledkoch nielen na hydrologický režim povrchových a podzemných vôd, ale aj na poľnohospodárstvo, životné prostredie. Podľa pani prezidentky máme za sebou pandemickú krízu, čelíme ekonomickej kríze, ale nemôžeme zabúdať ani na dôsledky klimatickej krízy. Práve dlhotrvajúce sucho je jedným z nich.

*Zuzana Danáčová  
SHMÚ, Bratislava*



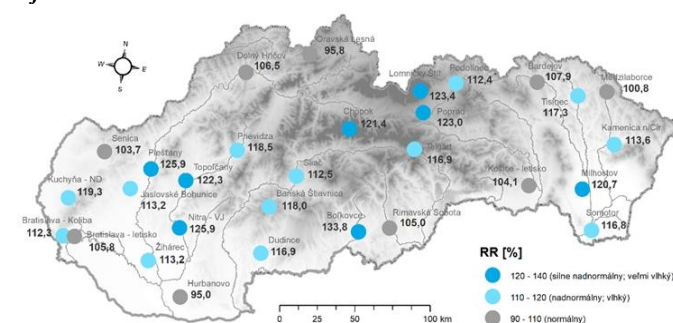


## HYDROLOGICKÁ SITUÁCIA NA POVRCHOVÝCH TOKOCH POČAS ROKA 2020

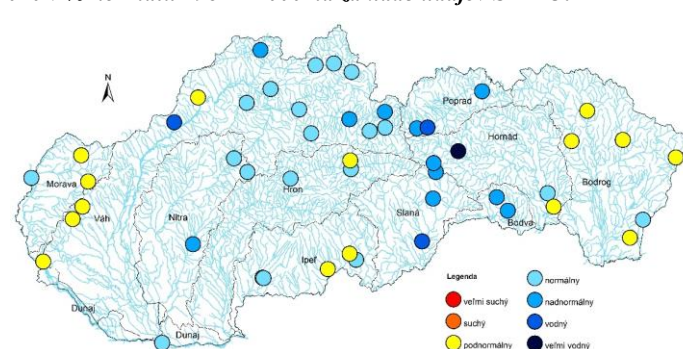
Z pohľadu hodnotenia hydrologickej situácie na povrchových tokoch bol rok 2020 rokom plným zvrátov a extrémov. Napriek tomu, že z pohľadu množstva atmosférických zrážok bol minulý rok väčšinou zrážkovo nadnormálny, lokálne až silne nadnormálny (október), vodnosť na povrchových tokoch bola v jednotlivých regiónoch Slovenska nasledovná: Na väčšine územia normálna, na východnom Slovensku v povodí Bodrogu a na západnom Slovensku - karpatské toky, povodie Myjava, Dunaj je vodnosť roka prevažne podnormálna.

Hneď začiatkom roka sa prejavil deficit zrážok v poklese priemerných mesačných prietokov na celom území Slovenska. V povodiach Bodrogu, Ipľa, Moravy, Váhu a Malého Dunaja hodnoty mesačných prietokov dosahovali menej ako 40 % príslušných dlhodobých mesačných hodnôt a mesiac v týchto povodiach hodnotíme ako suchý január. Mimoriadne teplý a na zrážky bohatý február spôsobili topenie snehu (pozn. v minulosti topenie snehu koncom marca a apríl) a zvýšenie priemerných mesačných prietokov až nad 120 % dlhodobého mesačného normálu v povodiach Bodrogu, Dunaja, Hornádu, Popradu a Váhu. V marci oproti predchádzajúcemu mesiacu priemerné mesačné prietoky poklesli na celom území Slovenska, ale mesiac zaradujeme ešte medzi normálne vodný. Chýbajúce topenie snehu, pokračujúce nadnormálne teploty vzduchu a nedostatok zrážok spôsobili na všetkých tokoch ďalší pokles prietokov a apríl hodnotíme ako podnormálny až suchý mesiac. Nízke hodnoty priemerných mesačných prietokov (najmenší relatívny priemerný mesačný prietok 11 % príslušnej hodnoty  $Q_{ma}$ ) už na väčšine územia SR pokračovali až do mája 2020 a situácia na tokoch začala byť alarmujúca, čo začala vnímať aj široká verejnosť. Zlomovým mesiacom bol jún, kedy sme zaznamenali niekoľko ničivých búrok, čo spôsobilo prívateľové povodne na viacerých tokoch. Mesiac celkovo hodnotíme ako zrážkovo nadnormálny, čo sa odrazilo aj na zlepšení hydrologickej situácie na tokoch. Zrážky sa v júli, auguste a septembri pohybovali mierne nad zrážkovým normálom a priemerná mesačná vodnosť pre jednotlivé povodia na území Slovenska bola prevažne na úrovni dlhodobých hodnôt. Nasledoval zrážkovo najbohatší mesiac roku - október s 161 mm zrážok, ktoré spôsobili povodne takmer na celom území Slovenska. Vo viacerých vodomer-ných staniách boli zaznamenané najväčšie prietoky od začiatku pozorovania. November a december boli na väčšine územia normálne až nadnormálne, sever Slovenska podnormálny.

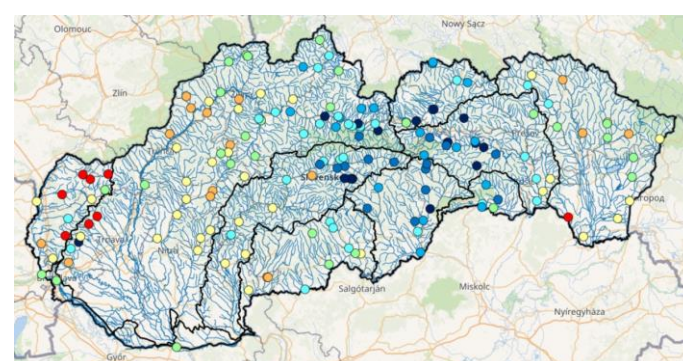
**Obrázok 1. Ročný úhrn atmosférických zrážok na vybraných meteorologických staniách v roku 2020 v % normálu 1981 – 2010 na základe údajov SHMÚ.**



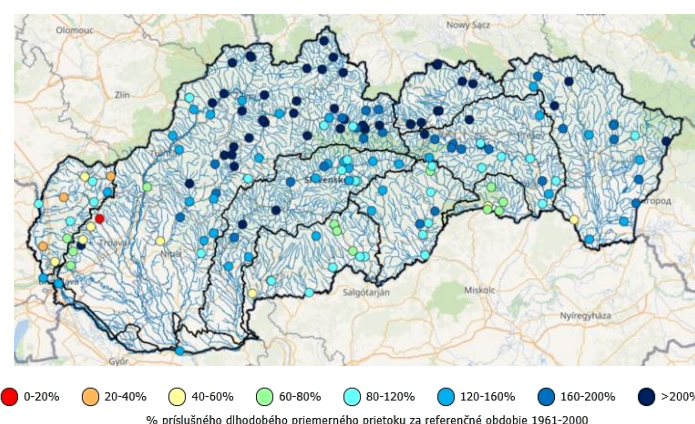
**Obrázok 2. Vodnosť na vybraných hydrologických staniách v roku 2020 v % normálu 1961 – 2000 na základe údajov SHMÚ.**



**Obrázok 3. Relatívne hodnoty priemerných mesačných prietokov - január 2020.**

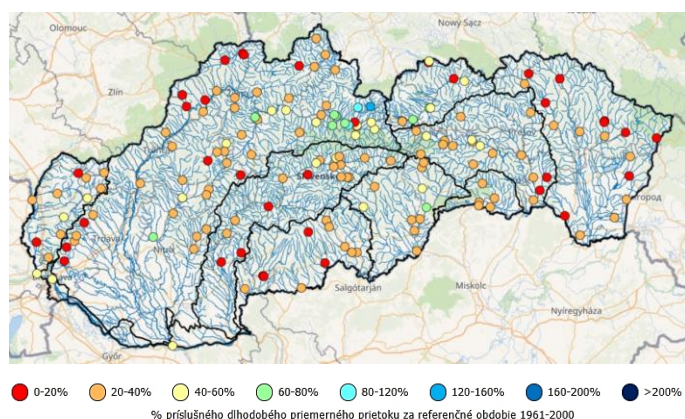


**Obrázok 4. Relatívne hodnoty priemerných mesačných prietokov - február 2020 (predčasné topenie snehu).**





**Obrázok 5. Relatívne hodnoty priemerných mesačných prietokov - podpriemerný mesiac apríl 2020.**



#### Fakty roku 2020:

- Chýbajúca dlhotrvajúca snehová pokrývka, skoršie topenie snehu, nadpriemerné teploty (najmä priemerné mesačné teploty v zimných mesiacoch) malo za následok výraznejšie podpriemerný mesiac apríl, ktorý v dlhodobom rozdelení odtoku v roku na Slovensku patrí medzi najvodnejšie.
- Po suchej a málo vodnej jari (apríl a máj) prišiel jún 2020 plný výdatných zrážok a ničivých búrok v rôznych častiach Slovenska.
- Napriek suchšiemu mesiacom bol v tomto roku menej výrazný výskyt minimálnych prietokov a dlhších súvislých málo vodných období (priemerné denné prietoky  $< Q_{35d}$ ). Ani v jednej vodomernej stanici sa nevyskytlo absolútne minimum.
- Oproti predchádzajúcim rokom bol tento hydrologický rok bohatý na povodňové udalosti (jún, október).
- V októbri boli vo viacerých vodomerných staniciach zaznamenané a zamerané najväčšie prietoky od začiatku pozorovania.
- Minimálna ročná vodnosť v staniciach: Vydrica - Spariská:  $Q_r = 37,1 \% Q_a - 4$ . najnižšia hodnota od r. 1961.
- Maximálna ročná vodnosť v staniciach: Hornád - Hranovnica:  $Q_r = 197 \% Q_a - 2$ . najvyššia hodnota za celé pozorovacie obdobie (od r. 1965).

Zuzana Danáčová, SHMÚ, Bratislava

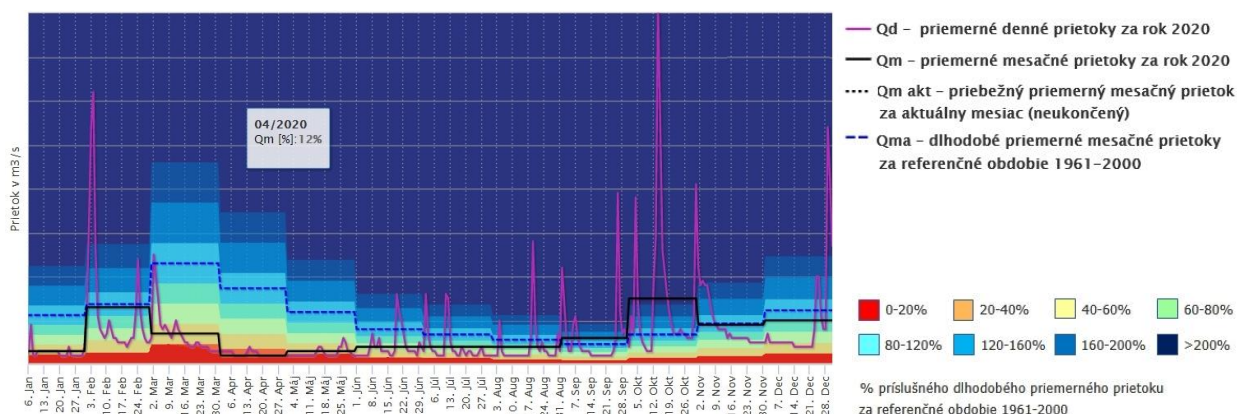
**Obrázok 7. Svinický potok – máj 2020.**



**Obrázok 8. Prívalová povodeň, potok Drietoma – jún 2020.**



**Obrázok 6. Ročné hodnotenie hydrologickej situácie vo vybranej VS na základe priemerných mesačných prietokov.**





## ZHODNOTENIE PODZEMNÝCH VÔD V ROKU 2020

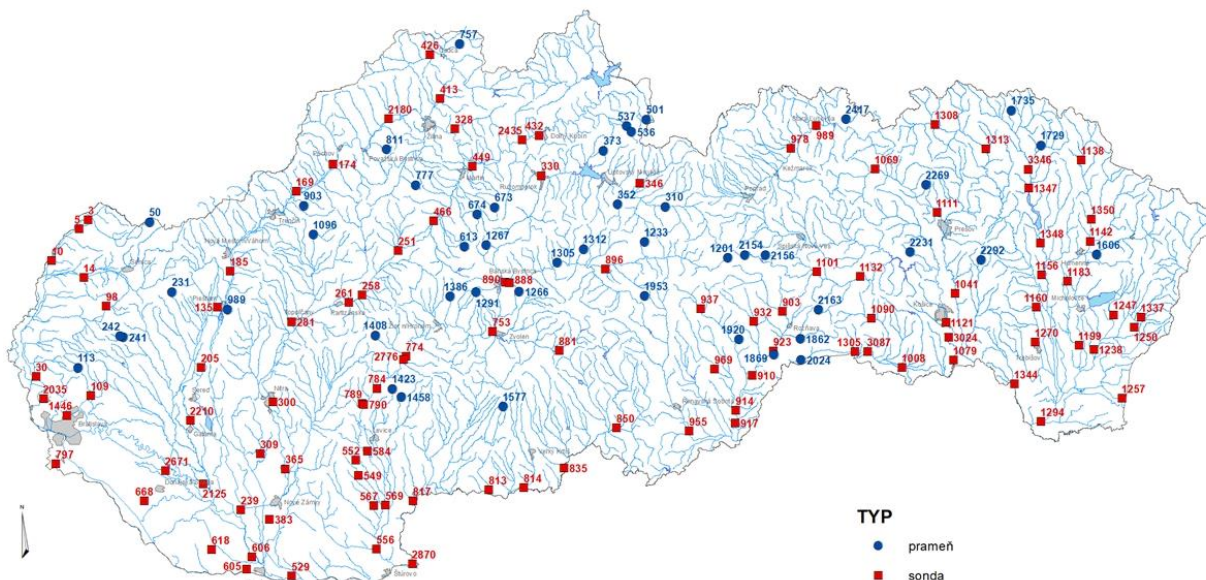
Zhodnotenie bolo spracované na základe operatívnych údajov nameraných na vybraných 154 referenčných, antropogénne neovplyvnených, pozorovacích objektoch, tvoriacich súčasť štátnej hydrologickej siete podzemnej vody SHMÚ. Referenčné objekty predstavujú približne 10 % z celkového počtu 1500 pozorovacích objektov štátnej hydrologickej siete podzemnej vody spravovaných SHMÚ a pozostávajú zo 107 sond a 47 prameňov, relatívne homogénne umiestnených na celom území Slovenska, 43 objektov poskytuje namonitorované údaje online a merania sú voľne dostupné na [http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=pzv\\_kvantita](http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=pzv_kvantita).

Napriek výrazne podnormálnemu - suchému roku 2019, keď v mesiacoch január 2019 až október 2019 vykazovali naše stanice podpriemerné hodnoty, bol záver roka 2019 pre podzemné vody priaznivý. November 2019 patril zrážkovo k extrémne nadnormálnym mesiacom (218 % nor

málu) a december k zrážkovo vlhkým mesiacom (130 % normálu). Zrážkové úhrny oboch mesiacov veľmi pozitívne ovplyvnili stav podzemnej vody v závere roka 2019. Došlo k postupnému doplneniu deficitných zásob podzemnej vody a začiatok roka 2020 bol charakterizovaný hodnotami hladín podzemnej vody a výdatnosťami prameňov oscilujúcich okolo ich dlhodobých priemerných hodnôt.

Január 2020 bol teplotne normálny (priemerná odchýlka teploty vzduchu +2,4 °C), ale na zrážky nie veľmi bohatý (43 % normálu). V podzemnej vode sa tento zrážkový deficit na prevkapanie prejavil len miernym poklesom hladín podzemnej vody a výdatností prameňov, pravdepodobne doznieval ešte vplyv zrážok z mesiacov november a december roka 2019. Aj nasledujúci zimný mesiac február bol teplotne nadnormálny (priemerná odchýlka teploty vzduchu je +4,3 °C) a zrážkovo veľmi vlhký (171 % normálu). Tu je priaznivý prejav zrážok už výraznejší a dochádza k pozvoľnému nárastu hladín podzemnej vody a výdatností prameňov, výrazne prekračujúcich priemerné hodnoty.

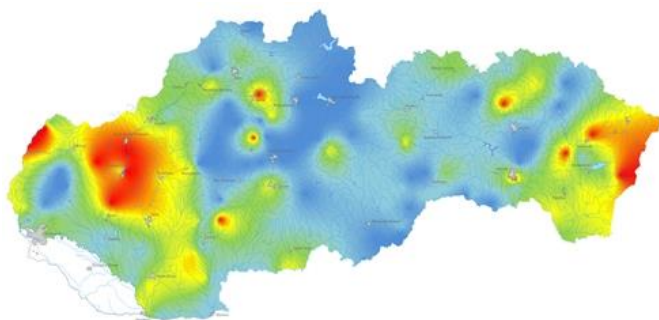
Obrázok 1. Lokalizácia hodnotených objektov.



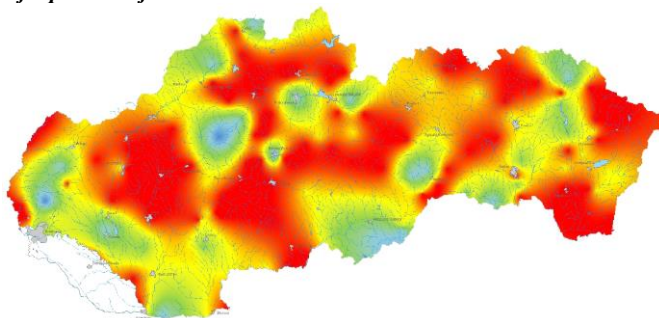
Obrázok 2. Objekty štátnej pozorovacej siete podzemnej vody (sondy a prameň).



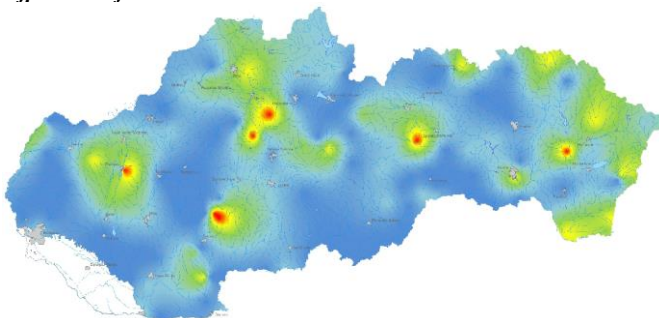
**Obrázok 3. Priestorové zhodnotenie podzemnej vody vo februári 2020.**



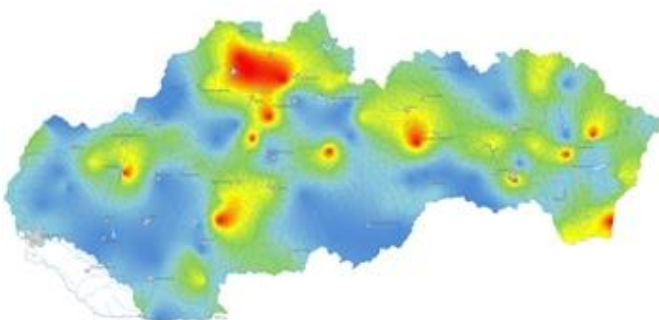
**Obrázok 4. Priestorové zhodnotenie podzemnej vody v máji 2020 – najnepriaznivejší mesiac roka.**



**Obrázok 5. Priestorové zhodnotenie podzemnej vody v októbri 2020 – najpriaznivejší mesiac roka.**



**Obrázok 6. Priestorové zhodnotenie podzemnej vody v decembri 2020 – koniec roka.**



**Legenda k mapovým prílohám (kvantily  $\phi 10$ ,  $\phi 40$ ,  $\phi 60$ ,  $\phi 90$ ).**

Úrovně hladiny podzemnej vody v sondách a výdatnosti prameňov v hodnotenom mesiaci

- výrazne vyššie ako ich dlhodobé priemerné hodnoty za referenčné obdobie
- vyššie ako ich dlhodobé priemerné hodnoty za referenčné obdobie
- odpovedajúce ich dlhodobým priemerným hodnotám za referenčné obdobie
- nižšie ako ich dlhodobé priemerné hodnoty za referenčné obdobie
- výrazne nižšie ako ich dlhodobé priemerné hodnoty za referenčné obdobie

V jarých mesiacoch by malo dochádzať k topeniu snehovej pokrývky a k najvýznamnejšiemu dopĺňaniu podzemnej vody. V poslednom období to už bohužiaľ neplatí, na snehovú pokrývku bohaté zimné mesiace už pár rokov u nás chýbajú. Inak to nebolo ani v hodnotenom období roka 2020. Absencia výraznejšieho topenia sa snehu spôsobila, že v podzemnej vode dochádzalo v marci k miernemu poklesu hladín podzemnej vody a výdatností prameňov. Pretože apríl patril medzi zrážkovo veľmi suché mesiace (22 % normálu), situácia v podzemnej vode sa začala dramaticky zhoršovať. Sucho v podzemnej vode vyvrcholilo v máji. **Máj 2020 bol z pohľadu podzemnej vody najsuchším mesiacom hodnoteného obdobia. Hladiny podzemnej vody a výdatností prameňov pod dlhodobým normálom referenčného obdobia sa vyskytovali na celom Slovensku.**

Letné obdobie jún, júl, august bolo teplotne normálne, z hľadiska zrážok bol jún veľmi vlhký (163 % normálu) čo eliminovalo možné problémy leta. Hladiny podzemnej vody a výdatností prameňov stúpajú, dochádza k postupnému zlepšeniu nepriaznivej situácie v podzemnej vode, i keď koncom júna nedosahujú namerané hodnoty ešte svoje dlhodobé priemerné referenčné hodnoty. Júnové zrážky sa prejavili výraznejšie v nasledujúcom mesiaci, v mesiaci júl. Bolo to obdobie, kedy sa už hladiny podzemnej vody a výdatností prameňov dostávajú na svoje dlhodobé priemerné hodnoty. Efektívnych zrážok v mesiaci august však bolo málo, zvýšená evapotranspirácia (priemerná mesačná odchýlka teploty vzduchu je + 3,2 °C.) spôsobila, že dochádzalo opäť skôr k poklesu hladín podzemnej vody a výdatností prameňov.

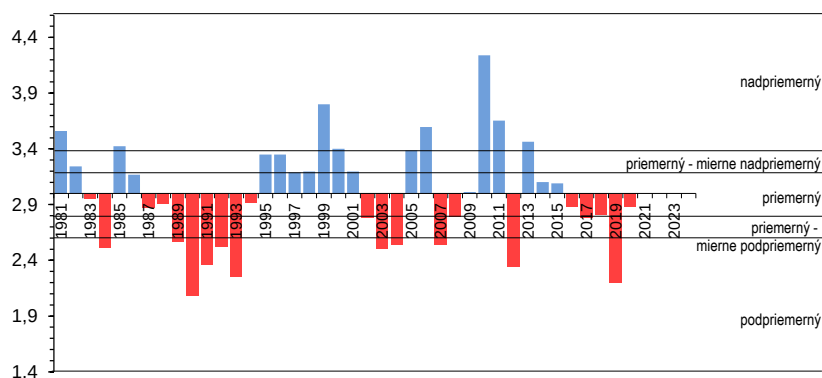
Záver roka 2020 to ale všetko napravil. Vyznačoval sa vlhkým septembrom (141 % normálu zrážok), extrémne vlhkým októbrom (264 % normálu), suchým novembrom (43 % normálu) a priemerným decembrom (113 % normálu).

Septembrové a októbrové nadpriemerné zrážky v spojení s teplotami, ktoré v porovnaní s letnými horúcimi mesiacmi nie sú také vysoké, a preto zvyšujú podiel efektívnych zrážok prestupujúcich horninovým prostredím a dopĺňajúcich podzemné vody. Záver rok 2020 uzatvárajú tri nadpriemerné mesiace (najpriaznivejší mesiac roka 2020 bol november) ktoré vytvorili pre stav podzemných vôd dobrý základ pre prvé mesiace roka 2021.

Napriek tomu, že rok 2020 z hľadiska zrážok hodnotíme ako veľmi vlhký, z pohľadu podzemných vôd ho zaradíme medzi priemerné. Vyskytli sa v ňom dve významne odlišné obdobia. Meraniami podzemnej vody sme zdokumentovali tri za sebou idúce suché mesiace apríl, máj, jún (neštandardne pre toto obdobie, ale ako dôsledok zanedbateľného vplyvu topenia sa snehu) a tri nadpriemerné mesiace uzatvárajúce rok 2020. Práve výskyt týchto na zrážky bohatých mesiacov v závere roka spôsobil, že hydrologický rok 2020 spadá do kategórie priemerných.



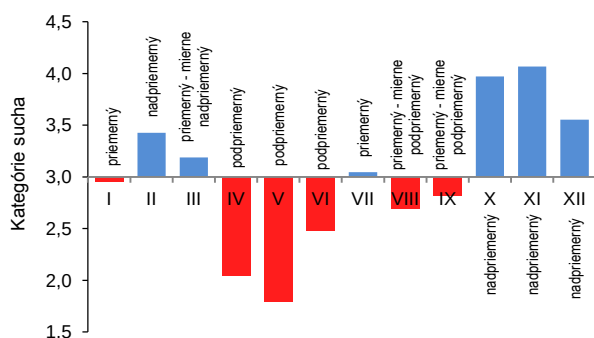
Obrázok 7. Rok 2020 v kontexte s hodnotením obdobia 1981 – 2019.



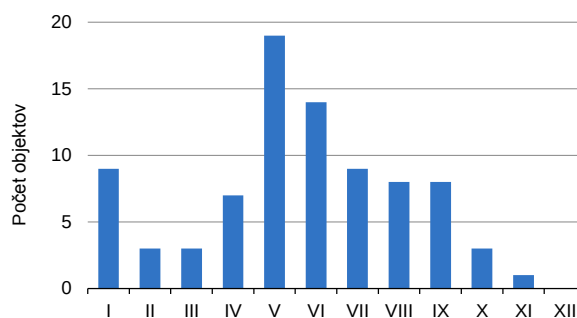
Hladiny podzemnej vody a výdatností prameňov výrazne nižšie ako bol ich dlhodobý normál počas referenčného obdobia sme najvýraznejšie zaznamenali v povodí stredného a horného Váhu, na severovýchode a na krajnom východe Slovenska.

Eugen Kulman  
SHMÚ, Bratislava

Obrázok 8. Zhodnotenie jednotlivých mesiacov roka 2020.



Obrázok 9. Počet objektov s hodnotami pod dlhodobým mesačným minimom referenčného obdobia 1981 – 2010.



## ZHODNOTENIE ZIMY 2020/2021 V POVODÍ HRONA Z POHĽADU OPERATÍVNEJ HYDROLÓGIE

Procesy akumulácie a topenia snehu predstavujú významný prírodný fenomén, ktorý má výrazný vplyv na činnosť hydroprognózne služby. Zrážky sa v zimnom období niekoľko mesiacov akumulujú v povodí a potom sa v relatívne krátkom čase uvoľňujú a odtekajú. Z vodohospodárskeho hľadiska, ako aj z hľadiska ochrany pred povodňami, je nevyhnutné poznať objem zásob vody naakumulovanej v snehovej pokrývke. Základom sú údaje o výške a vodnej hodnote snehovej pokrývky z vybraných klimatologických a zrážkomerných staníc SHMÚ. Významným zdrojom informácií o stave snehovej pokrývky sú terénne a expedičné merania v lokalitách, ktoré SHMÚ štandardne nemonitoruje.

Zima 2020/2021 v povodí Hrona začala v decembri s prevahou teplotných inverzií a absenciou snehovej pokrývky. Netypický bol jej neskorý nástup (vrátane horských oblastí, sneh bol len v najvyšších polohách do 30 cm). December bol teplotne nadnormálny, zrážkovo normálny až nadnormálny (zrážky najmä na konci mesiaca). Prvé výraznejšie sneženie sa objavilo v závere kalendárneho roka, avšak len od stredných horských polôh. Zrážky boli výdatné, nad 1000 m n. m. napadlo v krátkom

čase veľké množstvo ťažkého mokrého snehu, predovšetkým v Nízkych Tatrách, Veľkej Fatre a Kremnických vrchoch. V nižších polohách priniesli kvapalnú zrážku spolu s topiacim sa snehom vzostupy vodných hladín, najmä v povodí horného Hrona.

Počas januára sa postupne objavili priaznivé podmienky pre tvorbu snehovej pokrývky aj v nížinách. Jej výška však dosahovala nanajvýš niekoľko centimetrov, prípadne bol zaznamenaný poprašok. Január bol teplotne

Obrázok 1. Hrebeň Kráľovohol'ských Nízkych Tatier na rozvodnici Čierneho Váhu a Hrona v blízkosti Útulne Andrejcová, fotené dňa 18. 1. 2021.



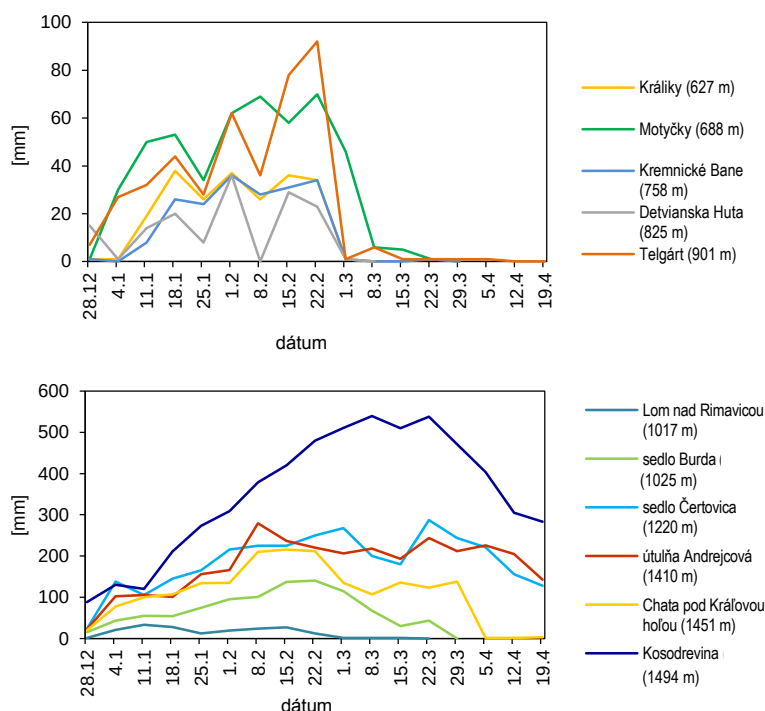
normálny až nadnormálny, zrážkovo normálny až silne nadnormálny (najmä v horských polohách). Na horách sme zaznamenali typickú akumuláciu snehovej pokrývky. Tretia dekáda mesiaca priniesla výrazné oteplenie s úbytkom zásob snehu (kvapalné zrážky do cca 1400 m n. m.). Vzostupy vodných hladín boli zaznamenané najmä v povodí dolného Hrona, a to aj s dosiahnutím stupňov PA.

Podobná situácia sa opakovala v úvode **februára**, prílev pôvodom tropického vzduchu priniesol okrem zrážok aj sahar­ský prach, ktorý bol následne identifikovateľný na snehovej pokrývke. Druhá februárová dekáda bola charakteristická chladným počasím. Z hľadiska snehových zásob v povodí, ako aj teplôt vzduchu bol v tomto čase dosiahnutý vrchol zimy. Vývoj výšky snehovej pokrývky v povodí Hrona negatívne ovplyvnila okrem prvej aj posledná februárová dekáda (teplotne nadnormálna, vrátane horských polôh). Namiesto zrážok však prevládalo slnečné počasie a na nízkotatranských prítokoch Hrona bol zaznamenaný jarný odtok (napr. povodie Štiavničky a Bystrianky). V druhej polovici zimy bol častý výskyt silného vetra. Ten významne ovplyvňoval priestorové rozloženie snehovej pokrývky, predovšetkým nad hornou hranicou lesa. Dynamický priebeh zimy znemožňoval tvorbu súvislej snehovej pokrývky v nižších polohách pod cca 400 m n. m., vydržala tu zväčša len niekoľko dní.

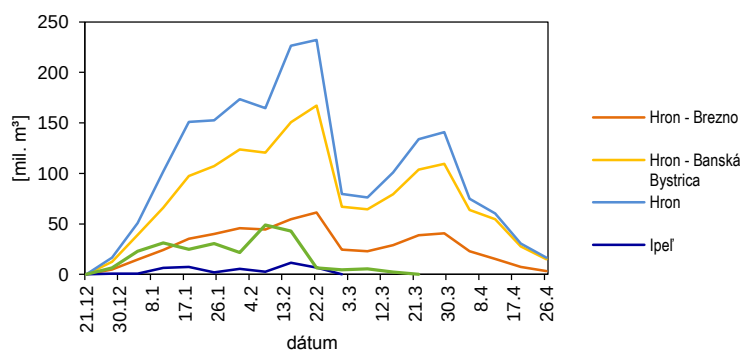
Relatívne chladný úvod jari priniesol opätovné navýšenie snehových zásob v povodí v priebehu **marca**. Tento mesiac bol ako celok teplotne normálny so zápornými odchýlkami, zrážkovo silne podnormálny s nerovnomerným rozložením zrážok. Snehová pokrývka sa prechodne vyskytovala aj na podhorí, a to aj v priebehu **apríla**. Súvislá snehová pokrývka sa však vyskytovala už len od stredných horských polôh. Zásoby snehu v povodí Hrona ubúdali postupne (v nižších polohách do 1000 m n. m. už na konci februára), bez významnejšej odozvy na vodných tokoch.

Zima 2020/2021 bola z hľadiska tvorby zásob vody v snehovej pokrývke v povodí Hrona priemerná. V hornej časti povodia Hrona boli zaznamenané najvyššie zásoby vody v snehovej pokrývke. Tu sa snehová pokrývka udržiavala od konca decembra 2020 do konca apríla 2021 (v závere len v horských polohách Nízkych Tatier a Veľkej Fatry). V strednej časti povodia Hrona sa snehová pokrývka udržala prevažne v pohoriach Slovenského stredohoria od prvej januárovej dekády 2021 do začiatku marca 2021. V pohoriach Poľana, Kremnické vrchy a Vtáčnik sa súvislá snehová pokrývka roztopila v priebehu apríla 2021. V dolnej časti povodia Hrona snehová pokrývka absentovala

**Obrázok 2.** Vývoj vodnej hodnoty snehu na vybraných miestach v podhorí (600–900 m n. m.) a v stredných horských polohách (1000–1500 m n. m.) v povodí Hrona.



**Obrázok 3.** Vývoj zásob vody v snehovej pokrývke pre medzipovodia a celé povodie Hrona a ich porovnanie zo zásobami v povodí Ipľ a Slanej.

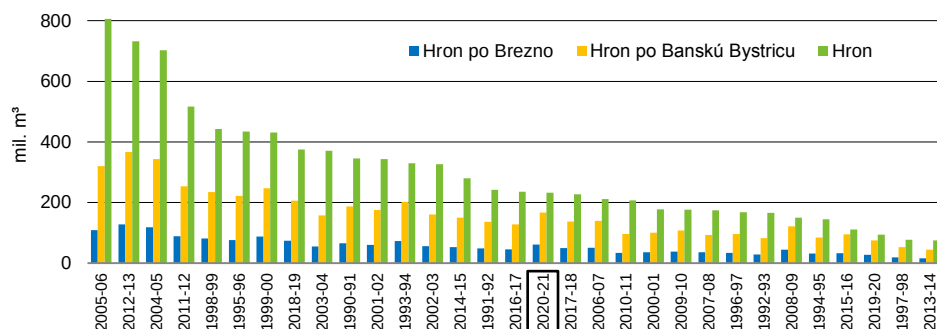


úplne, s výnimkou pár dní počas januára a februára, kedy prechodne nasnežilo.

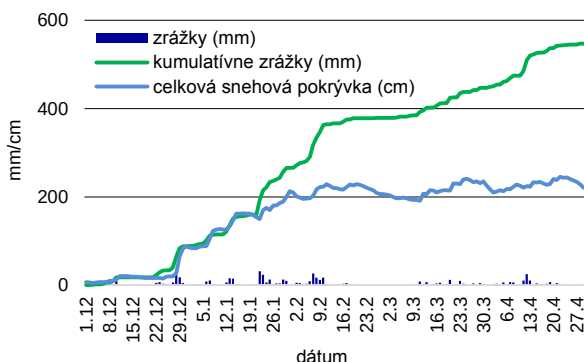
Hodnoty maximálneho objemu zásob vody v snehovej pokrývke (Obr. 3) za zimu 2020/2021 (a ich percentuálne porovnanie s doteraz rekordnými hodnotami maximálnych zásob) boli priemerné v povodí Hrona (hodnotené od zimnej sezóny 1990/1991).

V povodí horného Hrona bol maximálny objem zásob pre profil Brezno 61,4 mil. m<sup>3</sup>, čo predstavuje 48 % rekordných maximálnych zásob zo zimy 2012/2013. Pre profil Banská Bystrica bolo vyhodnotených 167 mil. m<sup>3</sup>, čo zodpovedá 45 % rekordných zásob zimy 2012/2013. Pre uzávierový profil Hrona bol maximálny objem 232 mil. m<sup>3</sup> (29 % rekordných maximálnych zásob zimy 2005/2006). Je možné vidieť, že výskyt maximálnych zásob vody v snehovej pokrývke sa nemusí zhodovať s maximálnymi hodnotami pre profily Brezno a Banská Bystrica.

**Obrázok 4.**  
Porovnanie maximálnych zásob vody v snehovej pokrývke v medzi-povodiach a v celom povodí Hrona počas jednotlivých zim (od r. 1990/91) zoradené podľa uzavärového profilu.



**Obrázok 5.** Zrážky [mm], kumulatívne zrážky [mm] a vývoj výšky snehovej pokrývky [cm] v mesiacoch december – apríl na meteorologickej stanici Chopok.



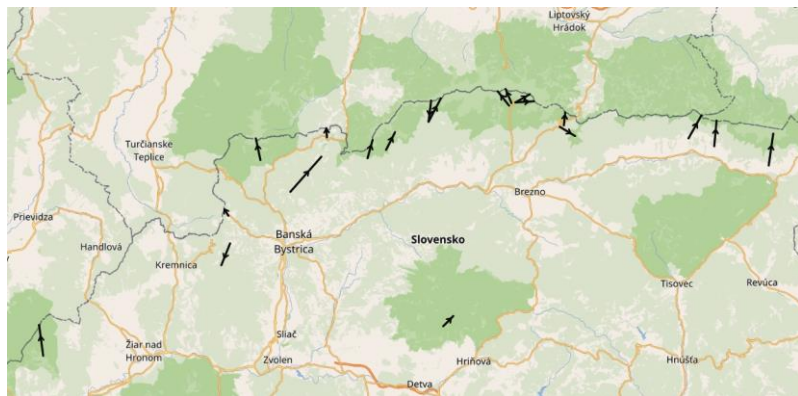
Uplynulá zima bola v nižších polohách povodia (pod cca 500 m n. m.) charakteristická nedostatkom snehovej pokrývky a jej krátkym trvaním (zväčša nie viac ako pár dní). Výrazne lepšie snehové podmienky sa udržiavali nad cca 900 m n. m. Z hľadiska výšky aj trvania snehovej pokrývky bola rozhodujúcim faktorom nadmorská výška (Obr. 1). Maximálna výška snehovej pokrývky na sledovanom úze-

mi, 245 cm (Obr. 4), bola zaznamenaná 22. apríla 2021 na meteorologickej stanici Chopok (2024 m n. m.), čo je zároveň najvyššie umiestnená stanica na rozvodí Hrona a Váhu, kde sa meria výška snehu od roku 1955.

Expedičné merania charakteristik snehovej pokrývky sa uskutočnili počas zimy 2020/2021 v oblasti: Horehronské podolie, Nízke Tatry (podcelky Ďumbierske Tatry a Kráľovohorské Tatry), Veľká Fatra (podcelky Hôľna Fatra a Zvolen), Poľana, Kremnické vrchy a Vtáčnik (Obr. 5). V ďalších horstvách Slovenského rudohoria obvyklé merania neboli uskutočnené z dôvodu zanedbateľnej snehovej pokrývky a z dôvodu chýbajúcej snehovej pokrývky v nižších pohoriach Slovenského stredohoria.

Cieľom expedičných meraní je overiť používané metodiky na vyhodnotenie zásob vody v snehovej pokrývke, overiť metodiku pre extrapoláciu údajov vo fiktívnych staniciach, ktoré slúžia na priestorovú interpoláciu bodových meraní, doplniť vstupné údaje pre vyhodnotenie zásob vody v snehu, ako aj pre generovanie máp celkovej snehovej pokrývky a vodnej hodnoty snehu v prostredí GIS na Odbore Klimatológia.

Martin Halaj, Tomáš Trstenský  
SHMÚ, Banská Bystrica



**Obrázok 6.** Expedičné merania v povodí Hrona zrealizované pracovníkmi SHMÚ Banská Bystrica počas uplynulej zimy.

**Obrázok 7.** Expedičné meranie v závere februára v lokalite Turecká - Križna v povodí Ramžinej.



| Dátum | skupina 1                                              | skupina 2                                              |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 11.1. | Kráľovohorské Tatry: Šumiac - Kráľova hoľa             |                                                        |
| 18.1. | Kráľovohorské Tatry: Pohorelá - Andrejcová             |                                                        |
| 25.1. | Veľká Fatra: Donovaly - Nová hoľa - Zvolen             |                                                        |
| 1.2.  | Vtáčnik: Klak - Vtáčnik                                |                                                        |
| 15.2. | Ďumbierske Tatry: Bauková - Zámotská hoľa - Ďurková    |                                                        |
| 22.2. | Veľká Fatra: Turecká - Križna                          |                                                        |
| 1.3.  | Ďumbierske Tatry: Srdiečko - Kosodrevina - Chopok      |                                                        |
| 8.3.  | Ďumbierske Tatry: Hriadeľ - Hriadeľské sedlo - Prašivá |                                                        |
| 15.3. | Ďumbierske Tatry: Heľpa - Priehyba                     |                                                        |
| 22.3. | Ďumbierske Tatry: Sopotnická dolina - Ráztocká hoľa    |                                                        |
| 29.3. | Ďumbierske Tatry: Krupová - Dereše                     |                                                        |
| 12.4. | Ďumbierske Tatry: Trangoška - Chata M. R. Š. - Ďumbier |                                                        |
|       |                                                        | Kremnické vrchy: Králiky - Železná brána               |
|       |                                                        | Starohorské vrchy: sedlo Dolný Šturec - Hrubý vrch     |
|       |                                                        | Ďumbierske Tatry: Jarabá - sedlo Čertovica - Beňuška   |
|       |                                                        | Ďumbierske Tatry: Bauková - Útuliha pod Ďurkovou       |
|       |                                                        | Kremnické vrchy: Kordíky - Mokrá dolina                |
|       |                                                        | Ďumbierske Tatry: Trangoška - Chata M. R. Š. - Ďumbier |
|       |                                                        | Poľana: Hotel Poľana - Zadná Poľana                    |
|       |                                                        | Ďumbierske Tatry: Jarabá - sedlo Čertovica - Lajštoch  |



## 24. STRETNUTIE SNEHÁROV

Na deň Zeme – 22. apríla sa uskutočnilo v poradí už 24. stretnutie snehárov. Na podujatí organizovanom Prírodovedeckou fakultou UK v Prahe, v spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavom, sa stretlo 43 účastníkov zo Slovenska a z Českej republiky. Reprezentovali operatívnu hydrológiu, klimatológiu, ale najmä akademické prostredie, vzdelávanie a výskum – z inštitúcií Slovenský (SHMÚ) a Český (ČHMÚ) hydrometeorologický ústav, Ústav hydrológie Slovenskej akadémie vied (ÚH SAV), Stredisko lavínovej prevencie Horskej záchrannej služby (SLP HZS), Prírodovedecká fakulta Univerzity Karlovej v Prahe (PřF UK), Správa Národného parku Šumava (NP Šumava) a Česká zemědělská univerzita Praha (ČZU).

Tradícia snehárskeho stretnutí siaha do roku 1996, kedy sa pracovníci z niektorých vyššie uvedených inštitúcií stretli na Chate pod Ďumbierom, v rámci terénnych meraní charakteristík snehovej pokrývky. Tu vznikla dohoda o konaní stretnutí za účelom vzájomnej informovanosti o aktivitách v oblasti hydrológie snehu, ktoré prebiehajú na rôznych pracoviskách na Slovensku a v Českej republike.

Vďaka stále pretrvávajúcim obmedzeniam v súvislosti s pandemiou COVID-19, tohtoročné stretnutie snehárov neprebehlo v horskom prostredí, ako býva zvykom. Pôvodné miesto konania – v českých Krkonošiach bolo nahradené online programom ZOOM. Na jednodennom seminári bolo cez zdieľanú plochu odprezentovaných spolu 8 príspevkov venovaných meraniu a modelovaniu charakteristík snehovej pokrývky, meteorologickým a hydrologickým analýzám, s dôrazom na výskyt a rozloženie snehovej pokrývky, ale aj zmenám snehovej pokrývky v čase meniacej sa klímy.

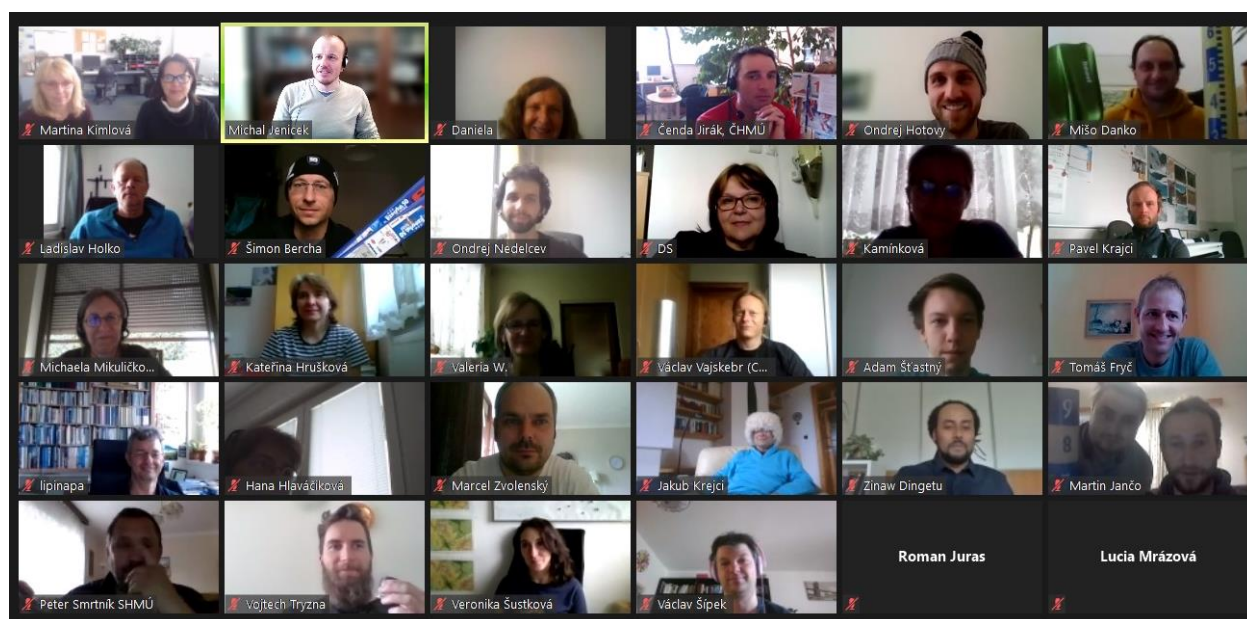
Seminár otvoril M. Jeníček (PřF UK), ktorý účastníkov oboznámil s programom stretnutia. Prvý prednášajúci M. Jančo (ÚH SAV) predstavil príspevok o priebehu vod-

nej hodnoty snehu v rozpadajúcej sa smrečine v Západných Tatrách. Výskum bol uskutočnený v experimentálnom povodí Jaloveckého potoka na vybraných miestach s rozdielnym stavom smrekového porastu. Ďalšou témou bolo kolísanie prietokov v rovnakom povodí v Západných Tatrách (L. Holko, ÚH SAV). V príspevku boli hodnotené rôzne charakteristiky odtoku z povodia v období topenia snehu, v súvislosti s rozdielnym charakterom jednotlivých zím. Tretí príspevok sa venoval novinkám a rozvoju siete automatických snehomerných staníc na území Českej republiky (Š. Bercha, Č. Jiráček, V. Vajskebr, ČHMÚ). Stretnutie pokračovalo príspevkom o zhodnotení uplynulej zimy v povodí Hrona, z pohľadu operatívnej hydrológie (M. Halaj, T. Trstenský, SHMÚ).

Po obednej pauze nasledovala prednáška na tému energetickej bilancie snehovej pokrývky a zmien vo frekvencii snehovo-dažďových udalostí v podmienkach otepľujúcej sa klímy (O. Hotový, M. Jeníček, PřF UK). Podobná bola i ďalšia téma, ktorá hodnotila všeobecné zmeny snehovej pokrývky v horských povodiach Českej republiky (O. Nedělcov, M. Jeníček, PřF UK). Nasledujúcim príspevkom boli aktivity a bilancia činnosti slovenského Strediska lavínovej prevencie v horizonte posledných dvoch rokov (P. Krajčí, HZS). Posledný príspevok tohtoročného stretnutia bol zameraný na súčasné aktivity v oblasti monitoringu snehovej pokrývky na Katedre vodného hospodárstva a environmentálneho modelovania ČZU (R. Juras, M. Součková, ČZU).

Hoci tohtoročné stretnutie prinieslo hojnú účasť (pravdepodobne vďaka virtuálnej forme podujatia), účastníci sa zhodli, že osobné stretnutie je v tomto prípade nenahraditeľné. Nasledujúce stretnutie snehárov sa uskutoční už na jar budúceho roka v českých Krkonošiach.

*Martin Halaj  
SHMÚ, Banská Bystrica*



## HURBANOVSKÉ SÍDLO VEDY NÁM SLUŽI UŽ 150 ROKOV

Je to pomerne nenápadné miesto v južnej časti Podunajskej nížiny, ktoré však bez zveličenia možno označiť za jednu z historických báh vedeckého poznania u nás. Jeho príbeh sa začal odvíjať od nezištnej nadšenecko-dobrovoľníckej činnosti, a napokon stále pokračuje až do dnešných dní – nezastavili ho osobné rozmary, ani rôzne spoločensko-politické systémy, a dokonca ani vojnové konflikty. Údaje z Hurbanova, pre meteorológiu a klimatológiu historicky najdôležitejšej stanice-observatória na území dnešného Slovenska, máme k dispozícii prakticky nepretržite už poldruha storočia. V nasledujúcich odsekoch si preto priblížme bohatú históriu meteorologických pozorovaní a bádania, ktoré sa s touto lokalitou spájajú (v ďalšej, osobitnej aktualite v priebehu nasledujúceho obdobia pripojíme aj miestnu klimatickú charakteristiku a rôzne zaujímavosti).

Šľachtic dr. Mikuláš Konkoly Thege (maď. Miklós Konkoly Thege; \* 1842 – † 1916; Obr. 1). Pri výročnej pripomienke existencie meteorologických pozorovaní v Hurbanove si zákonite pripomíname aj ohromné životné dielo tohto významného muža. Spočiatku obyčajného mladého nadšenca pre prírodné vedy, najmä astronómiu. Napokon celosvetovo známeho a váženého polyhistora, ktorý vedeckej práci zasvätil celý svoj život a zanechal výrazný odtlačok svojej práce v mnohých sférach vedeckého poznania. Veda z Hurbanova, a rovnako tak sláva celého mesta sú s dr. Konkoly Thegem jednoducho bytostne prepojené.

Už v roku 1867, vo veku 25 rokov, začal Konkoly Thege na rodinných majetkoch budovať sieť pozorovateľní s už vtedy dobrým prístrojovým vybavením, ktoré si zabezpečil samostatne (prístroje pritom nielen kúpil, ale aj sám konštruoval). Tieto objekty možno považovať za najvýznamnejšie a najlepšie zariadené súkromné observatória, ktoré v tom čase v Európe existovali. Meteorologická stanica bola medzi prvými a jeho prvé údaje o počasi z Hurbanova (vtedy ešte nazývaného Stará Ďala, maď. Ógyalla; napokon až do roku 1948), mali byť zapísané práve v roku 1867. V roku 1869 alebo 1870 začal budovať astrofyzikálne observatórium postavením kupoly na balkóne svojho domu, ktorú dokončil na začiatku roka 1871, a následne v lete do nej nainštaloval prvé astronomické prístroje a začal merania. Týmto bola fakticky založená známa hurbanovská hviezdáreň (dnes Slovenská ústredná hviezdáreň). Meteorologická a klimatologická obec čiastočne aj kvôli tomu synchrónne odvodzuje dejinné udalosti spojené s hurbanovskými pozorovaniami od roku 1871. Druhým rozhodujúcim dôvodom je, že najstaršie publikované údaje o počasi pre Hurbanovo v odbornej literatúre sú práve z roku 1871.

Konkoly Thege pôvodne nemal v úmysle vykonávať svoje pozorovania na pravidelnej báze. Čoskoro však zistil, že hviezdáreň, meteorologické i geomagnetické merania môžu mať širší význam. V roku 1869 bola Konkoly Thegeho meteorologická stanica zaradená do oficiálnej rakúsko-

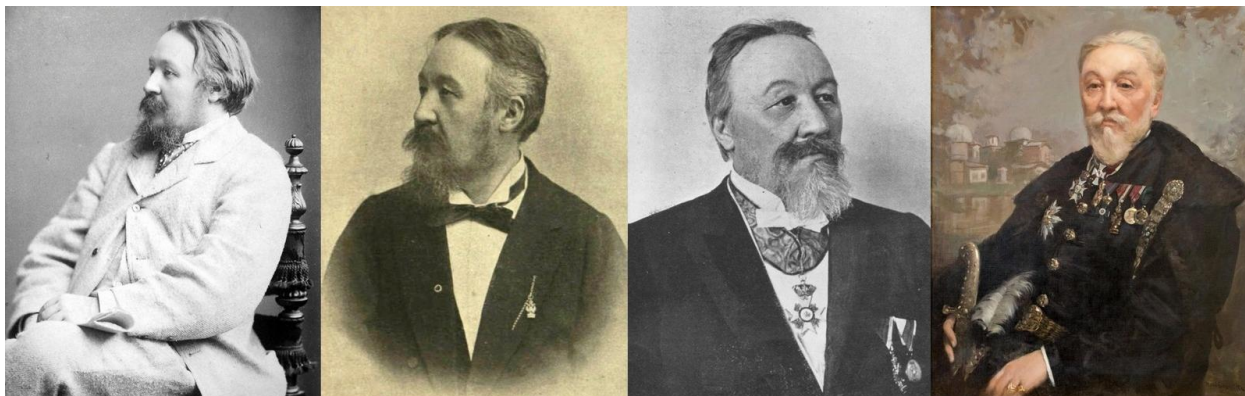
uhorskej staničnej siete. Výkazy z pozorovaní do roku 1871 vrátane náležite zasielal do Ústredného meteorologického ústavu vo Viedni, od roku 1872 potom do Budapešti do medzičasom vzniknutého Uhorského štátneho ústavu pre meteorológiu a zemský magnetizmus (1870). Bohužiaľ, dokumenty zasielané do Viedne sa nezachovali, a preto dennými hurbanovskými meteorologickými údajmi disponujeme od 1. januára 1872. Prvý riaditeľ uhorského meteorologického ústavu dr. Guidó Schenzl nadviazal s Konkoly Thegem spoluprácu, ktorej výsledkom bolo postupné rozširovanie pozorovaní.

Konkoly Thegeho práca v Starej Ďale bola cieľavedomá, plánovitá a dôsledná, a zvesti o nej sa tak veľmi rýchlo šírili za hranice obce. 21. septembra 1890 sa Mikuláš Konkoly Thege stal riaditeľom Štátneho ústavu pre meteorológiu a zemský magnetizmus. Od tohto momentu sa veda o počasi v Uhorsku začala vyvíjať na novej úrovni, a pochopiteľne sa tým zlepšili aj podmienky na ďalší rozvoj pozorovaní v Starej Ďale (Obr. 2 vľavo hore), ktoré, mimochodom, práve od tohto obdobia neboli prerušené až dodnes ani na jeden deň. Nový riaditeľ chcel uhorskú meteorológiu povzniesť na seriózny európsky štandard a Stará Ďala v tom mala hrať nezastupiteľnú rolu. Je pritom zaujímavé, že Konkoly Thege sa nikdy nepovažoval za skutočného meteorológa a aj jeho publikačná činnosť v tomto obore bola v porovnaní s astronómiou a geofyzikou podstatne menšia.

V roku 1893 sa Konkoly Thege na území Uhorska rozhodol vybudovať samostatné meteorologické a geomagnetické observatórium, pričom za lokalitu jeho zriadenia navrhol Starú Ďalu, a pre umiestnenie observatória rovno ponúkol ďalší veľký vlastný pozemok hneď oproti hviezdárni. Bol to pritom veľmi premyslený a precízny výber lokality zakladajúci sa na tom, aby bolo observatórium situované ďaleko od veľkomestského ruchu, v prostredí čo najmenej narušenom civilizáciou, bez ovplyvnenia stavbami či priemyslom. Pre tento úmysel rýchlo našiel pochopenie vtedajší minister pôdohospodárstva dr. Ignác Darányi, ktorému bol rozvoj vedeckých inštitúcií srdcu blízky a Konkoly Thegeho prácu veľmi uznával. Myšlienku 1. mája 1893 oficiálne požehnal a sám prevzal nad zriadením observatória, budovaného presne podľa Konkoly Thegeho plánu, dohľad. V nasledujúcom roku (1894) sa okolnosti ohľadom zriadenia stali dokonca ešte priaznivejšími, keď bol Uhorský štátny ústav pre meteorológiu a zemský magnetizmus správne začlenený pod Darányiho ministerstvo. Základný kameň budovy, stavba ktorej teda už bola financovaná predovšetkým zo štátneho uhorského rozpočtu, bol položený napokon o ďalších päť rokov neskôr, výkopové práce začali presne 27. júla 1899 a meteorologické a geomagnetické (dnes pracovisko Ústavu vied o Zemi SAV) observatórium v Starej Ďale bolo slávnostne otvorené 30. septembra 1900 (Obr. 2 a 3). Ako zaujímavosť možno uviesť, že nové observatórium vo vtedajšej komárňanskej župe dostalo v internom „súboji“ prednosť pred vybudovaním pracoviska na Slavkovskom štíte vo Vysokých Tatrách.



**Obrázok 1. Dr. Mikuláš Konkoly Thege na historických fotografiách a maľbe.**



**Obrázok 2. Sídlo meteorologických pozorovaní v dnešnom Hurbanove. Vľavo hore pôvodné umiestnenie stanice pri astrofyzikálnom (astronomickom) observatóriu na maľbe Gyulu Hártyho približne z roku 1890, vpravo hore podoba meteorologického a geomagnetického observatória na pracovnom nákrese z Konkoly Thegeho stavebného plánu (napokon sa plán ešte upravil a stavba bola postavená trochu odlišne), v strednom rade fotografia a maľba meteorologického a geomagnetického observatória po otvorení v roku 1900, v dolnom rade na fotografiách meteorologické a geomagnetické observatórium v súčasnosti.**





**Obrázok 3. Pohľad z meteorologickej veže budovy observatória smerom k priľahlej meteorologickej záhradke v Hurbanove z februára 2008.**



Prvotriedne vybavené nové observatórium s charakteristickou 22 m vysokou vežou (Obr. 2) dostalo v rámci monarchie oficiálny prívlastok „ústredné“. Bolo teda najvýznamnejšie v celom Uhorsku, ale zároveň aj jedným z najvýznamnejších a najmodernejších v celej Európe. Meteorologická stanica sa medzičasom stala profesionálnym pracoviskom so stálymi zamestnancami a postupne sa tu dokonca začali vykonávať aj rôzne experimenty, súvisiace s meraniami a pozorovaniami, takže observatórium sa súčasne stalo akýmsi meteorologickým „laboratóriom“. Od roku 1900 až dodnes je meteorologické stanovište na nezmenenom mieste (Obr. 3), čím sa miestne záznamy radia medzi najkvalitnejšie a najreprezentatívnejšie na území dnešného Slovenska. Avšak nielen starodálska, ale celá uhorská meteorológia zaznamenala v Konkoly Thegeho ére naozaj obrovský progres. Profesionalizácia, osemnásobný nárast počtu zamestnancov, takmer desaťnásobný nárast počtu staníc, mnohonásobné navýšenie rozpočtu, začatie vydávania predpovedí počasia a početných nových odborných publikácií - to všetko sa (u)dialo pod vedením Mikuláša Konkoly Thegeho.

Stará Ďala, dovtedy neznáma a bezvýznamná veľká obec, sa na konci 19. storočia v dôsledku medzinárodného vedeckého významu observatórií, ako aj vďaka Konkoly Thegeho menu, stala svetoznámu. Tunajšia vedecká inštitucionálna „základňa“ je v súčasnosti na Slovensku jedinou kontinuálne pôsobiaceou od čias bývalej monarchie. Konkoly Thege sa však obával, že po jeho smrti pozorovania zaniknú a prístroje sa prestanú používať. V rokoch 1899 – 1902 preto postupne daroval štátu všetok majetok v Starej Ďale a okolí vrátane observatórií pod podmienkou, že kým on ako zakladateľ žije, bude tu pôsobiť v pozícii neplateného riaditeľa. Zo svojej funkcie hlavy štátnej meteorológie napokon odišiel na konci septembra 1911.

Po prvej svetovej vojne, rozpade rakúsko-uhorskej monarchie a vzniku Československa, bolo meteorologické observatórium 16. marca 1919 obsadené československou armádou a prešlo do kompetencie Štátneho ústavu meteorologického v Prahe. Civilná správa vystriedala vojenskú

až v roku 1921. Významnou postavou medzivojnového obdobia a ďalšieho fungovania a rozvoja observatória bol český meteorológ a bioklimatológ Emil Veselý.

Na začiatku novembra 1938 na základe Prvej viedenskej arbitráže pripadla Stará Ďala horthyovskému Maďarsku, a tak 16. novembra 1938 prevzali vedenie observatória maďarskí meteorológovia. Pozorovania nepretržite pokračovali aj počas druhej svetovej vojny. V kritickom roku 1945 sa o to osobitne zaslúžil klimatológ v hodnosti dôstojníka sovietskej armády Feofan Farnejevič Davitaja, ktorý pri prechode vojnového frontu nariadil uchrániť

observatórium pred prípadným poškodením a pozorovateľom zabezpečil osobnú bezpečnosť a možnosť vykonávať pozorovania (prechod frontu v oblasti pri oslobodzovaní v marci 1945 bol napokon náhly a bez väčších bojov).

Po skončení vojny postupne v priebehu roka 1945 prevzala starostlivosť o observatórium meteorologická služba na Slovensku a tento stav trvá do dnešného dňa. Ako je už v dnešnej dobe štandardom, popri manuálne vykonávaných pozorovaniach je stanica aj automatizovaná; prvá automatická meteorologická stanica bola v Hurbanove nainštalovaná 19. augusta 1992.

Meteorologické observatórium Hurbanovo je profesionálnou stanicou s najúplnejším a najlepšie spracovaným pozorovacím materiálom na Slovensku. Je nielenže základnou stanicou pre slovenský klimatologický výskum, ale priam jeho vlajkovou loďou. O dôležitosti stanice tiež svedčí, že v septembri 2020 bola zaradená na významný zoznam tzv. „Storočných pozorujúcich staníc Svetovej meteorologickej organizácie (WMO)“. S klimatickými údajmi Hurbanova sa stretávame vo všetkých štúdiách a monografiách venovaných klíme väčších oblastí, podrobnému spracovaniu hurbanovských radov meraní a pozorovaní sa tak postupne venovali a venujú mnohí klimatológovia. Za všetkých odborníkov zo Slovenska v tejto činnosti menovite uveďme tých zrejme najaktívnejších: oravského rodáka dr. Žigmunda Rónu (Neumanna) ešte počas existencie Uhorska, neskôr potom najmä dr. Štefana Petroviča, dr. Štefana Kvetáka a prof. Milana Lapina.

Ako sekulárnu meteorologickú stanicu je nevyhnutné udržiavať hurbanovské observatórium naďalej v plnej prevádzke s potrebným personálnym obsadením. Na tomto mieste spomeňme aspoň niektoré najvýraznejšie mená z radov profesionálnych pozorovateľov a správcov, pôsobiach (viacerí aj 40 a viac rokov) na meteorologickom observatóriu Hurbanovo v priebehu vyše 120-ročnej histórie jeho prevádzky: v prvej polovici 20. storočia Mikuláš Konkoly Thege ml. (neskôr známy ako Mikuláš Andor Konkoly Thege; príbuzný, ale nie syn zakladateľa Mikuláša Konkoly Thegeho), György Marczell, dr. Kálmán

Kenessey a Bálint Szabó, v povojnovej ére potom manželia Vojtech Šuška a Bernardína Šušková, Milan Bélik, Jozef Čelka, Michal Tomášik či Ľubomír Babin. V novšej histórii pracoviska existovala v Hurbanove až do konca roku 1999 nepretržitá 24-hodinová pozorovateľská služba. Od 1. januára 2000 sa jej trvanie skrátilo na približne 15 hodín denne od skorého rána do neskorých večerných hodín a táto prevádzková doba platí do súčasnosti.

Dalibor Výberčí, Jozef Pecho,  
Pavel Faško, Oliver Bochníček  
SHMÚ, Bratislava

## Literatúra

- Antal, S., 2004, *Magyarországi meteorológusok életrajzi lexikonja*. Budapest: Országos meteorológiai szolgálat. 135 s.
- Bartha, L., 1992, *In Memoriam Miklós Konkoly Thege (1842–1916)*. *Technikatörténeti Szemle* 39: 63–73.
- Bélik, M., 1970, *Z histórie meteorológie v Hurbanove*. *Kozmos* 1(3): 20–21.
- Borovszky, S., 1907, *Magyarország varmegyei és városai – Komárom vármegye és Komárom sz. kir. város*. Budapest: Országos Monográfia Társaság. 600 s.
- Héjas, E., 1899, *Épül az ógyallai meteorológiai obszervatórium*. *Időjárás* 3(8): 263.
- Héjas, E., 1900, *Az országos meteorológiai és föld-mágnességi intéze Ó-gyallán*. *Vasárnapi Ujság* 47(40): 658–660.
- Kohányi, G., 1892, *Egy ismeretlen intézet*. *Vasárnapi Ujság* 39(9): 151–153.
- Kolektív autorov, 1960, *Klimatické pomery Hurbanova*. Praha: Hydrometeorologický ústav. 278 s.
- Konkoly Thege, M., 1899, *Néhány külföldi meteorológiai obszervatóriumról különös tekintettel az Ó-Gyallán építendő m. kir. meteorológiai központi obszervatóriumra*. *Időjárás* 3(3): 69–96.
- Krška, K.–Šamaj, F., 2001, *Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku*. Praha: Karolinum. 568 s.
- Pastorek, L., 2016, *Az Ógyallai polihisztor. Élet és Tudomány* 71(8): 244–246.
- Petrovič, Š., 1950, *Štátne meteorologické a geofyzikálne observatórium v Hurbanove (Stará Ďala) päťdesiatročné*. *Meteorologické Zprávy* 4(5–6): 101–103.
- Réthly, A., 1942, *Dr. Konkoly Thege Miklós meteorológiai működése*. *Időjárás* 46(1–2): 6–11.
- Ročenky poveternostných pozorování observatória v Hurbanove*.
- Róna, Zs., 1916, *Dr. Konkoly Thege Miklós. Földrajzi Közlemények* 45(6): 278–287.
- Šamaj, F., 1972, *100 let observatoře Hurbanovo*. *Meteorologické Zprávy* 25(2–3): 33.
- Šamaj, F., 1972, *K storočnici založenia hurbanovských observatórií*. *Meteorologické Zprávy* 25(2–3): 36–40.
- Zsoldos, E., 2016, *Konkoly Thege Miklós (1842–1916)*. *Magyar Tudomány* 177(12): 1455–1462.





# PERSONÁLIE

## PERSONALS

### **RNDr. MARIÁN OSTROŽLÍK, CSc. SA DOŽÍVA 80 ROKOV**

Dňa 16. 3. 2021 oslávil svoje 80-te narodeniny meteorológ RNDr. Marián Ostrožlík, CSc. Celý profesionálny život sa venoval výskumu atmosférických procesov na Slovenskej akadémii vied.

Narodil sa v Úľanoch nad Žitavou, strednú školu vychodil v Šuranoch, kde aj v roku 1958 maturoval. V ďalšom štúdiu sa zapísal na Prírodovedeckú fakultu UK, kde ukončil štúdium na kombinácii matematika-fyzika v roku 1963. Po skončení štúdia nastúpil ihneď do Laboratória meteorológie a klimatológie SAV, kde sa začal venovať výskumu tvorby a výskytu námrazy. V tejto činnosti pokračoval aj na novovzniknutom Ústave meteorológie a klimatológie SAV, kde na danú tému obhájil v roku 1971 dizertačnú prácu a získal titul kandidáta vied. Významným praktickým výsledkom jeho práce v danej oblasti bolo hodnotenie zaťaženia budov námrazou. Výskum námrazy viedol prirodzene Mariána Ostrožlíka do skúmania klimatických podmienok v horských oblastiach. Od roku 1975 Ústav meteorológie a klimatológie SAV prešiel na Geofyzikálny ústav SAV. Tu postupne rozšíril oblasť svojej činnosti aj na výskum vysokohorskej klímy. Bol to predovšetkým výskum dlhodobých zmien globálneho žiarenia, hlavne na horách v horských oblastiach, ale tiež výskum teplotných a vlhkostných pomerov. Významné výsledky tiež dosiahol v popise štruktúry prúdenia vzduchu a lokálnej termickej cirkulácie v komplikovanom teréne. Dosiahnuté výsledky publikoval v súbore viac ako 50 vedeckých článkov, v záverečných správach výskumných úloh a projektov, vystupoval na domácich aj zahraničných konferenciách. V rokoch 1997–2010 bol vedúcim viacerých projektov VEGA a v období 2005–2009 tiež pracoval v medzinárodnom programe COST akcii 727 s názvom Measuring and forecasting atmospheric icing structures.

Na pracovisku zastával od roku 1992 post vedúceho Oddelenia žiarenia a klímy a od roku 2001 bol vedúcim Oddelenia fyziky atmosféry. Počas pôsobenia vo funkcii vedúceho oddelenia zabezpečoval prevádzku observatórií

v Mlyňanoch, Starej Lesnej a na Skalnatom Plese. Svoje pôsobenie na SAV ukončil v roku 2010.

Počas svojej aktívnej činnosti sa venoval aj pedagogickej práci, od roku 1990 prednášal na Katedre Meteorológie a klimatológie UK, bol školiteľom vo vedeckej výchove, a členom Spoločnej odborej komisie doktorského štúdia v odbore Meteorológia-klimatológia.

V rámci Slovenskej akadémie vied zastával post člena vedeckého kolégia SAV pre vedy o Zemi a vesmíre a tiež pôsobil ako člen komisie Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR a SAV. Aktívne sa tiež angažoval v profesných organizáciách – v Slovenskej meteorologickej spoločnosti a v Slovenskej bioklimatickej spoločnosti.

*Pavol Nejedlík  
Ústav vied o Zemi, Bratislava*

### **JUBILANT Ing. JOZEF CHALUPKA**

Predzvest'ou nástupu jari boli pre nás dlhé roky narodeniny Ing. Jozefa Chalupku. Narodil sa 20. marca 1941 v malebnom kraji Horehronia, v Závadke nad Hronom. Základnú školu vychodil v Kriváni a maturoval v Žarnovici. V rokoch 1958–1963 bol študentom na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave. Jeho prvým zamestnaním bol odbor meliorácií v Krajskom podniku poľnohospodárskych a lesotechnických meliorácií vo Zvolene a po vojenskej službe sa sem vrátil, avšak už na pracovisko do Bratislavy. Tu pracoval na melioračných stavbách a melioračných úpravách hlavne na Žitnom ostrove. V septembri 1976 zmenil pracovisko a nastúpil do vtedajšieho Hydrometeorologického ústavu na odbor podzemných vôd, ktorému zostal verný až do odchodu na dôchodok. Práca v oblasti podzemných vôd, v ich monitoringu, v posudkovej ale aj výskumnej činnosti mu poskytla široký priestor na zúročenie dovtedajších praktických poznatkov a skúseností.

Ing. Jozef Chalupka svoj zodpovedný a precízny prístup k práci uplatnil na Slovenskom hydrometeorologickom ústave vo viacerých vedúcich funkciách. Bol vedúcim

pracovnej skupiny, neskôr oddelenia a odboru podzemných vôd, a napokon bol vedúcim odboru hydrologických sietí povrchových a podzemných vôd a prameňov. Široký odborný záber, prehľad v odbore ako aj praktické skúsenosti boli základné predpoklady, aby sa stal v rámci SHMÚ vedúcim metodologickej skupiny podzemných vôd Slovenska. Mimoriadnym prínosom pre ústav boli jeho odborné práce: podieľal sa základnom spracovaní hydrologických údajov, na optimalizácii siete podzemných vôd a prameňov, na tvorbe hydrologickej databázy, na výstavbe a prevádzke monitorovacej siete hladín podzemných vôd Žitného ostrova, na posudkových a aplikačných úlohách. Vo výskumnej a vývojovej činnosti pracovníka sa zaoberal najmä hodnotením hladinového režimu podzemných vôd v oblasti vodného diela Gabčíkovo, ale aj celkovým hodnotením režimu podzemných vôd Slovenska, hydrologickými charakteristikami podzemných vôd a prameňov a optimalizáciou sietí. Celkove publikoval viac ako 30 správ, odborných prác a príspevkov vo viacerých odborných periodikách. Svoje dlhoročné praktické skúsenosti a teoretické znalosti premietol aj do normotvornej činnosti.

Celoživotná jubilantova práca, no najmä činnosť na SHMÚ, predstavuje významný a trvalý vklad Ing. Chalupku do oblasti hydrologického poznania a praktickej činnosti ústavu.

Pri príležitosti jubilantových osemdesiatin by sme aj cestou Meteorologického časopisu radi Jožkovi Chalupkovi poďakovali za roky jeho práce, do ďalších rokov by sme mu chceli popriať najmä dobré zdravie, silu a spokojnosť. K bývalým aj terajším pracovníkom SHMÚ sa s gratuláciou pripája

*Ol'ga Majerčáková*

## JUBILANT prof. DUŠAN PODHORSKÝ

H.E., Multi - prof. h.c. RNDr., Dušan Podhorský DrSc. je slovenský vedec, inovátor, pedagóg, diplomat, spisovateľ. Je zakladateľom slovenskej rádiolokačnej meteorológie, významne prispel k rozvoju československej rádiolokačnej a leteckej meteorológie. Už počas štúdia na UK v Bratislave sa venoval využitiu meteorologických informácií v letectve. V tomto pokračoval aj po ukončení štúdia na Slovenskom hydrometeorologickom ústave ako letecký meteorológ. Už v začiatkoch rozpoznal možnosti rádiolokačnej a kozmickej meteorológie pre poskytovanie informácií v reálnom čase. Danej téme sa potom venoval až do ukončenia práce na Slovenskom hydrometeorologickom ústave. Spočiatku ako solitér, neskôr so svojimi spolupracovníkmi, sa venoval hlavne metodickým otázkam rádiolokačnej a kozmickej meteorológie, ktoré doviedol na špičkovú úroveň danej doby. V roku 1968 vypracoval koncepciu rozvoja československej rádiolokačnej meteorológie s následným vybudovaním radarového strediska s prijímacím systémom digitálnych údajov z meteorologických družíc. Toto sústredené úsilie vyvrcholilo zriadením celoštátneho metodického a školiaceho pracoviska pre rádiolokačnú meteorológiu v Československu v roku 1969 na Malom Javorníku pri Bratislave, ktoré viedol. To sa stalo tiež Národným centrom rádiolokačnej meteorológie.

Rádiolokačná meteorológia u nás bola pod jeho vedením v prvej polovici sedemdesiatych rokov na svetovej úrovni v danej dobe a od roku 1974 bolo na Malom Javorníku vytvorené Regionálne centrum rádiolokačnej meteorológie socialistických štátov Európy. Nosnou aktivitou bol vývoj automatizácie rádiolokačných meraní, úspešne ukončený a zavedený do praxe. V rokoch 1985–1989 tiež viedol expertný tím pre automatizáciu meteorologických pozorovaní pre bezpečnosť leteckej dopravy. Pobočka SHMÚ na Malom Javorníku sa stala jedným z najvýznamnejších výpočtových stredísk v Československu. Z výsledkov vedeckého výskumu treba spomenúť, že sa zaslúžil o objav nízko hladinového dýzového prúdenia nad karpatsko-alpským regiónom a vedenie viacerých výskumných projektov, napr. laserový radar LIDAR a vývoj rakiet MRAK pre umelé ovplyvňovanie konvektívnej činnosti pri využití patentu na anorganické reagenty. Aktívne bol tiež začlenený do štruktúr Svetovej meteorologickej organizácie, v 1978–1984 ako spravodajca SMO pre radarovú meteorológiu, nasledujúcich šesť rokov ako riaditeľ Centra aktivity SMO pre nowcasting a predseda pracovnej skupiny SMO pre veľmi krátkodobé predpovede počasia. Popri práci si naďalej zvyšoval kvalifikáciu, na Leningradskom hydrometeorologickom inštitúte v roku 1976 získal titul kandidáta a na Akadémii vied ZSSR už v Sankt Peterburgu v roku 1991 titul doktora technických vied a od roku 1992 je zahraničným členom Petrovskej akadémie vied a umení v St. Peterburgu. Súčasne pôsobil ako pedagóg na Univerzite Komenského v rokoch 1963–1990 a predmet Rádiolokačná a družicová meteorológia prednášal aj na Matematicko-fyzikálnej fakulte v Prahe. Viedol a konzultoval 38 diplomových prác, 7 dizertačných prác doma i v zahraničí. Spojený s leteckou meteorológiou postupne pôsobil v rokoch 1992–1997 vo firmách SLOV AIR, a.s. a TATRA AIR Group, a.s. ako predseda predstavenstva a generálny riaditeľ spoločnosti. Tu sa rozlúčil na dlhšiu dobu s meteorológiou a prešiel na Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, kde v rokoch 1998–2005 pôsobil ako predseda úradu. S touto pozíciou boli postupne spojené tiež jeho aktivity v Stálej pracovnej skupine (CPI) pre kontrolu ručných strelných zbraní a munície, ktorej bol v rokoch 2000–2003 prezidentom a v Pracovnej skupine č.6 EHK OSN, kde pôsobil v rokoch 2002–2005 ako podpredseda a bol autorom projektu „MARS - kontrola na trhu“. V roku 2005 sa zapojil do slovenskej diplomacie. Tu uplatnil svoje skúsenosti zo sféry podnikania, medzinárodné skúsenosti z rôznych oblastí, ako aj fakt, že ako predseda medzirezortnej organizácie priamo spolupracoval s vládou SR a zúčastňoval sa na jej zasadaniach. Počas jeho pôsobenia na poste veľvyslancu pre Kazachstan a Kirgizskú republiku od 2005 do 2011 rozpracoval a uviedol do praxe princípy ekonomizácie diplomacie v zahraničí pre podmienky Strednej Ázie, čo sa prenieslo aj do ďalšieho obdobia. Aj počas tohto obdobia bol aktívny pedagogicky, prednášal ako profesor na šiestich kazašských a kirgizských univerzitách, na piatich z nich mu bola udelená akademická hodnosť prof. h.c. Po manžérsko-diplomatickom intermeze sa k vedeckej práci dostal opäť po návrate na Slovensko, kedy v roku 2012 na začal pracovať na Slovenskej akadémii vied

ako vedúci vedecký pracovník. Venuje sa výskumu v oblasti meteorológie. V roku 2016 podal patent: Modifikácia produkcie snehu a priestorové regulovanie snehových polí a vysokohorských ľadovcov anorganickými minerálmi - bentonitmi (smektitmi). V súčasnosti je stále začlenený do výskumu vzťahu zmeny elektromagnetického signálu a stavu atmosféry s cieľom stanoviť výskyt zrážok a ich priestorovú lokalizáciu. Za svoju širokú činnosť získal rad ocenení, od vyznamenania „Za zásluhy o výstavbu“ v roku 1980, po udelenie čestného titulu „Zaslúžilý letec“ - ocenenie Slovenského leteckého zväzu gen. Dr. M.R. Štefánika v roku 2014.

*Pavol Nejedlik  
Ústav vied o Zemi, Bratislava*

## JÁN ČUPEĽ OSLÁVIL 75. ROKOV

18. februára 2021 oslávil náš dlhoročný kolega a kamarát Ján Čupeľ 75. narodeniny. Narodil sa v obci Richvald 18. februára 1946. S rodinou sa presťahoval do severných Čiech, do obce Mikulášovice pri Dečíně, kde strávil detstvo a nakoniec aj vyštudoval strednú priemyselnú stavebnú školu. Po ukončení povinnej vojenskej služby ho to lákalo do hôr, do Vysokých Tatier.

Počasie ho zaujímalo už od detstva. Ako 10 ročný si viedol jednoduchý meteorologický denník, do ktorého si zapisoval meteorologické prvky a javy.

V roku 1969 prišiel do Vysokých Tatier, kvôli horám a hlavne kvôli horolezectvu, ktoré v tej dobe začínal a ktoré sa mu stalo vášňou. V tom čase pracoval ešte ako montér na lanovkách, ktoré sa vtedy budovali pre nadväzujúce Majstrovstvá sveta v zime 1970 na Štrbskom Plese. Čoskoro zistil, že na Lomnickom štíte je meteorologická stanica, ale v tej dobe tam ešte nebolo voľné miesto, napriek tomu tam často chodil a netajil sa tým, že by tam rád pracoval.

Ako horolezec na jednom horolezeckom výstupe na Pamír, v roku 1978 robil pre ruských meteorológov jednoduché pozorovania vo vysokých nadmorských výškach okolo 7000 m n. m. a vyššie. Keď sa v 1982 uvoľnilo miesto na Lomnickom štíte, podarilo sa mu naň dostať aj vďaka tomu, že bol horolezec, čo si poloha pracoviska a okolnosti vyžadovali. Niekedy musel vyjsť až na vrchol peši, väčšinou za náročných podmienok. Ako kolega spomínal z jeho dlhoročnej práce na pracovisku, práca meteorológa na Lomnickom štíte je špecifická, niekedy aj nebezpečná, vzhľadom na nadmorskú výšku a klimatické podmienky s tým spojené. V letnom období to boli búrky, hlavne nebezpečné blesky, väčšia časť roka silná námraza, celoročné silné vetry, ktoré boli a sú stále nebezpečné pre pozorovateľa. So stravovaním sa na pracovisku to tiež nebolo celkom jednoduché, väčšinou jedol iba to, čo si sám vyniesol v ruksaku na chrbte, čiže jedlo minimálne na 10 dní, ktoré si musel aj sám pripraviť. Na druhej strane, pokiaľ bolo priaznivé počasie, chodili na návštevu rôzni hostia, napríklad sa osobne stretol s našim kozmonautom Ivanom Bellom. Život hore bol ako na ostrove, ako spomína náš bývalý kolega, a ku koncu služby sa už tešil dole zas medzi ľuďmi. Občas sa mu stalo, že kvôli nepriazni počasia sa mu služba aj o niekoľko dní predĺžila.

Ján Čupeľ pracoval na meteorologickej stanici 35 rokov a 8 mesiacov a stále sa teší dobrému zdraviu a zaslúžene si užíva dôchodok. Rád na tie roky spomína a váži si zmysluplný pracovný život prežitý na najvyššie položenej meteorologickej stanici na Slovensku, na Lomnickom štíte.

*Lubomír Stančík, SHMÚ*

## JUBILANTKA RNDr. OLGA MAJERČÁKOVÁ, CSc.

V januári tohto roku sa dožila naša bývalá kolegyňa, dnes na zaslúženom dôchodku, RNDr. Olga Majerčáková, CSc., významného životného jubilea, 70 rokov. Bola dlhoročným pracovníkom Slovenského hydrometeorologického ústavu. Na ústav nastúpila začiatkom roka 1985, po 10 rokoch práce na Ústave hydrológie a hydrauliky SAV (dnešný Ústav hydrológie). Na SHMÚ pôsobila predovšetkým v oblasti výskumu hydrológie a bola aj vedúcou tohto odboru. V rokoch 1997 až 1999 bola námestníčkou úseku hydrológie a od roku 2000 až do odchodu na dôchodok úročila svoje bohaté vedomosti a skúsenosti v oblasti výskumu v oblasti hydrológie ako vedecká tajomníčka SHMÚ. Najmä jej pričinením si v „turbulentných rokoch“ ústav udržal akreditáciu pre vedu a výskum.

V celom svojom profesionálnom živote sa významne podieľala na expertíznej a výskumno-vývojovej činnosti v oblasti hydrológie, a to najmä v oblasti monitorovania, hodnotenia a interpretovania hydrologických veličín. Vymenovať všetky jej práce by znamenalo vymenovať celý rad významných prác, štúdií, metodík, ale musíme spomenúť aspoň niektoré. Medzi hlavné odborné oblasti patrila predovšetkým téma minimálnych prietokov a Národný klimatický program (NKP). Pri spracovaní hydrologických charakteristík za obdobie 1931–1980 bola zodpovednou riešiteľkou úlohy: „N-ročné minimálne prietoky“. Zaoberala sa pravdepodobnostným hodnotením minimálnych prietokov, otázkou hydroekologických limitov a regionálnej analýzy malej vodnosti. V oblasti NKP, sa venovala výberu reprezentatívnych staníc, analýze stacionarity hydrologických radov a dôsledkov vplyvu klimatických zmien na hydrologickú bilanciu. Bola neúnavnou kritičkou alebo „upozorňovateľkou“ na skutočnosť, že zmeny v hydrologickom režime je potrebné neustále sledovať, vyhodnocovať a upozorňovať na ne.

Jej pozornosti neušla ani problematika prívalových povodní. Pre Atlas krajiny SR spracovala hydrologické mapy vybraných hydrologických charakteristík a pracovala aj na projekte „Povodňový varovný a predpovedný systém“ – POVAPSYS (2002–2006) už v čase jeho zrodu. Podieľala sa na riešení niekoľkých VEGA a APVT projektov.

Bohaté vedomosti a skúsenosti zúročila aj ako členka rôznych odborných komisií alebo výborov. Bola dlhoročnou členkou Slovenského výboru pre hydrológiu, Slovenskej meteorologickej spoločnosti, Asociácie hydrológov Slovenska a Slovenskej akadémie poľnohospodárskych vied. Bola členkou redakčnej rady Vodohospodárskeho časopisu (Journal of Hydrology nad Hydrodynamics), ako aj Národného klimatického programu Slovenskej republiky; a stále



je členkou redakčných rád Meteorologického časopisu a Vodohospodárskeho spravodajcu. Veľmi rada pracovala s mladými kolegami alebo so študentmi, nikdy neodmietla ich prosbu o odbornú radu, následne aj posudzovala alebo viedla ich práce. Bola, resp. je členkou komisií pre obhajoby diplomových prác a doktorandského štúdia pre hydrologiu a vodné hospodárstvo.

Za bohatú odbornú činnosť a organizátorskú činnosť dostala aj významné ocenenia, z nich spomenieme „Čestné uznanie ÚH SAV“ za významný prínos k rozvoju hydrologie Slovenska, „Čestné uznanie ministra životného prostredia“ za dlhoročný prínos v starostlivosti o životné prostredie a „Plaketu akademika Duba“ od Stavebnej fakulty STU Bratislava.

V jej živote boli aj veselé a šťastné obdobia, ale aj ťažké a smutné. Nezvykla so svojimi problémami zaťažovať svoje okolie. Väčšinou vždy mala úsmev na tvári. Dnes sa venuje svojej rodine, najmä svojim vnúčatám, ktoré v nej majú úžasnú a múdru babičku.

Milá Olinka, k Tvojim narodeninám Ti chceme zo srdca v mene všetkých spolupracovníkov zablahoželať a poďakovať za Tvoju dlhoročnú prácu, ktorá je stále obrovským prínosom pre celoslovenskú hydrologiu, z ktorej môžeme my, Tvoji nasledovníci, stále čerpať a dúfam, že aj rozvíjať. Do ďalších rokov Ti prajeme hlavne zdravie, pohodu a spokojnosť.

*J. Poórová, Z. Danáčová, D. Lešková  
SHMÚ, Bratislava*

## K ŽIVOTNÍMU JUBILEU PROFESORA RUDOLFA BRÁZDILA

Není mnoho osobností, ktoré se svou odbornou i organizační činností zásadním způsobem zasloužily o rozvoj a směřování vědních disciplín. V historické klimatologii k takovým osobnostem bezesporu patří prof. Rudolf Brázdil, který v letošním roce (10. dubna) oslavil 70 roků. Přitom jeho odborné aktivity a dosažené vědecké výsledky se zdaleka neomezují pouze na historickou klimatologii.

Rudolf Brázdil absolvoval studium učitelství matematika - zeměpis na Katedře geografie přírodovědecké fakulty tehdejší Univerzity Jana Evangelisty Purkyně (nynější Masarykova univerzita) v Brně v letech 1969–1974. Vědeckou hodnost kandidáta věd získal v roce 1980 a v roce 1983 byl po úspěšné habilitaci na Komenského univerzitě v Bratislavě jmenován docentem v oboru meteorologie a klimatologie. V roce 1990 získal titul doktora věd na Univerzitě Karlově v oboru fyzická geografie a roku 1991 byl na Masarykově univerzitě jmenován profesorem fyzické geografie. S geografii (v současnosti Geografický ústav) na přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity je spojena celá jeho vědecká i pedagogická dráha.

Zpočátku se prof. Brázdil věnoval klimatologii instrumentálního období, především analýze atmosférických srážek. V letech 1985, 1988 a 1990 se zúčastnil expedice na Špicberky. Jeho kariéru lemují četné pobyty na zahraničních univerzitách či ústavech a setkání s významnými osobnostmi. Například pobyt na Meteorologickém ústavu Univerzity v Bonnu u prof. Hermannu Flohna v letech

1983–1984, na Geografickém ústavu Federální technické univerzity (ETH) v Curychu na přelomu let 1992 a 1993 či pobyt na Katedře geologie a geografie University Massachusetts v Amherstu (USA) u prof. Raymonda S. Bradleyho v r. 1994.

První osobní kontakty s profesorem historie Christia-nem Pfisterem z Univerzity v Bernu na počátku 90. let 20. století postupně nasměrovaly odborné zaměření prof. Brázdila na historickou klimatologii. Tato vědní disciplína na pomezí klimatologie a environmentální historie se zabývá analýzou dokumentárních pramenů o počasí a podnebí, analýzou časných přístrojových pozorování, problematikou hydrometeorologických extrémů a jejich dopadů na přírodu a společnost. Přes poměrně bohatou historii spojenou s pracemi takových osobností, jako byli C.E.P. Brooks či H. Lamb, bylo na historickou klimatologii nahlíženo řadou klimatologů, zabývajících se rekonstrukcí klimatu, poněkud skepticky. Ještě v r. 2006 Phil Jones z Climate Research Unit, University of East Anglia napsal: „You can calibrate a tree and also connect it with other climate variables. In historical documents one not knows sure how good they are. But we need exact data to reconstruct climate of the past. It will not help us if we know that in some afternoon was sunny.“

Toto značně zjednodušující tvrzení začala postupně uvádět na pravou míru celá řada publikací či projektů, v nichž podstatnou roli hrála osobnost prof. Brázdila. Již v roce 1999 byl jedním z editorů speciálního čísla časopisu Climatic Change s názvem „Climatic Variability in Sixteenth-Century Europe and its Social Dimension.“ V roce 2008 přispívá do speciálního čísla časopisu Weather věnovanému historické klimatologii. V letech 2006–2010 v projektu 6. rámcového plánu EU MILLENNIUM byl vedoucím pracovní skupiny, která odbornou komunitu jednoznačně přesvědčila, že z hlediska použitých metod i kvality sestavených rekonstrukcí je historická klimatologie srovnatelná s výsledky paleoklimatologie založené na tzv. přírodních proxy-datech. Následuje celá řada příspěvků, které shrnují „state of the art“ historické klimatologie i historické hydrologie, vesměs publikovaných v prestižních vědeckých časopisech. Jako příklad lze zmínit příspěvky „Historical climatology in Europe - the state of the art“ (Brázdil et al. 2005), „Historical hydrology for studying flood risk in Europe“ (Brázdil et al. 2006), „European climate of the past 500 years: new challenges for historical climatology“ (Brázdil et al. 2010), „Documentary data and the study of past droughts: a global state of the art“ (Brázdil et al. 2018). Práce prof. Brázdila jsou citovány i v poslední souhrnné zprávě IPCC z roku 2013 a tento jen stručný výběr lze doplnit jeho spoluautorstvím na článku otištěném v časopise Nature (Blöschl et al. 2020).

Na Geografickém ústavu prof. Brázdil zformoval výzkumný tým, který systematickým výzkumem archivních pramenů postupně vybudoval rozsáhlou databázi historických zpráv o počasí a příbuzných jevech a položil základy metodologie standardně využívané v paleoklimatologii. Sama podstata práce s datovou základnou historické klimatologie vyžaduje multidisciplinární přístup a spolupráci s kolegy z různých vědních oborů. V této souvislosti nemohu nezmínit alespoň dva přátele a blízké spolupracovníky

Rudolfa Brázдила, kteří již bohužel nejsou mezi námi, a to PhDr. Huberta Valáška, CSc. a PhDr. Oldřicha Kotyzu.

Historicko-klimatologické databáze bylo využito k celé řadě publikací, kterým dominuje volná řada monografií s názvem „Historie počasí a podnebí v českých zemích“. U všech svazků je prof. Brázdil prvním autorem a od vydání prvního dílu v r. 1995 již čítá jedenáct svazků. Toto dílo mimo jiné zpřístupňuje edice archivních dokumentárních zdrojů a přináší jejich meteorologickou a klimatologickou interpretaci. Dva svazky obdržely Ceny rektora MU („Historické a současné povodně v České republice“ z roku 2006 a „Climate of the Sixteenth Century in the Czech Lands“ z roku 2013). Doposud poslední monografie („Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost“ z roku 2016) získala Cenu Josefa Hlávky za vědeckou literaturu.

Významných ocenění se dostalo i samotnému prof. Brázdilovi. Například v roce 2018 se stal nositelem ceny Eduarda Brücknera za významný přínos k interdisciplinárnímu výzkumu v klimatologii. Od roku 2019 je držitelem Stříbrné medaile MU a v roce 2020 obdržel prestižní ocenění Le Prix Vautrin-Lud, které představuje nejvyšší možné ocenění za geografii udělované již od r. 1991.

Prof. Brázdil dosud publikoval na 161 článků evidovaných v databázi Web of Science, jeho práce mají více než 4000 citací a Hirschův index má hodnotu 38. Do tohoto výčtu dále patří řada úspěšně řešených projektů v roli hlavního řešitele, významný podíl na vědecké produkci oddělení pro studium variability klimatu v rámci Ústavu výzkumu globální změny AV ČR v Brně či členství v edičních radách několika vědeckých časopisů.

Odborná činnost profesora Brázдила je úzce spjata s výchovou studentů geografie na Geografickém ústavu PřF Masarykovy univerzity. Není mnoho osobností, které jsou pedagogy velmi náročnými, avšak i pedagogy velmi oblíbenými a „chodící encyklopedií“, jak jej označil jeden z účastníků letošní studentské ankety. Vedle vedení přednášek se věnuje vědecké výchově doktorandů a jako školitel dovedl k úspěšné obhajobě 13 doktorandů. Řada z nich nyní pokračuje v akademické kariéře či zastává významné pozice ve výzkumných institucích v ČR i v zahraničí.

V tomto omezeném rozsahu bych chtěl vyzdvihnout ještě jeden rys prof. Brázдила a tím je preciznost opřená o obrovský všeobecný rozhled. Spolupráce s Rudolfem Brázdílem je totiž zcela samostatnou kategorií. Řada kolegů, kteří s ním měli možnost pracovat, vám potvrdí, že řadu věcí s ním budete několikrát opakovat, dokud to nebude perfektní. Avšak nakonec budete mít dobrý pocit, že jste v dané věci udělali maximum.

Rudolf Brázdil je velmi přátelský kolega, který nezkazí žádnou legraci. Tento uznávaný a respektovaný klimatolog je vždy připraven perfektně analyzovat hru brněnské Komety či kriticky zhodnotit neradostnou situaci fotbalové Zbrojovky. A to nemluvíme o jeho encyklopedických znalostech díla českého velikána Jára Cimrmana.

Snad oslavenec promine, že výše uvedené řádky nejsou jen suchým konstatováním jeho vpravdě úctyhodné scientometrie. Prof. Rudolfu Brázdilovi přeji jménem všech jeho žáků i spolupracovníků do dalších let především pevné zdraví.

*Petr Dobrovolný*

Prof. Rudolf Brázdil je aj dlhoročným spolupracovníkom a členom redakčnej rady Meteorologického časopisu. Vážený pán profesor, prajeme Vám veľa zdravia, osobnej pohody a radosti. Ďakujeme a tešíme sa na ďalšiu spoluprácu s Vami!

*redakčná rada Meteorologického časopisu*

## JUBILANT RNDr. JÁN HRVOĽ, CSc.

RNDr. Ján Hrvol, CSc. sa 24. 6. 2021 dožil pekného životného jubilea 70 rokov. Jeho doterajší život je úzko spätý s meteorológiou a klimatológiou. Okrem vlastného vzdelávania v tejto oblasti sa venoval výchove študentov a propagácii uvedeného vedného odboru medzi našou mládežou.

Narodil sa v Moste pri Bratislave. Po ukončení základnej a strednej školy absolvoval v rokoch 1969 až 1974 na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave vysokoškolské vzdelanie v odbore fyzika, špecializácii meteorológia a klimatológia. Jeho diplomová práca mala názov „Porovnanie výskytu dní s prízemnou inverziou a hmlou na letisku Poprad“.

Po ukončení štúdia sa zamestnal na Meteorologickom a klimatologickom ústave Prírodovedeckej fakulty UK. Na Univerzite Komenského pracoval až do roku 2016 keď odišiel do dôchodku. Názvy pracovísk sa ale menili. Od 1.9.1980 pracoval na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK, na Katedre astronómie, geofyziky a meteorológie, neskôr na Katedre meteorológie a klimatológie, a po roku 2005 na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK, na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie. V roku 1979 získal titul RNDr. V roku 1986 za prácu zameranú na antropogénne vplyvy na intenzitu slnečného žiarenia získal titul CSc. Od roku 1995 bol zaradený do kategórie samostatný vedecký pracovník (IIa).

Vo vedeckej oblasti riešil viaceré projekty, ktorých hlavné zameranie sa týkalo toku slnečného žiarenia k rôzne orientovaným skloneným plochám, výpočtom zložiek energetickej bilancie aktívneho povrchu, vplyvu znečistenia atmosféry na zložky celkovej bilancie žiarenia aktívneho povrchu a projektov orientovaných na klimatické zmeny. Výstupmi z vedeckej práce nášho jubilanta je takmer 100 odborných a vedeckých článkov, monografií a kapitol v monografiách, ktoré spracoval sám alebo sa na nich podieľal ako spoluautor. Na tieto práce má viac ako 100 citácií. Môžeme spomenúť také diela ako Atlas krajiny Slovenskej republiky, Hniezdna biológia lastovičky domovej (*Hirundo rustica*), Occurrence of dry and wet periods in altitudinal vegetation stages of West Carpathians in Slovakia: Timeseries analysis 1951–2005, Optical properties of urban aerosols in the region Bratislava-Vienna-II: Comparisons and results, Possible impacts of climate change on hydrologic cycle in Slovakia and results of observations in 1951–2007, Sensible heat and latent heat fluxes dependence on the net radiation in Slovakia for summer and vegetation season for the period 1951–2010, Long-term results of evaporation rate in xerothermic Oak altitudinal vegetation stage in Southern Slovakia a mnohé ďalšie. Okrem spomínaných článkov je aj spoluautorom vysokoškolskej učebnice „Žiarenie v atmosfére“.

Počas svojho pôsobenia na univerzite viedol prednášky, semináre, praktiká a cvičenia tak pre študentov Prírodovedeckej fakulty, ako aj pre študentov Fakulty matematiky, fyziky a informatiky. Môžeme spomenúť najmä tieto: Základy meteorológie a klimatológie, Meteorologické prístroje a pozorovacie metódy, Žiarenie v atmosfére, Optické a elektrické javy v atmosfére, Zvláštnosti mestskej klímy a Praktikum z meracích a pozorovacích metód v meteorológii. Bol vedúcim mnohých diplomových prác a prác ŠVOČ, oponoval a recenzoval množstvo publikovaných prác.

Bol výkonným redaktorom zborníka Acta Meteorologica Universitatis Comenianae, vydávaného na Univerzite Komenského. Jeho vzťah k meteorologickým prístrojom ho priviedol k dlhoročnej práci na meteorologickom observatóriu FMFI. Až do odchodu do dôchodku v roku 2016 pôsobil aj ako vedúci tohto pracoviska. Observatórium v posledných rokoch aj jeho zásluhou prešlo modernizáciou a dnes sa pýši aj plnoautomatickým zberom meteorologických a klimatologických údajov. Okrem tejto práce sa podieľal aj na ostatných činnostiach, ktoré prispeli k rozvoju Oddelenia meteorológie a klimatológie. Dr. Hrvol' je členom Slovenskej meteorologickej spoločnosti a Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti.

Okrem lásky k práci, ktorá mu bola a je aj koníčkom, sa rád venuje aj literárnej činnosti, má pozitívny vzťah k prírode. Oslávencovi prajeme aj do ďalších rokov veľa zdravia a pohody v osobnom živote.

*Milan Lapin a Martin Gera  
FMFI UK, Bratislava*

## SPOMIENKA NA PROFESORA MILANA DZUBÁKA

15. apríla 2021 sme si pripomenuli 95. výročie narodenia prof. Ing. Milana Dzubáka, CSc. Bol mimoriadne vzácnou osobnosťou, odborník s hlbokými znalosťami nielen v hydrológii a vodnom hospodárstve, ale so všeobecným prehľadom a priam encyklopedickými vedomosťami, bol vynikajúci učiteľ, dobrý kolega a priateľ.

Vysokoškolské štúdiá na SVŠT ukončil v roku 1951. Po škole nastúpil na svoju materskú katedru ako asistent akademika Bellu. V roku 1959 prešiel na Ústav hydrológie a hydrauliky SAV a po uplynutí 22 rokov sa opäť vrátil na svoju alma mater. Tu potom pôsobil ako profesor až do konca svojich dní. 13. septembra 1996 sa prof. Dzubák stal obeťou dopravnej nehody.

Pôsobenie profesora Dzubáka bolo v troch hlavných oblastiach: vedeckej, pedagogickej a vedecko-organizačnej. K jeho nedožitým osemdesiatinám sa na SHMÚ konalo slávnostné kolokvium a vydali sme spomienkový Zborník. Tu, okrem faktov o bohatej činnosti profesora Dzubáka, čitateľ nájde aj zopár spomienok jeho priateľov a žiakov.

Prof. Ing. Milan Dzubák, CSc. mal a bude mať mimoriadne významné miesto vo svete slovenskej hydrológie a vodného hospodárstva

*Olga Majerčáková*

## SPOMIENKA NA Ing. OTAKARA MALÉHO

2. marca uplynulo 5 rokov od smrti Ing. Otakara Malého a 11. mája 95 rokov od jeho narodenia. Rodiskom mu bola Nitra, od šiestich rokov sa stal Bratislavčanom.

Na Slovenský hydrometeorologický ústav nastúpil v roku 1954, kde pôsobil temer 40 rokov. V roku nástupu Ing. Malého na ústav sa hydrologická služba reorganizovala a hydrológia sa stala súčasťou HMÚ. Po zácviiku na pracoviskách v Prahe a Brne sa stal vedúcim oddelenia podzemných vôd, a toto pracovisko od základu zmodernizoval. Zaviedol nové pracovné postupy a metódy, vybudoval novú pozorovaciu sieť a výsledky rozširujúceho monitoringu sa zverejnili v prvých ročenkách podzemných vôd. Spolu s RNDr. Jánom Šubom založili Hydrofond, a tak v oblasti podzemných vôd HMÚ zaradili medzi progresívne ústavy Európy.

Od roku 1969 bol Ing. Malý námestníkom pre hydrológiu a tu naplno uplatnil svoje organizačné schopnosti, intuíciu pre riadenie a rozvoj praktickej modernej hydrológie. Pod jeho vedením sa aplikovali najnovšie trendy pri budovaní monitorovacích sietí, celoplošne sa začala využívať výpočtová technika pri hromadnom spracovaní údajov. Významná bola jeho podpora pri zapájaní pracovníkov do riešenia aplikačného výskumu. Za všetky inovácie, ktoré zaviedol do praxe možno spomenúť napríklad snímkovanie snehovej pokrývky a stanovovanie jej vodnej hodnoty alebo postupné zjednocovanie metodických postupov a smerníc na celoštátnej úrovni. Aj podporu vývoja diaľkového prenosu údajov z vodomerných staníc spájame s jeho menom. Okrem priekopníckej práce v hydrológii ústavu, mal veľké zásluhy aj v iných oblastiach, ktoré s rozvojom ústavu súviseli. Napríklad stavby obidvoch nových budov ústavu na Kolibe nesú významné známky jeho spolupráce.

Za výsledky svojej práce dostal zlaté medaily ČHMÚ aj SHMÚ, ako aj rezortné a štátne ocenenia „Budovateľ Vodného hospodárstva“ a „Za vynikajúcu prácu“.

Zhruba 50 rokov sa venoval svojmu hobby, ktoré tiež bolo spojené s vodou. Najprv bol sám vynikajúcim plavcom, neskôr sa venoval trénovaniu druhých. So svojimi plaveckými zverencami sa dostal až na Olympijské hry v Helsinkách. Od plávania prešiel k jachtingu.

Za ocenenie „vzorný dobrovoľný pracovník v telovýchove“ v roku 2002 dostal ako jediný Slovák od Medzinárodného olympijského výboru v Ženeve Bronzovú sošku, ktorú si mimoriadne cenil.

Hydrológovia SHMÚ dostali od Ing. Malého dobrý a zdravý základ a s vďakou naňho spomínajú.

*Olga Majerčáková*

## NEDOŽITÉ 80-TINY doc. RNDr. DUŠANA ZÁVODSKÉHO, CSc.

*Nezomrel ten, kto ostáva v našich srdciach a v pamäti ľudí, v živote ktorých jeho priateľstvo a práca veľa znamenali.*

Dňa 6. júna sme pripomenuli 80. nedožité narodeniny doc. RNDr. Dušana Závodského, CSc., nestora v oblasti ochrany kvality ovzdušia na Slovensku, dlhoročného pra-

covníka Slovenského hydrometeorologického ústavu a dlhoročného člena Slovenskej meteorologickej spoločnosti.

Navždy nás opustil 24. októbra 2015 vo veku 74 rokov. Narodil sa 8. júna 1941 v Bratislave. Vysokoškolské štúdiá absolvoval na PFUK v Bratislave. Na SHMÚ zastával rôzne funkcie, počnúc vedúcim odborom znečistenia ovzdušia, zástupcom riaditeľa, a na začiatku 90. rokov bol krátko poverený aj vykonávaním funkcie generálneho riaditeľa ústavu. Bol aj predsedom Vedeckej rady pri SHMÚ, Slovenskej meteorologickej spoločnosti ako aj predsedom redakčnej rady Meteorologického časopisu. Bol aktívnym členom viacerých slovenských ako aj zahraničných rád a komisií. Zastupoval záujmy Slovenska vo viacerých medzinárodných organizáciách. Pri všetkých jeho povinnostiach našiel čas aj na hľadanie a presadzovanie nových trendov a poznatkov v odbore. S jeho osobou je spojený vznik a rozvoj environmentálnych aktivít na SHMÚ, čím prispel zásadným spôsobom k formovaniu nášho ústavu ako rešpektovaného subjektu v oblasti životného prostredia v Slovenskej republike. Bol typ človeka konštruktívnej kritiky v pravom slova zmysle. Jeho kritické názory a pripomienky vždy sa skončili povzbudením a nájdením správnej cesty. Ako externý vysokoškolský pedagóg na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave (PF UK) vychoval celý rad odborníkov v oblasti ochrany ovzdušia, ktorí v súčasnosti tvoria silnú základňu ochrany kvality ovzdušia na Slovensku. Mal veľmi bohatú publikačnú činnosť, ktorá obsiahla odborné publikácie, monografie, vysokoškolské skriptá ako aj výskumné správy a štúdie. Bol riešiteľom a vedúcim medzinárodných projektov a grantov v oblasti ochrany kvality ovzdušia a meteorológie. Bol najviac citovaným domácim autorom v danom odbore. Jeho publikačná činnosť bola mimoriadna po kvalitatívnej aj kvantitatívnej stránke.

Za svoje aktivity získal viaceré ocenenia ako Medaila primátora Bratislavy za ochranu životného prostredia v roku 1983, Čestné uznanie ČMS pri ČSAV Praha v roku 1991, Strieborná medaila MFF UK v roku 2001 a Pamätná medaila ministra ŽP SR v roku 2005. V roku 2001 bol vedením SHMÚ ocenený za celoživotný prínos udelením Zlatej medaily SHMÚ za zásluhy o rozvoj hydrológie a meteorológie. Česť jeho pamiatke!

*Gabriel Szabó*

## **RADY SLOVENSKÝCH METEOROLÓGOV OPUSTIL prof. MILAN NEDELKA**

V januári 2021, v čase mohutnejúcej pandémie ochorenia COVID-19, odišiel do meteorologického neba vo veku 89 rokov významný slovenský i československý meteorológ, nestor slovenskej leteckej meteorológie, prof. RNDr. Ing. Milan Nedelka, CSc.

Profesor Milan Nedelka sa narodil 10. 1. 1932 v Merašiciach, okr. Hlohovec. V roku 1956 absolvoval na Prírodovedeckej fakulte UK Bratislava štúdium matematiky a fyziky, s dôrazom na meteorológiu a klimatológiu. K jeho spolužiakom patrili aerológ Ján Pribiš, klimatológ Juraj Rak a klimatológ a vysokoškolský učiteľ Ján Tomlain. Milan Nedelka si neskôr rozšíril vzdelanie štúdiom na

Agronomickej fakulte Vysokej školy poľnohospodárskej v Nitre (1967).

V roku 1958 nastúpil na Hydrometeorologický ústav, ktorý sa stal jeho hlavným pracoviskom až do dôchodkového veku. Najprv zastával funkciu vedúceho leteckej meteorologickej stanice v Poprade, neskôr pôsobil ako vedúci Leteckej meteorologickej služby SHMÚ v Bratislave (1993). Po vzniku novej republiky zamieril na Štátnu leteckú inšpekciu v Bratislave (terajší Letecký úrad SR), kde zastával miesto riaditeľa Odboru leteckých predpisov a dokumentácie. Počas pôsobenia na pozícii šéfa Leteckej meteorologickej služby bol aktívny v rôznych medzinárodných pracovných skupinách a komisiách, napr. v Skupine expertov československej účasti v globálnom výskume atmosféry Zeme (GARP), v Komisii pre základné systémy a Komisii pre leteckú meteorológiu WMO, z národných komisií, napr. v Komisii pre odborné vyšetrovanie leteckých mimoriadnych udalostí Federálneho ministerstva dopravy a Skúšobnej komisii pre získavanie kvalifikácie leteckých pracovníkov, ktorá bola orgánom slovenskej Štátnej leteckej inšpekcie.

Podieľal sa na vytvorení kritérií pre skúšky pilotov civilného a vojenského letectva a na tvorbe leteckej terminológie. V 1974 viac ako pol roka pobudol na vedecko-výskumných lodiach v tropickej časti Atlantiku a v centre tropického výskumu v Dakare. Na Slovensku sa zaoberal zabezpečovaním letísk technickými zariadeniami pre prevádzku II. resp. III. kategórie minim ICAO, automatizovaným systémom prípravy letov, meteorologickým zabezpečovaním leteckých meteorologických prác. Jeho vedecké práce sa týkali tiež klimatografie letísk, výskytu podlimitnej oblačnosti na jeho bývalom „domovskom“ letisku Poprad - Tatry, či využiteľnosti letiska Košice pri nepriaznivých poveternostných podmienkach na tatranskom letisku.

Počas svojej profesnej praxe sa aktívne podieľal na výchove mladých meteorológov a klimatológov, postupne aj pilotov a leteckých špecialistov. V rokoch 1980 až 1990 pôsobil na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK v Bratislave (teraz Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK). Docentom meteorológie a klimatológie bol vymenovaný v roku 1985, habilitovaný v r. 1999, profesorom v obore Dopravnej a spojovej technológie v roku 2000. Za dlhé roky pôsobenia na Vysokej škole dopravy a spojov v Žiline, súčasnej Žilinskej univerzite, kde externe prednášal leteckú meteorológiu viac ako 30 rokov, prešlo jeho rukami mnoho pilotov a leteckých špecialistov.

Pre študentov napísal veľa odborných učebných textov a skript, je autorom knižnej publikácie Prehľad leteckej meteorológie (účelová publikácia SLOV-Air, 1984), ktorá je učebnicou meteorológie zameraná na potreby výučby pilotov a leteckého personálu. Z jeho pera pochádza tiež meteorologická kapitola úspešnej Benešovej Učebnice pilota z r. 1995. M. Nedelka sa autorsky výrazne podieľal na Munzarovom Malom sprievodcovi meteorológiou, ako aj na spracovaní Meteorologického slovníka výkladového terminologického (1993). Pripravil výklad asi 180 hesiel a inicioval a zostavil Slovenský letecký slovník (1998) s anglickými ekvivalentmi, ktorý bol prvou slovenskou encyklopédiou letectva. Dielo Nedelkovho autorského



kolektívu vyznamenala Jednota českých a slovenských tlmočníkov a prekladateľov cenou Vynikajúce encyklopedické dielo roku 1999. Je autorom monografie Slnko, Atmosféra a Oceán populárne (2003) – príručka pre priaznivcov letectva a námorníctva.

Ďalšou Nedelkovou srdcovkou bola história meteorológie, o ktorej napísal niekoľko článkov a referátov.

Bol meteorológom, zvlášť leteckým, telom i dušou, a veľkým propagátorom tohto odboru. Tešil sa z úspechov svojich žiakov i kolegov. Bol mimoriadne pracovitý, aktívny bol aj v Slovenskej meteorologickej spoločnosti. Zaujímal sa o dianie v oblasti meteorológie aj v pokročilom dôchodcovskom veku, i keď mu jeho zdravotný stav už neumožňoval zúčastňovať sa podujatí. Zato pravidelne sledoval vstupy meteorológov v rozhlas i televízii a nezaбудol vždy povzbudiť.

Tým, ktorí ho poznali, zostane v srdciach ako absolútne profesionál a zároveň veľký človek.

Česť jeho pamiatke!

*Paulína Valová, Jana Čerbová  
SHMÚ, Bratislava*

## **SPOMIENKA NA Mgr. ALOISA SOKOLA, PhD.**

Niekedy v polovici februára 2020 sme sa dozvedeli veľmi smutnú správu, že nás vo veku 46 rokov navždy opustil náš kolega a kamarát Alois Sokol. Alois, alebo Lojzo, ako ho všetci volali, sa narodil 6.10.1973 v Ostrave, ale veľkú časť svojho detstva a dospievania prežil v Šuranoch, kde študoval na gymnáziu v rokoch 1988 až 1992. Už vtedy sa zaujímal o meteorológiu, hlavne nebezpečné prejavy počasia a stal sa celoštátnym víťazom v Stredoškolskej odbornej činnosti v odbore fyzika v roku 1991. Téma jeho prvej práce sa týkala predpovedí počasia a družicových pozorovaní. V štúdiu pokračoval na Matematicko-fyzikálnej fakulte Univerzity Komenského (dnes Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, FMFI), od 3. ročníku na Katedre meteorológie a klimatológie. Diplomovú prácu písal na tému „Čiary instability“. Štúdium úspešne dokončil v roku 1998. Už ako študent začal od roku 1996 pracovať na čiastočný úväzok na Slovenskom hydrometeorologickom ústave na

Oddelení predpovede počasia. Bol talentovaným synoptikom, mal perfektnú pamäť na situácie, nebál sa predpovedať extrémny počasia – hoci oproti dnešku bolo vtedy dostupných oveľa menej predpovedných materiálov z numerických modelov. Venoval sa búrkam a štúdiu nebezpečných javov ako tornáda a supercely, prekladal odborné články. Od decembra 2004 do júna 2007 pôsobil na Českom hydrometeorologickom ústave na oddelení meteorologických predpovedí v Prahe-Komořanoch. Potom sa rozhodol pre vedecko-pedagogickú dráhu na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky, kde prednášal predmety Fyzika konvektívnych javov a Synoptická meteorológia. Tu vypracoval aj dizertačnú prácu s názvom „Možnosti využitia údajov z družíc formácie „A-Train“ pre štúdium štruktúry vertikálne mohutnej konvektívnej oblačnosti“, ktorú obhájil v roku 2010. Využil vysoké rozlíšenie a údaje z mikrovlnných pozorovaní, rádiometrov a lidarov z vyššie spomenutých družíc na skúmanie vrchných hladín búrkových oblakov, ako aj častých sprievodných javov nebezpečných búrok ako prerastajúce vrcholky, vlečky a pod. V tejto téme aj publikoval v zahraničných meteorologických časopisoch a spolupracoval s odborníkmi z Českej republiky alebo USA. Stále sa venoval aj pozorovaniu búrok prostredníctvom time-lapse záberov, ktoré často zdieľal. V rokoch 2016–2018 pracoval vo firme IBL Software Engineering na pozícii meteorologický konzultant a jeho posledným pôsobiskom bola v roku 2019 Slovenská Akadémia Vied.

Najväčší význam jeho práce nespočíva ani tak v množstve článkov a vedeckých štúdií ale v tom, že inšpiroval svoje okolie, mladých študentov a snažil sa posunúť synoptickú meteorológiu a výskum nebezpečných prejavov počasia na vyššiu úroveň. Mal schopnosť oslovit' ľudí (dnešnými slovami by sme povedali, že bol dobrý „influencer“) a je škoda, že túto vlastnosť nerozvinul ďalej v popularizácii meteorológie. Druhou stranou jeho povahy bola vnútorná nevyrovnanosť, neustály zápas s konvenciami a zabehanými štandardmi, čo občas viedlo aj k nepochopeniu a nezhodám zo strany spolupracovníkov a nadriadených. V pamäti však budú naďalej pretrvávajúce jeho príbehy a zanietenie pre meteorológiu, búrky, lejaky a tornáda, o ktorých vedel strhujúcim spôsobom rozprávať celé hodiny ...

*André Simon*

## POKYNY PRE AUTOROV

Meteorologický časopis publikuje pôvodné vedecké práce, prehľadové články, odborné príspevky, odborné informácie a personálie. V časopise sa publikujú prednostne príspevky v anglickom jazyku, v obmedzenom rozsahu tiež v slovenskom a českom jazyku.

Pre nových prispievateľov odporúčame formu príspevku prispôsobiť podľa tohto čísla Meteorologického časopisu. Texty príspevkov (MS Word), grafy (MS Excel) a obrázky (CorelDraw; jpg, tiff alebo iný grafický formát) je potrebné poslať v elektronickej forme

na e-mailovú adresu [norbert.polcak@shmu.sk](mailto:norbert.polcak@shmu.sk)  
a kópiu na adresu [katarina.pukancikova@shmu.sk](mailto:katarina.pukancikova@shmu.sk)

alebo

Norbert Polčák  
redakcia Meteorologického časopisu  
Slovenský hydrometeorologický ústav  
P.O.Box 15, 833 15 Bratislava 37

---

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Meteorological journal is publishing original scientific papers, reviews and short communications. The languages of the journal are English, Czech and Slovak.

New contributors are recommended their manuscript to conform to this issue of the Meteorological Journal. Manuscript (MS Word), graphs (MS Excel) and pictures (CorelDraw; jpg, tiff or other graphic file format) should be submitted electronically to

e-mail address [norbert.polcak@shmu.sk](mailto:norbert.polcak@shmu.sk)  
and copy to [katarina.pukancikova@shmu.sk](mailto:katarina.pukancikova@shmu.sk)

or

Norbert Polčák  
Editorial Board of the Meteorological Journal  
Slovak Hydrometeorological Institute  
P.O.Box 15, 833 15 Bratislava 37  
Slovak Republic

