
Priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok z cyklonálnych situácií s rôznym smerom prúdenia v slovenských povodiach

Jakub Mészáros¹, Martin Halaj²

¹ Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica,

Abstrakt – V príspevku analyzujeme atmosférické zrážky spadnuté vo vybraných slovenských povodiach počas cyklonálnych situácií, ktoré majú zadefinovaný smer prúdenia. Použili sme synoptickú typizáciu a úhrny zo zrážkomernej siete Slovenského hydrometeorologického ústavu. Spracovali sme obdobie rokov 1991–2015. Vybrali sme cyklonálne situácie ovplyvňujúce počasie nad našim územím od západu a severozápadu, severu a severovýchodu a východu a juhovýchodu a vyhodnotili sme, aký je z nich priemerný ročný úhrn na Slovensku a vo vybraných povodiach. Výsledky sme zobrazili vo forme mapových výstupov, tabuliek a grafov. Najvyšší priemerný ročný úhrn je počas synoptickej situácie typu Wc, NEc a Ec. Najnižší priemerný ročný úhrn je počas synoptickej situácie typu SWc1 a Nc. Zobrazili sme aj podiel jednotlivých typov cyklonálnych situácií a ich supertypov na celkovom priemernom ročnom úhrne zrážok. Najvyšší podiel má supertyp W + NW so situáciou typu Wc, s regionálnymi rozdielmi v jednotlivých oblastiach kvôli náveternému a záveternému efektu. Vo vybraných povodiach pozorujeme rozdielne podiely úhrnov zrážok z jednotlivých cyklonálnych situácií. Najdominantnejšie sú synoptické typy zo supertypu W + NW, keďže na Slovensku prevláda severozápadné prúdenie. Zaujímavé zistenie je, že v povodiach v južnej polovici Slovenska (Rudava, Krupinica, Štítinik) majú porovnateľné zastúpenie s prevládajúcim supertypom W + NW aj menej často sa vyskytujúce supertypy S + SW a E + SE. V povodiach na severe a východe Slovenska (Biela Orava, Poprad, Cirocha) je druhým najdominantnejším supertypom N + NE.

Kľúčové slová: atmosférické zrážky, cyklonálne situácie, priemerný ročný úhrn, slovenské povodia

Abstract – In this paper atmospheric precipitation fallen during cyclonic situations with flow direction using weather typization and precipitation totals from Slovak Hydrometeorological Institute are analysed. Period 1991–2015 was processed. We chose cyclonic situations affecting the weather over the Central Europe from west and northwest, north and northeast, east and southeast and south and southwest and we evaluated the mean annual total in Slovakia and in selected catchments. We displayed the results in the form of map outputs, tables and graphs. The highest mean annual total is from the Wc synoptic type, followed by NEc and Ec. The lowest mean annual total is from SWc1 and Nc type. We also showed the contribution of individual types of cyclonic situations and their supertypes in the total mean annual

precipitation total. The highest percentage is for the W + NW supertype with a Wc type, with regional differences in individual regions due to the windward and leeward effect. In selected catchments, we observe different percentage of precipitation total from individual types of cyclonic situations. The most dominant are the synoptic types from the supertype W + NW, as northwestern flow prevails in Slovakia. An interesting finding is that in the river basins in the southern half of Slovakia (Rudava, Krupinica, Štítňik) the less frequently occurring superotypes S + SW and E + SE have a comparable contribution with the predominant supertype W + NW. In the river basins in the north and east of Slovakia (Biela Orava, Poprad, Cirocha) is the second most dominant supertype N + NE.

Keywords: atmospheric precipitation, cyclonic situations, mean annual total, Slovak river basins

Anotácia

V príspevku analyzujeme atmosférické zrážky z cyklonálnych situácií vo vybraných slovenských povodiach za obdobie rokov 1991–2015. Výsledky pre celé Slovensko sú priestorovo zobrazené na mapách a pre vybrané povodia vo forme grafov. Na mapách je vyjadrený priemerný ročný úhrn zrážok z jednotlivých typov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia a supertypov cyklonálnych situácií v danom období a podiel priemerného ročného úhrnu zrážok z jednotlivých typov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia a supertypov cyklonálnych situácií z celkového priemerného ročného úhrnu daného obdobia. V tabuľkách a grafoch je zobrazená priemerná hodnota úhrnu a jeho zastúpenie vo vybraných povodiach, ktoré sú rozmiestnené v rôznych častiach Slovenska a sú závislé od rôzneho typu cyklonálnej situácie.

Annotation

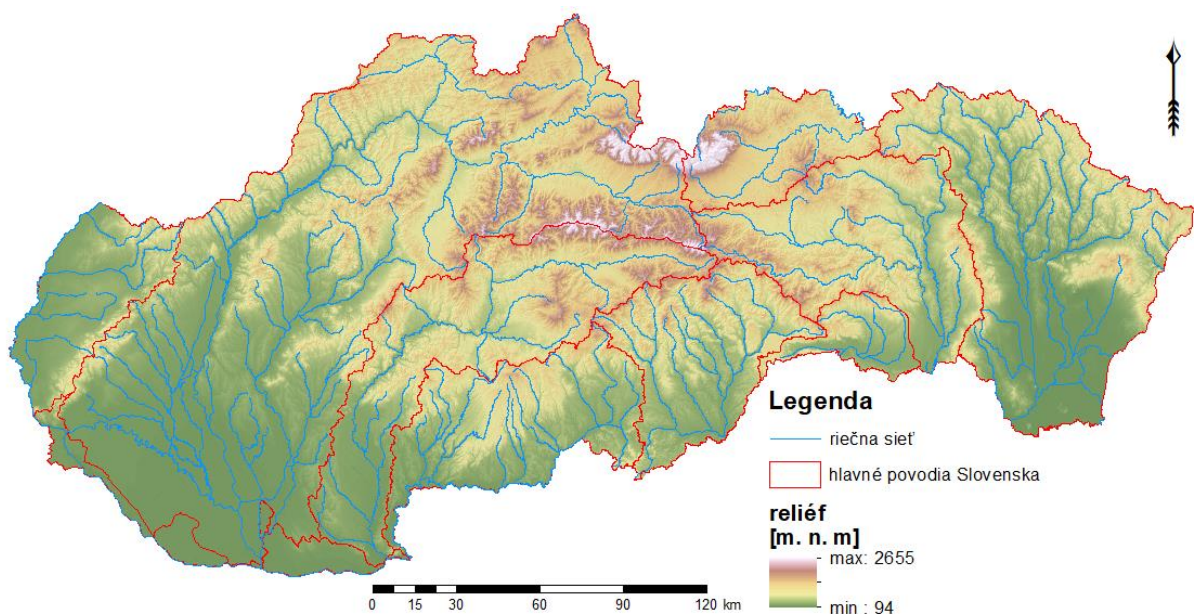
In this paper we analysed atmospheric precipitation from cyclonic situations in Slovakia and selected catchments. Period 1991–2015 are analysed. In the maps the mean annual precipitation total from the types of cyclonic situations with flow direction and superotypes of cyclonic situations in a given period and the contribution of the mean annual precipitation total from the types of cyclonic situations and superotypes of cyclonic situations from the total mean annual total in the given period are shown. In the graphs and tables, the mean value of the total and contribution for selected river basins, which are located in different parts of Slovakia and depend on different types of cyclonic situation is shown.

1 Úvod

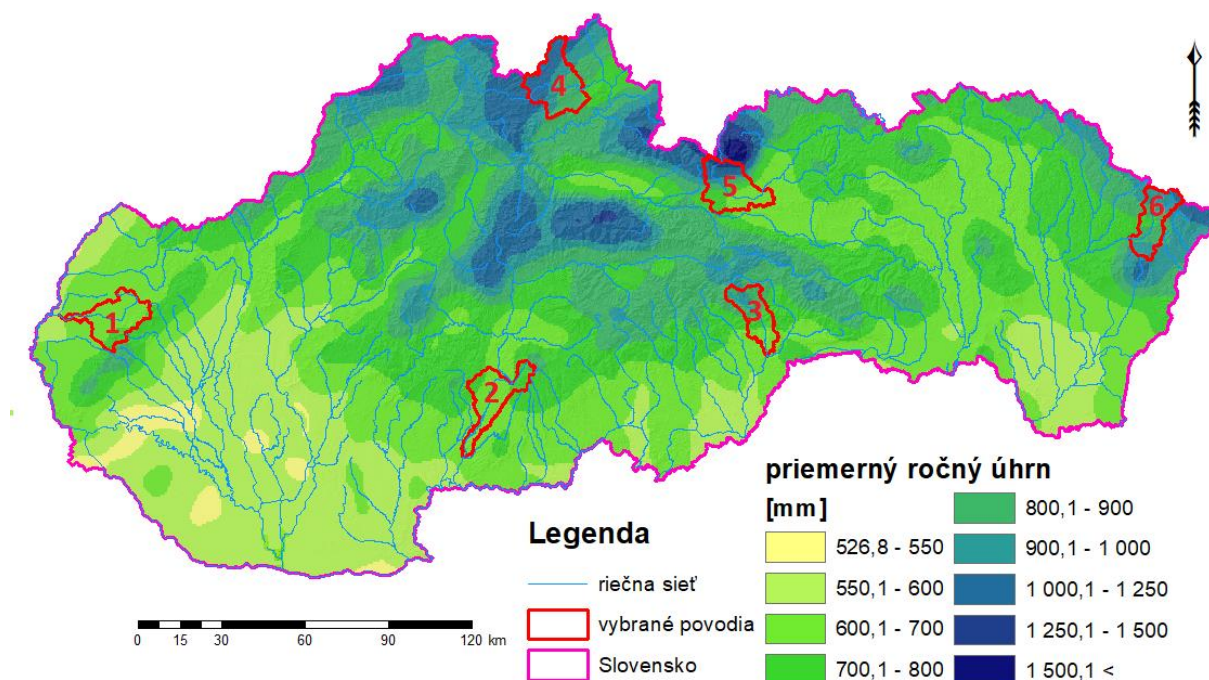
Krajina môže byť zásobená vodou z oceánov a morí, ľadovcov alebo z atmosférických zrážok. Stredná Európa je vnútrozemský región a hoci sa tu ľadovce v minulosti vyskytovali vo väčšej miere, dôležitým

zdrojom je tu predovšetkým voda, ktorá sa dostáva na a pod zemský povrch v podobe atmosférických zrážok, ktoré následne stekajú do riek a vytvárajú riečnu sieť. A keďže voda je dôležitá pre život, treba jej zdroju venovať zvýšenú pozornosť. Napriek tomu, že sa v našej oblasti moria nenachádzajú, voda sa väčšinou nad územie Strednej Európy dostáva práve z morských oblastí zrážkami počas cyklonálnych situácií zo západu a severozápadu od Atlantického oceánu, no často aj z juhozápadu, juhu a juhovýchodu od Stredozemného mora alebo z východu od Čierneho mora.

Slovensko je krajina s pestrým reliéfom od 94 m. n. m. na juhu do 2655 m. n. m. na severe. Zo západu na východ sa tiahnu chrbty Západných a čiastočne aj Východných Karpát, ktoré tvoria výraznú bariéru pre prichádzajúce vzduchové hmoty. Pestrý reliéf s dostatkom zrážok zabezpečujú relatívne hustú riečnu sieť (obr. 1). Na Slovensku prevládajúce severozápadné prúdenie spolu s reliéfom (pribúdanie zrážkových úhrnov s narastajúcou nadmorskou výškou a navyšovanie úhrnov na svahoch orientovaných voči prevládajúcemu prúdeniu) spôsobujú, že najvyššie ročné úhrny zrážok (do 2000 a ojedinele aj vyše 2000 mm ročne) sa vyskytujú v pohoriach na severozápade a severe Slovenska a najmenej zrážok spadne na nížinách (menej ako 500 mm ročne) a v kotlinách (do 600 mm ročne), ktoré sú v zrážkovom tieni okolitých pohorí (obr. 2). V priebehu roka pripadá na letné obdobie približne 40 %, na jar 25 %, na jeseň 20 % a na zimu 15 % zrážok (SHMÚ, 2009). V tomto príspevku sa venujeme cyklonálnym situáciám, ktoré ovplyvňujú územia Slovenska z rôznych smerov a pokúsime sa nájsť oblasti na Slovensku, ktoré sú zrážkami počas týchto situácií najviac zasiahnuté, s presahom do hydrológie – porovnaním rôzne lokalizovaných povodí, ktorú sú viac či menej zasiahnuté daným typom poveternostnej situácie. Je potrebné poznať rôzne rozloženie priemerných ročných úhrnov v jednotlivých povodiach pri rôznych poveternostných typoch. V tejto dobe je veľmi aktuálna zmena klímy, s čím súvisí aj zmena výskytu poveternostných typov v roku, čo má za následok iné rozloženie zrážok a odlišný vplyv na povodia.



Obr. 1. Reliéf, riečna sieť a hlavné povodia Slovenska



Obr. 2. Priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku za obdobie rokov 1991–2015 a vybrané povodia (1 – Rudava po Veľké Leváre, 2 – Krupinica po Plášťovce, 3 – Štítinik po Štítinik, 4 – Biela Orava po Lokcu, 5 – Poprad po Matejovce, 6 – Cirocha po Sninu). Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

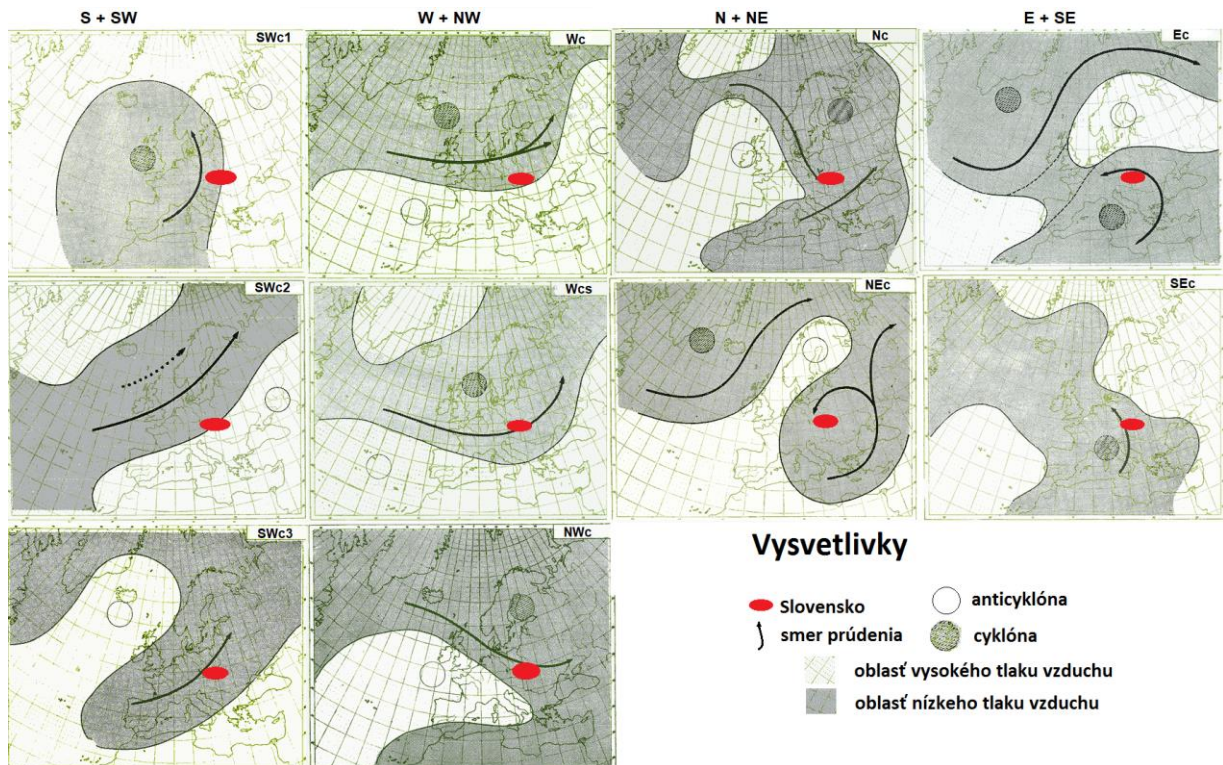
2 Použité údaje a metodika

Pracovali sme s údajmi, ktoré nám boli poskytnuté Oddelením klimatologickej služby SHMÚ. Použili sme 24 hodinové zrážkové úhrny zo staníc zrážkomernej siete na území Slovenska počas všetkých dní so zrážkami vyššími ako 0,1 mm za obdobie rokov 1991 až 2015. Toto obdobie sme zvolili z toho dôvodu, že od SHMÚ je k dispozícii kalendár dní s typmi poveternostných situácií od roku 1991 do roku 2015 (začiatok nášho výskumu). Z tohto kalendára sme vybrali dni s cyklónálnymi situáciami, ktoré ovplyvňujú počasie nad našim územím z viacerých smerov. V oblasti strednej Európy sa používajú rôzne typizácie poveternostných situácií. Najznámejšia je Katalóg der Grosswetterlagen Europas (Hess and Brezowsky, 1977). V Nemecku sa používa The objective weather types classification of the German Weather Service (Bissolli and Dittmann, 2001). Poľsko používa synoptickú klasifikáciu podľa Niedźwiedza (2013) Calendar of circulation types, air masses and fronts for Southern Poland. V Maďarsku sa používa klasifikácia podľa Péczelyho (1983) Catalogue of the macro-synoptic types for Hungary. V Českej republike a na Slovensku sa používa Katalóg poveternostných situácií pro území ČSSR od kolektívu autorov HMÚ z roku 1968. Kalendár synoptických typov je u nás zostavovaný od roku 1946 a od roku 1991 je robený zvlášť pre Českú republiku a pre Slovensko po vzájomnej konzultácii meteorológov z oboch krajín. Z Katalógu poveternostných situácií (Brádka et al., 1968) sme situácie

rozdělili podľa charakteru cyklonality a prevládajúceho smeru prúdenia na základe autorov Beranová, Huth (2005) (Tab. 1). Vybrali sme tie, ktoré sú cyklonálne a majú smer prúdenia od W + NW (západ a severozápad), N + NE (sever a severovýchod), E + SE (východ a juhovýchod), S + SW (juh a juhozápad) (Obr. 3). Naša analýza nezahŕňa cyklonálne situácie typu B, Bp, C, Cv a Vfz.

Tabuľka 1: Zoznam synoptických typov a ich rozdelenie do skupín podľa cyklonality a prevládajúceho prúdenia. Zdroj: Beranová, Huth (2005).

skratka	stručný popis	(anti)cyklonálny supertyp	supertyp podľa smeru
Wc	Západná cyklonálna situácia	C	W + NW
Wcs	Západná cyklonálna situácia s južnou dráhou	C	W + NW
Wa	Západná anticyklonálna situácia	A	W + NW
Wal	Západná anticyklonálna situácia letného typu	A	W + NW
NWc	Severozápadná cyklonálna situácia	C	W + NW
NWa	Severozápadná anticyklonálna situácia	A	W + NW
Nc	Severná cyklonálna situácia	C	N + NE
NEc	Severovýchodná cyklonálna situácia	C	N + NE
NEa	Severovýchodná anticyklonálna situácia	A	N + NE
Ec	Východná cyklonálna situácia	C	E + SE
Ea	Východná anticyklonálna situácia	A	E + SE
SEc	Juhovýchodná cyklonálna situácia	C	E + SE
SEa	Juhovýchodná anticyklonálna situácia	A	E + SE
Sa	Južná anticyklonálna situácia	A	S + SW
SWc1	Juhozápadná cyklonálna situácia	C	S + SW
SWc2	Juhozápadná cyklonálna situácia	C	S + SW
SWc3	Juhozápadná cyklonálna situácia	C	S + SW
SWa	Juhozápadná anticyklonálna situácia	A	S + SW
A	Anticyklóna nad strednou Európou	A	-
C	Cyklóna nad strednou Európou	C	-
Cv	Výšková cyklóna	-	-
B	Brázda nízkeho tlaku vzduchu nad strednou Európou	C	-
Bp	Brázda postupujúca cez strednú Európu	C	-
Vfz	Vchod frontálnej zóny	-	-
Ap1	Putujúca anticyklóna	A	-
Ap2	Putujúca anticyklóna	A	-
Ap3	Putujúca anticyklóna	A	-
Ap4	Putujúca anticyklóna	A	-



Obr. 3. Schéma rozloženia tlakových útvarov pri cyklonálnych situáciách so smerom prúdenia. Zdroj: SHMÚ: Typy poveternostných situácií (upravili autori).

Spracovanie údajov s úhrnmi zrážok za 25 rokov z vyše 600 zrážkomerných staníc predstavovalo technicky a časovo náročný proces v softvéri Excel. V údajoch zo zrážkomerných staníc bola informácia o indikatívne zrážkomernej stanice (ID), názve stanice, dátume a výške úhrnu. Zoskupovali sme úhrny za jednotlivé dni, počas ktorých trvala daná cyklonálna situácia. Spracované úhrny za jednotlivé cyklonálne situácie sme interpolovali v softvéri ArcGIS 10. Postupovali sme podľa Polčák, Mészáros (2019). Na zautomatizovanie interpolácie úhrnov z niekoľko stoviek cyklonálnych situácií sme vytvorili skript v programovacom jazyku Python a dostali sme zrážkové polia. Zrážkové polia sme sčítali podľa jednotlivých typov a supertypov cyklonálnych situácií. Sumárne polia sme v ArcIS 10 pomocou nástroja Map Algebra predelili počtom rokov, čím sme dostali zrážkové polia priemerných ročných úhrnov pri jednotlivých typoch a supertypoch cyklonálnych situácií.

SHMÚ nám poskytlo ešte priemerný mesačný úhrn zrážok za každý rok obdobia 1991–2015 pre každú zrážkomernú stanicu. Tieto údaje sme použili na výpočet celkového priemerného ročného úhrnu zrážok za dané obdobie. Priemerný ročný úhrn zadaný v bodovej vrstve zrážkomerných staníc sme opäť interpolovali v softvéri ArcGIS 10. Pomocou takto vytvoreného zrážkového poľa sme vyjadrili podiel jednotlivých typov cyklonálnych situácií a supertypov na celkovom priemernom ročnom úhrne zrážok za obdobie rokov 1991–2015. Podrobný postup je opísaný v rigoróznej práci (Mészáros, 2019).

Vybrali sme 6 povodí s približne rovnakou plochou (200–300 km²), rozdielnou vertikálnou členitosťou, rôznou geológiou a odlišnými klimatickými podmienkami. Hlavným kritériom výberu bola poloha v rámci Slovenska, aby bolo možné identifikovať, ako sú ovplyvňované zrážkami z jednotlivých cyklonálnych typov. Vybrali sme povodie Rudavy po Veľké Leváre na západe Slovenska, povodia Krupinice po Plášťovce a Štítnika po Štítnik na juhu Slovenska, povodia Bielej Oravy po Lokcu a Popradu po Matejovce na severe Slovenska a povodie Cirochy po Sninu na východe Slovenska (Obr. 4). Pre tieto povodia sme vypočítali priemernú hodnotu úhrnu pre každý typ cyklonálnej situácie a supertyp. Výsledky sme porovnali pomocou tabuľky a grafov.

3 Výsledky

Vo výsledkoch analyzujeme priestorové rozloženie priemerných ročných úhrnov pri typoch (Obr. 4) a supertypoch cyklonálnych situácií podľa smeru prúdenia (Obr. 5). Hodnotíme zastúpenie priemerných ročných úhrnov z jednotlivých typov cyklonálnych situácií (Obr. 6) a supertypov cyklonálnych situácií podľa smeru prúdenia (Obr. 7) na celkovom priemernom ročnom úhrne zrážok za obdobie rokov 1991–2015. Porovnáваме priemernú hodnotu úhrnu v povodiach z rôznych častí Slovenska pri jednotlivých cyklonálnych typoch a supertypoch (Obr. 8.).

3.1 Priemerný ročný úhrn zrážok z typov a supertypov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia na Slovensku za obdobie rokov 1991–2015

S + SW

Počas tohto supertypu bol priemerný ročný úhrn od 52 do 174 mm. Najvyššie hodnoty úhrnu boli pozorované na náveterných južných svahoch pohorí na strednom Slovensku, na najvyšších vrcholoch Tatier a vo Východných Karpatoch. Najnižšie hodnoty úhrnu boli pozorované na nížinách. Všeobecne zrážkový úhrn klesá so znižujúcou sa nadmorskou výškou, a preto sú hodnoty úhrnu na nížinách najnižšie. Navyše Alpy, pre Záhorskú a Podunajskú nížinu a pohoria na severe Maďarska, pre Východoslovenskú nížinu, vytvárajú zrážkový tieň. Pozorované sú tiež nízke úhrny v kotlinách na severe Slovenska, ktoré sa nachádzajú v závetří karpatského oblúka z juhu, a v kotlinách na juhu Slovenska, ktoré sú v závetří maďarských pohorí. Priemerná hodnota celkového úhrnu je 86,6 mm. Zrážkové polia sú podobné vo všetkých typoch patriacich k tomuto smerovému supertypu (SWc1, SWc2, SWc3). Iba typ SWc1 sa líši od typov SWc2 a SWc3 tým, že vo Východných Karpatoch nie sú vysoké úhrny.

W + NW

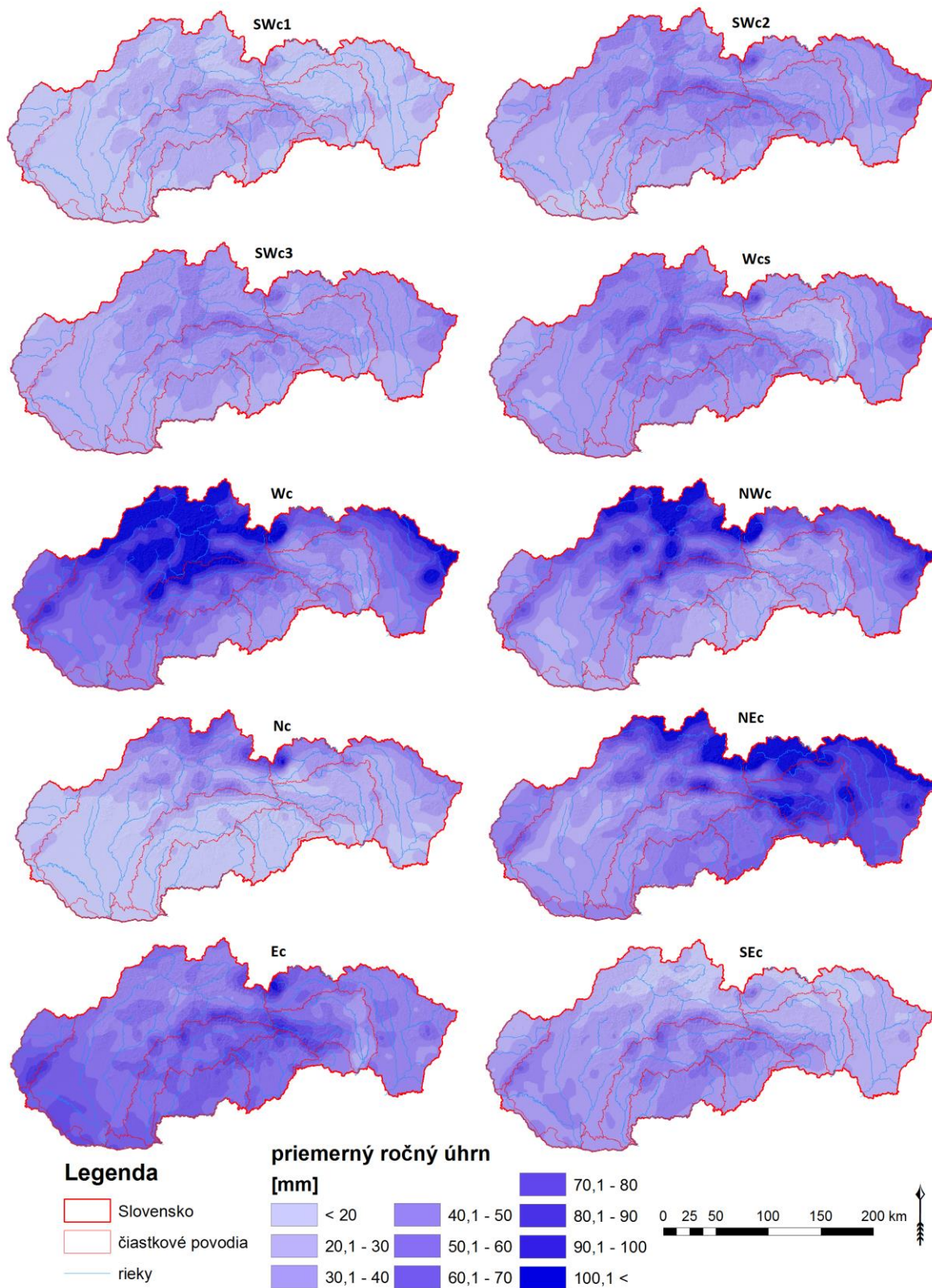
Tento supertyp sa vyznačuje najväčšou variabilitou priemerného ročného úhrnu od 65 do 518 mm. Náveterný efekt je tu veľmi silný, a preto sa najvyššie úhrny vyskytujú v pohoriach na severozápade územia. Najnižšie hodnoty úhrnu sa vyskytujú v kotlinách na juhu a východe územia, ktoré sú vo výraznom dažďovom tieni pohorí zo západu. Priemerná hodnota úhrnu je 159,2 mm. Typy z tohto supertypu (Wc, Wcs, NWc) majú veľmi podobné rozloženie zrážok. Rozdiel badať vo výške priemerného úhrnu, keď typ Wc (prevládajúci na Slovensku) má najvyšší priemerný ročný úhrn zo všetkých typov.

N + NE

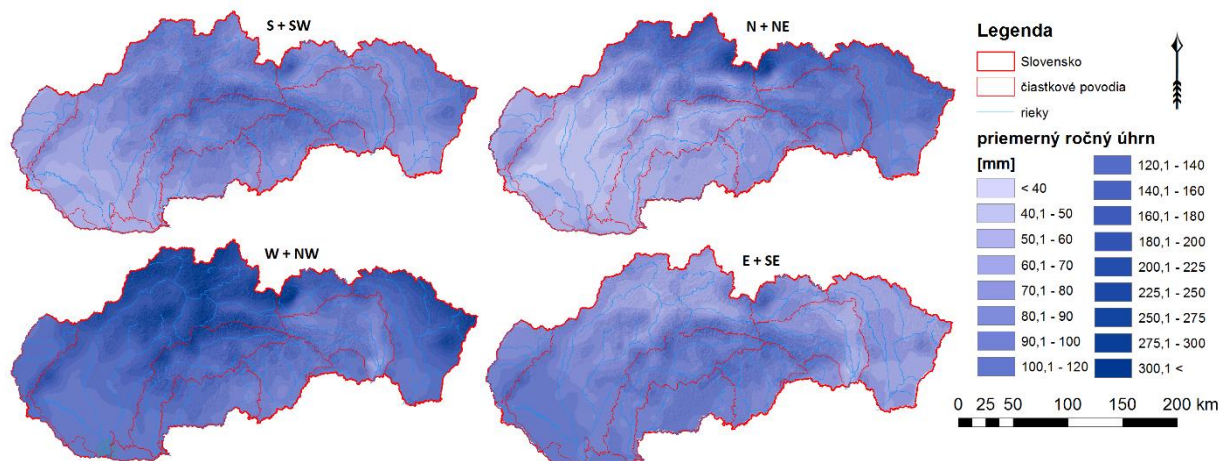
Počas tohto supertypu spadne v priemere od 38 do 323 mm za rok. Najvyššie hodnoty úhrnu sú na náveterných svahoch pohorí na krajnom severe územia a na krajnom severovýchode územia. Najnižšie hodnoty úhrnu sú na krajnom západe a juhu územia na Podunajskej nížine a celkovo v západnej tretine územia. Táto časť je chránená pred zrážkami zo severu a severovýchodu pohoriami. Priemerná hodnota úhrnu je 86,9 mm. U oboch typov patriaciach do tohto supertypu (Nc, NEc) sa vysoké úhrny vyskytujú hlavne na severe územia, počas typu NEc aj na východe územia. Nízke úhrny sa vyskytujú v južnej polovici územia a zrážkový tieň sa vytvára v kotlinách severného Slovenska ležiacich južne od najvyšších pohorí počas typu Nc a takmer na celej západnej polovici územia počas typu NEc.

E + SE

Tento supertyp sa vyznačuje najmenším rozpätím priemerného ročného úhrnu a to od 49 do 155 mm. Vidieť veľký kontrast medzi južnou a severnou polovicou územia, čo má za následok bariéra Karpatského oblúka, ktorá spôsobuje náveterný efekt na južných svahoch pohorí stredného Slovenska. Zrážkový tieň je v kotlinách na severe a východe územia. Priemerná hodnota úhrnu je 88,9 mm. Typ Ec má vyššie hodnoty úhrnu (priemer, maximum aj minimum) ako typ SEc. Veľmi zaujímavé je zrážkové pole na východe územia počas typu Ec v dôsledku zrážkového tieňa spôsobeného ukrajinskými Karpatmi z východu. Zrážkový tieň možno pozorovať aj na severe územia počas typu SEc, kedy čím viac na sever klesá výška priemerného ročného úhrnu zrážok. Výnimkou sú iba najvyššie vrcholy Tatier.



Obr. 4. Priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku z jednotlivých typov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.



Obr. 5. Priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku z jednotlivých supertypov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

3.2 Podiel z priemerného ročného úhrnu zrážok z cyklonálnych situácií so smerom prúdenia z celkového priemerného ročného úhrnu zrážok za obdobie rokov 1991–2015

S + SW

Tento supertyp je zastúpený na priemernom ročnom úhrne od 9 do 15%, v priemere 11,8%. Nad 14% je to v južnej polovici stredného Slovenska. Najnižší podiel, do 10% má úhrn na krajnom severe, ale aj na juhozápade územia. Jednotlivo majú typy SWc1, SWc2 a SWc3 iba malý podiel, s maximom 6% pri SWc3.

W + NW

Tento supertyp sa vyznačuje najvyšším podielom a to od 11 do 36% s celkovým priemerom 21,3%. Najväčšie percento, nad 30%, je v pohoriach na severozápade územia. Najmenšie percento, približne 14%, je v kotlinách na východe Slovenska. Typ Wc je s podielom nad 30% najvýznamnejší z hľadiska spadnutých zrážok pre severozápad Slovenska. Typ NWc má vysoký podiel pre sever územia.

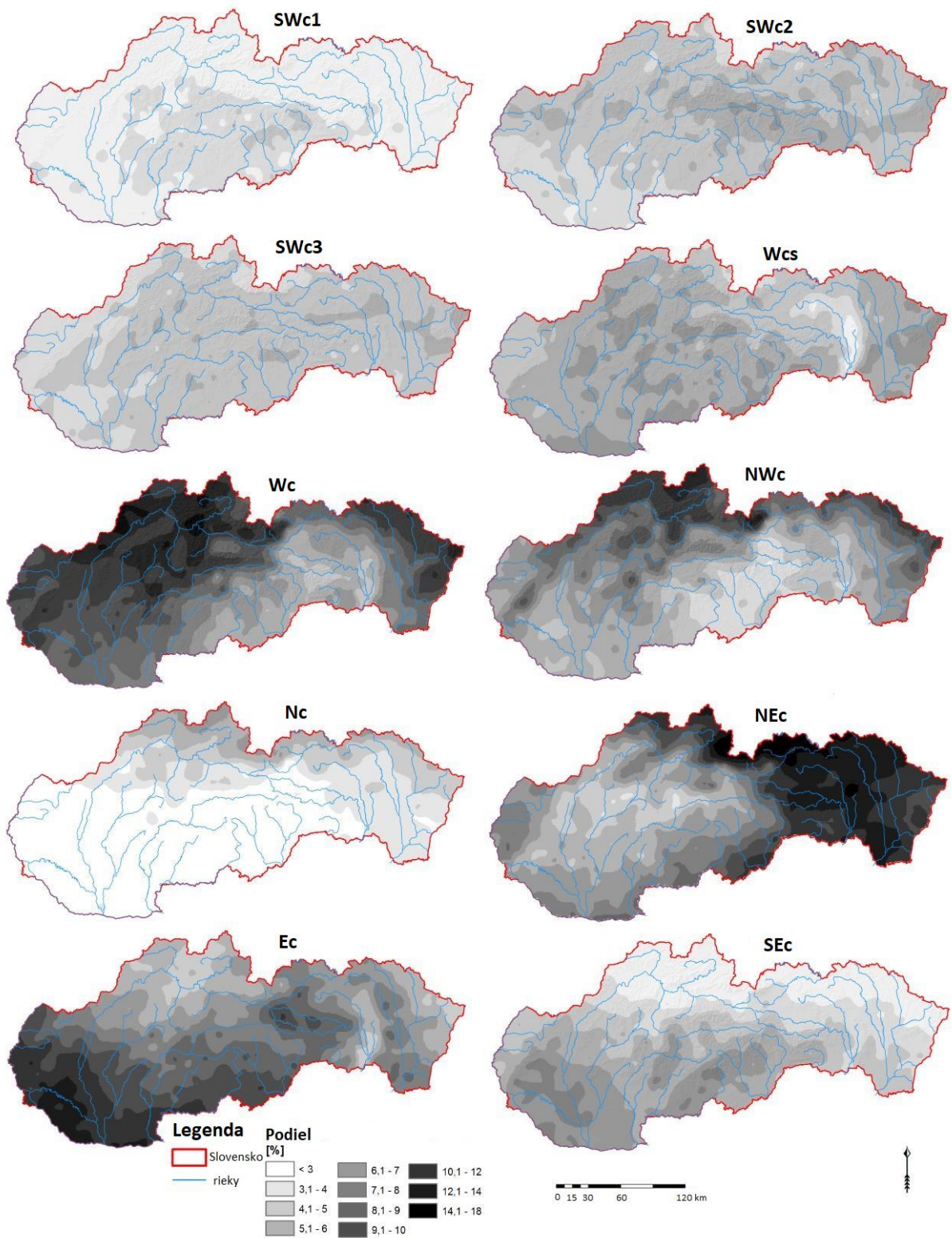
N + NE

Zrážky z tohto supertypu prispievajú k priemernému ročnému úhrnu podielom od 6 do 24%, v priemere 11,6%. Logicky majú najväčšie percento na severe a severovýchode územia, vyše 20%. Len 8% je v južnej polovici západného a stredného Slovenska. Typ Nc má na krajnom severe územia viac ako 6% a typ NEc má na krajnom severe územia v najvyšších pohoriach viac ako 16% a na väčšej časti východného Slovenska viac ako 10%.

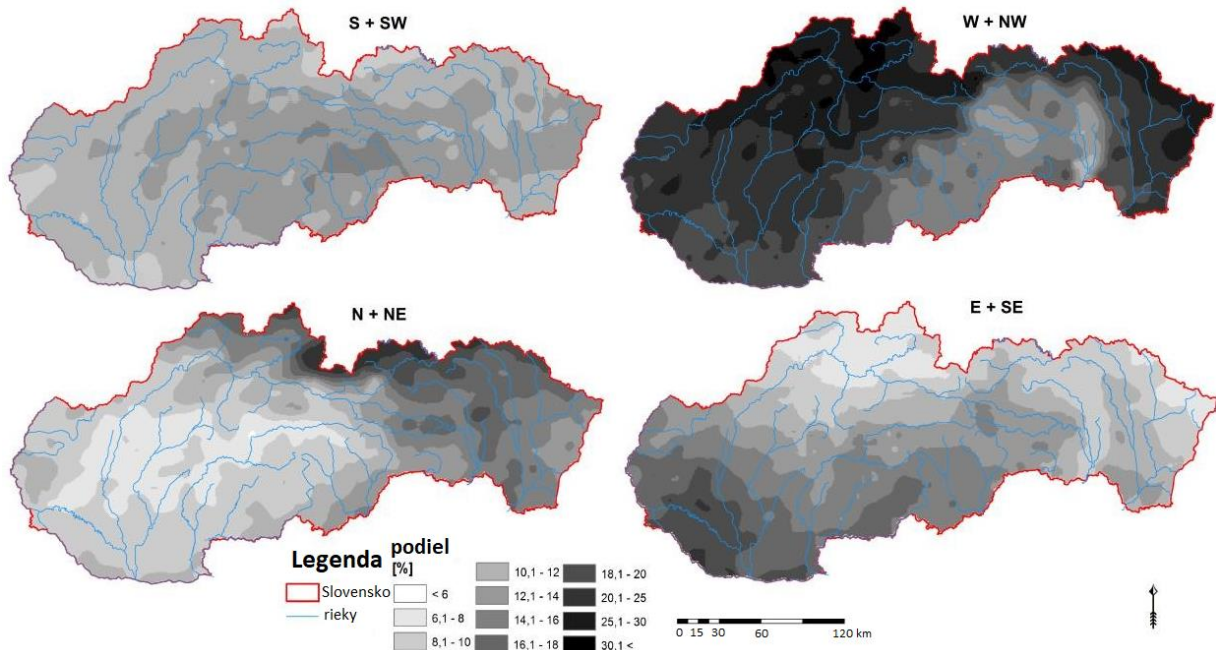
E + SE

Tento supertyp je charakterizovaný podielom od 6 do 21%, s priemerom 12,5%. Najnižší podiel 10% je na severe a severovýchode Slovenska. Najvyšší podiel nad 18% je na juhozápade a juhu Slovenska. Typ

Ec je so svojimi zrážkami veľmi dôležitý pre južnú polovicu západného a stredného Slovenska. Podobne to platí aj pre typ SEc, ale s nižším podielom.



Obr. 6. Podiel z priemerného ročného úhrnu zrážok na Slovensku z jednotlivých typov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia z celkového priemerného ročného úhrnu zrážok za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.



Obr. 7. Podiel z priemerného ročného úhrnu zrážok na Slovensku z jednotlivých supertypov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia z celkového priemerného ročného úhrnu zrážok za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

3.3 Priemerný ročný úhrn zrážok vo vybraných povodiach

Pre porovnanie priemerných zrážkových úhrnov počas cyklonálnych poveternostných typov a supertypov so smerom prúdenia sme na základe polohy v rámci Slovenska vybrali šesť povodií. V tabuľkách a grafoch možno pozorovať zaujímavé rozdiely. Z vybraných povodií má najvyšší priemerný ročný úhrn zrážok povodie Bielej Oravy a (takmer 1000 mm) a najnižší povodie Rudavy (664,1 mm) (Tab. 2). Vo všetkých z vybraných povodií je najvyšší úhrn zo supertypu W + NW (Tab. 2). Tento supertyp je na Slovensku prevládajúci. Absolútne hodnoty priemerných úhrnov pri sledovaných typoch sú v Tabuľke 3. Tieto hodnoty sme použili na relatívne vyjadrenie zastúpenia jednotlivých typov a supertypov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia na celkovom priemernom ročnom úhrne na povodie. Výsledky sú zobrazené na grafoch. Môžeme pozorovať dominanciu supertypu W + NW vo všetkých vybraných povodiach (Obr. 8). Najvýraznejšia je v povodí Bielej Oravy (cca 30 %), ktoré je pri tomto supertype náveterné. Naopak, najnižšia je v povodí Štítnika, ktoré je od severozápadu chránené okolitými pohoriami. V povodí Štítnika majú porovnateľné zastúpenie aj supertypy E + SE a S + SW (cca 15 %). Taktiež aj v povodí Krupinice a Rudavy. V povodí Bielej Oravy má logicky najnižšie

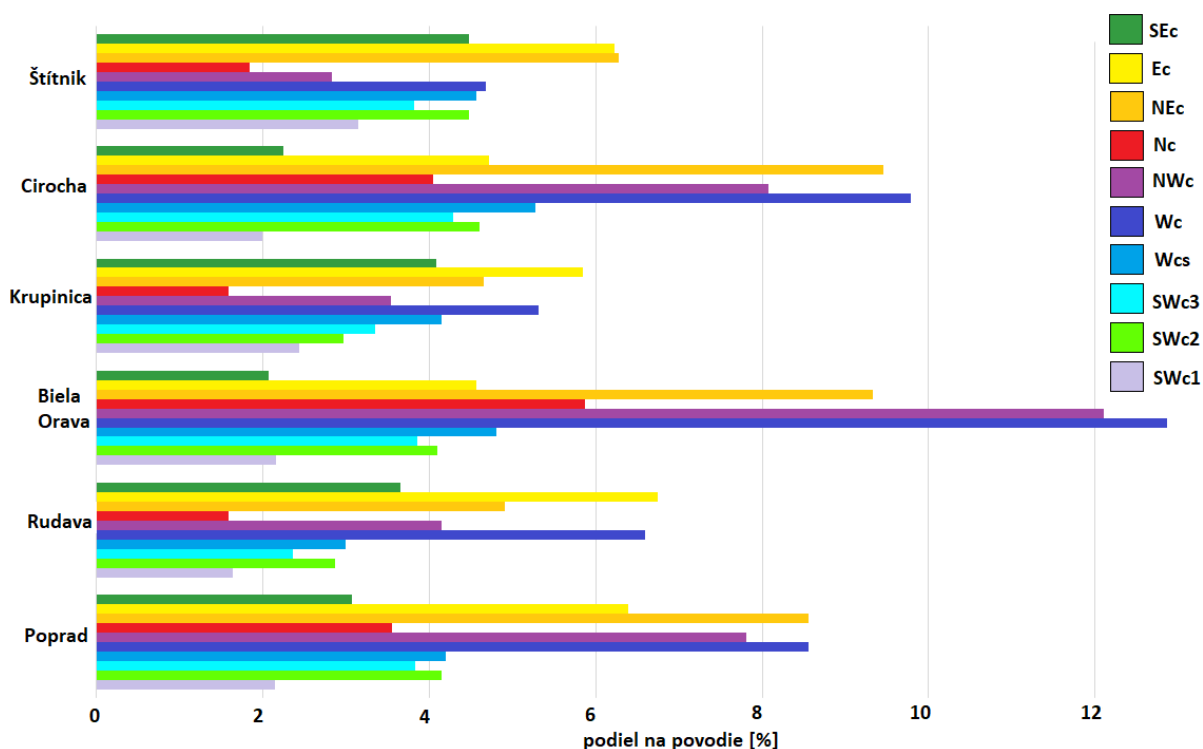
zastúpenie supertypu E + SE, keďže toto povodie je od juhu a východu v zrážkovom tieni. Zaujímavé je pomerne nízke zastúpenie supertypu E + SE v povodí Čirochy na východe Slovenska. Je to ale spôsobené zrážkovým tieňom Východných Karpát. Supertyp N + NE má významný podiel na celkovom ročnom úhrne v povodí Popradu, Bielej Oravy a Čirochy. Zastúpenie jednotlivých typov je na Obrázku 9.

Tabuľka 2: Priemerná hodnota úhrnu na povodie zo supertypov cyklónálnych situácií so smerom prúdenia za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

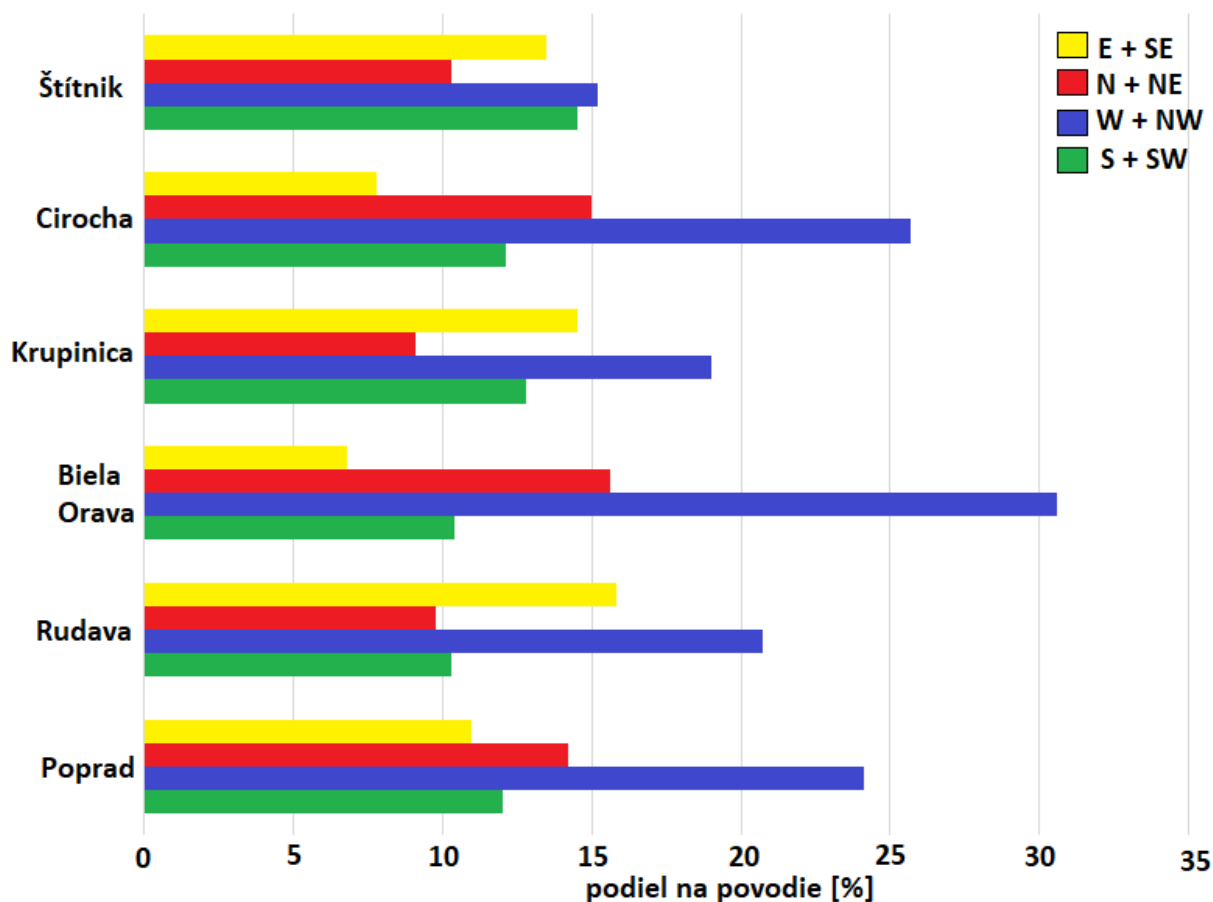
tok	plocha povodia [km ²]	ročný priemer [mm]	supertypy: priemerný ročný úhrn [mm]			
			S + SW	W + NW	N + NE	E + SE
Poprad	316,5	853,6	102,1	205,8	121,0	93,5
Rudava	302,6	664,1	68,5	137,2	65,0	105,2
Biela Orava	355,6	973,7	100,9	297,8	151,8	66,5
Krupinica	302,7	683,5	87,4	129,8	62,4	99,00
Čirocha	244,0	898,1	108,5	231,2	134,9	70,2
Štítnik	221,8	789,8	114,5	120,1	81,1	106,4

Tabuľka 3: Priemerná hodnota úhrnu na povodie z typov cyklónálnych situácií so smerom prúdenia za obdobie rokov 1991–2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

povodie	typy: priemerný úhrn na povodie [mm]									
	SWc1	SWc2	SWc3	Wcs	Wc	NWc	Nc	NEc	Ec	SEc
Poprad	21,4	41,5	38,3	42,0	85,6	78,1	35,5	85,5	63,9	30,7
Rudava	16,3	28,7	23,6	29,9	65,9	41,4	15,9	49,1	67,5	36,5
Biela Orava	21,5	40,9	38,5	48,0	128,7	121,0	58,7	93,3	45,6	20,7
Krupinica	24,3	29,7	33,5	41,4	53,1	35,4	15,9	46,5	58,4	40,8
Čirocha	19,9	46,0	42,9	52,7	97,8	80,8	40,5	94,5	47,1	22,4
Štítnik	31,4	44,7	38,2	45,7	46,8	28,3	18,4	62,7	62,2	44,8



Obr. 8. Graf podielu úhrnu z jednotlivých typov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia z celkového priemerného ročného úhrnu zrážok vo vybraných povodiach za obdobie rokov 1991– 2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.



Obr. 9. Graf podielu úhrnu z jednotlivých supertypov cyklonálnych situácií so smerom prúdenia z celkového priemerného ročného úhrnu zrážok vo vybraných povodiach za obdobie rokov 1991– 2015. Zdroj: Vytvorili autori z údajov SHMÚ.

4 Diskusia a záver

V posledných rokoch možno pozorovať pokles výskytu dní s cyklonálnym synoptickým typom. Napriek tomu priemerný ročný úhrn zrážok neklesá (Markovič et al., 2016). Znamená to, že buď sú zrážky z cyklonálnych situácií intenzívnejšie alebo pribúdajú konvektívne zrážky, ktoré sa vytvárajú počas dní s iným typom situácie vhodným pre generovanie zrážok. Podľa Markovič et al. (2016) sa v posledných rokoch potvrdzuje vyššie zastúpenie búrkových lejakov na priemernom ročnom úhrne zrážok. So zmenou úhrnu v priebehu rokov sa mení aj odtok z krajiny a preto by v budúcnosti bolo užitočné sledovať vzťah výskytu synoptických typov a kolísanie odtoku z krajiny (Petrov et al., 2009).

Priemerný ročný úhrn zrážok je najvyšší počas situácie Wc (68,6 mm), NEc (62,3 mm) a Ec (53,3 mm). Najnižší priemerný ročný úhrn je počas situácie SWc1 (20,6 mm) a Nc (24,7 mm). Pri týchto situáciách sa vyskytuje aj celkovo najnižší priemerný ročný úhrn. Pri Nc je to do 15 mm na juhu územia a pri SWc1 je to do 15 mm na nížinách a v kotlinách na severe územia. Maximálny priemerný ročný úhrn sa vyskytuje počas situácie NEc a to takmer 240 mm za rok na náveterných severných svahoch Západných a Východných Karpát na krajnom severe a severovýchode územia a počas situácie NWc v najvyšších polohách Západných Karpát na krajnom severe územia. Čo sa týka cyklonálnych supertypov podľa smeru prúdenia, tak najvyšší priemerný ročný úhrn prinášajú situácie zo smeru W + NW a najnižšie zo smeru N + NE, napriek tomu, že maximálny priemerný ročný úhrn bol pri NEc najvyšší (supertyp S + SW má priemerný ročný úhrn vyšší len o 0,3 mm). Na základe týchto hodnôt a počtu dní s daným typom (supertypom) by v budúcnosti bolo zaujímavé zistiť, ktorá situácia (supertyp) prináša najvýdatnejší zrážkový úhrn, keďže nie vždy najčastejší typ môže spôsobovať najväčšie povodne (Bednorz et al, 2019). Naopak, nedostatok niektorých cyklonálnych typov môže spôsobovať sucho (Stahl, Demuth, 1999). Nakoľko do roku 2002 je výskyt cyklonálnych situácií pomerne vyrovnaný a od roku 2002 rozkolísaný, bolo by vhodné porovnať priemerný ročný úhrn z jednotlivých typov v prvej a druhej polovici obdobia.

Z hľadiska zastúpenia úhrnu z typu cyklonálnej situácie so smerom prúdenia na celkovom priemernom ročnom úhrne majú najvyšší podiel situácie Wc 9,2 %, NEc 8,4 % a Ec 7,9 %. Najmenej významné sú z tohto hľadiska situácie SWc1 2,8 % a Nc 3,2 %. Z hľadiska lokalít s najvyšším podielom sú to polohy v najvyšších častiach Západných Karpát s 18 % pri NEc, severozápad územia so 17 % pri Wc a severozápad a sever územia so 14% pri NWc. Iba 1 % pri SWc1 má podiel na krajnom severe územia, 2 % Nc v západnej a strednej časti južnej polovice územia a tiež 2 % SEc na severe územia. Z týchto zistení možno určiť na základe najvyššieho, resp. najnižšieho podielu, lokality, ktoré sú najviac, resp. najmenej závislé vzhľadom na zrážky od daného typu situácie (supertypu). Takisto je možné identifikovať náveterné a zúveterné polohy. Všeobecne sa dá konštatovať, že dané územie je závislé predovšetkým od supertypu W + NW (celkový priemer pre územie 21,3 %). Na severe a východe územia majú významné zastúpenie zrážky zo situácií supertypu N + NE. Dôležitá poľnohospodárska oblasť a zároveň najhustejšie osídlená časť územia na Západopanónskej nížine je závislá z veľkej miery od úhrnov zo supertypu E + SE.

Porovnaním vybraných povodí s približne rovnakou plochou povodia, rozdielnou vertikálnou členitosťou, rôznou geológiou, odlišnými klimatickými podmienkami a polohou v rámci Slovenska pozorujeme rozdielne podiely úhrnov zrážok z jednotlivých cyklonálnych typov. Vo všeobecnosti sú dominantné zrážky počas cyklonálnych typov z prevládajúceho západného a severozápadného smeru. Zaujímavé zistenie je, že v povodiach v južnej polovici Slovenska (Rudava, Krupinica, Štítinik) majú

porovnateľné zastúpenie s prevládajúcim supertypom W + NW aj menej často sa vyskytujúce supertypy S + SW a E + SE. V povodiach na severe a východe Slovenska (Biela Orava, Poprad, Cirocha) je druhým najdominantnejším supertypom N + NE.

V príspevku analyzujeme atmosférické zrážky, ktoré sú hlavným zdrojom vody v našej krajine, takže výsledky sú prínosom pre množstvo oblastí od poľnohospodárstva, cez cestovný ruch až po priemysel, no najviac ich ocenia odborníci v oblasti klimatológie, meteorológie a hydrológie. Frekvencia výskytu poveternostných typov je podmienená Severoatlantickou osciláciou NAO (Fernández-González et al., 2012). Tento jav sa dá predpovedať pre nasledujúce obdobie. V blízkej budúcnosti zameriame náš výskum na závislosť poveternostných typov na pozitívnom alebo negatívnom NAO indexe. Bude však potrebné spracovať dlhšie obdobie. Potom budeme schopní predpovedať, ktoré oblasti alebo povodia budú mať počas nasledujúceho obdobia nadbytok alebo deficit zrážok.

Pod'akovanie:

Výskum bol podporený projektami Doktgrant APP087 a VEGA 2/0004/19.

LITERATÚRA

BEDNORZ, E., WRZESIŃSKI, D., TOMCZYK, A.M., JASIK, D. *Classification of synoptic conditions of summer floods in Polish Sudeten Mountains*. Water, 11, 1450. 2019.

BERANOVÁ, R., HUTH, R. *Long-term changes in heat island of Prague under different synoptic conditions*. Theoretical and Applied Climatology, vol. 28., 2005. pp. 113- 118.

BISSOLLI, P., DITTMANN, E. *The objective weather types classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations*. Met. Zeitschr., vol. 10, 2001. pp. 253-260.

BRÁDKA J., et al. *Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR*. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1968. 94 pp.

FERNANDEZ-GONZALEZ, S., DEL RIO, S., CASTRO, A., PENAS, A., FERNANDEZ-RAGA, M., CALVO, A., FRAILE, R. *Connection between NAO, weather types and precipitation in León, Spain (1948–2008)*. Int. J. Climatol., vol. 32, 2012. pp. 2181-2196.

HESS, P., BREZOWSKY, H. *Katalog der Großwetterlagen Europas 1881–1976*. 3. verbesserte und ergänzte Aufl.. Ber. Dt. Wetterd. 15 (113), 1977.

MARKOVIČ, L., FAŠKO, P., BOCHNÍČEK, O. *Zmeny dlhodobých priemerných mesačných a ročných úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku*. Acta Hydrologica Slovaca, n. 2, 2016. pp. 235-242.

-
- MÉSZÁROS, J. *Priestorové zákonitosti rozloženia atmosférických zrážok na Slovensku pri južných cyklonálnych situáciách za obdobie rokov 1991–2015*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 2019. 108 pp.
- NIEDŹWIEDŹ, T. 2013 *Calendar of circulation types, air masses and fronts for Southern Poland*. [online]. [cit. 2020-01-09] Dostupné na internete: <http://klimat.wnoz.us.edu.pl/>
- PÉCZELY G. *Catalogue of the macro-synoptic types for Hungary (1881-1983)*. Budapest: Hungarian Meteorological Service 53, 1983. 116 pp.
- POLČÁK, N., MÉSZÁROS, J. *The effect of relief on the distribution of atmospheric precipitation in Slovakia in the southern cyclonic situations*. Geografický časopis, vol. 70, n. 3, 2019. pp. 259-272.
- SHMÚ. *Klimatické pomery Slovenskej republiky*. 2009 [online]. [cit. 2017-11-09]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1064>
- SHMÚ. *Typy poveternostných situácií*. 2020 [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=8>
- STAHL, K., DEMUTH, S. *Linking streamflow drought to the occurrence of atmospheric circulation patterns*. Hydrological Sciences Journal, vol. 44, n. 3, 1999. pp. 467-482.
- PETROW, T. ZIMMER, J., MERZ, B. *Changes in the flood hazard in Germany through changing frequency and persistence of circulation patterns*. Natural Hazards and Earth System Sciences 9. 2009. pp. 1409-1423.