

MOŽNÉ ZMENY POČTU DNÍ S CHARAKTERISTICKÝMI DENNÝMI PRIEMERMI TEPLoty VZDUCHU A DENNÝMI ÚHRNMI ZRÁŽOK NA SLOVENSKU DO ROKU 2090

Damborská, I., Lapin, M., Melo, M.

SÚHRN

Na Slovensku sa začiatkom 90. rokov 20. storočia rozhodlo, že zmena klímy sa bude podrobnejšie monitorovať na vybraných asi 20 klimatologických a 100 zrážkomerných staniciach (spomedzi asi 110, resp. 710 existujúcich staníc SHMÚ). Povinnosťou SHMÚ bolo udržiavať na týchto vybraných staniciach primeranú kvalitu pozorovaní a spracúvať z nich základné klimatologické charakteristiky. Pre tieto stanice sa taktiež prioritne spracúvali scenáre klimatickej zmeny, pretože na konštrukciu takýchto scenárov sú potrebné kvalitné referenčné rady pozorovaní najmenej od roku 1951. Scenáre klimatickej zmeny sa doteraz spracovali na Slovensku z 9 modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs) zo 4 modelárskych centier. Popri tom sa pripravili aj analógové, inkrementálne a kombinované GCMs-analógové scenáre klimatickej zmeny. V poslednom čase sa riešitelia klimatických scenárov orientovali na Slovensku hlavne na GCMs z Kanadského modelárskeho centra CCC, najmä na najnovší model CGCM2 (CCCM2000) a z modelárskeho centra v Princetone (USA), najmä na GISS1998. V prezentovanom príspevku uvádzame výber z analýzy počtu dní s charakteristickými dennými priemermi teploty vzduchu ($T < -5\text{ °C}$, $< 0\text{ °C}$, $\geq 5\text{ °C}$, $\geq 10\text{ °C}$, $\geq 15\text{ °C}$, $\geq 20\text{ °C}$) a počtu dní s úhrnom zrážok ($R \geq 1\text{ mm}$, $\geq 5\text{ mm}$, $\geq 10\text{ mm}$, $\geq 25\text{ mm}$) na staniciach Hurbanovo a Liptovský Hrádok od roku 1951 a scenáre týchto charakteristík do roku 2090 po mesiacoch (spracované ich máme aj po dekadách roka). Na konštrukciu scenárov bol použitý najnovší model CCCM2000 vo verzii emisných scenárov SRES A2 a SRES B2. Predpokladáme, že zmeny týchto klimatických charakteristík významne ovplyvňujú aj fenologické charakteristiky v biosfére na Slovensku, ako to bolo už prezentované v niekoľkých vedeckých príspevkoch na Slovensku a v zahraničí. Keďže na Slovensku existuje aj sieť fenologických staníc na monitoring klimatickej zmeny, bude možné spracovať v ďalšej etape aj možné zmeny fenologických charakteristík vybraných rastlín a drevín v rámci siete staníc všeobecnej a lesníckej fenológie.

Kľúčové slová: zmena klímy, počet charakteristických dní, zmeny fenologických fáz

ABSTRACT

Possible change of number of days with characteristic air temperature means and precipitation totals in Slovakia up to 2090. A selection from wider analysis of climatologically characteristic days development up to the year 2090 is presented. The number of days was elaborated as follows: air temperature daily means $T < -5\text{ °C}$, $< 0\text{ °C}$, $\geq 5\text{ °C}$, $\geq 10\text{ °C}$, $\geq 15\text{ °C}$, $\geq 20\text{ °C}$, daily precipitation totals $R \geq 1\text{ mm}$, $\geq 5\text{ mm}$, $\geq 10\text{ mm}$, $\geq 25\text{ mm}$ (all at the stations Hurbanovo, 115 m a.s.l., SW Slovakia and Liptovský Hrádok, 648 m a.s.l., N Slovakia and for 1961-1990 time frame (measured and modeled) and 1996-2025, 2016-2045 and 2061-2090 time frames (all modeled)). Canadian General Circulation Model (GCM CCCM2000) outputs with daily series in the 1961-2100 periods have been utilized. The emission SRES A2 and B2 scenarios were applied as pessimistic and optimistic alternatives. Presented analysis showed significant prolongation of long ($T \geq 5\text{ °C}$), main ($T \geq 10\text{ °C}$), and summer ($T \geq 15\text{ °C}$) growing periods at both stations. Change in precipitation days shows some increase of dry periods and heavy rains.

Key words: climate change, number of characteristic days, phenological phases change

ÚVOD

Fenologické údaje sú dôležité pri poznávaní a skúmaní agroklimatických podmienok územia. Prostredníctvom fenologických údajov

môžeme z agroklimatického hľadiska lepšie pochopiť prírodné podmienky a taktiež zvláštnosti jednotlivých oblastí, predovšetkým však klimatické, nakoľko dôležité prírodné faktory sa v živote rastliny prejavujú najmä

cez modifikáciu klimatických podmienok. Vonkajším prejavom rastového a vývojového stavu rastlín je ich fenologická fáza, ku ktorej dochádza za určitého pôsobenia meteorologických, resp. klimatických faktorov popri pôsobení ostatných činiteľov prírodného prostredia. Takže fenologické javy môžu vystihovať v určitom období roka klimatický charakter územia a na základe poznania ich vzájomných vzťahov je možné spätne hodnotiť vplyv klimatických faktorov na životné prejavy rastlín. Z meteorologických faktorov má rozhodujúci význam na nástup a priebeh fenologických fáz teplota vzduchu. Jej účinkom sa môže rast aj vývoj rastlín buď časovo značne urýchliť alebo spomaliť. Okrem teploty vzduchu má na časový priebeh životných prejavov rastlín – fytoocenóz veľký vplyv vlhkosť pôdy, a v súvislosti s tým atmosférické zrážky, prípadne iné meteorologické prvky, ktorých účinkov na rastliny sa priamo alebo nepriamo prejavuje cez teplotu. Klimatické zmeny teploty vzduchu a zrážkových úhrnov môžu významne ovplyvniť nástupy fenofáz,

a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období plodín.

MATERIÁL A METODIKA

Vzhľadom k tomu, že požiadavky rastlín na klímu v jednotlivých obdobiach vývoja je potrebné skúmať predovšetkým vo vzťahu k teplote vzduchu a zrážkam, zamerali sme sa v príspevku na analýzu možných zmien počtu dní s charakteristickými dennými priemermi teploty vzduchu ($T < -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) a dennými úhrnmi zrážok ($R \geq 1\text{ mm}$, $\geq 5\text{ mm}$, $\geq 10\text{ mm}$, $\geq 25\text{ mm}$) na staniách Hurbanovo a Liptovský Hrádok od roku 1951. Za týmto účelom sme pripravili scenáre uvedených charakteristík do roku 2090 po mesiacoch, prípadne aj dekádach roka. Na konštrukciu scenárov bol použitý najnovší model CCCM2000 vo verzii emisných scenárov SRES A2 (pesimistický) a SRES B2 (optimistický) (tab.1.). Predpokladáme, že zmeny týchto klimatických charakteristík významne ovplyvňujú fenologické charakteristiky v biosfére na Slovensku.

Tab. 1.: Emisné scenáre SRES A2 a B2 v miliardách ton uhlíka za rok na Zemi len pre CO₂

Scenár/Horizont	1990	2020	2050	2100
A2	6,0	11,0	16,5	28,9
B2	6,0	9,0	11,2	13,8

Výstupy CCCM2000 sú v tvare časových radov denných údajov v období 1951-2100, pričom na lineárnu interpoláciu boli použité 4 najbližšie uzlové body v okolí Slovenska. Prvý gridový (uzlový) bod (A) sa nachádza v južnom Maďarsku (49,39° N; 18,75° E; 616 m n. m.), druhý (B) v rumunských Karpatách (46,39° N; 22,50° E; 554 m n. m.), tretí (C) v Sliezske západne od Katovic (50,10° N; 18,75° E; 531 m n. m.) a štvrtý (D) v juhovýchodnom Poľsku (50,10° N; 22,50° E, 566 m n. m.). Uvedené uzlové body sú takmer totožné pre všetky verzie modelov CGCM.

Experimentálne údaje z Hurbanova a Liptovského Hrádku z obdobia 1951-2004 poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav. Ide o súbory veľmi kvalitných meraní, ktoré dobre reprezentujú klímu strednej Európy.

Ako je známe z predchádzajúcich, nami publikovaných prác (Lapin et al., 2001, 2004, 2005), už pri regionálnej modifikácii výstupov CCCM2000 v tvare mesačných údajov vznikli rozdiely priemerov vo výstupoch z klimatických modelov v porovnaní s meraniami na konkrétnych staniách, ktoré vyplývajú predovšetkým z rozdielov nadmorskej výšky, zhladenej orografie, riedkej siete uzlových bodov ako aj zjednodušenej fyzikálnej interpretácie procesov v klimatickom systéme Zeme (Melo, 2003, Lapin, 2005). Preto aj pri modifikácii výstupov z CCCM2000 v tvare časových radov denných údajov bolo potrebné pristúpiť k hladeniu. Ukázalo sa, že na dosiahnutie hladkého ročného chodu scenárov priemerov teploty vzduchu je optimálne použiť hladenie 21-dennými klzavými priemermi, pri ktorom sa zachovávajú zvláštnosti ročného chodu a zároveň sa potláčajú nepravidelnosti vyplývajúce z krátkosti použitého

obdobia. Na modifikáciu priemeru teploty vzduchu sa použila metóda rozdielov v jednotlivých dňoch roka, ktorá sa následne aplikovala na celé obdobie výstupov CCCM2000, teda od roku 1951 do 2090. Variabilitu denných hodnôt sme modifikovali kvocientovou metódou tak, že sme zväčšovali alebo zmenšovali rozptyl denných hodnôt okolo 21-denných kľzavých priemerov (detaily sú opísané v Lapin, Melo, 2004, Lapin et al., 2005).

Taktiež pri modifikácii denných úhrnov zrážok sme sa v scenároch stretli s problémom, a to so zachovaním reálneho počtu dní bez zrážok a počtu dní aspoň s denným úhrnom zrážok ≥ 1 mm a ≥ 10 mm (Lapin et al., 2001, 2004, 2005). Ako sme už uviedli, výstupy CCCM reprezentujú v jednotlivých uzlových bodoch priemery z územia o rozlohe asi 90 tis km², v dôsledku čoho rastie počet dní s malými priemernými úhrnmi a klesá počet dní s vysokými dennými úhrnmi v porovnaní s jednotlivými stanicami. Aby sa čo najmenej porušila fyzikálna konzistentnosť modelových výstupov, bolo nevyhnutné pri downscaling-u zmenšovať počet zrážkových dní pomocou diferenčnej metódy, ktorou sa eliminovala časť z malých denných úhrnov zrážok a mesačné sumy sa upravili kvocientom. Tým sa zachoval počet dní s významnejšími úhrnmi zrážok a iba nepatrne sa znížili ich úhrny. Modifikáciu sme aplikovali pre každý uzlový bod individuálne, pričom sa výsledné scenáre pre obdobie 1990-2090 postupne stále viac vzájomne odlišovali v jednotlivých uzlových bodoch. Podrobnejší postup je opísaný v prácach Lapin et al., 2004, 2005.

VÝSLEDKY

V tomto príspevku uvádzame vybrané výsledky spracovania scenárov denných hodnôt teploty vzduchu a denných úhrnov zrážok.

Najprv sa venujme scenárom teploty vzduchu pre Hurbanovo a Liptovský Hrádok ako lineárnej interpolácie zo 4 uzlových bodov modelu CCCM2000 vo verzii emisných scenárov A2 (pesimistický) a B2 (optimistický). Testovali sme počet dní s priemernou teplotou $t < -5$ °C, < 0 °C, ≥ 5 °C, ≥ 10 °C, ≥ 15 °C, ≥ 20 °C a ≥ 25 °C. V tejto práci sme sa však zamerali na početnosť výskytu dní s charakteristickými dennými priemermi teploty vzduchu $T \geq 5$ °C, ≥ 10 °C a ≥ 15 °C, teda na veľké vegetačné

obdobie, ohraničené priemernou dennou teplotou vzduchu 5 °C a viac, hlavné vegetačné obdobie s priemernou dennou teplotou 10 °C a viac a na vegetačné leto, charakterizované nástupom a ukončením priemernej dennej teploty 15 °C. Význam týchto období je v tom, že veľké vegetačné obdobie vystihuje prebúdžanie vegetácie na jar, eventuálne začiatok rastu a zahŕňa celkovú vegetačnú dobu až do jesene, a hlavné vegetačné obdobie spolu s vegetačným letom je obdobím intenzívneho rastu všetkých kultúr, kedy dochádza k reprodukcii, dozrievaniu a zberu úrody väčšiny kultúr.

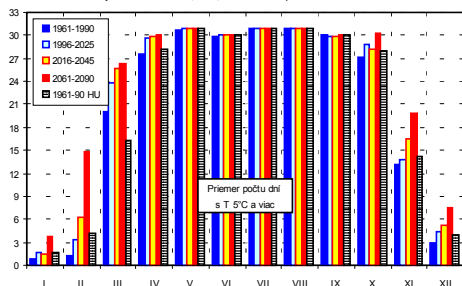
Obr. 1 je grafickým znázornením scenára počtu dní s charakteristickými priemermi teploty vzduchu $T \geq 5$ °C, ≥ 10 °C, ≥ 15 °C podľa CCCM 2000 vo verzii emisných scenárov SRES A2 a B2 v 30-ročných časových horizontoch období 1975, 2010, 2030 a 2075 pre Hurbanovo a obr. 2 pre Liptovský Hrádok.

Z porovnania scenárov teploty vzduchu podľa modelu CCCM2000 a pozorovaní v obidvoch staniách v období 1961-1990 je viditeľná prekvapujúco dobrá zhoda modifikovaných modelových výstupov a meraných hodnôt, čo dáva predpoklad spoľahlivosti v budúcnosti. Z grafov na obr. 1 je vidieť evidentný rast počtu teplejších dní a pokles počtu chladných dní v Hurbanove, najmä podľa modelu CCCM2000 vo verzii A2. Zmeny počtu niektorých dní, hlavne na jar a jeseň, sú viac ako dvojnásobné. V marci môžeme očakávať podľa emisného scenára SRES A2 rast početnosti pri $T \geq 5$ °C približne o 10 dní, pri $T \geq 10$ °C o 12 dní a pri $T \geq 15$ °C o 3 dni v 30-ročnom časovom horizonte 2075. Veľmi podobné zmeny početnosti výskytu dní s charakteristickými dennými priemermi teploty vzduchu sme získali aj použitím pesimistickej verzie SRES B2, podľa ktorej pri $T \geq 5$ °C je možné očakávať rast početnosti zhruba o 10 dní, pri $T \geq 10$ °C o 9 dní a pri $T \geq 15$ °C o 2 dni v porovnaní s meraniami v 30-ročnom období 1961 – 90. V letných mesiacoch sa nepozorujú výrazné rozdiely medzi modelovými a meranými hodnotami početností. Z uvedeného vyplýva, že v dôsledku očakávanej klimatickej zmeny teploty vzduchu sa zmenia nástupy fenofáz, a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období plodín. Veľké vegetačné obdobie začne skôr, predĺži sa, podobne ako

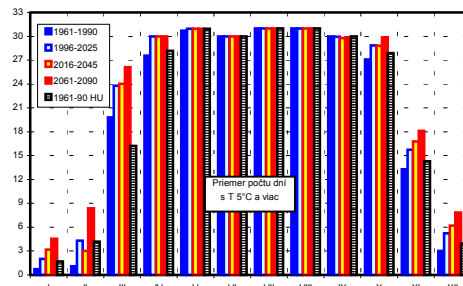
aj hlavné vegetačné obdobie. Informácie o dĺžke trvania tohto obdobia sú zaujímavé preto, lebo poskytujú obraz o tom, ako dlho sú splnené požiadavky plodín na teplotu vzduchu

dôležitú pre ich intenzívny rast a vývoj v danej oblasti, a či je možné očakávať z teplotného hľadiska v určitej lokalite správny vývoj kultúr až po ich zrelosť.

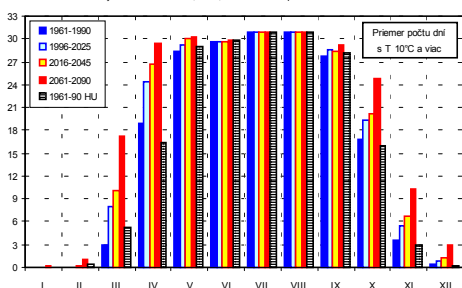
N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES A2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní v horizonte 1975



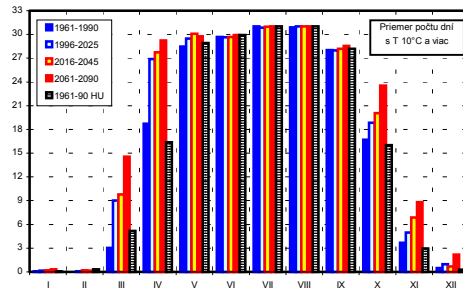
N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES B2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní 1975



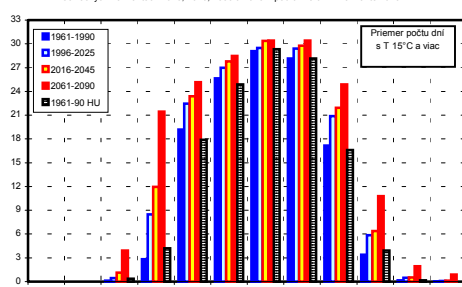
N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES A2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní v horizonte 1975



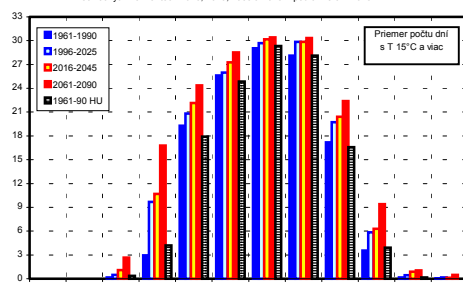
N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES B2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní 1975



N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES A2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní v horizonte 1975



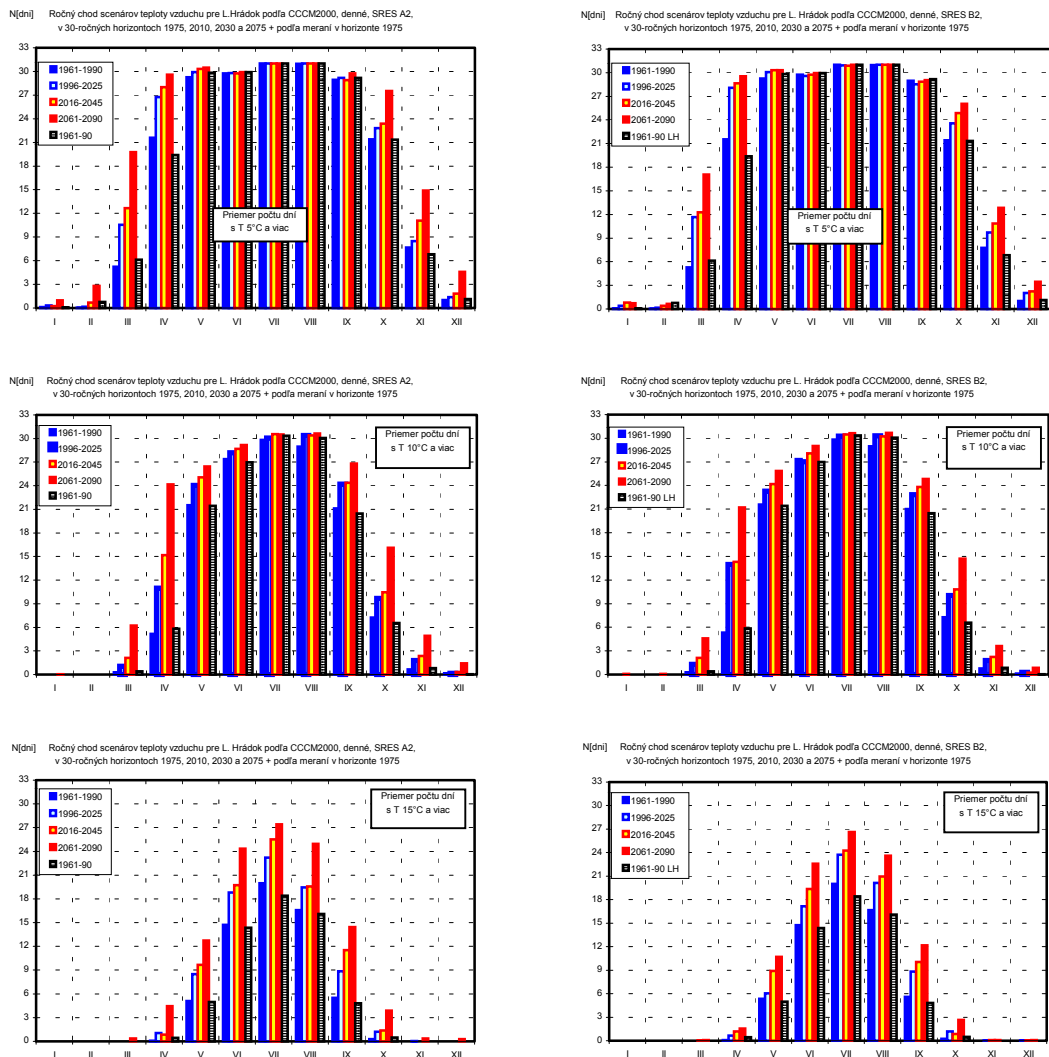
N[dni] Ročný chod scenárov teploty vzduchu pre Hurbanovo podľa CCCM2000, denné, SRES B2, v 30-ročných horizontoch 1975, 2010, 2030 a 2075 + podľa meraní 1975



Obr.1: Scenáre počtu dní s charakteristickým priemerom teploty vzduchu ($T \geq 5^\circ\text{C}$ – hore, $\geq 10^\circ\text{C}$ – v strede a $\geq 15^\circ\text{C}$ – dole) podľa CCCM2000 a SRES A2 (vľavo) a B2 (vpravo) v časových horizontoch a porovnanie s meraniami v Hurbanove (posledný stĺpec).

V Liptovskom Hrádku je situácia odlišná. Ide o horskú stanicu s nadmorskou výškou 648 m n. m.. Vplyv nadmorskej výšky na fenologické charakteristiky územia sa prejavuje predovšetkým vo vertikálnej zmene klimatických prvkov, pričom najväčší význam má pokles teploty vzduchu s výškou. V dôsledku toho sa v jarnom a letnom období nástup fenologických fáz vo vyšších polohách oneskoruje a v jesennom období zase skoršie nastupujú fenologické fázy. Na obr.2 vidíme pripravené scenáre možných zmien počtu dní

s charakteristickými dennými priemermi v jednotlivých časových horizontoch pre Liptovský Hrádok. Podľa emisného scenára SRES A2 možno očakávať až niekoľkonásobne väčšiu zmenu početnosti, najmä v 30-ročnom časovom horizonte 2075, v porovnaní s meraniami v období 1961-90. Ako vidieť z grafov na obr.2, v marci pri $T \geq 5^\circ\text{C}$ môže početnosť vzrásť trojnásobne a pri $T \geq 10^\circ\text{C}$ dokonca až 15-násobne, t.j. počet dní vzrastie v prvom prípade o 13 a v druhom o 6 dní.



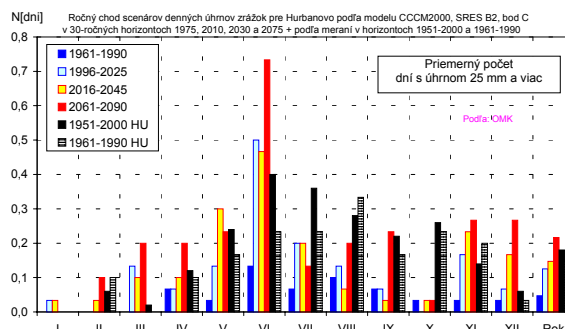
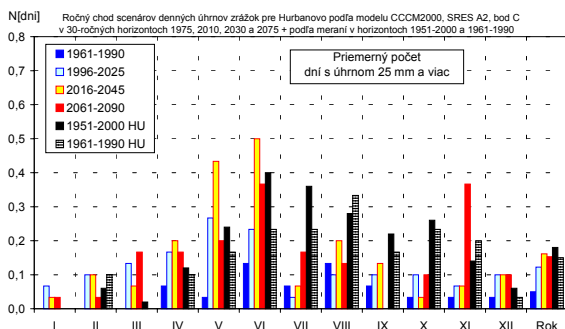
Obr.2: Scenáre počtu dní s charakteristickým priemerom teploty vzduchu ($T \geq 5^\circ\text{C}$ – hore, $\geq 10^\circ\text{C}$ – v strede a $\geq 15^\circ\text{C}$ – dole) podľa CCCM2000 a SRES A2 (vľavo) a B2 (vpravo) v časových horizontoch a porovnanie s meraniami v Liptovskom Hrádku (posledný stĺpec).

Podľa tohto scenára je možné očakávať aj evidentnú zmenu početnosti výskytu dní s priemernou dennou teplotou $T \geq 15^\circ\text{C}$, ktorá svedčí o vplyve otepľovania klímy v budúcnosti. Z modelových výstupov vyplýva, že už v apríli, resp. marci sa môžu vyskytnúť takéto dni, čo predstavuje skorší nástup zhruba o mesiac v porovnaní so súčasnosťou, kedy vegetačné leto nastupuje v máji. V prípade verzie SRES B2 sa však takýto možný skorý nástup neočakáva a nárast počtu dní so sledovanými charakteristickými dennými priemermi teploty je miernejší v porovnaní s emisným scenárom SRES A2. Pri $T \geq 5^\circ\text{C}$ sa v marci početnosť zvýši v priemere o 11 dní, pri $T \geq 10^\circ\text{C}$ o 4 dni a dni s $T \geq 15^\circ\text{C}$ sa neobjavujú v časovom horizonte 2075. Z uvedeného vyplýva, že aj

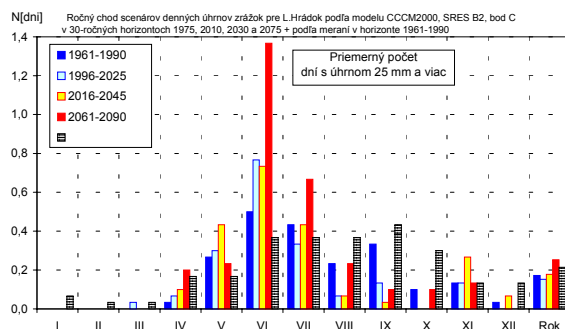
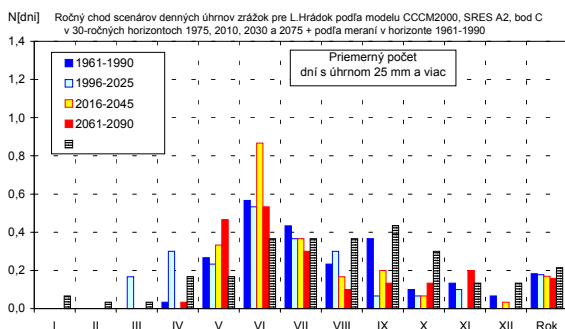
v Liptovskom Hrádku možno očakávať zmenu nástupu fenofáz a dĺžky vegetačných období plodín. Podobne ako v Hurbanove, aj v tejto oblasti možno v budúcnosti očakávať skorší nástup veľkého aj hlavného vegetačného obdobia kultúr v dôsledku klimatických zmien. O možných zmenách vegetačného obdobia v súvislosti s klimatickou zmenou sa môžeme dozvedieť aj zo správ IPCC (2001) a u nás z prác kolektívu Špánik et al. (2001 a i.). Na zmeny režimu zrážok môžeme pozeráť v tomto kontexte najmenej z dvoch pohľadov: 1) zmeny vlhového režimu; 2) zmeny počtu dní so škodlivým počasím. Je zjavné, že v našom príspevku nemáme dostatok priestoru na analýzu zmien tých podmienok zavlaženia, ktoré by mohli ovplyvňovať fenofázy rastlín. Sústredili sme sa preto iba na zmeny počtu

niektorých charakteristických zrážkových dní. Aj jednoduchou úvahou a bez zložitých modelových výpočtov môžeme posúdiť vplyv predlžovania málozrážkových období a rast počtu dní s intenzívnejšími zrážkami na vegetáciu za podmienok postupného otepľovania. Je zrejmé, že uvedené zmeny sa najviac prejavajú v najteplejšej časti roka, teda v hlavnom alebo letnom vegetačnom období

a na juhu Slovenska. Rast teploty vzduchu pri nezmenenej (prípadne pri klesajúcej) relatívnej vlhkosti vzduchu môže vtedy vyvolať značný rast potenciálnej evapotranspirácie. Za predpokladu nepatnej zmeny mesačných úhrnov zrážok a sústredenia úhrnov do niekoľkých dní s intenzívnymi zrážkami to zrejme vyvolá porovnateľne významné negatívne zmeny ako celkové oteplenie.



Obr.3: Ročný chod počtu dní s úhrnom zrážok $R \geq 25$ mm v Hurbanove podľa meraní v obdobiach 1961-1990 a 1951-2000 a podľa modelu CCCM 2000 v uzlovom bode C, A2 (vľavo) a B2 (vpravo), v obdobiach 1961-1990, 1996-2005, 2016-2045 a 2061-2090.



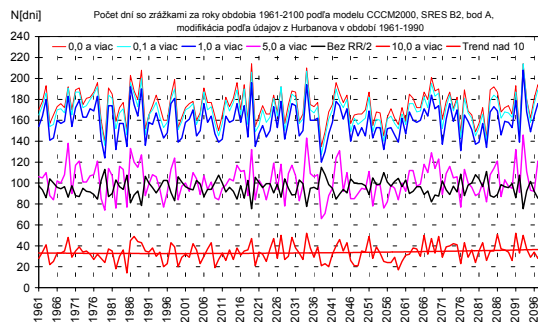
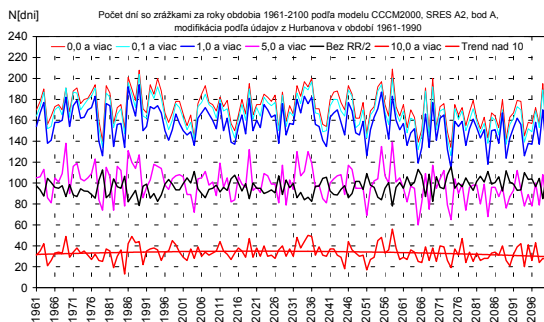
Obr.4: Ročný chod počtu dní s úhrnom zrážok $R \geq 25$ mm v L. Hrádku podľa meraní v období 1961-1990 a podľa modelu CCCM 2000 v uzlovom bode C, A2 (vľavo) a B2 (vpravo), v obdobiach 1961-1990, 1996-2005, 2016-2045 a 2061-2090.

Už na prvý pohľad je zrejmé, že ani modifikáciou sme nedosiahli taký tvar časových radov denných úhrnov zrážok, aby ich početnosť verne kopírovala experimentálne údaje vo všetkých skupinách úhrnov. Na druhej strane, aj výsledky meraných úhrnov v dvoch o málo rozdielnych obdobiach dosahujú dosť veľké rozdiely (obr.3, Hurbanovo, obdobia 1951-2000 a 1961-1990). V tomto príspevku prezentujeme počet dní s dennými úhrnmi ≥ 25 mm, ktoré už môžeme považovať za škodlivé (pre rok ide o priemer za 12 mesiacov). Vybrali sme iba bod C (neďaleko Katovic), ktorý je najbližší k územiu Slovenska. Obidva emisné scenáre predpokladajú rast početnosti

takýchto dní so zrážkami, pričom pesimistický scenár A2 (s väčším oteplením) má všeobecne menší počet dní s vysokými úhrnmi zrážok a optimistický scenár B2 (s menším oteplením) predpokladá výraznejší rast takýchto dní (v júni až na 4-násobok v Hurbanove a 3-násobok v L. Hrádku v časovom horizonte 2075 v porovnaní s obdobím 1961-1990, obr.4). V Liptovskom Hrádku je ale početnosť dní s takýmito úhrnmi zrážok v lete takmer dvojnásobná ako v Hurbanove. Je to v súlade s výpočtom podľa jednoduchého zrážkového modelu (Lapin et al., 2004), kde sa predpokladá, že pri raste mernej vlhkosti vzduchu o 15 až 30% v súvislosti so zvýšením teploty

vzduchu o 2 až 4 °C sa v lete pri cyklonálnom a konvektívnom počasi zvýšia úhrny krátkodobých zrážok až o vyše 40%. Keďže je v cyklonálnej a konvektívnej oblačnosti relatívna vlhkosť prakticky 100% (stav nasýtenia), je možné mernú vlhkosť vzduchu pri predpokladanom oteplení určiť celkom presne. Ide o závažný hydrologický, ale aj

ekologický a poľnohospodársky dôsledok, pretože naše prírodné podmienky a doterajšia socio-ekonomická sféra neboli adaptované na také veľké zvýšenie počtu dní s intenzívnymi zrážkami. Pre nedostatok priestoru neuvádzame v tomto príspevku hodnotenie zmeny počtu dní s inými charakteristickými úhrnmi zrážok.



Obr.5: Časový priebeh počtu dní s úhrnom zrážok $R \geq 0,0$ až $\geq 10,0$ mm v Hurbanove podľa modelu CCCM 2000 v uzlovom bode A, A2 (vľavo) a B2 (vpravo) v období 1961-2100, lineárny trend je iba pre $\geq 10,0$, bez RR/2 je polovica z počtu dní bez zrážok.

Na obr.5 prezentujeme časový priebeh počtu dní s charakteristickými úhrnmi zrážok od $R \geq 0,0$ mm až po $R \geq 10,0$ mm a bez zrážok v Hurbanove za predpokladu splnenia scenára podľa uzlového bodu A (južné Maďarsko). V tomto uzlovom bode sa budúce klimatické pomery viac priblížia Stredomoriu, teda predpokladá sa väčší pokles úhrnov zrážok v lete a rast v prvej polovici zimy, vrátane predlžovania suchých (málozrážkových) období v teplom období roka. Ako vidíme na obr.5, takýto vývoj predpokladá hlavne pesimistický scenár A2 v uzlovom bode A. Početnosť vyšších úhrnov zrážok ($R \geq 10$ mm) sa však ani v tomto prípade neznižuje, pri scenári B2 dokonca o niečo vzrastie do roku 2100. Početnosť nízkych úhrnov zrážok by mala poklesnúť najmä po roku 2050 a početnosť dní bez zrážok by sa mala mierne zvyšovať. Aj takýto scenár zmeny klímy môže mať závažné dôsledky na ekosystémy. Popri predlžovaní vegetačného obdobia sa môžu vyskytovať už počas včasnej jari dlhé suché obdobia, čo zrejme vyvolá pri náhlých vpádoch studeného vzduchu od severu zvýšené riziko poškodenia jarnými mrazmi (astronomické pomery sa nezmenia, v marci sa budú aj koncom 21. storočia za vhodných synoptických podmienok vyskytovať u nás v nížinách sporadicky silnejšie mrazy ako -10 °C). Včasný nástup let-

ného počasia môže na druhej strane pri dlhších málozrážkových obdobiach zapríčiniť zničujúce sucho už v máji. V lete sa budú na nížinách Slovenska zrejme striedať dlhšie relatívne suché obdobia so sporadickými krátkymi obdobiami cyklonálneho počasia s veľmi výdatnými úhrnmi zrážok.

ZÁVER

V príspevku sme prezentovali výber z rozsiahlejšieho spracovania scenárov počtu charakteristických dní. Tento výber sme orientovali na charakteristiky, ktoré môžu priblížiť možné dôsledky zmeny klímy na vývoj fenologických fáz rastlín a na ekosystémy všeobecne. Pokračovaním tohto spracovania by mohlo byť komplexné zhodnotenie kvantitatívnych charakteristík fenologických fáz vybraných rastlín na Slovensku do konca 21. storočia. Závažným problémom bude však ocenenie dôsledkov zmien podmienok zavlaženia, výskytu sucha a epizód intenzívnych zrážok na zmeny fenologických fáz. Takýto druh analýzy sa doteraz na Slovensku nerobil, bude zrejme potrebné najprv spracovať kvalitné pozorované fenologické a klimatologické údaje v nejakom referenčnom období v minulosti, ktoré ešte nebolo významne ovplyvnené klimatickou zmenou.

Pod'akovanie: V tomto príspevku sme sa opierali predovšetkým o výsledky riešenia projektov Oddelenia meteorológie a klimatológie (OMK) na FMFI UK, podporovaných grantmi APVT-51-017804, VEGA 1/1042/04 a 2004 SP 20/06K 0A 03/ 000 00 10, ako aj o pozorované údaje v sieti staníc SHMÚ.

LITERATÚRA

- IPCC, 2001: Climate Change 2001: Contribution of Working Groups I and II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, UK, 944 and 1032 pp.
- IPCC, 2001: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm.
- Klimatické a fenologické pomery krajov na Slovensku, 1966, 1968, 1972: Hydrometeorologický ústav Praha, Bratislava, Tlač: Polygrafia Praha 276, s. a Severografia Trutnov, 344 a 432 s.
- Kurpelová, M., Coufal, L., Čulík, J., 1975: Agroklimatické podmienky Československa. Hydrometeorologický ústav, Praha a Bratislava, Príroda Bratislava, 270 s.
- Lapin, M., Damborská, I., Melo, M., 2001: Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. Národný klimatický program SR, VI, No. 11, SHMÚ a MŽP SR, Bratislava, 5-30.
- Lapin, M., Damborská, I., Melo, M., 2001: Downscaling of GCM outputs for precipitation time series in Slovakia. Meteorologický časopis, IV, No. 3, (2001), 29-40.
- Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., Gera, M., 2004: Scenáre úhrnov zrážok počas extrémnych zrážkových situácií na Slovensku. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminár „Extrémy počasi a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80-86690-12-1, 18 strán na CD
- Lapin, M., Melo, M., 2004: Methods of climate change scenarios projection in Slovakia and selected results. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 52, 2004, 4, 224-238.
- Lapin, M., 2005: Stručne o teórii klimatického systému Zeme, najmä v súvislosti so zmenou klímy. Meteorologický časopis, Vol. 8, No. 1, 25-34.
- Melo, M., 2003: Klimatické modely a ich využitie na odhad klimatických zmien na území Slovenska. Kandidátska dizertačná práca. GFÚ SAV, Bratislava, 155 s.
- Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., Vojtek, M., Martini, M., (2005): Problémy spojené s fyzikálne a štatisticky korektným downscaling-om výstupov GCMs v tvare denných časových radov z vybrané výsledky. In: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Medzinárodná vedecká konferencia, Brno-Křtiny, 12-14.9.2005, 15 s. na CD, ISBN 80-86690-31-08.
- Špánik, F., Šiška, B., Repa, Š., 1996: Dôsledky klimatických zmien na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia. Národný klimatický program SR, III, No. 4, SHMÚ a MŽP SR, Bratislava, 91-109.

Kontaktná adresa: *RNDr. Ingrid Damborská, CSc., Prof. RNDr. M. Lapin, CSc, RNDr. Marián Melo, PhD.*, Oddelenie meteorológie a klimatológie, KAFZM FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, e-mail: damborska@fmph.uniba.sk, lapin@fmph.uniba.sk, melo@fmph.uniba.sk, www.dmc.fmph.uniba.sk