

CITLIVOSŤ AGROREGIÓNOV SLOVENSKA NA SUCHO V PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY

Bernard Šiška¹ – Jozef Takáč²

¹Department of Biometeorology and Hydrology, SPU Nitra, Nitra, SK

¹ National Forest Centre, Zvolen, SK

²Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava, SK

Abstract:

Drought conditions of the Slovak territory was based on evaluation of climatic conditions during growing season limited by daily mean air temperature $T > 10$ °C. There were calculated precipitation totals (R in mm), potential (E_0 in mm) and actual (E in mm) evapotranspiration for growing seasons. Consequently climatic index of drought ($E_0 - R$) and evapotranspiration deficits ($E_0 - E$) were evaluated on the background of agricultural productive regions. Climatic data from database of SHMI in Bratislava in period of years 1960 – 1990 were used in this paper. Climatic stations used for GIS analyses were selected both from the point of view of altitudes limiting plant production areas (up to 900 m a.s.l. – this altitude represents acreage 45 000 km²) and spatial distribution of SR. Climate change conditions were generated by general circulation model CCCM (Lapin et al. 2001) in variants for emission scenarios SRES B2.

There was found that agro regions of Slovak republic will become more sensitive in conditions of climate change on drought occurrence as compared with climate conditions of last normal period 1961-1990. While there were recognized 5 categories of drought conditions on the territory of Slovak republic in reference period 1931-1960, next 2 very dry (according to climatic index of drought) and/or 4 very dry regions (according to evapotranspiration deficit) can be recognized in agro regions of Slovakia. This fact has serious effects on potential acreage of some crops. High totals of potential evapotranspiration can evoke occurrence of drought more frequently. This fact should be taking into account in the future both on the levels of crop selections and water saving rotations.

Key words: climatic index of drought, evapotranspiration, drought, agroclimatic regionalization

Úvod

Návrh agroklimatickej rajonizácie Slovenskej republiky sa zakladá na hodnotení klimatických podmienok počas hlavného vegetačného obdobia s priemernou dennou teplotou vzduchu $T > 10$ °C (Kurpelová et al., 1975, Šiška, Špánik 2008). Klimatická vlhová bilancia a následne aj výskyt sucha na území Slovenska sa hodnotí takisto v tomto období. Úhrny atmosférických zrážok (R v mm), potenciálna evapotranspirácia (E_0 v mm) a klimatický index sucha ($E_0 - R$ v mm) boli aj v stredoeurópskom priestore predmetom štúdiá viacerých autorov v poslednom období (Ditmarová et al., 2006, Dubrovský et al., 2005, Hlásny, Baláž 2008, Tomlain, 1997, Tomlain et al., 2003, Trnka et al., 2007 a iní), čiastočne boli hodnotené aj

v kontexte poľnohospodárskych výrobných oblastí, resp. vegetačných stupeňov na Slovensku (Šiška, Takáč 2006, Škvarenina et.al, 2008).

Spresňovanie výsledkov modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (Lapin et al., 2001, Melo, 2001) umožňuje aktualizovať aj možné dôsledky pre formovanie podmienok sucha na Slovensku.

Bolo zistené, že nástup vegetačného obdobia sa urýchljuje a ukončenie oneskoruje v porovnaní s posledne hodnoteným klimatickým normálom z rokov 1961-1990. Dlhšie vegetačné obdobie významne ovplyvňuje potenciál pestovateľských plôch teplomilných porastov, nakoľko narastá aj vstup PAR. Na druhej strane vysoké úhrny potenciálnej evapotranspirácie môžu vyvolať

podmienky sucha. Tento fakt je potrebné zohľadniť pre šľachtenie nových odrôd v budúcnosti.

Na základe obr 1 (Hayes et al. 1999, Heim 2002) možno sucho definovať pre rôzne sektory hospodárstva v časovej následnosti. Pre účely tejto práce bol na úrovni meteorologickej (klimatickej) vybraný pre hodnotenie citlivosti územia Slovenska v podmienkach klimatickej zmeny klimatický index sucha (E_0-R v mm), na úrovni poľnohospodárskej evapotranspiračný deficit (E_0-E v mm)

Najnovšie výsledky impaktových štúdií sa získali v rámci riešenia projektu 6RP: CECILIA ako aj s čiastočnou podporou projektov VEGA 1/4427/07: Návrh agroklimatickej rajonizácie rastlinnej výroby na Slovensku v podmienkach meniacej sa klímy a aAV/1109/2004: Klimatická zmena a sucho v SR: Dopady a východiská pre udržateľné poľnohospodárstvo, produkciu a kvalitu, začo autori vyslovujú poďakovanie.

Cieľom príspevku je rámcovo zhodnotiť možné dôsledky zmeny klímy, definované scenármi klimatickej zmeny, na produkčné podmienky poľných plodín na Slovensku pomocou GIS.

Materiál a metódy

Meteorologické a fenologické dáta k riešeniu etapy boli hodnotené pre dve obdobia z definovanou koncentráciou CO_2 v atmosfére podľa tabuľky 1.

Klimatické údaje pre riešenie úlohy za referenčný rad rokov (pre úroveň koncentrácie $1xCO_2$) boli získané z databázy SHMÚ v Bratislave. Pre hodnotenie potenciálnej citlivosti územia na sucho bolo vybrané trvanie hlavného vegetačného obdobia. Hlavné vegetačné obdobie (HVO) je ohraničené biologickým teplotným minimom (denným priemerom teploty vzduchu $T \geq 10,0$ °C – TS10). Ná-

stup a ukončenie HVO boli stanovené numerickou metódou podľa Noseka, (1972).

V tomto intervale bolo spočítané: fotosynteticky aktívne žiarenie (PAR v $kWh.m^{-2}$), suma priemerných denných teplôt (TS v °C), úhrn atmosférických zrážok (R v mm), evapotranspirácia (E v mm) a z nich odvodené charakteristiky.

K analýzam vplyvu klimatickej zmeny na trvanie HVO na Slovensku boli vytypované klimatické stanice tak, aby plošne rovnomerne pokrývali územie Slovenska do nadmorskej výšky ohraničujúcej možnú poľnohospodársku výrobu – 900 m n.m. Tieto analýzy reprezentujú približne 45000 km^2 územia SR.

Výber klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov a zabezpečenia vegetačného obdobia poľných plodín klimatickými prvkami je uvedený v tab. 2. Stanice reprezentujú územie SR z hľadiska v súčasnosti definovaných výrobných typov poľnohospodárskej produkcie.

Klimatické údaje z vybraných klimatických staníc pre obdobie rokov s koncentráciou $2xCO_2$ podľa scenárov klimatickej zmeny boli spracované podľa výsledkov modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM20 (SRES B2) (Melo, 2001) a upravených výstupov získaných v rámci riešenia 2004 SP 20/06K 0A 03/000 00 10: Prebiehajúca klimatická zmena a jej dopady na rozvoj spoločnosti.

Vstupné údaje pre GIS analýzy tvorilo bodové pole predstavujúce sieť meteorologických staníc na území SR. Pomocou interpolačnej techniky boli vypočítané priestorové zmeny jednotlivých priemerých hodnôt klimatických údajov. Pri spracovávaní daných podkladov bola využitá interpolačná technika regularizovaný spline s tenziou a kriging. Na základe plošnej analýzy pomocou GIS boli vyhodnotené priestorové zmeny klimatických ukazovateľov pre podmienky klímy $1xCO_2$ a $2x CO_2$.

Výsledky

Trvanie vegetačného obdobia

Hlavné vegetačné obdobie je ohraničené nástupom a ukončením priemernej dennej teploty $T \geq 10,0$ °C a je obdobím produkcie biomasy a tvorby úrody na teplotu náročných plodín ako kukurica siata (*Zea mays* L.), cukrovej repy (*Beta vulgaris* L.), ale tiež teplomilných rastlinných druhov.

Z výsledkov vyplýva, že extrémny nástup, ukončenia a trvania HVO na území Slovenska ohraničujú južné – najnižšie polohy Slovenska obyčajne reprezentované klimatickou stanicou Hurbanovo a najvyššie hodnotené polohy reprezentované klimatickou stanicou Telgárt.

Nástup a ukončenie HVO vo výškovom profile SR podáva obrázok 2. Z priebehu trendových čiar nástupu a ukončenia aj pre HVO vyplýva, že výraznejším zmenám budú podliehať termíny nástupu HVO, keď v celom výškovom profile možno očakávať v podmienkach klímy $2xCO_2$ uskorenie asi o 28 dní v porovnaní s podmienkami klímy $1xCO_2$. Ukončenie HVO v podmienkach klímy $2xCO_2$ bude v porovnaní s podmienkami klímy $1xCO_2$ oneskorené len asi o 14 dní.

Táto skutočnosť má závažné dôsledky pre rozšírenie pestovania na teplo náročnejších plodín, najmä odrôd kukurice siatej s vyšším FAO číslom, ale aj cukrovej repy (*Beta vulgaris* L.). Využitie dlhšieho vegetačného obdobia potenciálne ovplyvňuje tvorbu biomasy, nakoľko sa zvyšuje aj príkon PAR.

Na základe vyššie uvedených závislostí je možné tiež stanoviť pravdepodobné nástupy, ukončenia a trvania HVO v podmienkach klímy $1xCO_2$ a $2xCO_2$ aj pre jednotlivé poľnohospodárske výrobné oblasti (tab. 3).

Trvanie HVO typického pre kukuričnú výrobnú oblasť v referenčnom období $1xCO_2$ - 175 dní a viac reprezentovalo asi 34 % celkovej plochy výrobných oblastí,

v podmienkach klímy $2xCO_2$ sa bude vyskytovať asi na 80 % hodnoteného územia, pričom trvanie HVO v polohách Podunajskej nížiny, Východoslovenskej nížiny, Juhoslovenských kotlín a Záhoria presiahne 200 dní.

Zmeny teplotných pomerov

V južných - najnižšie položených častiach Slovenska sa TS10 zvýši v podmienkach klímy $2xCO_2$ (Stanica Hurbanovo) o 23 %, smerom k vyššie položeným oblastiam Slovenska však relatívne zabezpečenie HVO teplotnými sumami rastie a dosahuje zvýšenie TS10 až o 45 %.

Priestorové zmeny rozloženie TS10: Zatiaľ čo v podmienkach klímy $1xCO_2$ TS10 > 2800 °C (kukuričná výrobná oblasť) bola dosahovaná na ploche 11 136 km² (25 %), v podmienkach klímy $2xCO_2$ tieto parametre bude spĺňať viac ako 30 000 km² územia SR, čo predstavuje 67 % hodnoteného územia. To umožní posun pestovania teplotne náročnejších plodín z polôh Podunajskej a Východoslovenskej nížiny až do polôh 500 m n. v.

Príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia (PAR)

Všeobecne platí, že sumy PAR za HVO na Slovensku v podmienkach klímy $2xCO_2$ narastajú. V južných, najnižších polohách Slovenska sa PAR za HVO v podmienkach klímy $2xCO_2$ zvýši o 49 kWh.m⁻², t.j. o 10 %, v najvyšších poľnohospodársky využívaných polohách o 60 kWh.m⁻², t.j. o 15 %.

Priestorové zmeny rozloženie PAR: Zatiaľ čo v podmienkach klímy $1xCO_2$ v najteplejších oblastiach SR boli dosahované hodnoty PAR > 400 kWh.m⁻² na ploche 10947 km² (24%), v podmienkach klímy $2xCO_2$ tieto parametre bude spĺňať viac ako 28 300 km² územia SR, čo predstavuje viac ako 63% hodnoteného územia. Všetky poľnohospodárske výrobné typy by v podmienkach klímy $2xCO_2$ mali byť za-

bezpečené počas HVO pri konom $PAR > 350$ kWh.m⁻².

Zmena zabezpečenia rastlinnej výroby atmosférickými zrážkami (R)

V podstate platí na Slovensku vzrast zrážkových úhrnov pre podmienky klímy $2xCO_2$, na nížinách južného a východného Slovenska je to o 60 mm, t.j. o 20 % na severnom Slovensku o 79 - 134 mm, t.j. o 23 -38 %.

Zabezpečenie HVO zrážkami rastie a v podmienkach klímy $2xCO_2$ by mali všetky výrobné oblasti dostávať atmosférické zrážky $R > 390$ mm. Táto skutočnosť by mala priaznivo ovplyvniť produkčný potenciál plodín (napr. kukurica siata a repa cukrová), aj keď atmosférické zrážky je potrebné posudzovať v kontexte rastúcej energetickej bilancie prostredia, ktorej výsledkom je i rastúci potenciálny výpar.

Zmeny charakteristík evapotranspirácie

Evapotranspirácia ako významná zložka vodnej bilancie prostredia je vhodným ukazovateľom pre posúdenie vlhových pomerov územia v časopriestorovom vyjadrení. Zatiaľ čo potenciálna evapotranspirácia môže byť využitá ako ukazovateľ pre stanovenie potreby vody pri maximálnej produktivite ekosystémov (ŠIŠKA, 1992), presné stanovenie aktuálnej evapotranspirácie môže viesť k veľmi presným stanoveniam produkcie biomasy (Vidovič, Novák 1985).

Na celom poľnohospodársky využiteľnom území možno v trvaní HVO očakávať $E_0 > 450$ mm, v najteplejších územiach SR (juh Podunajskej nížiny a najnižšie polohy Východoslovenskej nížiny) možno očakávať úhrny E_0 prevyšujúce 700 mm. Tak vysoké úhrny E_0 vyvolávajú potrebu efektívneho hospodárenia s vodnými zdrojmi a budovanie závlah na väčšine územia SR ak sa má eliminovať nepriaznivý dosah zvýšeného výparu na tvorbu úrod.

Klimatický ukazovateľ zavlaženia a jeho zmeny

Dostupnosť vody pre poľnohospodársku prvovýrobu je v krajinnom priestore možno hodnotiť viacerými ukazovateľmi. V rámci agroklimatického členenia Slovenska bol pre účely agroklimatickej rajonizácie zavedený klimatický ukazovateľ zavlaženia, ktorý ukazovateľ, ktorý je rozdielom medzi potenciálnou evapotranspiráciou a zrážkami v troch letných mesiacoch (Kurpelová et al., 1975). Vzhľadom k skutočnosti, že v podmienkach meniacej sa klímy sa výskyt letných dní podúva v závislosti od nadmorskej výšky ako do jarných, tak aj jesenných mesiacov, rozdiel medzi potenciálnou evapotranspiráciou a zrážkami bol hodnotený počas celého trvania vegetačného obdobia. Predpokladané zvyšovanie teploty vzduchu, ale aj predĺžovanie HVO spôsobujú rast E_0 v podmienkach klímy $2xCO_2$ na celom území Slovenska. Na nížinách Slovenska vzrastie E_0 za HVO o 160 - 170 mm, t.j. o 27 -30 %, v horských polohách až o 106 mm, t.j. o 34 % (Telgárt). Takmer na celom poľnohospodársky využiteľnom území SR možno očakávať $E_0 > 450$ mm, v najteplejších územiach SR (juh Podunajskej nížiny a najnižšie polohy Východoslovenskej nížiny) možno očakávať úhrny E_0 prevyšujúce 750 mm. Tak vysoké úhrny E_0 v relatívne krátkom časovom intervale HVO (v porovnaní s VVO) vytvárajú predpoklad výskytu období sucha, čo sa musí zohľadniť pri správnej voľbe odrody, prípadne plodiny. Efektívne hospodárenie s vodnými zdrojmi a budovanie závlah môže na väčšine územia SR eliminovať nepriaznivý dosah zvýšeného výparu na tvorbu úrod.

Rozdiel medzi potenciálnou evapotranspiráciou a zrážkami v HVO sa vo výškovom profile SR výrazne mení – zmeny sú ešte výraznejšie ako počas VO (Šiška, Takáč, 2006). V podmienkach klímy $2xCO_2$ boli zistené rozdiely v náraste tohto ukazovateľa v teplejších podmienkach južného

Slovenska v priemere o 90 - 110 mm (t.j. +32 - 45%). Nulové hodnoty ukazovateľa sa posunú z úrovne 550 na 700 m n.m.

Na úrovni meteorologickej (klimatickej) bol vybraný pre hodnotenie citlivosti územia Slovenska v podmienkach klimatickej zmeny klimatický index sucha (E_0-R v mm)

Zatiaľ čo v poslednom návrhu agroklimatickej regionalizácie bolo definovaných podľa ukazovateľa zavlaženia pre územie Slovenska 5 regiónov, podľa klimatického indexu sucha bude možné rozlíšiť ďalšie dva veľmi suché regióny (obr. 4).

Evapotranspiračný deficit a jeho zmeny

Rozdiel medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou charakterizuje dostatok či nedostatok vody v pôde pre rast rastlín. Tento rozdiel teda definuje na základe energetickej a vodnej bilancie nedostatok vody a teda aj suchosť prostredia. Funkčné vzťahy $E_0 - E$ od nadmorskej výšky sú štatisticky vysoko preukazné (obr. 3). Zatiaľ čo v podmienkach klímy $1xCO_2$ sa podľa trendovej čiary hodnoty deficitu 100 mm a menej vyskytujú v lokalitách z nadmorských výškach nad 300 m a sú teda charakteristické pre podhorské a horské polohy, tak v podmienkach klímy $2xCO_2$ sa táto hranica posunie až na úroveň 1000 m n.m. Na základe uvedeného sa dá teda očakávať výskyt sucha podľa tohto ukazovateľa v oveľa vyšších polohách ako tomu bolo doteraz. Táto skutočnosť spolu z rastom teploty vzduchu veľmi pravdepodobne ovplyvní nielen zonalitu vhodnosti (Špáňik, Tomlain et al, 1997) pre pestovanie poľných plodín, ale vyvolá aj novú sukcesiu lesných ekosystémov. Na túto skutočnosť už upozornili viacerí autori (Škvarenina, Mind'áš, 1998).

Z hľadiska vodnej bilancie podmienenej úhrnom zrážok, teplotou vzduchu, vlhkosťou vzduchu i ďalších faktorov, predpokladá sa zvyšovanie ročného deficitu eva-

potranspirácie. Pre nížinné – južné časti Slovenska (klimatická stanica Hurbanovo) sa predpokladá v podmienkach zmenenej klímy zvýšenie deficitu o 126 mm, to je o 50 %. Pre vyššie položené – severné časti Slovenska (klimatická stanica Liptovský Hrádok) sa predpokladá v podmienkach zmenenej klímy zvýšenie deficitu len o 66 mm, čo však v týchto polohách predstavuje nárast o 111 %.

Na úrovni poľnohospodárskej bol vybraný ako ukazovateľ sucha práva evapotranspiračný deficit (E_0-E v mm). Podľa tohto ukazovateľa je územia Slovenska na výskyt sucha ešte citlivejšie, nakoľko bude možné rozlíšiť až štyri nové kategórie sucha. Okrem toho zanikne z hľadiska vlhkostných podmienok veľmi významný región s hodnotami $E_0-E = 30-60$ mm, ktorý reprezentoval pre podmienky referenčného časového radu 1961-1990 rozlohu takmer 15500 km². Štyri nové kategórie sucha v najteplejších a dnes najproduktívnejších oblastiach Slovenska budú reprezentovať plochu väčšiu ako 19000 km².

Záver

Výskyt sucha na území Slovenska sa zakladá na hodnotení klimatických podmienok počas hlavného vegetačného obdobia s priemernou dennou teplotou vzduchu $T > 10$ °C. Pre toto obdobie boli spočítané úhrny atmosférických zrážok (R v mm), potenciálna (E_0 v mm) a aktuálna evapotranspirácia (E_0 v mm) a následne klimatický index sucha (E_0-Z v mm) a evapotranspiračný deficit (E_0-E v mm). Bolo zistené, že poľnohospodárske výrobné oblasti sa stávajú citlivejšie na suchu v podmienkach klimatickej zmeny v porovnaní s posledne hodnoteným klimatickým normálom z rokov 1961-1990 najmä v sôčanej kukuričnej výrobnej oblasti.

Aj keď na základe oboch prístupov hodnotenia sucha bola zistená postupná

aridifikácia územia, táto podľa poľnohospodárskych kritérií bude v porovnaní len s klimatickými aspektami hodnotenia suchosti územia oveľa vyššia. Tento fakt veľmi pravdepodobne vážne ovplyvní petovanie nielen teplomilných plodín. Dlhšie vegetačné obdobie významne ovplyvňuje potenciál pestovateľských plôch teplomilných porastov ako aj rast PAR. Na druhej strane vysoké úhrny potenciálnej

evapotranspirácie v kombináciu s nerovnomerným rozložením atmosférických zrážok (nárast výskytu extrémov) môžu vyvolať podmienky sucha s oveľa vyššou pravdepodobnosťou. Tento fakt je potrebné zohľadniť pre šľachtenie nových odrôd poľných a záhradníckych plodín v budúcnosti a ich vhodný výber v rôznych regiónoch Slovenska, nakoľko tieto budú v budúcnosti agroklimaticky rôznorodejšie ako dnes.

Použitá literatúra:

- Ditmarová L, Kmeť J, Střelcová K, Gőmőry D (2006) Effects of drought on selected physiological parameters of young beech trees under stress conditions. *Ekológia* (Bratislava) 25:1-11
- Dubrovsky M, Trnka M, Svoboda M, Hayes M, Wilhite D, Zalud Z, Semerádová D (2005) Drought conditions in the Czech Republic in present and changed climate. In: *Proceedings of the European Geophysical Union, Vienna*, pp 25-29
- Hayes MJ, Svoboda MD, Wilhite DA, Vanyarko OV (1999) Monitoring the 1996 Drought using the Standardized Precipitation Index. *American Meteorological Society* 80:429-438
- Heim, RR (2002) A review of Twentieth-Century drought indices used in the United States. *Bull Amer Meteor Soc* 83: 1149-1165
- Kurpelová M Coufal J Čulík J (1975) Agroklimatické podmienky ČSSR, *Príroda*, Bratislava
- Matejka F Huzulák J (1995) Analysis of relationships between winter wheat leaf water potential and atmospheric factors. *Biology* 50(1): 105-114.
- Melo M (2001) Climate change scenarios according to CCCM 2000 model for Hurbanovo. In: Matejka, F., Ostrožlík, M. (Eds): *International Conference „150 years of the Meteorological Service in Central Europe“*, Stará Lesná, October 9-11, 11p. CD-ROM
- Lapin M Melo M Damborská I (2001): Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. In: *Nové scenáre klimatickej zmeny a ich využitie*, Národný klimatický program SR, VI, No. 11, SHMÚ a MŽP SR, Bratislava, 5-30.
- Nosek, M.: *Metody v klimatologii*. Praha, Academia, 1972, 1-434.
- Rožnovský J Janouš D (2001) Drought, valuation and prediction (in Czech and Slovak). SHMI, Brno
- Škvarenina J Tomlain J Hrvol J Škvareninová J (2008) Occurrence of Dry and Wet Periods in Altitudinal Vegetation Stages of West Carpathians in Slovakia: Time-Series Analysis 1951-2005 In: *Bioclimatology and Natural Hazards* (Strelcova et al. eds.) Publisher: Springer-Verlag New York, LLC (in print)
- Tomlain J (1997): Rozloženie evapotranspirácie na území Slovenska za obdobie 1961 - 1990. [Distribution of evapotranspiration in the territory of Slovakia in the period 1961-1990]. *Podzemná voda*, Vol. III., 1997, No. 1, SAH Bratislava, 5-23. (in Slovak with English resume).
- Trnka M, Dubrovský M, Semerádová D, Žalud Z (2007) Drought, precipitation index, Palmer drought indices in Moravia and Silesia (in Czech). In: Brázdil R, Kirchner K (eds) *Selected natural extremes and their impacts in Moravia and Silesia*. Masarykova universita, Český hydrometeorologický ústav, Ústav geoniky Akademie věd ČR Brno, Praha, Ostrava
- Vidovič J Novák V (1987) Závislosť úrody kukurice od evapotranspirácie porastu. *Rostlinná výroba* 33(6): 663-670.

Tabuľky:

Tab. 1. Predpokladané zmeny koncentrácie CO₂ pre hodnotené časové horizonty

Koncentrácia CO ₂		Časový horizont
1xCO ₂	330 ppm	1961 – 1990
2xCO ₂	660 ppm	2061 – 2090

Tab. 2 Zaradenie vybraných klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov poľných plodín podľa výrobných typov

Výrobná oblasť	Nadmorská výška v m n. m.	Klimatická stanica	Nadmorská výška v m n.m.
Kukuričná	<200	Somotor	100
		Hurbanovo	115
		Nitra	143
		Piešťany	165
		Kamenica n/C.	178
Repárska	200 – 350	Rimavská Sobota	214
		Prievidza	260
		Košice	230
		Sliač	330
Zemiakárska	300 – 650	Bardejov	304
		Sliač	330
		Liptovský Hrádok	640
Horská	>600	Liptovský Hrádok	640

Tab. 3 Priemerný dátum nástupu, ukončenia a trvania HVO pre jednotlivé poľnohospodárske výrobné oblasti a podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂

Výrobná oblasť	Nástup HVO		Ukončenie HVO		Trvanie HVO [dni]	
	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂
Čukuričná	<19.4	<24.3	>6.10	>26.10	>175	>220
Repárska	19.4 - 27.4	25.3 - 4.4	3.10- 5.10	1.10 – 25.10	160 - 175	200 – 220
Zemiakárska	28.4-13.5	5.4 - 21.4	21.9 -2.10	1.10 – 20.10	135 -160	175 - 200
Horská	>14.5	>22.4	<20.9	<10.10	<135	<175

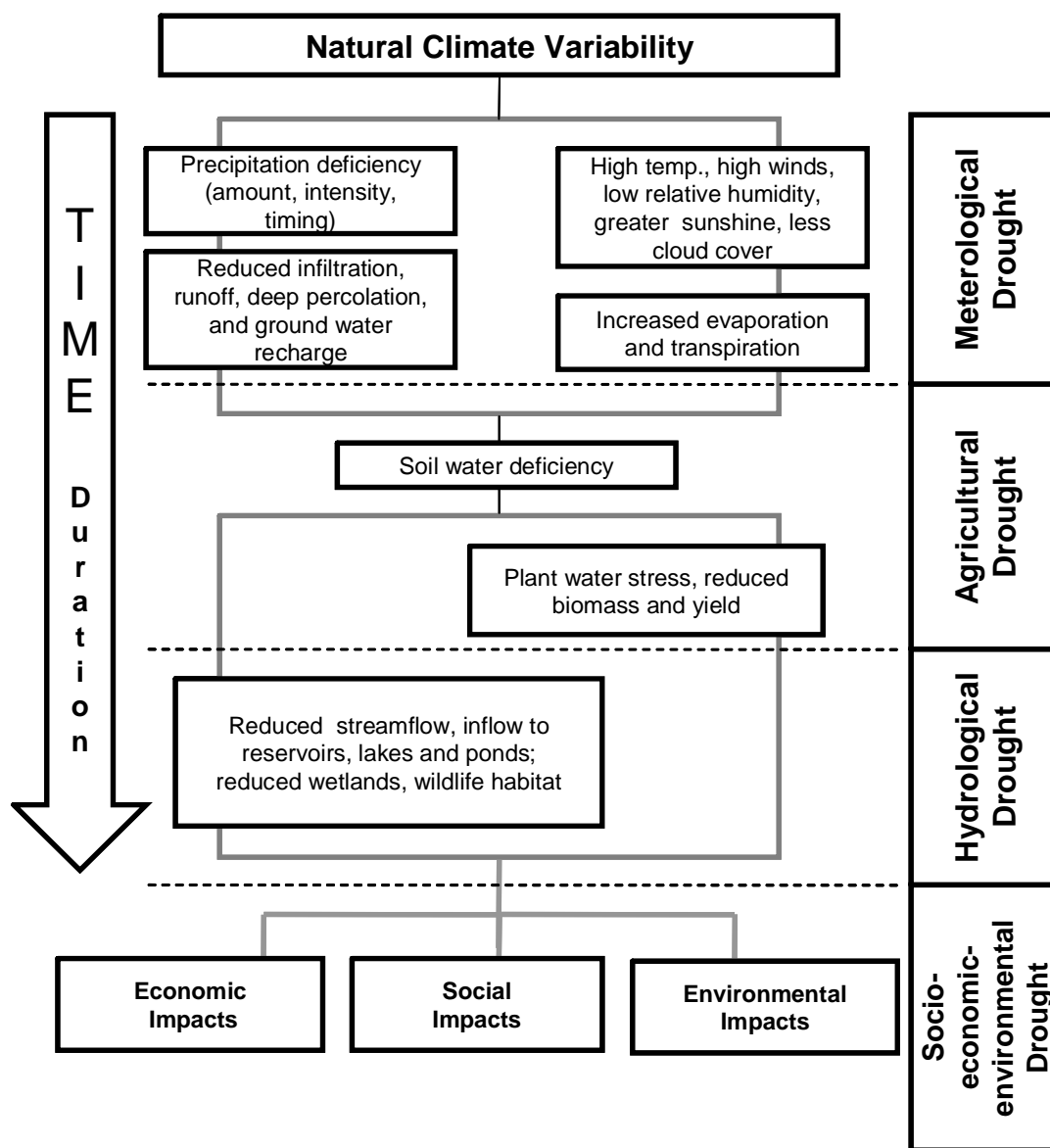
Tab. 4 Zabezpečenie HVO fotosynteticky aktívnym žiarením (PAR), teplotnou sumou (TS10) a zrážkami (R) pre jednotlivé poľnohospodárske výrobné oblasti a podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂

Výrobná oblasť	PAR [kWh.m ⁻²]		R [mm]		TS10 [°C]	
	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂
Čukuričná	390 – 430	460 – 510	320 - 370	390 – 430	1750 - 3000	1450 – 3950
Repárska	350 – 390	425 – 460	370 - 400	430 -460	2400-2750	1100 – 3450
Zemiakárska	290 – 350	375 – 425	400 – 420	460 – 500	1800 - 2400	1600 – 3100
Horská	<290	<375	<400	>500	<1800	<2600

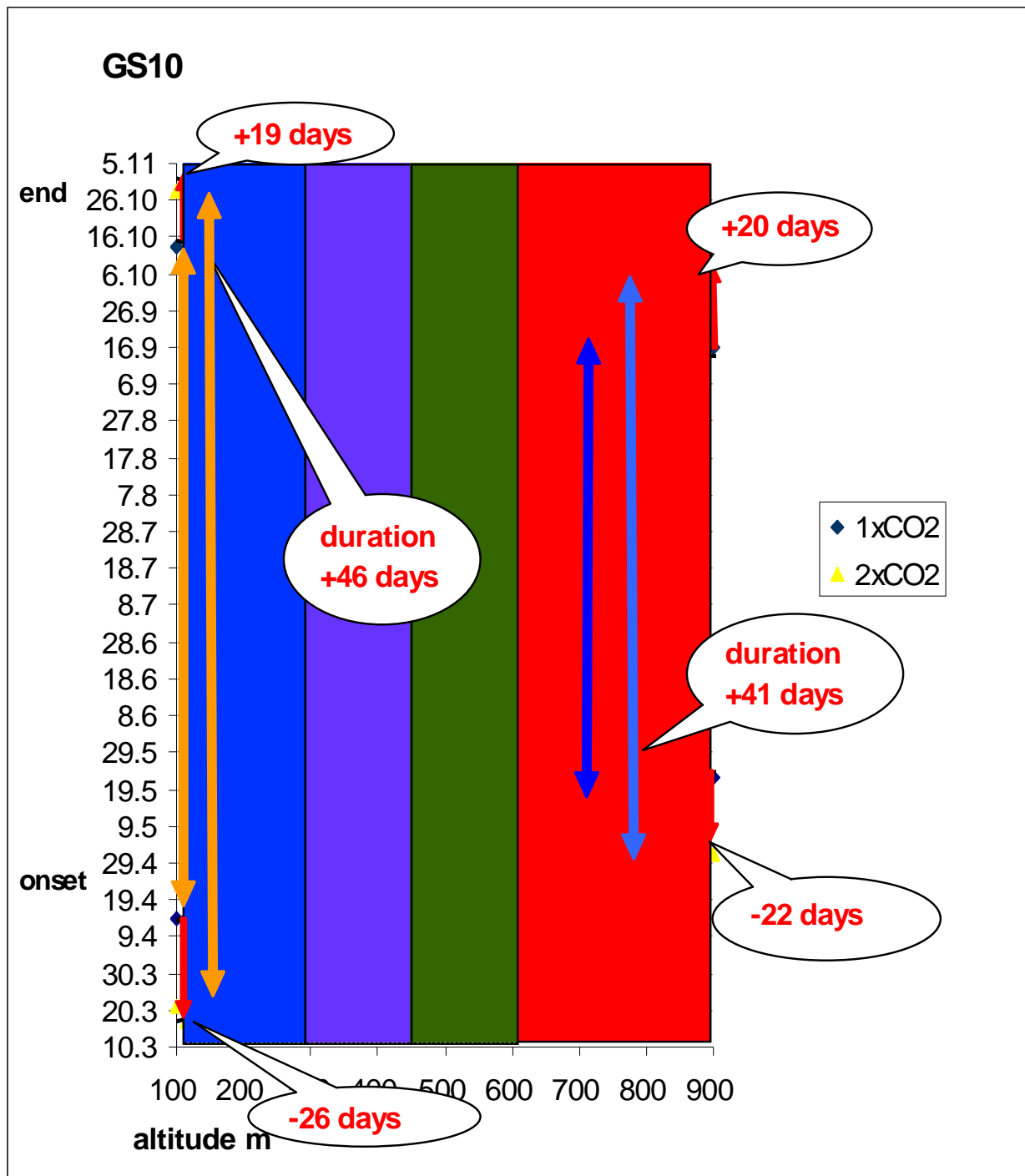
Tab. 5 Úhrny potenciálnej evapotranspirácie (E₀) a ukazovateľa zavlaženia (E₀-R) vo HVO pre jednotlivé poľnohospodárske výrobné oblasti a podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂

Výrobná oblasť	E ₀ [mm]		E ₀ -R [mm]	
	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂
Čukuričná	530 – 600	670 – 770	150 – 250	250 – 360
Repárska	460 – 530	580 – 670	75 – 150	150 – 250
Zemiakárska	360 – 460	480 – 580	0 – 75	-20 – 150
Horská	<360	<480	<0	<-20

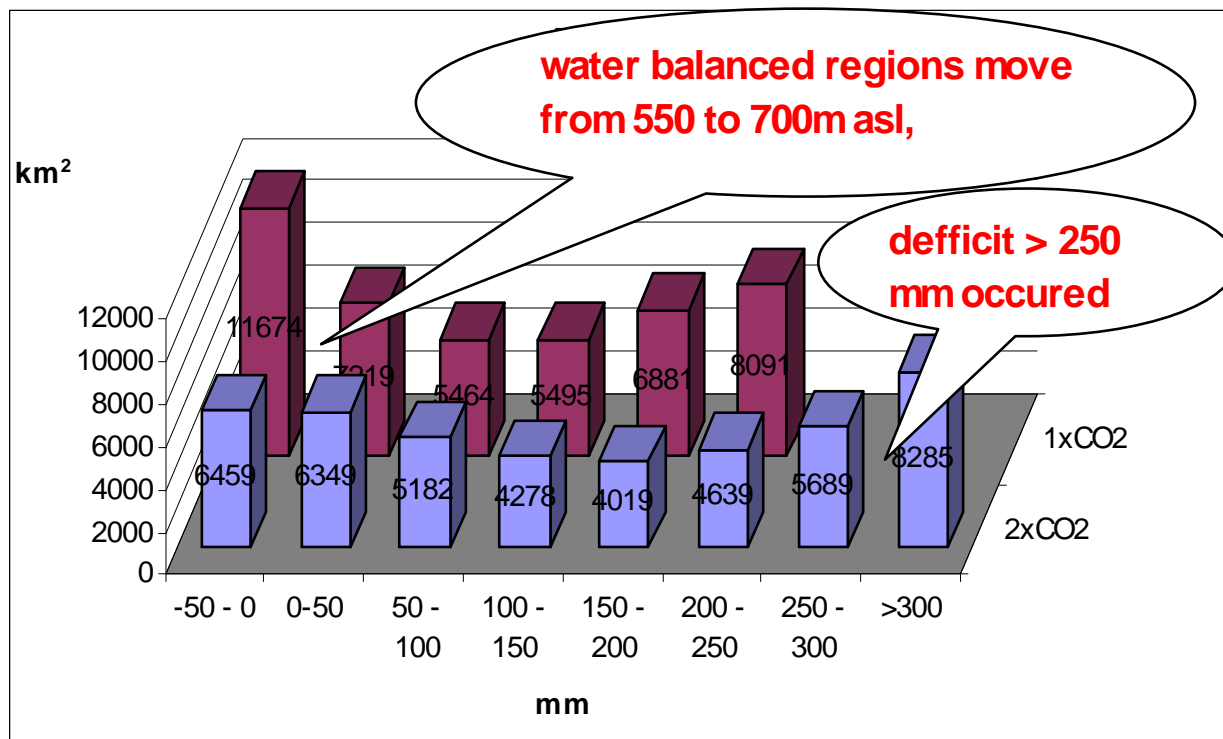
Obrázky:



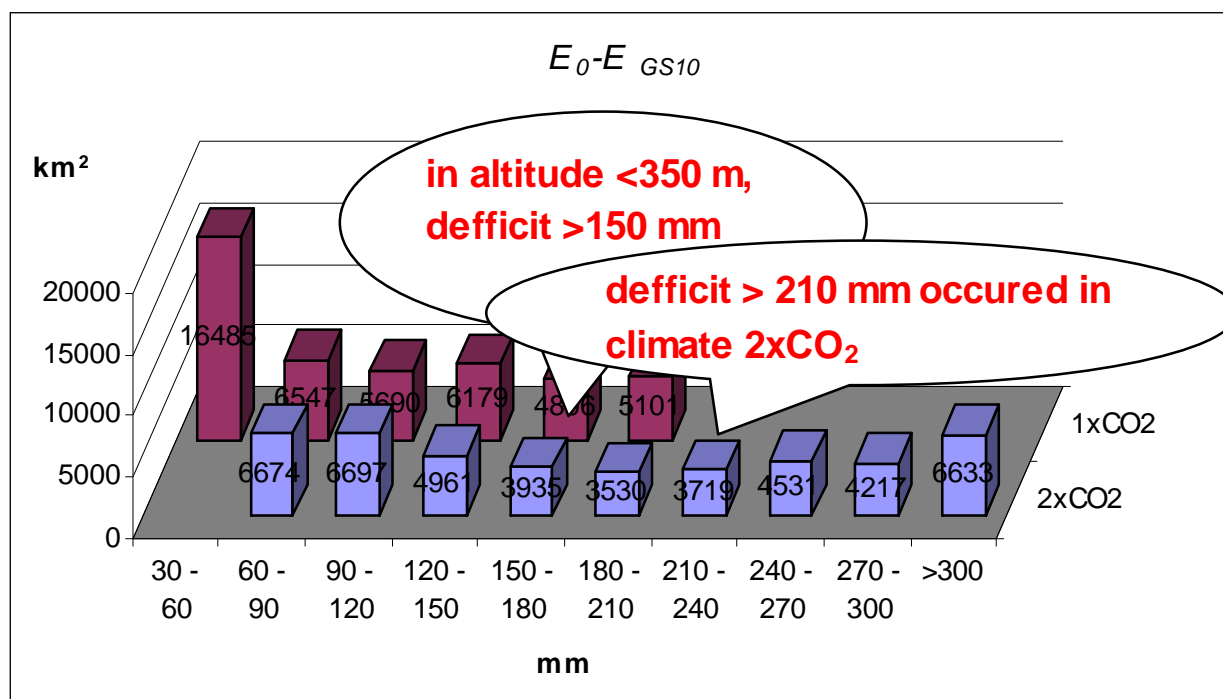
Obr. 1 Kategória sucha pre rôzne sektory hospodárstva v časovej následnosti (upravené podľa Hayes et al. 1999, Heim 2002)



Obr. 2. Závislosť nástupu a ukončenia HVO(GS10) od nadmorskej výšky pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂ vo výškovom profile SR



Obr. 3 Priestorové rozloženie klimatického ukazovateľa sucha v HVO (GS10) pre podmienky 1xCO₂ a 2x CO₂



Obr. 4 Priestorové rozloženie evapotranspiračného deficitu v HVO (GS10) pre podmienky 1xCO₂ a 2x CO₂