

Vplyv klimatickej zmeny na potrebu závlah pri pestovaní zeleniny a špeciálnych plodín

Influence of climate changes on irrigation water demands for vegetables and special plants

V. BÁREK⁽¹⁾, P. HALAJ⁽¹⁾ and A. BAREKOVÁ⁽²⁾

⁽¹⁾Horticulture and Landscape Engineering Faculty, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic,
Department of Landscape Engineering (e-mail: Peter.Halaj@uniag.sk, Viliam.Barek@uniag.sk)

⁽²⁾Department of Landscape Planning and Ground Design (e-mail: Anna.Barekova@uniag.sk)

Abstract Determination of surface water demands for irrigation purposes comes out of the assumption of hydrologic processes stationarity. During the last 20 years comes to reduction of runoff volume in streams and according to climate changes scenarios the reduction will continue. Therefore the values need to be reassessed. This will lead to increasing quantity of the river basins with water deficit.

In our conditions seems to be effective planning based on plant's soil moisture demand (V_c) determination, which represents water quantity needed for transpiration and evaporation. This assures awaited agricultural plant's growth in given climate conditions during the whole growing period when all other growth factors are presented. Using results of climate change scenarios in Slovakia territory for phenological and meteorological characteristics, this work sets itself a task to process the values of the vegetables and special plants irrigation water demands in 2075 horizon for planning and control-ling irrigations and also for consideration of water resources capabilities of changed climate conditions.

Key words: *climatic change, irrigation, vegetables, special plants*

1 Úvod

Existujú dôkazy, že otepľovanie Zeme, pozorovaného od priemyselnej revolúcie, je dôsledkom zvýšenia emisií skleníkových plynov spôsobených aktivitami človeka. Vývoj počítačových modelov popri narastajúcich dôkazoch o zvýšení teplôt, častejších výkyvov počasia a iných efektoch je v súlade s predpoveďami vedcov o zmene podnebia. Modelovanie tiež ukázalo, že v 21. storočí sa teploty môžu naďalej zvyšovať a ovplyvňovať prírodu a človeka. Kľúčom k spolupráci vedcov zaoberajúcich sa podnebiem bolo založenie Medzivládneho výboru pre zmenu podnebia (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) Organizáciou spojených národov v roku 1988. IPCC spojilo stovky vedcov, ktorí zhodnotili štúdie a iné relevantné informácie, aby sa o zmene nášho podnebia dozvedeli viac, a aby o tom podali správu. Zmena globálnej klímy, spôsobená rastúcou antropogénnou emisiou skleníkových plynov je pravdepodobne najvýznamnejší globálny environmentálny problém v doterajšej histórii ľudstva. Celosvetovo sa do roku 2100 predpokladá dramatický rast koncentrácie hlavných skleníkových plynov v atmosfére, pri CO_2 dôjde zrejme k 100% zvýšeniu už okolo roku 2060, hoci existujú aj mierne odlišné (reálne) scenáre. Za najzávažnejší dôsledok tohto vývoja sa popri globálnom oteplení o 2,0 až 2,5°C do roku 2100 považuje zmena všeobecnej cirkulácie atmosféry s posunom frontálnych zón a klimatických pásiem na jednej strane a veľká rýchlosť klimatickej zmeny prevyšujúca všetky doterajšie zmeny klímy na strane druhej. Extrémny scenár predstavuje oteplenie až 5,8°C oproti prirodzenému globálnemu priemeru teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry. Mohol by sa stať reálnym po nekontrolovanom raste spotreby fosílnych palív

na celej Zemi, za predpokladu rýchleho ekonomického rastu iba na báze energie z fosílnych palív a rýchleho rastu populácie až na 15,1 miliárd do roku 2100.

2 Modely všeobecnej cirkulácie atmosféry a klimatickej zmeny

Scenáre SR pre zmeny teploty vzduchu (T), úhrnov zrážok (R) a hustoty toku globálnej slnečnej radiácie (GR) boli vypracované v rokoch 1995 a 1996 na základe výstupov GCMs (modely GISS, CCCM a GFD3). Výber modelov GCMs pre Slovensko sa urobil na základe porovnania výstupov GCMs pre stav $1 \times CO_2$ s priemerami a ročným chodom klimatických prvkov z obdobia 1951 – 1980. V súčasnosti sa pre identifikáciu očakávanej klimatickej zmeny využívajú novovytvorené scenáre klimatickej zmeny (LAPIN, MELO 2002) modifikované na podmienky SR podľa modelárskych centier v Kanade a USA (CCCM z Kanadského strediska pre modelovanie klímy a GISS z Goddardovho ústavu pre vesmírne štúdie v NASA). Ide o najnovšie prepojené atmosfericko-oceánske modely CCCM 1997 a CCCM 2000 (Kanada) a GISS 1998 (USA), pre modelovanie ktorých bola použitá rozsiahla údajová základňa z meraní v sieti klimatologických a zrážkomerných staníc SHMÚ z obdobia 1901 – 2000, pričom väčšina z týchto údajov prešla testami časovej homogenity klimatických radov. Ide o scenáre na báze GCM modelované pre časové rady mesačných hodnôt obdobia 2001 – 2090, pri ktorých sa preferovalo referenčné obdobie 1901 – 1990 (prípadne 1951 – 1990). 10-ročná perióda 1990 – 2000 sa z hodnotenia vynechala v dôsledku výskytu častých extrémov počasia.

2.1 Dôsledky klimatickej zmeny na Slovensku v oblasti poľnohospodárstva

Pre oblasť poľnohospodárstva treba zdôrazniť špecifické zvláštnosti bioklimatológie poľnohospodárskych rastlín a živočíchov. Každý ekosystém, ale aj každý rastlinný alebo živočíšny druh sa v prostredí realizuje tak, že má vo svojej genetickej výbave aj informácie o možnostiach čo najúspešnejšieho prežitia v daných klimatických podmienkach, pričom sa adaptuje nielen na priemerné klimatické hodnoty, ale aj na ich premenlivosť (charakteristický rozptyl od absolútneho minima po absolútne maximum a na kombinácie viacerých klimatických parametrov). Ak sa ekosystém alebo jedinec z tohto systému premiestni do iných klimatických podmienok, tak je potrebná určitá doba na adaptáciu a túto dobu považujeme za skončenú až vtedy, keď nastane nová rovnováha v ekosystéme. Niektoré druhy sa neadaptujú na nové podmienky vôbec a pôvodná rovnováha ekosystému sa potom už nikdy neobnoví. Takmer rovnaký proces pozorujeme aj vtedy, ak sa zmenia klimatické podmienky na danom mieste.

Proces adaptácie je tým konfliktnejší, čím je zmena klimatických podmienok rýchlejšia a väčšia. Na to, aby sme mohli predvídať možné dôsledky zmien klímy a potom pripraviť účinné adaptačné opatrenia, je potrebné predovšetkým poznať reakciu rôznych citlivých systémov na klimatické limity v minulosti na strane jednej a snažiť sa dôsledne a trvalo monitorovať zmeny klímy a dôsledky zmien na rôzne systémy na strane druhej. V súčasnosti sa darí pomerne úspešne vytvárať matematické modely nielen pre jednoduché fyzikálne, chemické a biologické procesy, no aj pre „správanie sa“ globálneho klimatického systému na celej Zemi. To umožňuje matematicky riešiť modelové situácie takých procesov, s akými sme sa nikdy v minulosti nestretli. Medzi takéto procesy určite patria aj reakcie na možnú klimatickú zmenu, podmienenú rastúcim skleníkovým efektom atmosféry. Prvé skúsenosti z tejto problematiky potvrdzujú, že spravidla každá krajina a každé odvetvie v danej krajine majú špecificky citlivé problémy súvisiace so zmenami klímy a skúsenosti zo zahraničia a z iných odvetví sa môžu využívať iba v limitovanom rozsahu.

V prípade poľnohospodárstva, vodného a lesného hospodárstva predpokladáme v najbližších sto rokoch na Slovensku predovšetkým tieto dôsledky klimatickej zmeny: vplyv suchých a relatívne teplých období, zníženie disponibilných zásob vody v prostredí vplyvom zvýšeného potenciálneho výparu a iba malého zvýšenia úhrnov zrážok, vplyv v krátkodobých a viacdenných intenzívnych zrážok (až 30 % rast), vplyv zmeny ročného režimu hydrologického cyklu (rast odtoku v zime a pokles na jar a v lete), vplyv posunu geobotanických a fenologických hraníc o 200 až 600 m nadmorskej výšky smerom nahor, skrátenie období medzi fenologickými fázami, posun fenologických fáz smerom k včasnej jari, zmeny podmienok prezimovania, zvýšenie rizika jarných mrazov, introdukcia nových rastlinných a živočíšnych druhov z teplejších oblastí (vrátane chorôb,

škodcov a burín), riziko kombinovaného účinku neobvyklého počasia (vysoká teplota vzduchu, vysoká alebo nízka vlhkosť vzduchu, intenzívne búrky a víchrice, silná námraza) atď. Je preto nevyhnutné dlhodobo pripravovať odborníkov, ktorí sú schopní komunikovať v danej problematike so zahraničnými partnermi, prenášať skúsenosti zo zahraničia do domácej sféry a najmä pripravovať originálne riešenia efektívne použiteľné v slovenských podmienkach.

2.2 Zmena agroklimatických pomerov na Slovensku

K časovému horizontu roku 2075 sa očakáva v južných najnižšie položených častiach Slovenska zvýšenie sumy denných priemerov teploty vzduchu za veľké vegetačné obdobie o 32 % a v severných častiach Slovenska až o 55 %. V južných, najnižších polohách Slovenska zvýšenie sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia za veľké VO o 10 % a v najvyšších poľnohospodársky využívaných polohách o 25 %. V južných, najnižších polohách Slovenska zvýšenie Q_{FAR} za HVO o 72 kWh.m⁻², t. j. o 17 %, v severných polohách o 115 kWh.m⁻², t. j. o 58 %. Vzrast úhrnov zrážok v HVO na južnom Slovensku o 27 mm, a na severe Slovenska o 202 mm. Úhrny evapotranspirácie sa k časovému horizontu roka 2075 budú zrejme na nížinách meniť iba nepatrne alebo vôbec. Na južnom Slovensku vzrastie evapotranspirácia do roku 2075 pravdepodobne o 6 %, no na severe Slovenska až o 20 %. (Sobocká *et al.*, 2005)

2.3 Zmena fenologických pomerov

Zmeny teploty, úhrnov zrážok, ale aj iných faktorov prostredia menia časový priebeh životných prejavov rastlín, t. j. nástupy fenofáz, a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období jednotlivých plodín. Predpokladom pre tento scenár sú predikované základné ukazovatele agroklimatických pomerov veľkého vegetačného obdobia ako vzrast sumy denných teplôt (o 32 až 55 %), zvýšenie sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia o 10 až 25 %, vzrast výparu na severe Slovenska až o 20 %. Pre vegetačné obdobia ohraničené fyziologicky významnými teplotami k časovému horizontu roka 2075 platí uskorenie nástupu a oneskorenie ukončenia fenofáz. K roku 2075 sa predpokladá vzrast produkčného potenciálu biomasy na južnom Slovensku o 10 %, na severe Slovenska o 25%. Predpokladá sa posun plne rentabilného pestovania kukurice do n. v. 500 m a rentabilného pestovania kukurice do n. v. 800 m (Šiška *et al.*, 2002).

2.4 Zmena hydrologických pomerov

Z výsledkov monitorovania hydrologických radov a z aktualizovaných hydrologických scenárov podľa nových klimatických scenárov vyplýva, že v budúcnosti treba s pomerne veľkou pravdepodobnosťou očakávať všeobecný pokles všetkých troch vodných zdrojov: povrchových, podzemných a pôdnych. Na základe celkového zhodnotenia hydrologickej situácie na území Slovenska za poslednú pentádu možno konštatovať, že sa čiastočne zvýšila extrémnosť odtoku, pričom priemerné hodnoty stanovené pre hlavné povodia Slovenska sa za jednotlivé roky významne nelíšili od dlhodobých priemerov.

Roky 1996 – 2000 patrili k obdobiu s najrozsiahlšími povodňami, a to tak povodňami v riečnych systémoch, ako aj privalovými povodňami zasahujúcimi spravidla relatívne malé územia (Lapin *et al.*, 1997, Lapin 2004). Klesajúci trend dlhodobých prietokov na riekach Slovenska s výnimkou Dunaja je viditeľný už po roku 1980. Čo sa týka dlhodobých dlhodobých mesačných prietokov, obzvlášť významné poklesy sa zaznamenali v strednej a východnej časti Slovenska počas všetkých mesiacov s výnimkou mája a júna. V západnej časti Slovenska sú oproti minulosti suchšie letné a jesenné mesiace, zimné mesiace majú oproti normálu zvýšený odtok. K najdôležitejším regiónom zásob podzemných vôd patrí Žitný ostrov. Keďže dopĺňanie jeho podzemných vôd je priamo v kontakte s prietokovým režimom Dunaja, môžeme aj naďalej túto oblasť považovať za internú z hľadiska potenciálnych dôsledkov predpokladaných klimatických zmien.

Vo všeobecnosti možno výsledky získané z prepracovaných hydrologických scenárov pre Slovensko zhrnúť takto (Lapin *et al.*, 1997): zvýšenie zimného odtoku sa môže pohybovať na severe približne od 10 do 40 % v centrálnych oblastiach Slovenska od 20 do 50 % a na juhu od 30 do 80 %. Výnimočne môžu byť zimné odtoky ešte vyššie. Zimný odtok narastá k vzdialenejším časovým horizontom roku 2075.

2.5 Potreba vody pre závlahu

Potreba vody sa určuje na základe predpisov obsiahnutých v norme STN 83 0635. Táto norma platí pre stanovenie potreby závlahovej vody pri navrhovaní a posudzovaní stavieb a zariadení, slúžiacich doplnkovej závlaha.

Potrebu závlahovej vody charakterizujú nasledovné parametre:

- a/ závlahové množstvo M_Z a celková potreba závlahovej vody O_Z
- b/ časový priebeh potreby závlahovej vody
- c/ závlahová dávka M_D
- d/ veličiny pre návrh závlahových zariadení:

1. špecifický dávkový prítok q_D
2. dávkový prítok Q_D
3. špecifický prítok závlahovej vody q_P
4. prítok závlahovej vody Q_P

2.5.1 Závlahové množstvo

Závlahové množstvo predstavuje množstvo vody, ktoré je potrebné dodať vo vegetačnom období plodiny na jednotkovú plochu, na doplnenie prirodzeného obsahu vody v pôde a na úhradu všetkých strát vody v privádzačoch. Veľkosť závlahového množstva M_Z závisí predovšetkým od vlhovej potreby plodín, na využiteľných zrážkach vo vegetačnom období, na zásobe vody v pôde na začiatku vegetačného obdobia, na množstve vzliňajúcej podzemnej vody a na využiteľnosti závlahovej vody. Podľa účelu a požadovanej presnosti riešenia je možno stanoviť závlahové množstvo

plodín a kultúr a potrebu závlahovej vody takto:

- a) orientačne podľa smerného závlahového množstva plodín,
- b) výpočtom závlahového množstva za vegetačné obdobie podľa bilančnej rovnice (2.1),
- c) retrospektívnym vlhovým bilancovaním používa sa pre presnejšie a zložitejšie riešenie, vyžadujúce optimalizáciu vzťahov medzi potrebou a zdrojom vody.

Bilančná rovnica

Závlahové množstvo M_Z v $m^3 \cdot ha^{-1}$ sa stanoví z bilančnej rovnice

$$M_Z = k_Z (r_1 V_C - r_2 \alpha S_V - r_3 W_Z - W_K) \quad (m^3 \cdot ha^{-1}) \quad (2.1)$$

k_Z - stratový súčiniteľ je to podiel strát závlahovej vody s výnimkou strát v privádzači,

V_C - celková vlhová potreba zavlažovanej plodiny za vegetačné obdobie v $m^3 \cdot ha^{-1}$

α - súčiniteľ využiteľnosti zrážok,

S_V - dlhodobý priemer zrážok za vegetačné obdobie plodiny v $m^3 \cdot ha^{-1}$,

W_Z - zásoba vody v pôde na začiatku vegetačného obdobia v $m^3 \cdot ha^{-1}$,

W_K - využiteľné množstvo vzliňajúcej podzemnej vody v $m^3 \cdot ha^{-1}$,

r_1 - redukčný súčiniteľ pre úpravu V_C v $m^3 \cdot ha^{-1}$, v závislosti na nadmorskej výške,

r_2 - redukčný súčiniteľ pre úpravu S_V v závislosti na nadmorskej výške,

r_3 - redukčný súčiniteľ pre úpravu W_Z v závislosti na druhu pôdy a sklone terénu.

Smerné hodnoty M_Z plodín a kultúr sú stanovené za predpokladu, že po celé vegetačné obdobie nie je využiteľná podzemná voda. Pri poľných plodinách sa nižšie hodnoty M_Z vzťahujú na pôdy hlinité s vyššou využiteľnosťou zrážok, vyššie hodnoty M_Z odpovedajú pôdam ľahším s nižšou využiteľnosťou zrážok, vo Východoslovenskej nížine sú nižšie hodnoty M_Z poľných plodín stanovené pre ťažké pôdy. Smerné hodnoty M_Z ovocných kultúr zodpovedajú nárokom intenzívnych typov výsadiel v plnej plodnosti v najsuchších územiach uvedených závlahových oblastí, smerné hodnoty M_Z sú stanovené pre druh pôdy, ktorý je pre danú kultúru optimálny. Závlahové množstvo zelenín je značne rozdielne podľa oblastí pestovania jednotlivých druhov, závisí na oševnom postupe, požiadavkách odrôd, technológii pestovania, výrobných zámeroch a pod. Závlahové množstvo M_Z sa vypočíta pre každú zavlažovanú plodinu alebo skupinu plodín, zaokrúhluje sa na celých $50 m^3 \cdot ha^{-1}$.

2.5.2 Celková vlahová potreba

Celková vlahová potreba V_c je množstvo vody potrebné na transpiráciu a evaporáciu, ktoré zaistuje predpokladaný vývoj a vzrast poľnohospodárskej plodiny v daných klimatických podmienkach pri zabezpečení ostatných rastových činiteľov počas celého vegetačného obdobia. V praxi je používaných niekoľko metód na stanovení vlahovej potreby:

Alpatejev určuje veľkosť dennej vlahovej potreby V_c v mm zo vzťahu

$$V_c = k_b \cdot V_v \quad (\text{mm}) \quad (2.2)$$

kde:

k_b - koeficient biologickej krivky vlahovej potreby,
 V_v - výpar z voľnej hladiny v uvažovanom období (mm).

Metóda určovania jednodennej vlahovej potreby (jednodenná evapotranspirácia) na základe výparu z voľnej hladiny je vo svete veľmi často využívaná, predovšetkým pri riadení režimu napr. pri kvapkovej závlaha. Nepoužíva sa pritom zvyčajne hodnota koeficientu biologickej krivky, ale rad opravných koeficientov umožňujúcich prevod výparnosti (výparu z voľnej vodnej hladiny) na vlahovú potrebu.

Základná rovnica **Penmannova** má nasledujúci tvar :

$$V_c = f_t \cdot V_e \quad (\text{mm}) \quad (2.3)$$

kde:

V_e - potenciálna evaporácia (mm),
 f_t - faktor premieňajúci potenciálnu evaporáciu V_e na potenciálnu evapotranspiráciu V_c

Pre severnú zemepisnú šírku doporučuje Penman hodnoty f_t takto :

marec, apríl, september, október	$f_t = 0,7$
máj - august	$f_t = 0,8$

Potenciálna evaporácia V_e v mm sa určí podľa rovnice (In: Kochánek, 1996):

$$V_e = \frac{\Delta R_n + \gamma E}{\Delta + \gamma} \quad (\text{mm}) \quad (2.4)$$

kde:

γ - psychrometrická konštanta ($0,49 \text{ mm} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$),
 Δ - sklon čiary závislosti tlaku nasýtenej vodnej pary na teplote vzduchu ($\text{mm} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$),
 R_n - radiačná bilancia vyparujúceho sa povrchu, vyjadrená v ekvivalentnej výške vypareného vodného stĺpca v mm,
 E - fiktívny výpar vo výške 2 m nad terénom vyjadrený v mm, podľa neskorších Penmanových prác (In: Kochánek, 1996):

$$E = 0,35 \cdot (e_a - e_d) \cdot (0,5 + 0,54w) \cdot D \quad (\text{mm}) \quad (2.5)$$

kde :

e_a - tlak nasýtenej vodnej pary pri priemernej dennej teplote vzduchu (mm),
 e_d - tlak nasýtenej vodnej pary pri rosnom bode (mm),
 w - priemerná rýchlosť vetra vo výške 2 m nad zemou ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

D - počet dní vyšetřovaného obdobia (pri jednodennom období $D = 1$).

V našej závlahovej praxi je pre určenie vlahovej potreby rozpracovaná metodika (PÝCHA, SLÁMA, 1971) závislosti vlahovej potreby na sýtostnom doplnku. Vlahová potreba V_c sa určuje zo vzťahu :

$$V_c = k_b \cdot S_d \quad (\text{mm}) \quad (2.6)$$

kde:

k_b - koeficient biologickej krivky vlahovej potreby,
 S_d - súčet denných hodnôt sýtostného doplnku v uvažovanom období (mm).

Hodnoty súčiniteľa biologickej krivky plodín stanovili Pýcha a Sláma pre časové intervaly zodpovedajúce súčtu priemerných denných teplôt v jednotlivých úsekoch vegetačného obdobia. Časové intervaly boli rozdelené do teplotných skupín, ktoré možno definovať ako úseky vegetačného obdobia danej plodiny, v ktorých súčet priemerných denných teplôt dosiahol 100° , alebo 200°C . Začiatok vegetačného obdobia pri ozimínach a viacročných krmovinách sa určuje od posledného dňa desaťdenného obdobia, v ktorom súčet priemerných denných teplôt vzduchu dosiahol 50°C , u ostatných plodín je daným dňom výsevu alebo výsadby.

Smerné hodnoty sú uvedené v tab. 1. Pri plodinách, pre ktoré norma smernú hodnotu vlahovej potreby neurčuje a u porastov na semeno, sa určí vlahová potreba podľa druhu alebo pestovateľsky príbuznej plodiny. Smerné hodnoty vlahovej potreby sú v norme uvedené pre Podunajskú nížinu a Východoslovenskú nížinu. Pre závlahy vo väčších nadmorských výškach sa použije vlahová potreba najbližšej oblasti, redukovaná súčiniteľom r_r .

Zrážky za vegetačné obdobie

Zrážky za vegetačné obdobie S_v v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v priemernom roku sa stanovujú za vegetačné obdobie danej plodiny z priemerných mesačných zrážok najmenej za tridsaťročné obdobie súvislej rady rokov.

Využitelná zásoba vody v pôde

Využitelná zásoba vody v pôde zo zimného obdobia W_z v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ sa stanoví pre prevládajúci druh pôdy vzavlažovanom území na základe údajov hydrodopedologického prieskumu podľa rovnice:

$$W_z = 50 (P_k - Z_{v \min}) h_u \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2.7)$$

kde:

P_k - poľná vodná kapacita v objemových %

$Z_{v \min}$ - minimálna zásoba vody v pôde v objemových %

h_u - účinná hĺbka navláženia, resp. zakorenenia v m.

Tab. 1 Smerné hodnoty celkovej vlhovej potreby V_c

Názov plodiny	Podunajská nížina		Východoslovenská nížina	
	Veget. obdobie	V_c $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Veget. obdobie	V_c $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
jablone	1.4.-30.9.	6 500	1.4.-30.9.	6 000
hrušky	1.4.-30.9.	6 000	1.4.-30.9.	5 500
marhule	1.4.-31.8.	5 500	1.4.-31.8.	4 500
broskyne skoré	1.4.-31.8.	6 000	1.4.-31.8.	5 500
broskyne nesk.	1.4.-30.9.	6 500	1.4.-30.9.	6 000
čerešne	1.4.-31.7.	4 500	1.4.-31.7.	4 300
višne	1.4.-31.7.	4 000	1.4.-31.7.	3 500
slivky	1.4.-30.9.	5 500	1.4.-30.9.	5 000
ríbezle červené	1.4.-15.7.	5 000	1.4.-15.7.	4 500
ríbezle čierne	1.4.-15.7.	4 500	1.4.-15.7.	4 000
egreš	1.4.-31.7.	4 500	1.4.-31.7.	4 000
maliny	1.4.-31.8.	4 500	1.4.-31.8.	4 000
jahody	1.4.-30.7.	5 000	1.4.-30.7.	4 500
chmelnice	1.4.-20.8.	3 600	-	-
vinice				
- stolové odrody	1.4.-31.8.	3 600	1.4.-31.8.	3 300
vinice				
- vínové odrody	1.4.-31.8.	3 400	1.4.-31.8.	3 200

Plodiny, ktoré začínajú vegetáciu neskôr, sa hodnota W_z priemerne upraví. Nezapočítava sa u podsevoj a medziplodín, vynímajúc ozimné zmesky. Hodnota W_z sa redukuje v závislosti na sklone terénu a druhu pôdy súčiniteľom r_3 .

Využiteľné množstvo vzliňajúcej vody

Využiteľné množstvo vzliňajúcej vody W_k závisí predovšetkým od druhu pôdy, hĺbke podzemnej vody a plodiny. Orientačné hodnoty W_k v mm v mesiacoch vegetačného obdobia reprezentatívnych plodín v závislosti na hĺbke hladiny podzemnej vody HPV v m a druhu pôdy sú uvedené v odborných publikáciách, venovaných závlahám.

2.5.3 Celková potreba závlahovej vody

Celková potreba závlahovej vody Q_z v m^3 sa rovná súčtu súčinov závlahových množstiev M_z a výmery príslušných plodín F_i

$$Q_z = M_{zi} \cdot F_i \quad (\text{m}^3) \quad (2.8)$$

3 Cieľ práce

Určenie potreby závlahovej vody pre špeciálne plodiny a zeleninu, jej kvantitatívne a časové vyjadrenie pre plánovacie, projekčné i prevádzkové účely je veľmi zložitou problematikou a veľmi náročnou. Je však potrebné sa s ňou v plnom rozsahu vysporiadať a na základe najvhodnejších podkladov umožniť výstavbu i prevádzku závlahových objektov na čo najvyššej úrovni, zodpovedajúcej sústave najnovších poznatkov. Náročnosť na vyriešenie problematiky zavlažovania je vystupňovaná predovšetkým vo vlastnej závlahovej prevádzke. Tam je potrebné vysporiadať sa nielen s často odlišnými klimatickými pomermi, meniacimi sa v čase následkom klimatickej zmeny, ale i so špecifickými biologickými požiadavkami zavlažovaných plodín, požiadavkami maximálneho využitia a možnosťami uplatnenia intenzívnej agrotechniky, s dôsledným rešpektovaním pôdnych pomerov, s technickými okolnosťami a pod., aby bol maximálnou mierou zabezpečený najužší vzťah medzi biologickým a ekonomickým optimom závlah, rozhodujúcim o celom efekte uplatnenia závlah.

Pre základné stanovenie evapotranspirácie plodín pre aplikáciu bioklimatických metód je rad spôsobov, líšiacich sa v podstate hodnotenými meteorologickými prvkami či ich skupinami a podrobnosťou vyjadrenia evapotranspirácie – s rešpektovaním druhov plodín a časovým kvantitatívnym vyjadrením evapotranspirácie. Komplikovanosť výpočtu evapotranspirácie, na základe ktorých sú postavené posudzovania potreby závlah, s použitím najnovších matematických modelov (CROPWAT, PENMET-3, CRIWAR, WASIM-ETH a veľa ďalších), zohľadňujúcich klimatickú zmenu v horizonte rokov 2075, nemožno považovať za mieru spoľahlivosti metódy. Najspoľahlivejšími sú metódy vychádzajúce z priameho stanovenia závislosti evapotranspirácie jednotlivých plodín na rozhodujúcom meteorologickom prvku.

V našich podmienkach sa dlhodobo osvedčil návrh pomocou stanovenia vlhovej potreby rastlín V_c , ktorá predstavuje množstvo vody dodané plodine počas vegetačného obdobia, potrebné na krytie evapotranspirácie, pre zaistenie optimálneho vývoja a rastu poľnohospodárskej plodiny v daných klimatických podmienkach pri zabezpečení ostatných rastových činiteľoch počas celého vegetačného obdobia. S použitím výsledkov scenárov klimatickej zmeny na Slovensku v oblasti fenologickom a meteorologickom si práca kladie za cieľ stanoviť hodnoty vlhovej potreby v horizonte roku 2075 (s použitím výsledkov modelu CCCM 2000), pre špeciálne plodiny a zeleninu pestované na Slovensku, ako podklad pre navrhovanie a riadenie závlah ale aj posudzovanie kapacity vodných zdrojov v zmenených podmienkach.

4 Materiál a metódy

Výsledky výskumných prác a dnes už štyridsaťročnej skúsenosti získané priamo zo závlahových objektov, potvrdili celkom jednoznačne opodstatnenosť uplatnenia závlah v hlavných produkčných oblastiach nášho štátu. Tieto výsledky však potvrdzujú i náročnosť na vhodné riešenie závlah a ukazujú na ekonomické dôsledky rešpektovania ekologických pomerov a biologických požiadaviek závlahových lokalít. Problémy prípravy a prevádzkovania závlah u nás, z dôsledkov podstatne rozdielnych klimatických podmienok, miestne i radom rokov, vystupňované značnou heterogénnosťou pôdných pomerov, sú známe a je nutné sa s nimi vysporiadať. Z dôvodu posúdenia zabezpečenia závlah v časovom horizonte roku 2075, ale i z pohľadu navrhovania nových objektov je potrebné zohľadniť predpokladané klimatické zmeny (s použitím výsledkov modelu CCCM 2000), v tomto časovom horizonte.

Zložitosť vyriešenia problematiky závlah vyplýva už i zo samotného účelu závlah v našich podmienkach. Účel závlah u nás je nutné zohľadňovať nielen v krytí deficitu vlhovej potreby plodín, ale v regulovaní celého komplexu faktorov, podmieňujúcich rýchle dosiahnutie stabilizácie výnosov s ich pomocou. V zásade je účinnosť závlah potrebné zviditeľňovať v dvoch smeroch. Najskôr v obmedzení relatívneho vplyvu nepriaznivých vlastností klímy a ďalej v bezprostrednom pôsobení na zvyšovanie úrodnosti zavlažovaných pôd. S problematikou určenia závlah je spojená aj ich kvalita – vhodnosť. Zhodnotenie úrod zavlažovaných plodín v niekoľkých závlahových lokalitách dlhodobo zákonite odlišne zavlažovaných ukázalo, že v dlhodobo sledovanom časovom rade je možné pri vhodnom zavlažovaní doceliť vysoký stupeň špičkových výnosov a zabezpečiť ich trvalú stabilitu, zatiaľ čo pri hospodárení bez závlah, nemožno ani dokázať priaznivý stupeň stabilizácie (Sláma a Pýcha, 1971).

Základným podkladom pre vyriešenie vhodného zavlažovania, smerodajného určenia potreby a rozdeľovania závlahovej vody, je závlahový režim plodín, stanovujúci veľkosti, termíny a z toho vyplývajúce počty závlahových dávok. Stanovenie závlahových režimov plodín však vyžaduje celkom objektívne postupy, ktoré budú zárukou, že budú čo najužšie spojené s fyziologickými požiadavkami plodín na vodu a vhodnosťou vodného režimu pôdy z hľadiska plodiny i faktorov úrodnosti pôdy, v najužšom vzťahu s charakterom komplexu prírodných podmienok a použitou agrotechnikou. Rešpektovanie týchto požiadaviek predpokladá zákonite uplatňovanie reprezentatívnych podkladov určovania potreby závlahovej vody a uplatňovanie dokonalých metodických postupov ich aplikácie. S tým je spojená i zákonitá možnosť variability závlahových režimov, ktorá sa bude možno prispôbovať konkrétnym okolnostiam jej stanovenia. Zo zásad a metód stanovenia závlahových režimov plodín je potrebné vylúčiť všetky subjektívne vplyvy, vyplývajúce z najrôznejších prameňov, čiastočne kvantitatívne nevyjadriteľné. Ťažiskosmeru

metód stanovenia závlahových režimov plodín je v súčasnej dobe vo svetovom meradle zamerané na bioklimatické metódy, vychádzajúce z poznatkov rozhodujúcej závislosti na evapotranspirácii plodín na meteorologických činiteľoch, v podmienkach postačujúcich zásob pôdnej vlhky, čo je v závlahách nutnou samozrejmosťou. Tieto metódy sú založené na nepriamom bilancovaní vody v aktívnom pôdnom profile, kde metodickým základom je vypočítaná evapotranspirácia plodín, vzdušné zrážky a vodný režim zavlažovaných pôd.

Riešenie problematiky bioklimatických metód stanovenia závlahových režimov plodín je u väčšiny metód zamerané výlučne iba na vyhodnotenie evapotranspirácie plodín, pričom jej ovplyvnenie rozhodujúcim vodným režimom pôd je podstatne zjednodušované. Ako hodnotiaci prvok zmenenej potreby závlahovej vody pri doplnkových závlahách pre horizont roku 2075 je v súčasne používaných matematických modeloch (podrobnejšie v kap.3) zohľadnená evapotranspirácia, ako prvok bilancie potreby, ktorá úplne nevystihuje potreby rastlín. Vypracované metódy stanovenia závlahových režimov plodín pomocou biologických kriviek vlhovej potreby, sú založené na klasickom princípe bioklimatických metód. Evapotranspirácia sa vyhodnocuje pomocou koeficientu týchto kriviek, stanovených pre krátkodobé úseky vegetačných období plodín, umožňujúce podrobnú až jednodennú bilanciu.

Najvhodnejšie je použitie koeficientov stanovených pre obdobie teplotných skupín 100 až 200°C. Tieto hodnoty sú schopné najužšie vyjadriť evapotranspiráciu plodín s ohľadom na intenzitu ich vývoja a rastu, rešpektujú zmeny nárokov na vodu spôsobené „starnutím“ transpiračnej plochy, vysporiadávajú sa i s podstatne odlišným charakterom vonkajších podmienok jak v rade rokov, tak i miestne, umožňujúce prispôbiť sa rozdielnym nástupom vegetačných období plodiny a pod.

4.1 Zmena fenologických pomerov

Časový priebeh životných prejavov rastlín – fenofáz ovplyvňuje hlavne teplota a voda. Klimatické zmeny teploty a zrážkových úhrnov, ale aj iných faktorov prostredia menia nástupy fenofáz a tým aj dĺžku intervalov fenofáz a celých vegetačných období plodín. V nadväznosti na tieto zmeny sa mení aj celý systém agronomických opatrení. Všeobecne platí, že vegetačné obdobia, ohraničené významnými teplotami, teda VVO a HVO, urýchlenie nástupu a neskoršie ukončenie a tým aj ich predĺženie. (Špánik, *et al.*, 1996). V lokalitách južného a východného Slovenska sa posunie nástup nástup vegetačného obdobia na základe modelovaných zmien teploty, o tri týždne.

4.2 Zmena teplotných pomerov

Teplota ako základná charakteristika energetickej zložky prostredia podmieňuje také životné funkcie ako sú fotosyntéza, dýchanie, príjem živín, transpirácia a ďalšie, teda tie, ktoré rozhodujú o produkcii organickej hmoty – úrody. Z toho dôvodu boli teploty povýšené do

kategórie ukazovateľov rajonizácie poľnohospodárskej rastlinnej výroby. Predpokladané klimatické zmeny v smere otepľovania výrazne ovplyvnia súčasnú regionalizáciu poľnohospodárskej výroby, pásmovitost' v rozdelení poľných i záhradných plodín, rozloženie výrobných územných celkov a ďalšie vstupy.

Podklady pre výpočet – priemerná denná teplota, charakteristická pre podmienky klímy 1xCO₂ (1951 – 1980) a pre podmienky klímy 2xCO₂ boli generované simulátorom denných dát WATGEN v rámci počítačového programu DSSAT 3.1. Z týchto sa za pomoci psychrometrickej rovnice výpočítal tlak vodnej pary (e) vyjadrujúci okamžitý obsah vodnej pary vo vzduchu v tlakových jednotkách [hPa].

$$e = e_{0,1} - k(t - t_1) \frac{p}{1006,4} \quad [\text{hPa}] \quad (4.1)$$

kde:

$e_{0,1}$ - je tlak nasýtenia vodnej pary v hPa pri t_1
 k - je psychrometrická konštanta závislá od rýchlosti prúdenia vzduchu. Pre rýchlosť 2,0-2,5 m.s⁻¹ má pre aspiračný psychrometer hodnotu 0,8.
 t - je teplota suchého teplomera [°C]
 t_1 - je teplota vlhkého teplomera [°C]
 p - je barometrický tlak v mieste merania v hPa.
 V menších nadmorských výškach sa zlomok približuje 1

Dopočítaná bola merná vlhkosť vzduchu (q), ktorá udáva pomer hustoty vodnej pary k celkovej hustote vlhkého vzduchu.

$$q = 0,623 \frac{e}{p} \quad [\text{g.m}^{-3}] \quad (4.2)$$

kde:

e - je tlak vodnej pary v hPa
 p - je tlak vzduchu v hPa.

Sýtostný doplnok (d v hPa) udáva rozdiel medzi tlakom nasýtenia vodnej pary (e_o) pri danej teplote vzduchu a tlakom vodnej pary (e)

$$d = e_o - e \quad [\text{hPa}] \quad (4.3)$$

Merná vlhkosť vzduchu bola na základe prepočítacích kvocientov (Lapin, M. et al., 2001) dopočítaná pre horizont roku 2075. Z týchto údajov bol počítaný sýtostný doplnok vzduchu pre horizont roku 2075, ako podklad pre stanovenie vlahovej potreby rastlín (vzťah 2.6.), v podmienkach klimatickej zmeny pre poľné plodiny pestované v podmienkach Slovenska. Pre teplotné skupiny, v ktorých je suma priemerných denných teplôt vzduchu 2xCO₂, rovná 200 °C, (prípadne 100 °C), pričom začiatok tvorby teplotných skupín je daný počiatkom vegetačného obdobia, je stanovený úhrn sýtostných doplnkov. Pre každú teplotnú skupinu priradíme z tabuľky príslušný koeficient biologickej krivky vlahovej potreby plodín. Výslednú vlahovú potrebu potom tvorí suma súčinov čiastkových koeficientov biologických kriviek vlahovej potreby a príslušných úhrnov sýtostných doplnkov, pre jednotlivé teplotné skupiny, dané sumou 200 °C (prípadne 100 °C). V tab.č.2 môžeme vidieť na príklade úsek čiastkového výpočtu vlahovej potreby V_c 2xCO₂ pre sady.

Tab. 2 Úsek čiastkového výpočtu vlahovej potreby V_c 2xCO₂ pre sady

Deň	Mesiac	Teplota 2xCO ₂	Suma teplôt	SD 2xCO ₂	Suma SD	Koefic. biol.krivky	VC čiastková
1	7	24,2	2077,5	18,15	149,49	0,52	77,73
2	7	27,9	2105,4	20,93			0,00
3	7	27,4	2132,8	20,55			0,00
4	7	31,2	2164	23,40			0,00
5	7	23,2	2187,2	17,40			0,00
6	7	19,6	2206,8	14,70			0,00
7	7	17,8	2224,6	13,35			0,00
8	7	18,8	2243,4	14,10			0,00
9	7	21,5	2264,9	16,13			0,00
10	7	26,7	2291,6	20,03	155,64	0,54	84,04
11	7	25,3	2316,9	18,98			0,00
12	7	26,4	2343,3	19,80			0,00
13	7	25,4	2368,7	19,05			0,00
14	7	26	2394,7	19,50			0,00
15	7	26,7	2421,4	20,03			0,00
16	7	25,8	2447,2	19,35			0,00
17	7	27,1	2474,3	20,33			0,00
18	7	21,5	2495,8	16,13	138,61	0,57	79,01
19	7	17,5	2513,3	13,13			0,00
20	7	20,7	2534	15,53			0,00
21	7	19,9	2553,9	14,93			0,00
22	7	25,6	2579,5	19,20			0,00

Pokračovanie tab. 2

Deň	Mesiac	Teplota 2xCO ₂	Suma teplôt	SD 2xCO ₂	Suma SD	Koefíc. biol.krivky	VC čiastková
23	7	28,6	2608,1	21,45			0,00
24	7	28,6	2636,7	21,45			0,00
25	7	26,3	2663	19,73			0,00
26	7	21,5	2684,5	16,13			0,00
27	7	26,5	2711	19,88	160,74	0,6	96,44
28	7	27,4	2738,4	20,55			0,00
29	7	27,6	2766	20,70			0,00
30	7	27,8	2793,8	20,85			0,00
31	7	28,8	2822,6	21,60			0,00
1	8	21,6	2844,2	16,20			0,00
2	8	21,3	2865,5	15,98			0,00
3	8	28	2893,5	21,00	138,09	0,63	86,99
4	8	28,8	2922,3	21,60			0,00
5	8	29,1	2951,4	21,83			0,00
6	8	26,5	2977,9	19,88			0,00
7	8	28	3005,9	21,00			0,00
8	8	29,1	3035	21,83			0,00
9	8	27,7	3062,7	20,78	151,81	0,65	98,68
10	8	28,4	3091,1	21,30			0,00
11	8	29,6	3120,7	22,20			0,00
12	8	29,6	3150,3	22,20			0,00
13	8	30	3180,3	22,50			0,00
14	8	30,5	3210,8	22,88			0,00
15	8	31,6	3242,4	23,70			0,00
16	8	28,7	3271,1	21,53	153,39	0,63	96,63
17	8	29,2	3300,3	21,90			0,00
18	8	25,6	3325,9	19,20			0,00
19	8	28,9	3354,8	21,68			0,00
20	8	30	3384,8	22,50			0,00
21	8	29,7	3414,5	22,28			0,00
22	8	30,1	3444,6	22,58			0,00
23	8	29,8	3474,4	22,35			0,00
24	8	28	3502,4	21,00	155,11	0,58	89,97
25	8	29,4	3531,8	22,05			0,00
26	8	29	3560,8	21,75			0,00
27	8	30,8	3591,6	23,10			0,00
28	8	30,2	3621,8	22,65			0,00
29	8	23,8	3645,6	17,85			0,00
30	8	16,6	3662,2	12,45	134,49	0,51	68,59
31	8	21,7	3683,9	16,28			0,00
1	9	27,8	3711,7	20,85			0,00
2	9	28,8	3740,5	21,60			0,00
3	9	30,4	3770,9	22,80			0,00
4	9	30,1	3801	22,58			0,00
5	9	25,7	3826,7	19,28			0,00
6	9	29,4	3856,1	22,05	130,44	0,41	53,48
7	9	23,4	3879,5	17,55			1355,82
8	9	24,2	3903,7	18,15			CELKOVA VLAHOVA POTREBA [mm]
9	9	23,2	3926,9	17,40			
10	9	17,9	3944,8	13,43			
11	9	21,3		15,98			
12	9	25,5		19,13			
13	9	27,1		20,33			
14	9	18,8		14,10			
15	9	20,7		15,53			

5 Výsledky a diskusia

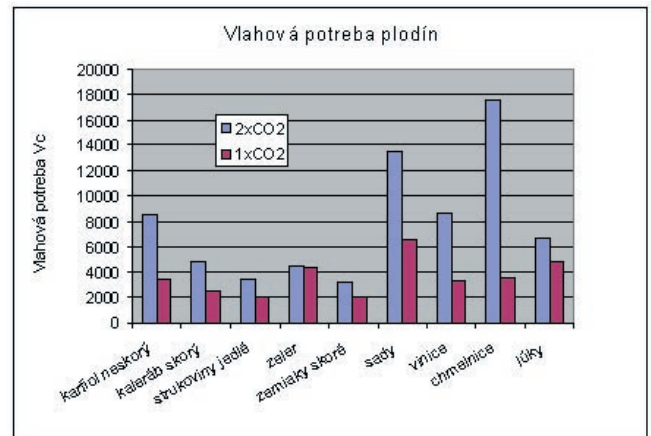
S ohľadom na prebiehajúcu klimatickú zmenu bude stále aktuálnejšie účelné hospodárenie s vodou. Bez funkčných a v správnom čase prevádzkovaných zavlažovacích zariadení budú za určitých okolností ohrozené aktivity poľnohospodárov. Úlohou doplnkových závlah býva spravidla riešiť nedostatok pôdnej vlhky z hľadiska potrieb jednotlivých druhov rastlín, pričom závlahu chápeme ako regulačný a stabilizujúci faktor poľnohospodárskej sústavy, znižujúci vplyv náhodných prvkov (predovšetkým klimatologických).

V prípade určenia miery sucha ide o veľmi neurčitý, avšak v klimatológii často využívaný pojem popisujúci v princípe nedostatok vody v pôde, rastlinách, v ovzduší a pod. Jednotné kritériá na kvantitatívne vyjadrenie sucha neexistujú. Dôvodom sú rôzne aspekty tohto problému (hydrologický, poľnohospodársky, bioklimatologický a pod.), ako aj ohľad na škody v rôznych oblastiach hospodárstva. Vo vzťahu k pestovaniu rastlín sa pod pojmom sucha spravidla rozumie taký stav, kedy je sťažené jej riadne obrábanie a plodiny trpia nedostatkom vody.

Výsledky práce sú dokumentované v grafickej podobe na obrázku č.1, kde názorne vidieť nárast vlahovej potreby jednotlivých plodín oproti súčasnému stavu. Konkrétne hodnoty vlahovej potreby V_c pre horizont roku 2075 je prezentované v tabuľke 3. Jednotlivé plodiny vykazujú rozdielne zvýšenia vlahovej potreby oproti smerným hodnotám celkovej vlahovej potreby daných v norme STN 83 0635. Najvýraznejšie sa zvýši z špeciálnych plodín u chmeľu, viac ako štvornásobne. Pre sady a vinice vzrastie vlahová potreba dvojnásobne. Ďalšia skupina plodín – zelenina vykazujú zvýšenie od nulových hodnôt po dvojnásobok. Grafické zhodnotenie zmien vidíme na obr. 1. Východiskom je zmena osevných postupov s preferovaním plodín, ktorých vlahová potreba vykazuje najnižší rast, prípade zaradením plodín s nižšími nárokmi na vlahu, šľachtením nových sucho vzdorných odrôd alebo stabilizáciou úrod závlahami.

Tab. 3 Prepočítané hodnoty celkovej vlahovej potreby V_c $2xCO_2$

Názov plodiny	Podunajská nížina		Východoslovenská nížina	
	Vegetačné obdobie	V_c [m^3ha^{-1}]	Vegetačné obdobie	V_c [m^3ha^{-1}]
Karfiol neskorý	1.6.-10.9.	8600	1.6.-10.9.	8600
kaleráb skorý	10.3.-10.5.	4800	10.3.-10.5.	4800
strukoviny jedlé	1.3.-30.6.	3500	10.3.-30.6.	3400
Zeler	1.5.-10.10.	4500	1.5.-10.10.	4500
zemiaky skoré	1.3.-31.5.	3200	10.3.-1.5.	3100
Sady	10.3.-10.9.	13500	10.3.-10.9.	12400
Vinice	10.3.-20.8.	8700	10.3.-20.8.	7900
Chmeľnice	10.3.-15.8.	17600	-	-
Lúky	10.3.-20.11.	6600	10.3.-20.11.	6600



Obr.1 Zmeny vlahovej potreby V_c $1xCO_2$ a $2xCO_2$

6 Záver

Metódy stanovenia závlahových režimov s biologickými krivkami vlahovej potreby, spracované v práci pre horizont roku 2075 (tab. 3), používajú koeficienty týchto kriviek stanovené v závislosti na sýtostnom doplnku vzduchu, ako meteorologickom činiteľi schopnom jednoducho a výstižne charakterizovať podmienky vývoja a rastu plodín, pričom sýtostný doplnok, ako fyzikálna veličina, determinuje vstupné meteorologické prvky presne aj v podmienkach klimatických zmien.

Výsledok predkladanej práce – hodnoty vlahovej potreby V_c stanovené pre horizont roku 2075, môžu slúžiť ako východiskový podklad pre riadenie režimu závlah v zmenených klimatických podmienkach, pre projektantov pri navrhovaní nových závlahových stavieb, ktorých životnosť je viac ako 50 rokov. Nezohľadnenie zmenených vstupných prvkov, by mohlo o niekoľko rokov zásadne znížiť stupeň zabezpečenia prevádzky závlahových sústav. V neposlednom rade môžu slúžiť aj pri posudzovaní kapacity vodných zdrojov závlahových stavieb v nových podmienkach klimatickej zmeny.

Rýchla zmena klímy môže spôsobiť nestabilitu väčšiny poľnohospodárskych aj lesných ekosystémov vrátane pôdnoekologických. Tieto zmeny sa premietnu do zmenených produkčných a environmentálnych funkcií pôdneho krytu, ktoré môžu postihnúť mnohé regióny Slovenska, predovšetkým južného. Avšak v niektorých prípadoch z hľadiska produkčného potenciálu tvorby biomasy, či už na orných pôdach alebo na trvalých trávnych porastoch, pri správnom regulovaní vlhkostného režimu pôd, môže ísť o pozitívne zmeny.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/3470/06 a VEGA 1/3472/06

7 Literatúra

Bárek, V.: Návody na cvičenia zo závlah, Vydavateľstvo SPU v Nitre, 2005.

Bielek, P. (1996). Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republika. MP SP, VÚPOP Bratislava, 54 s.

Bielek, P. - Šurina, B. (2002). Možné dopady prognózovanej zmeny klímy na pôdny kryt SR. In: Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo. Zborník č. 27, SAPV, Nitra.

Brinkman, R. R. - Sombroek, W.G. (1996). The Effects of Global Change on Soil Conditions in Relation to Plant Growth and Food Production. In: Bazzaz, f., Sombroek, W.G. (1996) (eds): Global Climate Change and Agricultural Production. John Wiley and Sons Ltd., 54 p.

Druhá národná správa o zmene klímy (1997). Slov. republika. SHMÚ Bratislava, 74 s.

Halaj, P.- Bárek, V.: Problematika závlahy vegetačného pokryvuzelenýchstriech/In: ENVIRO Nitra: Medzinárodný seminár : Nitra 25.-26.4.1996. - Nitra : VŠP, 1996. - s. 54-57.

Halaj, P.- Bárek V. 2001 : K otázkam efektívnosti investícií v protipovodňovej ochrane : In: Bioklimatologické pracovné dni 2001: Extrémny prostredia (počasie) - limitujúce faktory bioklimatologických procesov. Račková dolina : FZKI SPU, 2001, s. 8-12.

Harrison, P.A.- Butterfield, R.E.- Downing, T.E. (1995). Climate Change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptation. Research Report No. 9, Environmental Change Unit, University of Oxford, 1995, 41 p.

Hardy, J.T. (2001). Climate Change. Causes, Effects, and Solutions. John Wiley & Sons Ltd. The Atrium, Chichester, West Sussex, England, 247 p. in Tergo VernmenTal panel on climate change (2001). The Third Assessment Report, IPCC, Geneva., <http://www.ipcc.ch>

Igaz, D. - Matiašová, Z. - Šiška, B. (2005): Určovanie zložiek vodnej bilancie modelom Global. In: Bioklimatológia súčasnosti a budúcnosti Medzinárodná vedecká konferencia. Křtiny, 2005: ČHMU, 2005 s. 38, (ISBN 80-86690-31-08)

Igaz, D. - Šiška, B. - Špánik, F. (2004): Zmena zásoby pôdnej vody v agroklimatických podmienkach Nitry v rokoch 1983-2002. In: Veda mladých 2004. Medzinárodná vedecká konferencia. Topoľčianky : SPU, 2004, s. 68-73. (CD ISBN: 80-8069-419-2)

Kochánek, K.: Kompletní projekt HM2, Závlahové stavby, Vydavateľství ČVUT, Praha 1996

Lapin, M. a kol. (1997). Scenáre klimatickej zmeny v Slovenskej republike. In: Národný klimatický program SR Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo, 6/97. Bratislava, s. 111-117.

Lapin, M.- Melo, M. (2002). Scenáre časových radov 10 klimatických prvkov pre obdobie 2001-2090 podľa modelov CCCM2000 a GISS98. In: Zborník abstraktov zo XIV. Čsl. bioklimatologickej konferencie Bioklima-Prostředí-Hospodárství. Lednice, 4 s.

Lapin, M. - Melo, M. Damborská, I., Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. Národný klimatický program SR, VI, 2001, zv. 11.

Lapin, M. (2004). Klimatické zmeny a ich možné dôsledky na hydrologický cyklus – scenáre klimatických zmien do roku 2100. www.dmc.fmph.uniba.sk

Lapin, M. - Zavodsky, D.: International Context of the „Climate Change“ Issue. Zivot. Prostr. Vol. 34., No. 2, 2000

Mindáš, J. - Škvarenina, J. - Ďurský, J.- Lapin, M. a kol. (2000). Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 129 s.

Národný klimatický program Sr, (1997). IV, Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo Slovenskej republiky. Zv. 6/97, MŽP, SHMÚ, 160 s.

Ondráš, M., - Lapin, M. (2000) Možné bioklimatologické súvislosti zmeny klímy a variability klímy, XII. Biloklimatologická konf. SBkS ČBkS, Bioklimatológia a životné prostredie, Košice, 2000.

Pýcha, J.- Sláma, V.: Bilogické rřivky vláhové potreby plodín, Závěrečná správa výskumnej úlohy R VI-4/1-04, , Praha, 1971.

Sobocká, J. - Šurina, B. - Torma, S. - Dodok, R., Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska, Edičné stredisko Výskumného ústavu pôdoznavectva a ochrany pôdy, Bratislava, 2005

Šiška, B. - Mindáš, J. - Škvarenina, J. - Takáč, J. (2004). Zmeny podnebia, extrémny počasie a pôdohospodárstvo. In: Conference proceedings – Climate change – weather extremes, organisms and ecosystems. International Bioclimatological Workshop. Viničky 2 . - 26. 8. 2004. CD.

Šiška, B. - Takáč, J. - Igaz, D. (2004). Môžeme očakávať zmeny v rozdelení výšky úrodu obilnín v oblasti Podunajskej nížiny v dôsledku klimatickej zmeny? In: Conference proceedings; Climate change – weather extremes, organisms and ecosystems. International Bioclimatological Workshop. Viničky 2 . - 26. 8. 2004. CD.

Šiška, B. - Takáč, J. - Igaz, D. (2004): Climate change impacts on winter wheat yield on danubian lowland in slovak republic. In: Savremena poljoprivreda. Vol. 54, č. 1-2, Novi Sad: 2005 s. 324-328. ISSN (0350-1205)

Šiška, B. - Bízík J. - Takáč, J. - Igaz, D. (2002). Dôsledky klimatickej zmeny na rastlinnú produkciu. Záv. správa ŠVP, š.p., závod Hydromeliorácie Bratislava, 64 s.

Šiška B. - Špánik F. - Repa Š. - Gálik M. Praktická biometeorológia, Vydavateľstvo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, 2002

Špánik, F., - Tomlain, J. (1997). Klimatické zmeny a ich dopad na poľnohospodárstvo. SPU Nitra, 154 s.

Špánik, F. - Šiška, B. -Repa, Š., Dôsledky klimatických zmien na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia, Národný klimatický program SR, III, 1996,zv.4.

Takáč,J. - Zuzula,I., Adaptácia poľnohospodárstva v Slovenskej republike na klimatickú zmenu, Národný klimatický program SR, V, 2000,zv.9.

Tomlain, J. (1997). Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. In: národný klimatický program SR, IV, zv. 7, s. 68-8 .

Tretia národná správa o zmene klímy (2001). Slovenská republika. MŽP SR Bratislava.

Zuzula,I.- Rehák,Š. - Minárik,B. (2000) Niektoré aspekty klimatickej zmeny hľadiska závlah na

Slovensku, Národný klimatický program SR, VI, zv.10
http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/ccqanda_sk.htm#q1