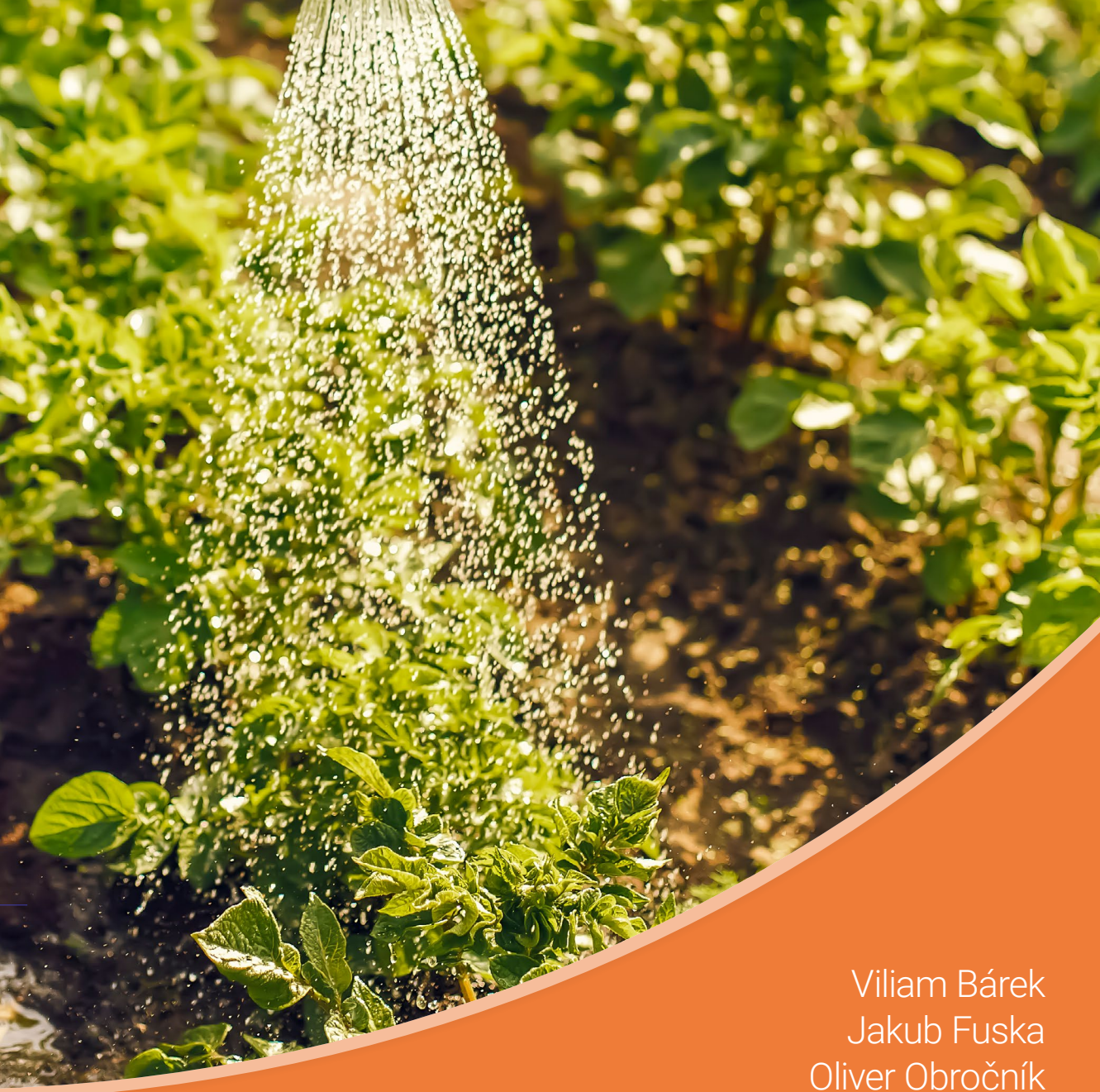


Viliam Bárek
Jakub Fuska
Oliver Obročník

SPU · FZKI
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva

SPU · VC ABT
Výskumné centrum AgroBioTech

Metodika stanovenia hodnoty vlahovej potreby kultúrnych rastlín do horizontu roku 2100

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

2023

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Fakulta záhradníctva
a krajinného inžinierstva

Ústav krajinného inžinierstva

Viliam Bárek, Jakub Fuska, Oliver Obročník

METODIKA STANOVENIA HODNOTY VLAHOVEJ POTREBY KULTÚRNYCH RASTLÍN DO HORIZONTU ROKU 2100

2023

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Názov:
Metodika stanovenia hodnoty vlahovej potreby kultúrnych rastlín do horizontu roku 2100

Autori:
prof. Ing. Viliam Bárek, CSc.
Ing. Jakub Fuska, PhD.
Ing. Oliver Obročník

Pracovisko autorov:
Ústav krajinného inžinierstva
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva

Recenzenti:
prof. Ing. Dušan Húska, PhD.
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, emeritný profesor.

Ing. Robert Lenárt,
HYDROMELIORÁCIE, š.p. Bratislava

Poďakovanie:
Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruk-túra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúc-nosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre
dňa 24. 5. 2023 ako metodickú príručku online.

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

This work is published under the license of the Creative Commons Attribution NonCommercial No Derivatives 4.0 International Public License (CC BY-NC-ND 4.0).
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

ISBN 978-80-552-2608-8
DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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 podnebím 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 x CO_2 s priemermi 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 Goddarodovho 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 (prípadne1951 – 1990). 10-ročná perióda 1990 – 2000 sa z hodnotenia vynechala v dôsledku výskytu častých extrémov počasia.

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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 periód, 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.

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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 severom Slovensku 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).
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, F., Šiška, B.,Repa,Š.,1996). V lokalitách južného Slovenska sa posunie nástup nástup vegetačného obdobia na základe modelovaných zmien teploty , o tri týždne.

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 signifikantne nelíšili od dlhodobých priemerov. Roky 1996 – 2000 patrili

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

k obdobiu s najrozsiahlejšími povodňami, a to tak povodňami v riečnych systémoch, ako aj prívalovými 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 závlahe.

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 vlahovej potreby plodín, na využiteľných zrážkach vo vegetačnom období, na zásobe vody v pôde na začiatku vegetačného obdobia, na množstve vzlínajúcej 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:

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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

2.5.2. Bilančná rovnica

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

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

$\mathbf{k_Z}$ - stratový súčiniteľ je to podiel strát závlahovej vody s výnimkou strát v privádzači,
$\mathbf{V_C}$ - celková vlahová potreba zavlažovanej plodiny za vegetačné obdobie v $m^3.ha^{-1}$,
α - súčiniteľ využiteľnosti zrážok,
$\mathbf{S_V}$ - dlhodobý priemer zrážok za vegetačné obdobie plodiny v $m^3.ha^{-1}$,
$\mathbf{W_Z}$ - zásoba vody v pôde na začiatku vegetačného obdobia v $m^3.ha^{-1}$,
$\mathbf{W_K}$ - využiteľné množstvo vzlínajúcej podzemnej vody v $m^3.ha^{-1}$,
$\mathbf{r_1}$ - redukčný súčiniteľ pre úpravu V_C v $m^3.ha^{-1}$,v závislosti na nadmorskej výške,
$\mathbf{r_2}$ - redukčný súčiniteľ pre úpravu S_V v závislosti na nadmorskej výške,
$\mathbf{r_3}$ -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 výsadieb 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 osevnom 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 $m^3.ha^{-1}$.

2.5.3. Výpočet vlahovej potreby podľa normy STN 83 0635

Celková vlahová potreba V_C je množstvo vody potrebné na transpiráciu a evaporáciu, ktoré zaisťuje predpokladaný vývoj a vzrast poľnohospodárskej plodiny v daných klimatických

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

podmienkach pri zabezpečení ostatných rastových činiteľoch počas celého vegetačného obdoba. V praxi je používaných niekoľko metód na stanovenia vlahovej potreby:

Alpatejev určuje veľkosť dennej vlahovej potreby V_c v mm zo vzťahu

$$V_c = k_b . V_V \qquad \text{(mm)} \qquad (2.2)$$

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 závlahe. 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 :

$$V_c = f_t . V_e \qquad \text{(mm)} \qquad (2.3)$$

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) :

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

kde :
γ - psychrometrická konštanta (0,49 mm . $^oC^{-1}$),
Δ – sklon čiary závislosti tlaku nasýtenej vodnej pary na teplote vzduchu (mm . $^oC^{-1}$),
R_n - radiačná bilancia vyparujúceho sa povrchu, vyjadrená v ekvivalentnej výške vypare ného vodného stĺpca v mm,
E – fiktívny výpar vo výške 2 m nad terénom vyjadrený v mm, podľa neskorších Penmanových prác (In: KOCHÁNEK, 1996):

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

Kde :
e_a – tlak nasýtenej vodnej pary pri priemernej dennej teplote vzduchu (mm),
e_d – tlak nasýtenej vodnej pary pri rosnom bode (mm),

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

w - priemerná rýchlosť vetra vo výške 2 m nad zemou ($m.s^{-1}$),
D – počet dní vyšetrovaného obdobia (pri jednodennom období D = 1).

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

$$V_c = k_b . S_d \qquad (\text{mm}) \qquad (2.6.)$$

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 oziminách 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 (tab. 1)

Plodina	**Suma nahromaderných teplôt vzduchu ° C v rozmedzí (teplotné skupiny)**												
	0 -	**100 -**	**200 -**	**300 -**	**400 -**	**500 -**	**600 -**	**700 -**	**800 -**	**900 -**	**1000 -**	**1100 -**	**1200 -**
Zemiaky skoré	0,37	0,36	0,38	0,44	0,57	0,60	0,67	0,80	0,80	0,75	0,85		
Kaleráb skorý	0,50	0,51	0,56	0,62	0,66	0,67	0,75	0,65					
Karfiol neskorý	0,71	0,73	0,71	0,66	0,90	0,96	1,02	0,99	1,11	1,15	1,16	1,20	1,08
Kapusta skorá	0,70	0,67	0,64	0,78	0,85	0,88	0,90	0,80	0,82				

Plodina	**Suma nahromadených teplôt vzduchu °C v rozmedzí (teplotné skupiny)**																			
	0 – 200	**200 - 400**	**400 - 600**	**600 - 800**	**800 - 1000**	**1000 - 1200**	**1200 - 1400**	**1400 - 1600**	**1600 - 1800**	**1800 - 2000**	**2000 - 2200**	**2200 - 2400**	**2400 - 2600**	**2600 - 2800**	**2800 - 3000**	**3000 - 3200**	**3200 - 3400**	**3400 - 3600**	**3600 - 3800**	**3800 - 4000**
zemiaky	0,50	0,50	0,50	0,58	0,68	0,67	0,61	0,71	0,74	0,57	0,44									
kapusta	0,42	0,49	0,48	0,58	0,76	0,82	0,79	0,82	0,79	0,85										
zeler	0,73	0,73	0,62	0,65	0,77	0,90	0,88	1,01	1,07											
karfiol	0,71	0,73	0,71	0,66	0,90	0,96	1,02	0,99	1,11	1,15	1,16	1,20	1,08							
strukoviny	0,37	0,41	0,48	0,67	0,63	0,73	0,71	0,72	0,73	0,74	0,63	0,57								
chmelnice	0,82	0,84	0,67	0,65	0,67	0,67	0,80	0,80	0,77	0,75	0,78	0,84	0,78	0,85	0,69					
ovocné sady	0,23	0,26	0,28	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,52	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65	0,63	0,58	0,51	0,41
vinič	0,18	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,38	0,42	0,43	0,45	0,48	0,50	0,46	0,36	0,32	0,25	0,18		

Tab. 1. Koeficienty biologických kriviek vlahovej potreby plodín

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Smerné hodnoty sú uvedené v tab. 2. 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.

Zrážky za vegetačné obdobie

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

Využiteľná zásoba vody v pôde

Využiteľná zásoba vody v pôde zo zimného obdobia W_Z v $m^3.ha^{-1}$sa stanoví pre prevládajúci druh pôdy v zavlažovanom území na základe údajov hydropedologického prieskumu podľa rovnice:

$$W_z = 50\,(P_k - Z_{v\,min})\,h_u \qquad (m^3.ha^{-1}) \qquad (2.7)$$

P_k - poľná vodná kapacita v objemových %

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

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

Názov plodiny	Južné Slovensko		Názov plodiny	Južné Slovensko	
	Vegetačné obdobie	Vc m^3ha^{-1}		Vegetačné obdobie	Vc m^3ha^{-1}
jablone	1.4.-30.9.	6 500	karfiol	15.6.-30.9.	3500
hrušky	1.4.-30.9.	6 000	zemiaky	20.4.-20.9.	3000
marhule	1.4.-31.8.	5 500	zeler	15.5.-31.10.	4000
čerešne	1.4.-31.7.	4 500	strukoviny jedlé	1.5.-30.9.	2000
višne	1.4.-31.7.	4 000	kaleráb	1.4.-31.10.	3000
slivky	1.4.-30.9.	5 500	broskyne skoré	1.4.-31.8.	6 000
ríbezle červené	1.4.-15.7.	5 000	broskyne neskoré	1.4.-30.9.	6 500
ríbezle čierne	1.4.-15.7.	4 500	jablone	1.4.-30.9.	6 500
egreš	1.4.-31.7.	4 500	chmelnice	1.4.-20.8.	3 600
maliny	1.4.-31.8.	4 500	vinice-stolové odrody	1.4.-31.8.	3 600
jahody	1.4.-30.7.	5 000	vinice - vínové odrody	1.4.-31.8.	3 400

Tab. 2 Smerné hodnoty celkovej vlahovej potreby Vc

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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

Využiteľné množstvo vzlínajúcej vody

Využiteľné množstvo vzlínajúcej 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

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

2.6. Vlahová bilancia na základe agrometeorologických újov (FAO)

Výpar a transpirácia sú ovplyvnené počasím, charakteristikami plodiny, spôsobom hospodárenia a environmentálnymi aspektmi. Hlavnými prvkami počasia ovplyvňujúcimi evapotranspiráciu sú žiarenie, teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu a rýchlosť vetra. Skutočná evapotranspirácia závisí aj od druhu plodiny, jej odrody a vývojového štádia plodiny. Evapotranspirácia sa líši od referenčnej evapotranspirácie, ak pokrytie povrchu, vlastnosti porastu a aerodynamická rezistencia plodiny sú odlišné ako u trávy.

Potenciálna evapotranspirácia ET_c, t. j. evapotranspirácia plodiny za štandardných podmienok (ako uvádzajú ALLEN et al., 1998), je evapotranspirácia zdravej, dobre hnojenej plodiny rastúcej na veľkej ploche za optimálneho obsahu vody v pôde a dosahujúcej plnú produkciu za daných klimatických podmienok. Teda pod štandardnými podmienkami sa rozumie dostatok pôdnej vody a výborné agronomické podmienky.

Množstvo vody potrebnej na vyrovnanie evapotranspiračnej straty je označované ako vlahová potreba plodiny a v podstate sa rovná potenciálnej evapotranspirácii. Závlahová potreba predstavuje rozdiel medzi vlahovou potrebou plodiny a efektívnymi zrážkami.

Aktuálna evapotranspirácia ET_a, t. j. evapotranspirácia za neštandardných podmienok (podľa Allena et al., 1998), je evapotranspirácia z plodiny rastúcej za podmienok hospodárenia a prírodných podmienok, ktoré sa líšia od štandardných podmienok.

V druhej polovici 20. storočia bolo vyvinutých viacero metód pre stanovenie evapotranspirácie. Mnohé z nich mali len lokálnu platnosť.

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Penman-Monteithova metóda výpočtu ET_0 podľa FAO

Z pôvodnej Penman-Monteithovej rovnice a z rovníc aerodynamickej rezistencie a povrchovej rezistencie porastu bola odvodená stanovenia referenčnej evapotranspirácie ET_0 [mm d^{-1}] (Penman-Monteithova metóda podľa FAO):

$$ET_0 = \frac{0{,}408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34u_2)} \qquad (2.9.)$$

kde R_n je bilancia žiarenia na povrchu porastu [MJ m^{-2} d^{-1}],
G je hustota toku tepla z pôdy [MJ m^{-2} d^{-1}],
T je priemerná denná teplota vzduchu v 2 m [° C],
u_2 je rýchlosť vetra v 2 m
[m s^{-1}],
e_s je tlak nasýtených pár [kPa],
e_a je aktuálny tlak pár [kPa],
$e_s - e_a$ je sýtostný doplnok,
Δ je smernica krivky závislosti medzi tlakom nasýtených pár a teplotou vzduchu [kPa.°C^{-1}] a
γ je psychrometrická konštanta [kPa.°C^{-1}].

V rovnici sú využité štandardné klimatické merania slnečného žiarenia, teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a rýchlosti vetra. K metóde sú vypracované alternatívne výpočtové postupy pre prípad, že chýbajú údaje z niektorých požadovaných meteorologických prvkov.

Výpočet referenčnej evapotranspirácie vo verzii podľa FAO vyžaduje nasledujúce meteorologické údaje:

- priemernú dennú (T), maximálnu (T_{max})a minimálnu (T_{min}) teplotu vzduchu,
- tlak vodných pár (e_a),
- bilanciu žiarenia (R_n) a
- rýchlosť vetra v 2 m (u_2).

Ak nie sú k dispozícii dostatočne kvalitné údaje o vlhkosti vzduchu, je možné ich odvodiť s použitím predpokladu, že teplota rosného bodu je blízka minimálnej teplote T_{min}:

$$e_a = 0.611 \exp\left[\frac{17.27 T_{\min}}{T_{\min} + 237.3}\right] \qquad (2.10)$$

Prístroje na meranie bilancie žiarenia si vyžadujú profesionálnu obsluhu a preto nebývajú na agrometeorologických staniciach nainštalované. Bilanciu žiarenia a dlhovlnné žiarenie je možné vypočítať z globálneho žiarenia alebo z trvania slnečného svitu, teploty vzduchu a tlaku pár. Krátkovlnné žiarenie R_s je možné vypočítať podľa Hargreavesovho vzorca:

$$R_s = 0.16\sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} R_a \qquad (2.11.)$$

kde R_a je žiarenie na hornej hranici atmosféry [MJ m^{-2} d^{-1}] a vypočíta sa ako

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r \left[\omega_s \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\sin(\omega_s)\right] \qquad (2.12.)$$

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

kde G_{sc} je solárna konštanta = 0.0820 MJ m^{-2} min^{-1}, ω_s je hodinový uhol [rad], φ je zemepisná šírka [rad]a δ je slnečná deklinácia [rad].

Alternatívnou rovnicou pre prípad, že chýbajú údaje o žiarení, tlaku pár a rýchlosti vetra je podľa odporúčania FAO Hargreavesova rovnica (5), (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = 0.0023(T + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5}Ra \qquad (2.13)$$

kde ET_0 je referenčná evapotranspirácia [mm/deň], T je priemerná denná teplota vzduchu, T_{max} je maximálna denná teplota vzduchu, T_{min} je minimálna denná teplota vzduchu [°C] a Ra je žiarenie na hornej hranici atmosféry [mm/deň].

Evapotranspirácia plodiny ET_c

Evapotranspirácia sa líši od referenčnej evapotranspirácie, ak pokrytie povrchu, vlastnosti porastu a aerodynamická rezistencia plodiny sú iné ako u trávneho porastu. Efekt vplyvu odlišných charakteristík porastu konkrétnej plodiny na jej evapotranspiráciu ET_c je zahrnutý do plodinového koeficientu K_c:

$$ET_c = K_c \,.\, ET_0 \qquad (2.14.)$$

Rozdiely vo výpare a transpirácii medzi poľnými plodinami a referenčným trávnym porastom môžu byť vyjadrené jednoduchým plodinovým koeficientom K_c alebo rozdelením do dvoch koeficientov: základného plodinového koeficientu K_{cb} a koeficientu výparu z pôdy K_e, t. j.

$$K_c = K_{cb} + K_e \qquad (2.15)$$

Vo väčšine aplikácií sa používa jednoduchý plodinový koeficient. Duálny koeficient sa využíva, tam, kde sa vyžaduje presnejší odhad výparu, a to hlavne vo výskume, modelovaní kvality vody a pod.

Plodinový koeficient K_c integruje v sebe efekt charakteristík, ktoré odlišujú poľnú plodinu od referenčnej trávy. Jednotlivé poľné plodiny majú rozdielne plodinové koeficienty K_c. Zmena charakteristík plodiny v priebehu vegetačného obdobia tiež ovplyvňuje K_c. Keďže výpar je integrovanou súčasťou evapotranspirácie, majú aj podmienky ovplyvňujúce výpar z pôdy vplyv na K_c.

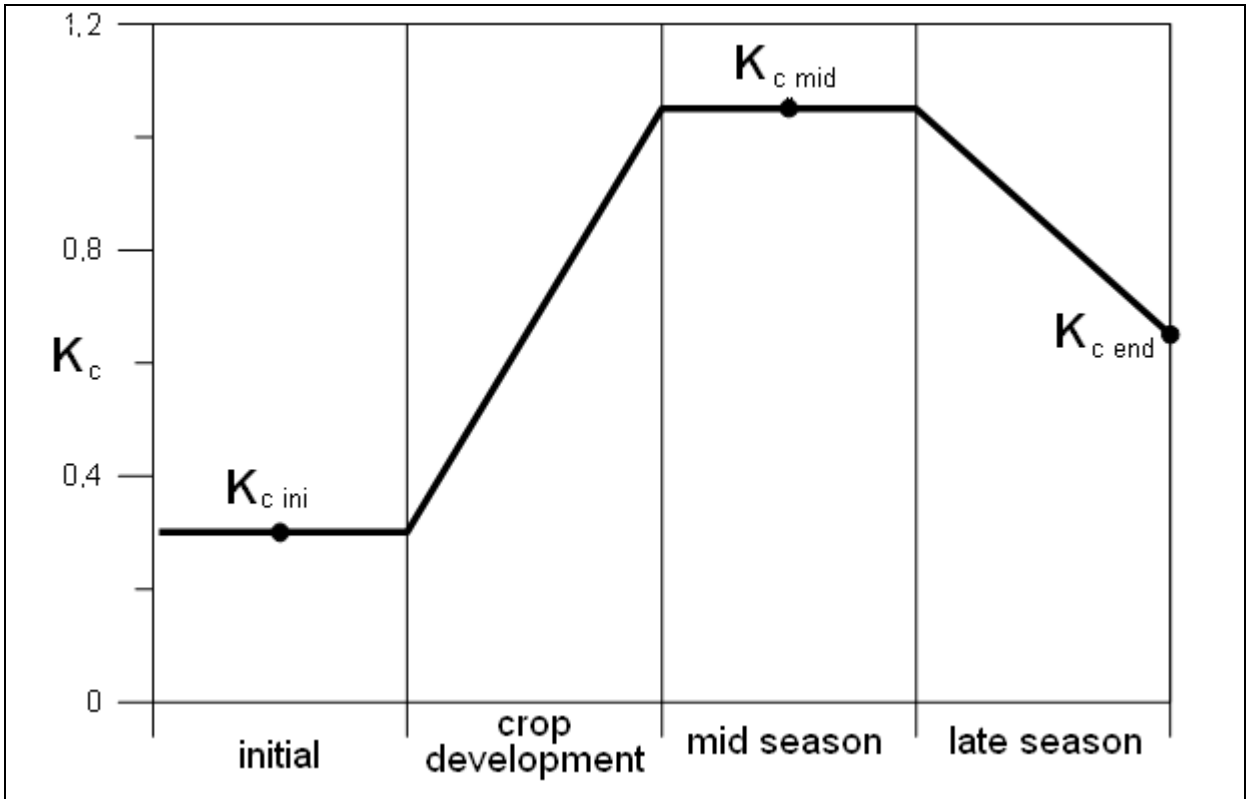
V dôsledku rozdielov v albede, výške plodiny, aerodynamických vlastnostiach, ako aj vlastnostiach listov a prieduchov, evapotranspirácia z dobre vodou zásobených plodín sa odlišuje od referenčnej evapotranspiráce ET_0 a u vysokých plodín (ako je napr. kukurica) je vyššia o 15 – 20 %.

Ako sa plodina vyvíja, mení sa jej výška a listová plocha, ako aj pokrytie povrchu pôdy plodinou. V dôsledku toho sa mení počas vegetačného obdobia aj K_c.

Vegetačné obdobie plodiny možno rozdeliť do 4 vývojových fáz obr.1. Počiatočná fáza trvá od sejby do doby, kým zelená vegetácia nepokrýva približne 10 % povrchu pôdy. Druhá fáza vývoja (fáza intenzívneho rastu plodiny) trvá od 10 %-ného pokrytia do úplného pokrytia povrchu pôdy rastlinami. U mnohých plodín je to začiatok kvitnutia. Stredná fáza vývoja trvá od úplného pokrytia do začiatku zrelosti (žltnutia listov) a posledná fáza od začiatku zrelosti do zberu alebo opadu listov. V tab. 3 sú uvedené hodnoty jednoduchého plodi-

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

nového koeficientu K_c v jednotlivých vývojových fázach vybraných plodín pre výpočet podľa metodiky FAO.



Obr. 1 Krivka rastového cyklu

Evapotranspirácia plodiny sa vypočíta vynásobením referenčnej evapotranspirácie ET_0 plodinovým koeficientom K_c vyjadrujúcim rozdiel v evapotranspirácii medzi príslušnou plodinou a referenčným trávnatým povrchom. Výber, či sa použije jednoduchý koeficient alebo zložený duálny koeficient vyjadrujúci osobitne rozdiely vo výpare a transpirácii medzi medzi obidvoma povrchmi, závisí od toho, aká presnosť sa vyžaduje, aké meteorologické údaje sú k dispozícii a s akým časovým krokom sa bude výpočet vykonávať.

V jednoduchom plodinovom koeficiente K_c je teda kombinovaný efekt transpirácie plodiny a výparu z pôdy spojený do jediného koeficientu integrujúceho rozdiely v transpirácii plodiny a vo výpare medzi príslušnou plodinou a referenčným povrchom. Keďže výpar z pôdy sa môže meniť denne ako dôsledok zrážok alebo závlahy, jednoduchý plodinový koeficient vyjadruje len spriemerovanú viacdňovú evapotranspiráciu plodiny, preto sa postup využíva pre týždňové a dlhšie obdobie, i keď výpočet sa vykonáva v dennom kroku, napr. pri závlahe.

Plodina	$K_{c\ ini}$	$K_{c\ mid}$	$K_{c\ end}$
Karfiol	0,3	0,9	0,3
Kaleráb	0,3	0,9	0,4
Fazuľa suchá	0,9	0,4	0,6

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Zeler	0,25	0,95	0,2
Zemiak	0,3	0,5	0,3
Listnatý sad	0,2	1,2	0,6
Hrozno	0,2	1,2	0,6
Chmeľ	0,25	0,8	0,1

Tab. 3 Hodnoty jednoduchého plodinového koeficientu Kc v jednotlivých vývojových fázach vybraných plodín pre subhumídnu klímu (RHmin ≈ 45 %, u2 ≈ 2 m/s) (Allen et al., 1998)

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. 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), zohladňujúcich 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.

4. METODIKA PRÁCE

V našich podmienkach sa dlhodobo osvedčil návrh pomocou stanovenia vlahovej 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

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

činiteľoch počas celého vegetačného obdoba. S použitím výsledkov scenárov klimatickej zmeny na Slovensku v oblasti fenologickom a meteorologickom si práca kladie za cieľ stanoviť hodnoty vlahovej potreby s použitím staršej metodiky na základe biologických kriviek pre horizont roku 2100, pre špeciálne plodiny a zeleninu pestované na Slovensku, ako podklad pre navrhovanie a riadenie závlah ale aj posudzovanie kapacity vodných zdrojov v zmenených podmienkach. V ďalšej časti sa zameráme na stanovenie vlahovej potreby ETc, stanovenej podľa metoidiky FAO, s použitím modifikovaných scenárov ($GISS_{prep}$ a $CCCM_{prep}$), pre časové horizonty rokov 2035, 2075 a 2100. Simulácie boli uskutočnené pre Hurbanovo, pre ktoré je na Slovensku najdlhší sledovaný rad pozorovaní, od roku 1871. Toto mesto leží v južnej časti Slovenska a jeho klímatické pomery sú charakteristické pre závlahové oblasti Južného Slovenska. Obdobné výpočty vlahovej potreby pre špeciálne plodiny– ovocné stromy, chmeľ, vinič a niektoré druhy zeleniny v horizonte rokov 2100 neboli doteraz v podmienkach Slovenska uskutočnené.

4.1. Vlahová potreba (Vc) v zmenených klimatických podmienkach

Podklady pre určenie vlahovej potreby rastlín (Vc) pomocou metodiky (PÝCHA, SLÁMA, 1971), ako závislosti vlahovej potreby na sýtostnom doplnku. Vstupné dáta - priemerná denná teplota, charakteristická pre podmienky klímy $1xCO_2$, boli použité pre stanicu Hurbanovo (1951 – 1980) Z takto získaných údajov sme pomocou štandardných fyzikálnych vzťahov výpočítali tlak vodnej pary (e) vyjadrujúci okamžitý obsah vodnej pary vo vzduchu v tlakových jednotkách [hPa]. Dopočítaná bola merná vlhkosť vzduchu (q),ktorá udáva pomer hustoty vodnej pary k celkovej hustote vlhkého vzduchu. Merná vlhkosť vzduchu bola na základe prepočítacích kvocientov (Lapin,M.a kol.2001) dopočítaná pre horizont roku 2075. Z týchto údajov bol počítaný sýtostný doplnok vzduchu (Sd) pre horizont roku 2075, ako podklad pre stanovenie vlahovej potreby rastlín. Denné hodnoty boli pre podmienky zmenenej klímy $2xCO_2$ generované simulátorom denných dát WATGEN v rámci počítačového programu DSSAT 3.1.

Pre teplotné skupiny, v ktorých je suma priemerných denných teplôt vzduchu $2xCO_2$, rovná 200 °C, (prípadne 100°C), sme počítali úhrn sýtostných doplnokov. Začiatok tvorby teplotných skupín je daný počiatkom vegetačného obdobia. Pre každú teplotnú skupinu sme priradili z tabuľky 1. príslušný koeficient biologickej kriviky vlahovej potreby plodín. Výslednú vlahovú potrebu potom tvorí suma súčinov čiastkových koeficientov biologických kriviek vlahovej potreby a príslušných úhrnov sýtostných doplnkov, podľa vzťahu 2.6 pre jednotlivé teplotné skupiny, dané sumou 200 °C(prípadne 100°C).

4.2. Evapotranspirácia plodiny ET_c v zmenených klimatických podmienkach

Denné rady klimatických prvkov (globálne žiarenie, teplota vzduchu, zrážky) pre klimatickú stanicu Hurbanovo boli spracované do vstupných súborov pre numerické simulácie modelom

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

DAISY. Dánsky simulačný model DAISY (HANSEN et al., 1990) je matematický model určený na modelovanie rastlinnej výroby, dynamiky pôdnej vody a dynamiky dusíka v rastlinnej výrobe za rozličných podmienok stratégie a riadenia poľnohospodárskej výroby. Jednotlivé procesy, ktoré sú zahrnuté v modeli, uvažujú s transformačnými a transportnými procesmi vody, tepla, uhlíka a dusíka. Model je jednorozmerný.

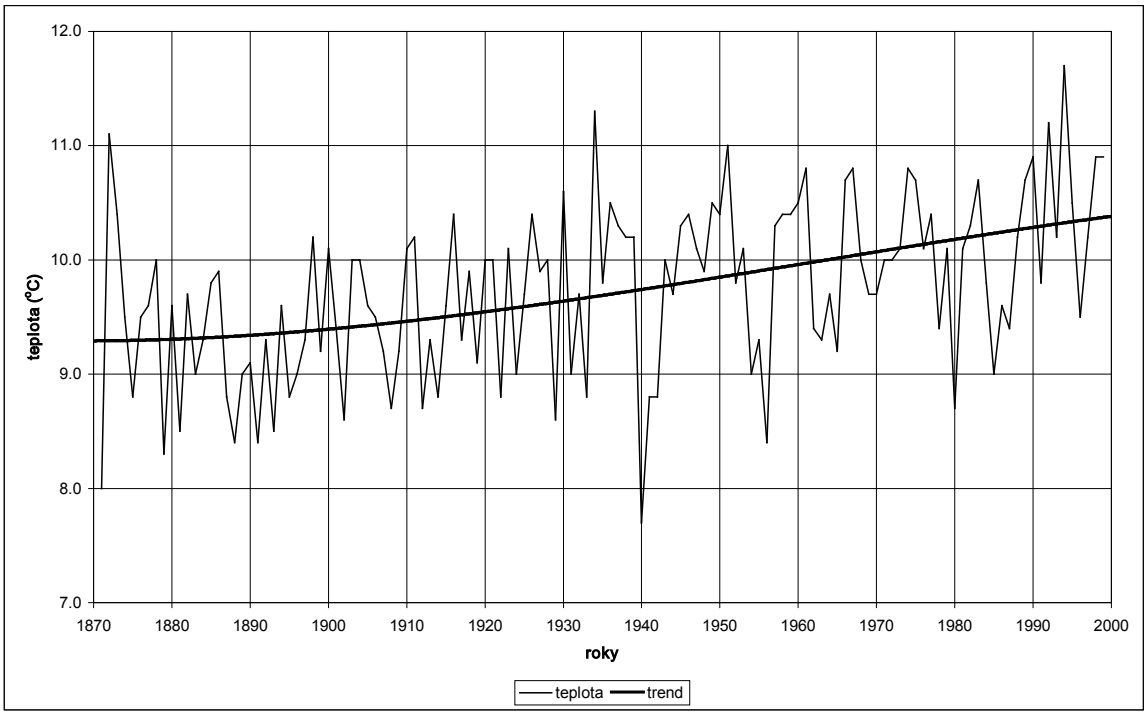
Z hydrologických procesov sú v modeli zahrnuté akumulácia a topenie snehu, intercepcia zrážok porastom, výpar z povrchu plodiny a pôdy, infiltrácia, príjem vody koreňmi rastlín, transpirácia a vertikálny pohyb vody v pôdnom profile. Z tepelných procesov model uvažuje s prenosom tepla a s tepelnými zmenami vplyvom zamŕzania a topenia.

Vstupné údaje, vyžadované modelom, zahrňujú klimatické, pôdne a plodinové údaje, ako aj informáciu o spôsobe hospodárenia. Z meteorologických premenných potrebných pre modelovanie premeny a prenosu hmoty a energie v systéme sa požadujú globálne žiarenie, teplota vzduchu a zrážky.

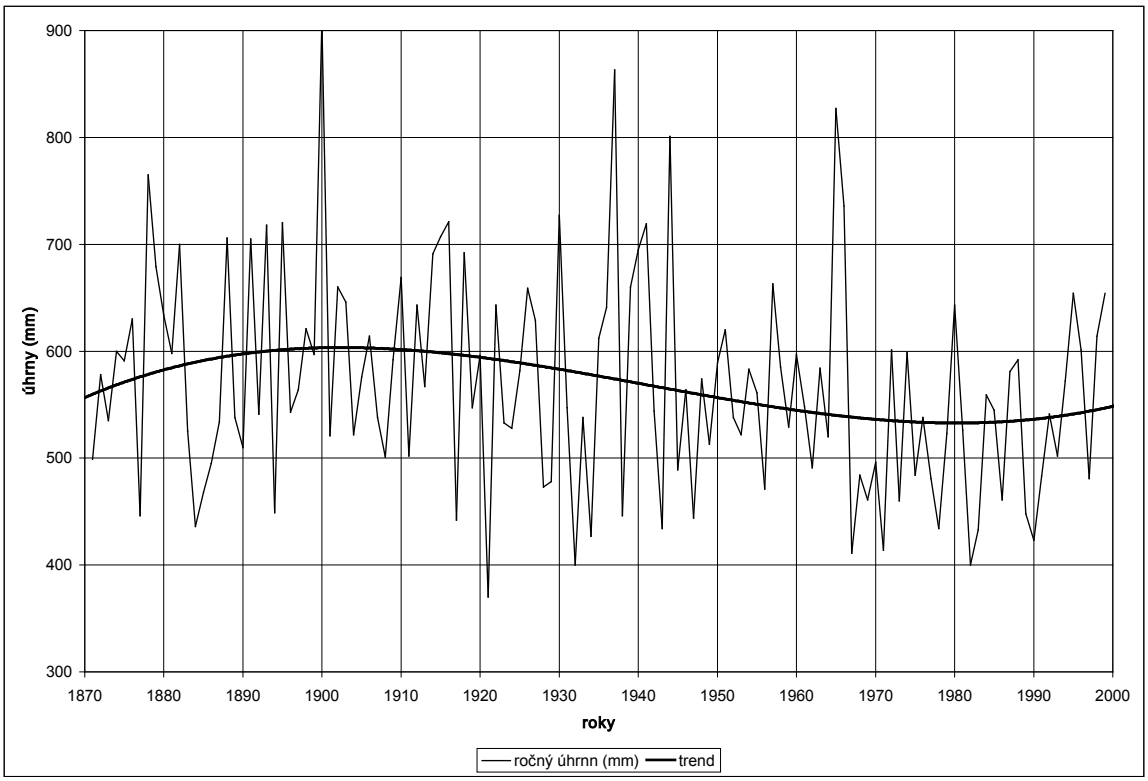
Z pôdnych charakteristík si model vyžaduje hodnoty retenčnej čiary, hodnoty špecifickej vodnej kapacity a hydraulickej vodivosti. Prúdenie vody v nenasýtenej zóne sa počíta podľa Richardsovej rovnice. Ako horné okrajové podmienky sa uplatňujú prúdenie na povrchu pôdy (ak infiltrácia zapríčinená zrážkami, závlahou alebo topiacim sa snehom neprekročí infiltračnú schopnosť pôdy alebo ak prebieha na povrchu pôdy výpar), vodný potenciál na povrchu pôdy (ak sa voda hromadí na povrchu pôdy v dôsledku prekročenia infiltračnej schopnosti pôdy dodanou vodou zrážkami, závlahou alebo topiacim sa snehom) a prúdenie v špecifikovanej hĺbke (ak sa Richardsova rovnica nerieši v celom profile, čo môže byť spôsobené mrazom alebo topením). Ako dolná okrajová podmienka môže byť v prípade, že je známa poloha hladiny podzemnej vody, špecifikovaný vodný potenciál v určitej hĺbke, alebo prúdenie v špecifikovanej hĺbke v prípade predpokladu gravitačného prúdenia. Na numerické riešenie Richardsovej rovnice sa v modeli aplikuje metóda konečných rozdielov. Modelovanie príjmu vody koreňmi rastlín je založené na princípe ustáleného radiálneho prúdenia ku koreňom závislom na hustote a polomere koreňov, vlhkosti pôdy pri povrchu koreňov a vodnom potenciáli pôdy a pri povrchu koreňov.

Simulácie modelom DAISY boli vykonané pre referenčné obdobie (bez klimatickej zmeny) a pre scenáre $CCCM_{prep}$ a $GISS_{prep}$ pre časové horizonty 2035, 2075 a 2100 pre meteorologickú stanicu Hurbanovo. Pre simulácie boli využité 20-ročné rady denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférické zrážky. Ako referenčné obdobie (t. j. bez klimatickej zmeny) bolo použité obdobie 1966-1985. Dlhodobá trendy vývoja základných meteorologických prvkov – priemernej ročnej teploty zrážkového úhrnu vidieť na obr.4.1.a 4.2.

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088



Obr. 4.1.: Hurbanovo, priemerné ročné teploty (°C) v období rokov 1871 – 1999



Obr. 4.2.: Hurbanovo, ročné zrážkové úhrny (mm) v období rokov 1871 – 1999

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Vyhodnotenie založené na simuláciách modelom DAISY bolo vykonané pre reprezentatívny pôdny profil podľa prevládajúceho pôdneho druhu. Pôdny profil bol charakterizovaný retenčnou čiarou, hydraulickou vodivosťou, obsahom ílu (podľa medzinárodnej klasifikácie), obsahom kremeňa a iných minerálov, obsahom humusu a počiatočnou hodnotou vodného potenciálu, vlhkosti a teploty pôdy. V týchto simuláciách nebolo uvažované s hladinou podzemnej vody ovplyvňujúcou koreňovú zónu.

Z prvkov vodnej bilancie pôdy pre vybrané scenáre a jednotlivé časové horizonty v porovnaní s referenčným obdobím vyhodnotené charakteristiky evapotranspirácie, infiltrácia a zásoba pôdnej vody vo vybraných horizontoch pôdneho profilu v dennom kroku.

Denné scenáre $CCCM_{prep}$ a $GISS_{prep}$ boli pripravené v tvare časového radu mesačných údajov po desaťročných priemeroch a v tvare scenárov odchýlok T a kvocientov R pre časové horizonty rokov 2035, 2075 a 2100. Vzhľadom na dostupnosť kvalitných údajov zo stanice Hurbanovo, sme zvolili ako charakteristické obdobie 1.1.1966 až 31.12.1985. Na denné údaje z tohoto kontrolného obdobia sa zvlášť aplikovali scenáre T, G a R (denné maximum, minimum a priemer teploty vzduchu, denná suma globálneho žiarenia a denný úhrn zrážok) získané pre časové horizonty rokov 2035, 2075 a 2100

Pretože model DAISY bol pre podmienky Slovenska kalibrovaný len pre hlavné poľné plodiny a jeho ďalšie kalibrovanie pre špeciálne plodiny a zeleninu je veľmi časovo náročné. Ppotenciálneuj evapotranspiráciu (ETe) zvolených plodín sme dopčítali podľa metodiky FAO, popísanej vyššie, s použitím jednoduchých plodinových koeficientov (*tab.3*) a príslušnej metodiky , čo je pre bilancovanie potreby závlah prístup s dostačujúcou presnosťou.

5. VÝSLEDKY RIEŠENIA A DISKUSIA

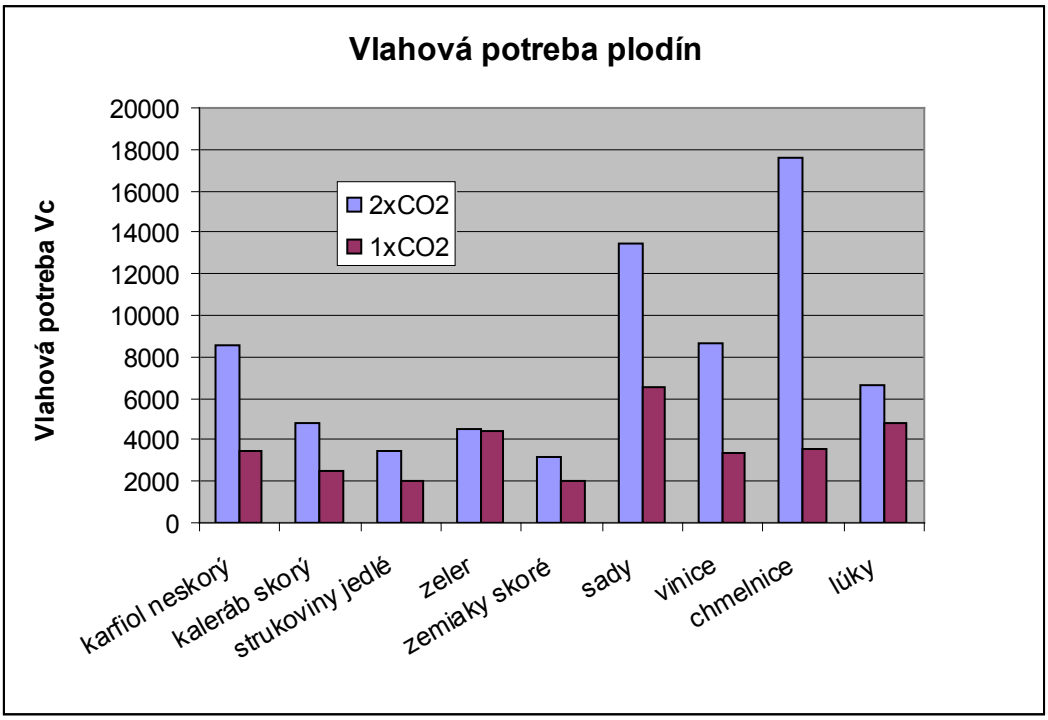
Vzhľadom na bilanciu vody v pôde je významným činiteľom evapotranspirácia charakterizujúca tok vody zo zemského povrchu do atmosféry. Evapotranspiráciu tvorí výpar z pôdy spolu s transpiráciou z plochy pokrytej vegetáciou. V závislosti od toho, či obsah vody v pôde je alebo nie je limitujúcim faktorom, rozoznávame aktuálnu a potenciálnu evapotranspiráciu, resp. aktuálny a potenciálny výpar z pôdy ,čiže aktuálnu a potenciálnu transpiráciu.

Nížinné územia Slovenska sú charakteristické ročnými zrážkovými úhrnmi nižšími ako sú ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie (ETe). Zvyšovanie rozdielov medzi zrážkovými úhrnmi a úhrnmi potenciálnej evapotranspirácie zvyšuje citlivosť územia na sucho. Pri zložitých pôdnych podmienkach to znamená značnú závislosť zložiek vodnej bilancie územia od prejavov klimatickej zmeny .

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

6. ZÁVER

V prvej časti sme sa zamerali na zhodnotenie vlahovej potreby pre horizot roku 2075, metódou stanovenia vlahovej potreby s použitím biologických kriviek, teda podľa metodiky platnej na Slovensku v súčastnosti , so vstupnými údajmi sýtostného doplnu prepočítaného pre horizot roku 2075. Výsledky sú znázornené na obr.6.1.



Obr. 6.1. Porovnanie zmien vlahovej potreby Vc (= ETe) daných v súčasnosti platnou STN 83 0635 a vypočítaných pre horizot roku 2075.

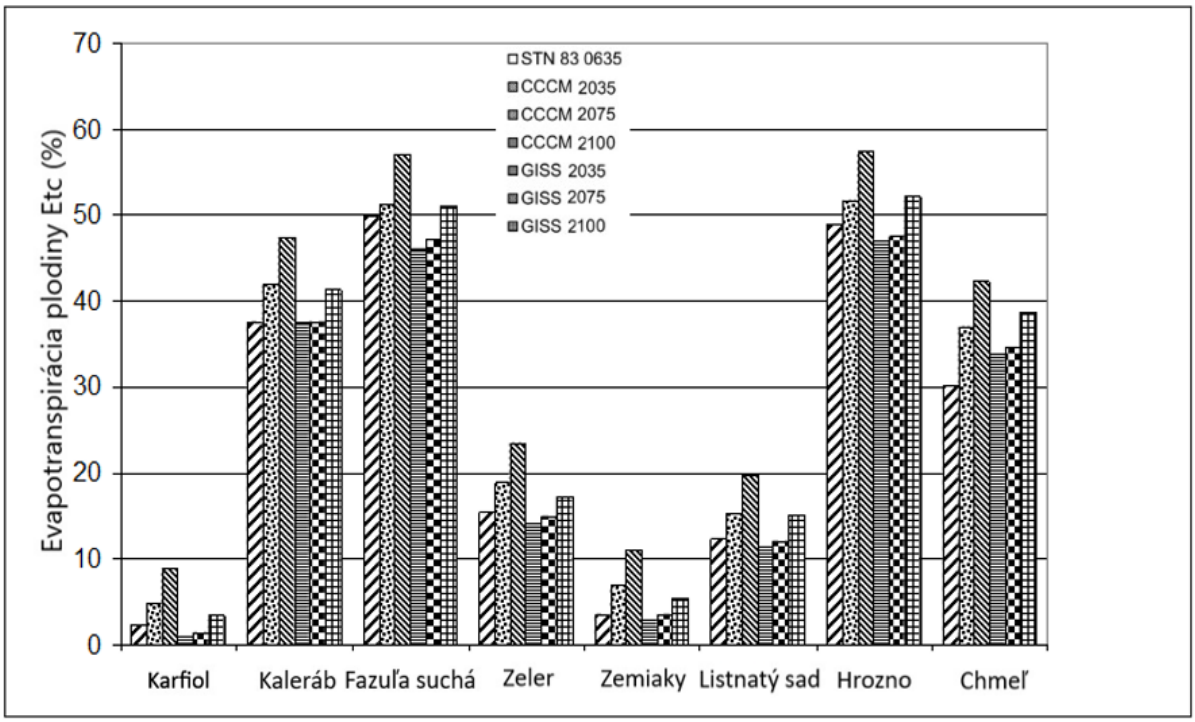
Z grafického spracovania jednoznačne vyplíva, že metodika pre výpočet vlahovej potreby používaná v súčasnom období v závlaharskej praxi na Slovensku je pre obdobie zmenenej klímy v horizonte roku 2075 nepoužiteľná. Koeficienty biologických kriviek nadhodnocujú výsledky , čo je pri rastlinách s dllhou vegetačnou dobou evidentné. Príčina môže vyplívať aj z faktu, že bilancovanie vychádza z použitia len jedného meteorlogického prvku – sýtostného doplnku. Pretože takto dosiahnuté výsledky nemajú praktickú aplikáciu , od ich ďalšieho hodnotenia sme upustili.

V ďalšej časti sme hodntili výsledky simulácii potenciálnej evapotranspirácie (ETe), pomocou modelu DAISY, s použitím scenárov $CCCM_{prep}$ a $GISS_{prep}$ pre časové horizonty rokov 2010, 2030 a 2075, dopočítané podľa metodiky FAO. Porovnali s hodnotami vlahovej potreby (Vc), používaných na Slovensku v súčastnosti. Simulované hodnoty sú zobrazené v tab. 6.1.

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Plodina	Vc ČSN	ETe					
		$CCCM_{prep}$ 2035	$CCCM_{prep}$ 2075	$CCCM_{prep}$ 2100	$GISS_{prep}$ 2035	$GISS_{prep}$ 2075	$GISS_{prep}$ 2100
Karfiol	350	359	367	381	354	355	362
Kaleráb	300	413	426	442	412	413	424
Fazuľa suchá	200	300	302	314	292	294	302
Zeler	440	508	523	543	502	506	516
Zemiaky	300	311	321	333	309	311	316
Listnatý sad	650	730	749	778	724	729	748
Hrozno	470	700	713	740	691	693	715
Chmeľ	360	468	493	512	482	485	499

Tab.6.1 Percentuálne prírastky potenciálnej evapotranspirácie



Tab.6.2. Percentuálne prírastky potenciálnej evapotranspirácie pre použité plodiny na základe použitých časových scenárov

ZÁVER

Výsledok predkladanej práce – hodnoty vlahovej potreby V_c stanovené pre horizont roku 2100, 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 svtupných prvkov, by mohlo

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

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.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] Allen, R. et al. (1998) Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome. 1998. ISBN 92-5-104219-5.

[2] Hansen, S., Jensen, H. E., Nielsen, N.E., Svendsen, H. (1990) DAISY: Soil Plant Atmosphere System Model. NPO Report No. A 10, The National Agency for Environmental Protection, Copenhagen: 272

[3] Hansen. S. (1984) Estimation of potential and actual evapo¬transpiration. Nordic Hydrol 15: 205-212

[4] Hardy. J.T. (2000) Climate Change, Causes, Effects and Solutions. John Wiley & Sons Ltd. The Atrium. Chichester, West Sussex, England: 247

[5] 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 : 41

[6] Hargreaves, G. L., Hargreaves, G. H., Riley, J. P. (1985) Agricultural benefits for Senegal. River Basin. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 111 : 111-124

[7] Lapin, M., Melo, M. (2002) Time Series scenarios of Ten Climate Characteristics for horizon 2001-2090 according to models CCCM2000 a GISS98. In: Proceedings of Abstracts of XIV. Czechoslovak Bioclimatological Conference: Bioclimate -Environment -Economy. Lednice: 4 (In Slovak)

[8] Lapin, M., Melo, M., Damborská, I. (2001) Scenarios of Set of Several Physically Consistent Climate Elements. National Climate Program of the SR, VI. 2001, vol.11. (In Slovak)

[9] Lapin, M. (2004) Climate Change and Their Possible Impact on Hydrological Cycle - Scenarios of Changes till the year 2100 www.dmc.fmph.uniba.sk (In Slovak)

[10] Sobocká, J., Šurina, B., Torma, S., Dodok, R. (2005) Climate Change Impact on Soil properies and processes in Slovakia. Research Institute of Soil Science and Soil Conservation, Bratislava (In Slovak)

[11] Sláma,V. (1971) Biological consumptive water usage curve, Research Final Report R VI-4/1-04. Praha. (In Czech)

[12] Šiška, B., Takáč, J., Igaz, D. (2004) May we expect the yiekd distribution changes as an influence a climate change in Danubian Lowlands? In: Conference proceedings: Climat change – Weather Extremes. Organisms and Ecosystems. International Bioclimatological Workshop. Viničky 2 . - 26. 8. 2004. CD ROM. (In Slovak)

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

[13] Šiška, B., Bízik, J., Takáč, J., Igaz, D. (2002). Impact of Climate Change on Crop Production. Final Report of Research. ŠVP. š.p. Hydromeliorácie. Bratislava: 64 (In Slovak)
[14] Špánik F. Šiška B. Repa Š (1996) Impact Assessment of Climate Change on Agriculture and Appropriate Adaptive Measures: National Climate Program of SR. III. 1996. vol.4. (In Slovak)
[15] Takáč, J., Zuzula, I. (2000) Climate Change Adaptation Measures for Agriculture in the Slovak Republic. National Climate Program of SR. 2000. vol. 9. (In Slovak)
[16] STN no. 83 0635 Irrigation water demand calculation

 DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088

Metodika stanovenia hodnoty vlahovej potreby kultúrnych rastlín do horizontu roku 2100

Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Výskumné centrum Agrobiotech

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie: prvé
Forma: online
Rok: 2023
Počet strán: 24
AH-VH: 1,60 – 1,68

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2608-8

DOI: https://doi.org/10.15414/2023.9788055226088