

VÝVOJ MNOŽSTVA PÔDNEJ VODY PRÍSTUPNEJ PRE RASTLINY V POVODÍ RIEKY NITRY

RUNNING OF STORAGE OF SOIL WATER AVAILABLE FOR PLANTS IN THE NITRA RIVER BASIN

Andrej Tárník

Katedra biometeorológie a hydrológie, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

ANOTÁCIA

Príspevok sa zaoberá analýzou vývoja množstva pôdnej vody prístupnej pre rastliny v súčasnosti, ale aj výhľadom do budúcnosti v podmienkach zmeny klímy. Z výsledkov vyplýva, že sledované územie pravidelne trpí nedostatkom pôdnej vody prístupnej pre rastliny. Do roku 2050 však nenastanú žiadne výrazné zmeny v zásobách pôdnej vody.

Kľúčové slová: pôdna voda, prístupnosť pre rastliny, klimatická zmena, povodie rieky Nitry

ABSTRACT

Serious attention is paid today to the problems of soil water storage. The quantification and interpretation of soil water storage are considered crucial for a correct hydrological zonation of agricultural lands. The paper deals with determination of amount of plants available soil water in the Nitra river basin for year 2013, 2014, 2015 and 2030, 2040, 2050. Water is one of the fundamental natural resource, without water life is not possible on planet Earth. From agricultural point of view water has more other functions. Soil water is significant mainly for agricultural production and crop production because soil water is main source of water for plants, which receive water through root system.

Not whole current amount of water in soil is available for plants. In agricultural practice it is necessary to monitor soil moisture and maintain it in levels of plants available soil water with taking to consideration irrigation and crop maximization. Levels of available soil water for plant are hydro limits field capacity and wilting point. Soil water needs to be in this interval if it supposed to be available for plants.

$$\Theta_A = \Theta_{FC} - \Theta_{WP} \quad (1)$$

Where:

- Θ_A - available soil water [-]
- Θ_{FC} - field capacity [-]
- Θ_{WP} - wilting point [-]

The Nitra River basin is sub-basin of river Vah basin. Basin is located exclusively in Slovakia. Area of the basin is 5080 km². Our area of interest has been mainly agricultural land (61 % of the area) and forest land (30 % of the area). In this paper we focused on three localities within the basin (Bojnice, Tesárske Mlyňany, Palárikovo).

Soil moisture data were collected from hydrological stations built in these localities. Boundaries of plants available soil water hydro limits field capacity, wilting point and point of limited availability were estimated from soil samples. For these soils we estimated moisture retention curves. In pursuance of retention curves particular hydro limits characteristics were calculated. Value for field capacity was estimated as 2.3 pF, for wilting point as 4.18 pF and for point of limited availability as 3.48 pF.

Data from retention curves were also source of input data for HYDRUS model. Validity of HYDRUS simulation was verified by comparing measured and simulated data in three localities. Correlation coefficient was 0.64 - 0.95 so we can say that our simulations are valid. HYDRUS was used for simulation of soil moisture in future (years 2030, 2040 and 2050). Meteorological input data were used from ALADIN model (Štěpánek et al, 2008).

There are periods when soil moisture is under the level of point of limited availability or under the level of wilting point showed our data. The worst year was year 2015. Soil moisture was under the level of wilting point repeatedly in this year. Drought was in springtime often. This fact is problematic because spring is period when new young plants are vulnerable.

It is interesting that no drastic changes will be in future due to climate change. Storage of soil water in year 2030, 2040 and 2050 will be comparable as in 2013 or 2014 showed our data. Vitková – Štekauerová – Skalová (2013a, 2013b) have same results in their research of soil moisture. They analysed soil moisture in Záhorie using GLOBAL model and CGCM 3.1 model.

Our results can be used for further analyses of moisture regime on agricultural soils in the Nitra River basin. Data can be also used for irrigation management or landscape management. It is necessary to pay more and more attention to this topic. Soil and water are irreplaceable resources of our planet.

ÚVOD

Život na Zemi si vyžaduje určitú kombináciu vlastností životného prostredia a prítomnosť základných prírodných zdrojov. Z poľnohospodárskeho uhľa pohľadu k základným prírodným i výrobným zdrojom môžeme bezpochyby zaradiť pôdu a vodu. Témou príspevku je práve voda a pôda. Informácia o obsahu vody v pôde je nevyhnutná pre poľnohospodársku prax

ako aj pri štúdiu mnohých odborov ako je hydrológia, pedológia, ekológia, meteorológia a agronómia (Lunt – Hubbard – Rubin, 2005). Vzťah a vzájomné ovplyvňovanie sa týchto dvoch elementov je predmetom záujmu a skúmania odnepamäti. Voda sa pohybuje vo všetkých smeroch a v každom prostredí: v atmosfére, na povrchu ale aj pod povrchom. Igaz (2010) konštatuje, že množstvo vody v pôde, a špeciálne v koreňovej zóne rastlín, je kľúčová premenná k stavom povrchových a podpovrchových vôd a celkovej hydrologickej a energetickej bilancie.

Vlhkosť pôdy a vlhkostný režim sa pod tlakom intenzívneho využívania krajiny, vysokým nárokom na produkciu a meniacu sa klímu, mení. V predkladanom príspevku sa zaoberáme práve vývojom množstva pôdnej vody aj s ohľadom na klimatickú zmenu. Pôdna voda je základným zdrojom vody pre rastliny, ale nie celé množstvo vody prítomné v pôde je aj prístupné pre rastliny. V poľnohospodárskej praxi, s ohľadom na závlahové hospodárstvo a potrebu maximalizácie úrod, je potrebné sledovať vlhkosť pôdy a udržiavať ju v medziach jej prístupnosti pre rastliny. Hranicami prístupnosti pôdnej vody pre rastliny sú hydrolimity poľná vodná kapacita a bod vädnutia (Antal – Igaz, 2012; Šútor – Štekauerová, 2001).

$$\Theta_P = \Theta_{PK} - \Theta_{BV} \quad [-] \quad (1),$$

kde: Θ_P - prístupná pôda voda [-], Θ_{PK} - poľná vodná kapacita [-], Θ_{BV} - bod vädnutia [-].

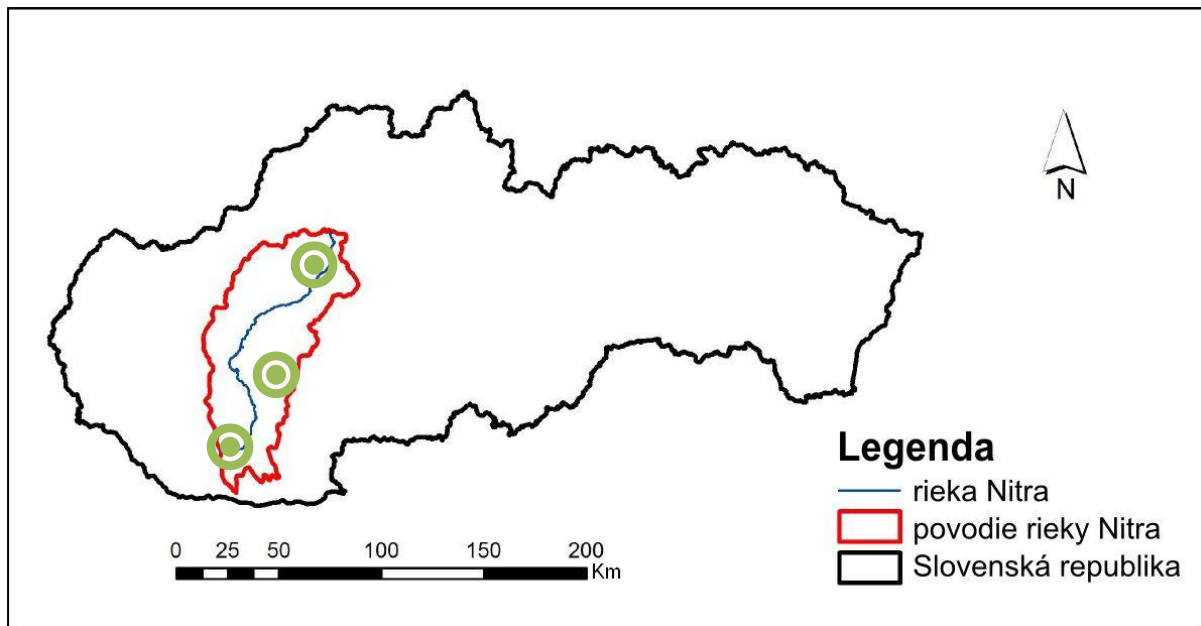
Už pri dosiahnutí hranici vlhkosti pôdy na úrovni hydrolimitu bod zníženej dostupnosti, však dochádza k výraznému obmedzeniu prístupnosti vody pre rastliny a dosahovanie primeranej úrodnosti je významne ovplyvnené. Už pri dosiahnutí tohto bodu sa tiež odporúča aplikovať závlaha a snahou poľnohospodárov je udržať obsah vody v pôde medzi hranicami poľnej vodnej kapacity a bodu zníženej dostupnosti. Bod vädnutia a nižšia vlhkosť by vôbec nemali byť dosiahnuté.

MATERIÁL A METÓDY

Záujmové územie

Záujmovým územím pre tento príspevok je povodie rieky Nitry. Toto územie bolo vybrané, pretože Katedra biometeorológie a hydrológie sa tomuto územiu dlhodobo venuje a existujú z neho mnohé relevantné dáta. Povodie Nitry je čiastkovým povodím povodia rieky Váh. Povodie leží výhradne na území Slovenska, predstavuje výmeru 5080 km². Väčšinu plochy územia povodia rieky Nitry zaberá poľnohospodárska pôda, konkrétne 61 %. Druhým, plošne najväčším pôdnym krytom územia, sú lesy, zaberajú 30 % plochy povodia. Z pôdnym druhov sú najviac zastúpené stredne ťažké pôdy. V severných, hornatejších polohách sa nachádzajú najmä hnedozeme, kambizeme a rendziny (Atlas krajiny SR, 2015). Na druhej strane, v nížinných oblastiach na juhu povodia z pôdnym typov prevládajú kvalitné hlboké hlinité hnedozeme modálne až pseudoglejové (Jarabica et al., 2003; Šimanský – Tobiašová – Chlpík, 2008). V rámci povodia sme sa zamerali na tri konkrétne lokality, ktoré boli vybrané tak, aby

reprezentatívne zachytávali vlastnosti (meteorologické, topografické a pedologické charakteristiky) v celom povodí. Sú to lokality Bojnice, Tesárske Mlyňany a Palárikovo.



Obr. 1 Povodie rieky Nitry s vybranými lokalitami (zo severu Bojnice, Tesárske Mlyňany, Palárikovo)

Zber a spracovanie dát

V lokalitách, vybraných na analýzu zásoby pôdnej vody prístupnej pre rastliny, sú umiestnené hydrologické stanice, ktoré zaznamenávajú vlhkosť pôdy vo viacerých hĺbkach. V tomto príspevku sme sa sústredili na aktívnu časť pôdneho profilu, teda do hĺbky 60 cm. Spracovali sme denné údaje z meraní v hĺbke 20 a 40 cm. Na meranie vlhkosti pôdy boli využité snímače 10HS od firmy Decagon Devices. Snímače sú zostavené na princípe kapacitnej metódy (Frequency Domain Reflectometry). Výrobca uvádza presnosť týchto zariadení pri použití štandardnej kalibračnej rovnice $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ v minerálnych pôdach alebo až $\pm 0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ pri kalibrácii na špecifickú pôdu (Decagon Devices). Dáta o vlhkosti pôdy sme spracovali do mesačných priemerov za roky 2013 až 2015.

Z vybraných lokalít a hĺbok boli odobrané neporušené pôdne vzorky, ktoré boli analyzované, a na základe ktorých boli stanovené retenčné krivky. Interpretáciou vypracovaných retenčných kriviek boli stanovené hodnoty hydrolimitov, určujúcich prístupnosť pôdnej vody pre rastliny. Hydrolimit, poľná vodná kapacita, bol určený ako 2,3 pF, bod zníženej dostupnosti ako 3,48 pF a bod vädnutia ako 4,18 pF.



Obr. 2 Neporušené pôdne vzorky a stanovovanie retenčných kriviek

Z odobraných pôdnych vzoriek boli určené aj ďalšie vlastnosti pôdy, ktoré vstupovali do matematického modelu HYDRUS. Model HYDRUS bol využitý na predpoveď vývoja stavu zásob pôdnej vody pre roky 2030, 2040 a 2050. Presnosť a využiteľnosť modelu pre povodie rieky Nityri boli verifikované na troch lokalitách povodia. Verifikácia prebehla porovnaním výstupov simulácie s reálne meranými údajmi. Na troch vybraných lokalitách (Malanta, Koliňany a Dolné Naštice), kde sa nachádzajú hydrologické stanice, sme vlhkosť pôdy v jednotlivých pôdnych profiloch aj simulovali. Získané dáta sme porovnali, vypočítali korelačný koeficient a určili percento zhody hodnôt vlhkosti pôdy v rozsahu $\pm 15\%$.

HYDRUS

Model HYDRUS je numerickým modelom využívaným na simuláciu prúdenia vody a rozpustných látok v rozličných pedologických, klimatických a vegetačných podmienkach. Tento model je možné použiť na simuláciu jednodimenzionálneho alebo dvoj či trojdimenzionálneho pohybu vody a pôdnych roztokov v rozličných podmienkach (Šimůnek et al., 2012). Model HYDRUS pri simulovaní vlhkosti pôdy a pohybu vody a látok v pôde využíva vo svojich prácach viacero domácich i zahraničných autorov, napríklad Burger – Látečka (2005), Kaletová et al. (2012), Joris – Feyen (2003), Zeng – Su – Wan et al. (2009).

Predpovedný model

Meteorologické dáta pre roky 2030, 2040 a 2050, vstupujúce do modelu HYDRUS, boli získané z výstupov modelu ALADIN (Štěpánek et al, 2008). Model ALADIN je vyvíjaný medzinárodným spoločenstvom niekoľkých európskych a severoafrických krajín pod vedením Francúzska. Je to baroklinický, plne troj-dimenzionálny regionálny model atmosféry. Regionálny model klímy ALADIN je používaný v rámci projektu Európskej Únie FP6 v projekte CECILIA pre získanie informácií s vysokou rozlišovacou schopnosťou o podmienkach budúcej klímy v regióne centrálnej Európy (Štěpánek et al, 2008). Regionálny

model ALADIN je pre podmienky Českej a Slovenskej republiky poháňaný GCM APREGÉ s použitím IPCC emisného scenára A1B pre časové rady rokov 2020 – 2050.

Analýza prístupnosti pôdnej vody

Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny ohraničujú hydrolimity poľná vodná kapacita a bod vädnutia. Na základe stanovených retenčných kriviek pôdy sme určili hodnoty hydrolimitov pre oba pôdne horizonty vybraných lokalít. Určením rozdielu medzi nameranou reálnou vlhkosťou pôdy a vlhkosťou hydrolimitu určujúcou prístupnosť pôdnej vody, a následným zohľadnením hrúbky pôdneho horizontu, sme vypočítali zásobu pôdnej vody prístupnej pre rastliny pre zvolené 2 pôdne horizonty. Spočítaním zásoby vody v jednotlivých horizontoch sme určili celkovú zásobu prístupnej vody v pôdnom profile.

$$W_P = (\Theta_M - \Theta_{BV}) * h_p \quad [\text{mm}] \quad (2),$$

kde: W_P – zásoba prístupnej pôdnej vody pre rastliny [mm]; Θ_M – momentálna vlhkosť pôdy [-]; Θ_{BV} – bod vädnutia [-]; h_p – hrúbka pôdneho horizontu [mm]

VÝSLEDKY

Verifikácia modelu HYDRUS

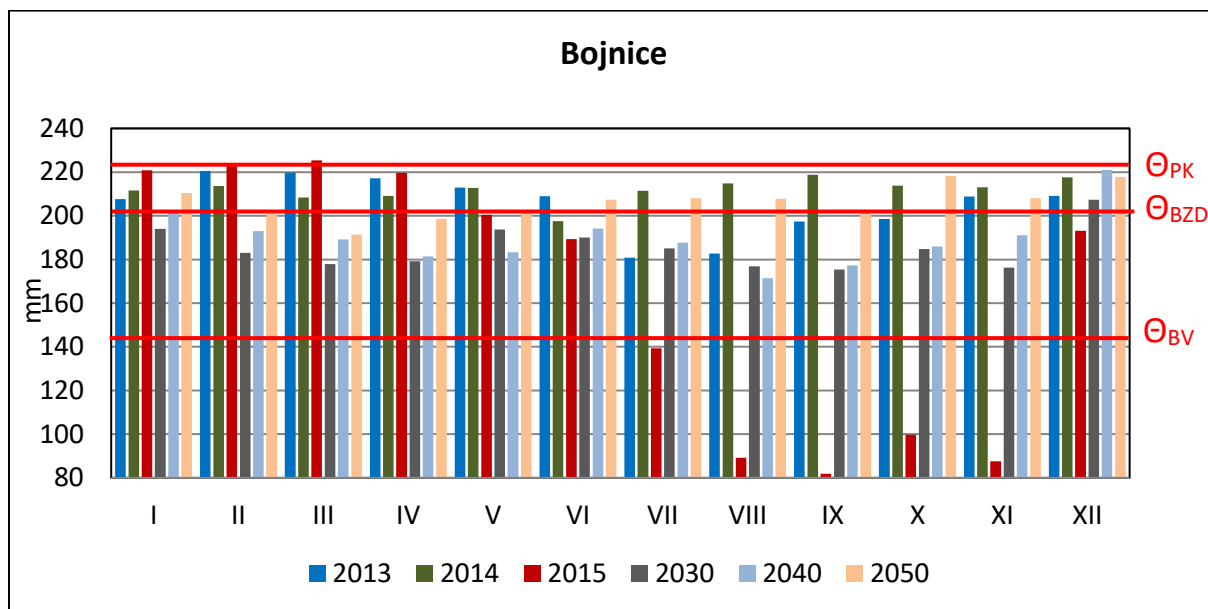
Korelačný koeficient meraných a simulovaných dát sa vo vybraných lokalitách pohybuje v rozpätí 0,67 - 0,95, t. j. vysoký až vysoko preukazný, čo nám dáva právo považovať kvalitu simulácie za dostatočnú a vhodnú pre ďalšie využitie. Pri podobných hodnotách korelačného koeficientu hodnotia rovnako jeho preukaznosť viacerí autori, napríklad Igaz – Matiášová – Šiška (2005). Zhoda meraných a simulovaných hodnôt v diferencii $\pm 15\%$ pri všetkých kontrolných bodoch dosahovala 79 až 100 %. Porovnanie meraných a simulovaných hodnôt vlhkosti pôdy v daných troch lokalitách uvádza Tab. 1. Na základe uvedenej verifikácie považujeme simuláciu bodových hodnôt modelom HYDRUS za dostatočnú, a preto je možné tieto dáta ďalej využívať a spracovávať.

Tab. 1 Zhoda meraných a simulovaných hodnôt vlhkosti pôdy

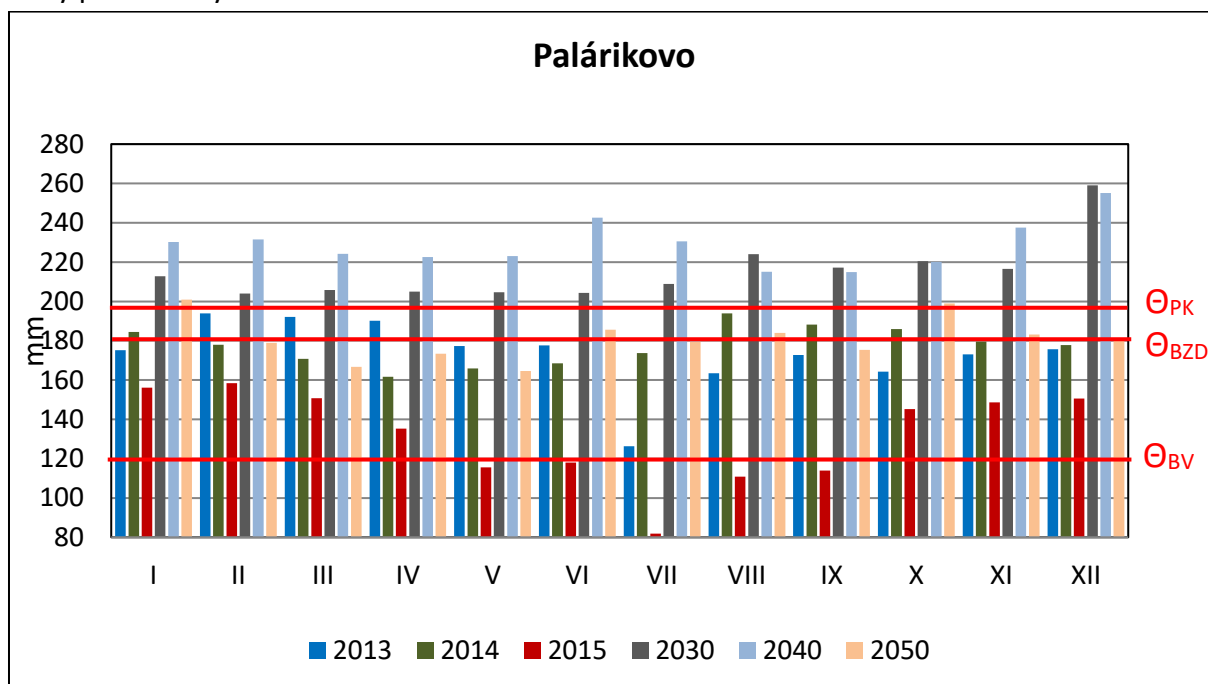
Lokalita	Počet meraní	Počet zhodných meraní v diferencii $\pm 15\%$		Percentuálne vyjadrenie zhodných meraní v diferencii $\pm 15\%$		Korelačný koeficient	
		20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
		Malanta	92	73	86	79,35	93,48
Kolíňany	62	51	58	82,26	93,55	0,90	0,95
D. Naštice	32	32	32	100,00	100,00	0,90	0,88

Zásoba pôdnej vody prístupnej pre rastliny

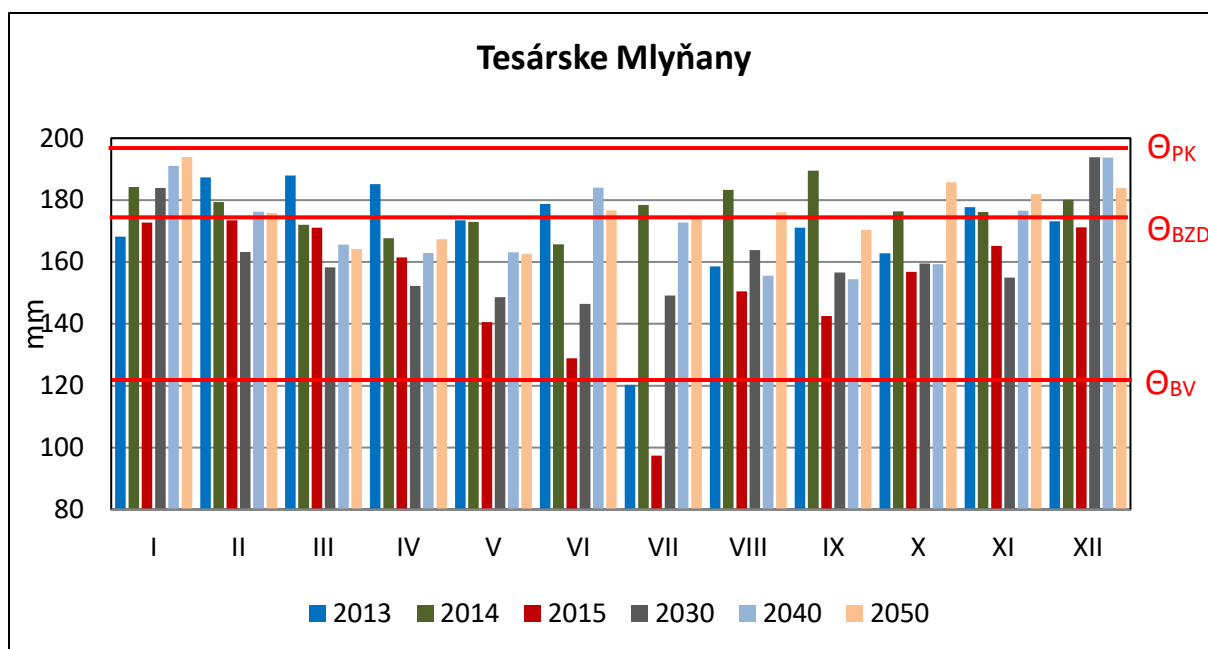
Na základe spracovania výsledkov sme vypracovali grafické výstupy priebehu zásoby pôdnej vody v jednotlivých mesiacoch rokov 2013, 2014, 2015, 2030, 2040 a 2050. Na obrázkoch 3 až 5 je možné vidieť vývoj zásoby vody a porovnať jednotlivé mesačné hodnoty v uvedených rokoch.



Obr. 3 Vlhkosť pôdy v lokalite Bojnice za roky 2013 – 2050 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody pre rastliny



Obr. 4 Vlhkosť pôdy v lokalite Palárikovo za roky 2013 – 2050 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody pre rastliny



Obr. 5 Vlhkosť pôdy v lokalite Tesárske Mlyňany za roky 2013 – 2050 a hydrolimity prístupnosti pôdnej vody pre rastliny

Po analýze získaných poznatkov môžeme konštatovať, že najhoršia situácia nastala v roku 2015, kedy vo viacerých lokalitách kleslo množstvo vody v pôde pod úroveň hydrolimitu bod zníženej dostupnosti. Vo viacerých rokoch a lokalitách zároveň klesla hodnota pod bod zníženej dostupnosti, čo indikuje nemožnosť naplno využiť hospodársky potenciál pestovaných plodín.

Zaujímavosťou je, že napriek očakávanej klimatickej zmene, sa na základe našich výpočtov, neudeje zásadná zmena v rokoch 2030 – 2050. Zásoba pôdnej vody sa v danom období pohybuje na porovnateľných hodnotách ako to bolo v roku 2013, resp. 2014. Pre úplnosť uvádzame aj ročné úhrny zrážok v sledovaných lokalitách.

Tab. 2 Ročné úhrny zrážok vo vybraných lokalitách (vlastné meranie, Štěpánek et al, 2008)

Lokalita	Ročný úhrn zrážok [mm]					
	2013	2014	2015	2030	2040	2050
Bojnice	661,3	781,3	480,0	546,1	697,0	772,5
Palárikovo	404,0	448,9	320,8	361,2	523,0	651,4
Tesárske Mlyňany	689,5	577,4	358,9	361,2	523,0	651,4

DISKUSIA A ZÁVER

Merané dáta z rokov 2013 až 2015 jasne poukazujú na fakt, že vo všetkých sledovaných rokoch sa objavili obdobia s kritickým obsahom pôdnej vody. Je teda zrejмый opakovaný výskyt týchto období. Kritickým bol najmä rok 2015, keď celý druhý polrok bola vlhkosť pôdy

pod úrovňou hydrolimitu bod zníženej dostupnosti. Jesenné obdobie je práve obdobie zakladania nových úrod a potreby vlahy pre klíčenie zasiatych plodín.

Zaujímavým zistením vychádzajúcim z modelovaných dát je, že napriek klimatickej zmene nedôjde k radikálnym zmenám v zásobe pôdnej vody. Tieto závery nie je možné overiť, i keď použitie modelu HYDRUS bolo verifikované. K podobným záverom o zásobách pôdnej vody v budúcnosti však prišli aj autorky Vitková – Štekauerová – Skalová (2013a, 2013b). Vo svojej práci simulovali vlhkosť pôdy a zásobu pôdnej vody pre podmienky Slovenska (Záhorie) až do roku 2090. Pri práci využili rôzne klimatické scenáre, klimatický model CGCM 3.1 a model GLOBAL. Ako konštatujú vo svojej práci, očakávajú len zanedbateľný pokles zásoby pôdnej vody. Naopak, vo väčšine mesiacov roka sa očakáva nárast zásoby vody v pôde.

Vypracované analýzy vlhkosti pôdy aj vo vzťahu prístupnosti pôdnej vody pre rastliny sú výborným podkladom pre poľnohospodársku prax, ako aj pre ďalší výskum plánovania krajiny. Na základe tejto a podobných analýz je možné rozhodovať o opatreniach na zabezpečenie dostatočného množstva vody v pôde, teda napríklad o budovaní závlah alebo o budovaní opatrení na zadržiavanie vody v pôde, čo potvrdzujú aj Nagy – Štekauerová, (2006). Plánovaním krajiny pri súčasnom zohľadnení viacerých ukazovateľov sa na Slovensku venuje napríklad Muchová a kol. (2016), pričom významným parametrom v uvedenej práci je práve voda v krajine. Touto problematikou je potrebné sa ďalej zaoberať a hľadať možnosti ako týmto situáciám predchádzať.

POĎAKOVANIE

Vznik príspevku bol možný aj vďaka podpore Grantovej agentúry SPU v Nitre (08-GA SPU-16).

LITERATÚRA

ANTAL, J. - IGAZ, D. 2012. Aplikovaná agrohydrologia. Nitra: SPU v Nitre. 2012. ISBN 978-80-552-0731-5.

ATLAS KRAJINY SR. 2015 [online], [cit. 2015-03-30]. Dostupné na internete: <<http://globus.sazp.sk/atlassr/>>.

BURGER, F. – LÁTEČKA, M. 2005. Modelovanie a numerická simulácia infiltrácie závlahovej vody do pórovitého prostredia in Acta horticulturae et regiotecturae. mimoriadne číslo, str. 173-177. ISSN 1335-2563.

DECAGON DEVICES. [online], [cit. 2014-03-30]. Dostupné na internete: <<http://www.decagon.com/products/soils/volumetric-water-content-sensors/10hs-soil-moisture-large-area-of-influence/>>.

JARABICA, V. et al. 2003. Územný plán mesta Nitra. Nitra: 2003.

JORIS, I. – FEYEN, J. 2003. Modelling Water Flow and Seasonal Soil Moisture Dynamics in an Alluvial Groundwater-fed Wetland in Hydrology and Earth System Sciences 7(1), 57-66. 2003.

IGAZ, D. – MATIÁŠOVÁ, Z. – ŠIŠKA, B. 2005. Určovanie zložiek vodnej bilancie modelom Global in Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. 2005. ISBN 80-86 690–31-08.

KALETOVÁ, T. et al. 2012. Využitelnost údajov komplexného prieskumu pôd pri diagnostike vodného režimu pôdy in Acta Hydrologica Slovaca. č. 1, str. 28-37. ISSN 1335-6291.

LUNT, I.A. – HUBBARD, S.S. – RUBIN, Y. 2005 Soil moisture content estimation using ground-penetrating radar reflection data in Journal of Hydrology. vol. 307, pages 254 – 269. ISSN 0022-1694.

MUCHOVÁ, Z. a kol. 2016. Possibilities of optimal land use as a consequence of lessons learned from land consolidation projects (Slovakia) In Ecological Engineering, č. 90, str. 294-306, ISSN 0925-8574.

NAGY, V. - ŠTEKAUEROVÁ, V. 2006. Using of New Methods of Soil Water Content Measurement for Intention of Soil Water Regime Optimalization in Bioklimatologické pracovné dni 2006. ISBN 80-89186-12-2.

ŠIMANSKÝ, V. – TOBISŠOVÁ, E. – CHLPÍK, J. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates In Soil & Tillage Research, vol. 100, pages 125-132. ISSN 0167-1987. doi: 10.1016/j.still.2008.05.008.

ŠIMŮNEK, J. et al., 2012. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Riverside: University of California Riverside, 2012.

ŠTĚPÁNEK, P. et al. 2008. RCM ALADIN-CLIMATE/CZ simulation of 2020-2050 climate over the Czech Republic. In: Vedecká konferencia "Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině", Mikulov 9. – 11.9.2008, ISBN 978-80-86690-55-1

ŠÚTOR, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. 2001. Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch – Využitie súborov údajov získaných monitoringom In Acta Hydrologica Slovaca. č. 1, str. 64 -71. ISSN 1335-6291.

VITKOVÁ, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. – SKALOVÁ, J. 2013a. Changes in soil water storage due to climate change in Crop Production - Növénytermelés, ISSN 0546-8191. 2013

VITKOVÁ, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. – SKALOVÁ, J. 2013b. Zmeny v zásobách pôdnej vody v dôsledku predpokladanej zmeny klímy in Acta Hydrologica Slovaca, č. 1, str. 5 -8. ISSN 1335-6291. 2013

ZENG, Y. – SU, Z. – WAN, L. et al. 2009. Diurnal Pattern of the Drying Front in Desert and its Application for Determining the Effective Infiltration in Hydrology and Earth System Sciences 13, 703-714. ISSN 1027-5606. 2009.

KONTAKTNÁ ADRESA:

Ing. Andrej Tárnik, PhD., Katedra biometeorológie a hydrológie, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 76, Nitra, Slovensko. andrej.tarnik@uniag.sk, +421 37 641 5249