

MONITORING ZÁSoby VODY V LESNEJ PÔDE NA TMP ČIFÁRE V ROKOCH 1999 – 2009

† JOZEF IŠTOŇA, PAVEL PAVLENDÁ

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: pavel.pavlena@nlcsk.org

IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P., 2011: Monitoring of water storage in forest soils on PMP Čifáre in the years 1999 – 2009. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 57(3): 178-186, 5 fig., tab. 5, ref. 21. Original paper. ISSN 0323 – 1046.

This paper shows the results of long-time monitoring of moisture regime in 0–1 m thick layers of clay-loamy forest soil, ascertained in the years of 1999–2009 on a permanent monitoring plot (PMP) Čifáre. The plot is situated at an altitude of 225 m, in a 75 year old stand of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) with a dense undergrowth of shrubs. It is classified to the first forest vegetation tier and mesotrophic group of forest types Carpineto-Quercetum (CQ), in the sense of ZLATNÍK (1959).

Soil moisture was determined gravimetrically and reserves of water in the whole soil profile (mm) were recalculated on the volume percentage of three hydrolimits Θ_{FWC} – field water capacity, Θ_{PLA} – point of decreased water availability and Θ_{WP} – wilting point.

Vegetation periods were evaluated based on precipitation ratio to long-time normal (% LN) and precipitation-thermal ratios (KHT – Seljaninov) and subsequently the dynamics and trend of soil water storage were also evaluated. Trends of soil water storage in the studied period, as well as in selected years and according minimal and maximal values, were evaluated by means of linear regression. The results of the statistical analysis hint at decreasing soil water content, intensive drying of soils and frequent shortage of plant available water during summer and autumn months.

Key words: forest soil, precipitation, soil water, trend analysis, soil drying-out

V predkladanej práci uvádzame výsledky dlhodobého monitoringu vlhkostného režimu ťažšej lesnej pôdy vo vrstve 0 – 1 m, realizovaného v rokoch 1999 – 2009 na TMP Čifáre. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 225 m v 75-ročnom poraste duba cerového (*Quercus cerris* L.) silne podrastenom krovínami. Zaradená je do 1. vegetačného stupňa a do mezotrofnej skupiny lesných typov (slt) Carpineto-Quercetum (CQ) v zmysle ZLATNÍKA (1959).

Vlhkosť pôdy sme stanovili gravimetricky a zásoby vody v pôdnom profile (mm) sme prepočítali na % (objemové) troch hydrolimitov Θ_{PVK} , Θ_{BZD} a Θ_{BV} .

Vegetačné obdobia boli vyhodnotené na základe dlhodobých zrážkových normálov a zrážkovo-teplotných pomerov (K_{HT} – Seljaninov) a následne je vyhodnotená aj dynamika a trend zásoby pôdnej vody. Trend zásob pôdnej vody v sledovanom období, ako aj vo vybraných rokoch a podľa minimálnych a maximálnych hodnôt bol vyhodnotený pomocou lineárnej regresie. Výsledky štatistickej analýzy poukazujú na klesajúci obsah vlhky v pôde, silné presychanie pôd a častý nedostatok rastlinám prístupnej vody počas letných a jesenných mesiacov.

Kľúčové slová: lesná pôda, zrážky, pôdna voda, trendová analýza, presychanie pôd

1. Úvod a rozbor problematiky

Lesy sú v súčasnosti silne stresované v dôsledku pôsobenia imisných dopadov a meniacej sa chémie atmosféry. LAPIN *et al.* (2001), ale aj správa Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (Intergovernmental Panel on

Climate Change – IPCC) z novembra 2007 okrem iného poukazujú na to, že v súčasnosti už viac ako dvojnásobné zvýšenie koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére – medzi ktoré patrí i CO_2 – podnecuje nielen celkové otepľovanie atmosféry, ale aj veľkú rozkolísanosť v chode

klimatických prvkov. Predpokladáme, že význam lesov v období prebiehajúcej klimatickej zmeny ešte viac stúpne, pretože pri fotosyntéze viažu CO_2 .

Vlhkostný režim pôd má v našej zemepisnej šírke počas roka špecifickú dynamiku i periodicitu, pretože obsah vody v pôde je ovplyvnený celým radom faktorov. K najväčším a najdôležitejším zmenám vlhkosti pôdy dochádza vo vegetačnom období. Pôdy v nížinách a pahorkatinách v letnom a jesennom období pravidelne presychajú, ale najmä v posledných dvoch desaťročiach sa vyskytuje veľa extrémne suchých rokov. Prebiehajúca zmena klimatických podmienok sa prejavuje aj zmenami v chode zásob pôdnej vody, preto je vlhkosť pôd potrebné neustále monitorovať.

Cieľom príspevku je analýza a vyhodnotenie dlhodobej dynamiky i trendu zásob pôdnej vody pod dubinou (cerinou) vo vegetačnom období v rokoch 1999 až 2009.

2. Materiál a metódy

Zásobu pôdnej vody sme počas 11 vegetačných období sledovali na trvalej monitorovacej ploche (TMP) Čifáre, ktorá je v rámci programu ICP Forests zaradená medzi monitorovacie plochy II. úrovne. Lesný porast na ploche a v okolí obhospodaruje OZ Levice.

Plocha sa nachádza v severovýchodnej časti Podunajskej pahorkatiny na mierne členitom reliéfe v geomorfologickom podcelku Hronská pahorkatina, časť Bešianska pahorkatina, do ktorej v severnej časti klinovito prenikajú Kozmálovské kopce Štiavnických vrchov (MAZÚR & LUKNIŠ 1986). Samotná plocha je v nadmorskej výške 225 m, na miernom svahu s JV expozíciou a sklonom do 10%.

Nachádza sa v teplej klimatickej oblasti (klimatický okrsok teplý, mierne suchý s miernou zimou) s počtom 60 až 70 letných dní v roku. Priemerná ročná teplota je okolo 9 °C, vo vegetačnom období okolo 16 °C, ročný úhrn zrážok je 560 mm, vo vegetačnom období 290 mm (TUŽINSKÝ 2004).

Plocha reprezentuje ekologické pomery nížin až pahorkatín na juhozápadnom Slovensku a reprezentuje modelovú plochu dubín (cerín) na sprašovej hline. Typologicky bola zaradená do skupiny 1. dubového lesného vegetačného stupňa (Ivs), mezotrofnej skupiny lesných typov (slt) *Carpineto-Quercetum* (v zmysle ZLATNÍKA, 1959) a lesného typu (lt) č. 1307 – mrvicová hrabová dúbava na spraši (v zmysle HANČINSKÉHO, 1972). Vzhľadom na to, že ZLATNÍK (1976) s hrabom ako edificátorom biocenóz slt *Carpineto-Quercetum* uvažuje až do 2. Ivs, je možné vyššie uvedené zatriedenie prehodnotiť, a v tom prípade by daná skupina lesných typov bola v 2. Ivs.

Stromovú vrstvu tvorí takmer iba dub cerový (*Quercus cerris* L.), ku ktorému je ojedinele primiešaný dub zimný. Je to tenšia cerová kmeňovina vo veku 75 – 85 rokov. Krovitý podrast je silne vyvinutý s veľkou prevahou trnky nad zobom vtáčím, hlohom a ružou ší-

povou, ktoré dopĺňa ojedinelý výskyt drieňa, rešetliaka prečisťujúceho, bresta hrabolistého a černice.

PAVLENDÁ *et al.* (2009) na základe zistených vlastností pôdy plochu zaradili do skupiny pôd ilimerických, a to ako hnedozem luvizemnú (MKSP 2000), resp. Haplic Luvisol (WRB 1998). Pôda je ťažšia, ťlovito-hlinitá, len v povrchovej vrstve hlinitejšia, stredne hlboká (100 cm), silnejšie uľahnutá, v letných mesiacoch preschýnajúca, so zhoršenými vodovzdušnými pomermi.

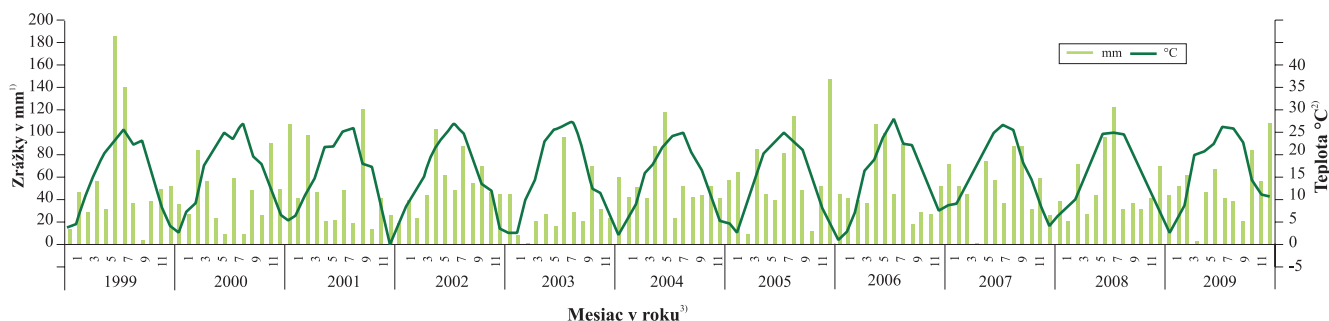
Vlhkosť pôdy do hĺbky 1 m sa zisťovala v dvojtyždňových (jar, leto, jeseň) až štvortyždňových (zima) intervaloch na vonkajšej zóne plochy s použitím pôdneho vrtáka v štyroch opakovaniach. Prieskumným májovým odberom vzoriek a štatistickou analýzou 50 vzoriek odobratých po 10-centimetrových vrstvách do hĺbky 0,5 m sme zistili, že variabilitu hodnôt vlhkosti pôdy pri uvedenom počte opakovaní dokážeme stanoviť s presnosťou $\pm 10\%$ pri 95 % spoľahlivosti, s výnimkou povrchovej vrstvy 0 – 5 cm. Vzorky jemnozeme sme odobrali do hliníkových odvažovačiek s 10 cm odstupom až do hĺbky 1 m. Po odvážení a vysušení vzoriek pri 105 °C sme obsah vody stanovili gravimetrickou metódou v % hmotnosti, prepočítali na objemové % a kvantifikovali sme stav zásob vody v pôdnych vrstvách. Okrem toho sme jednorázovo odobrali vzorky pôdy podľa vrstiev do 1 m na zrnitosťný rozbor a vyplavovacou metódou sme v nich kvantifikovali štyri frakcie jemnozeme. Na určenie objemovej hmotnosti i ďalších fyzikálnych veličín pôdnych vrstiev sme v štyroch opakovaniach odobrali vzorky pôdy do fyzikálnych valčekov (podľa metodiky KOBZU *et al.* 1999).

Pri hodnotení vegetačného obdobia len podľa množstva zrážok sa použila stupnica dlhodobého normálu úhrnu zrážok (% DN). Pri hodnotení vegetačného obdobia podľa množstva zrážok a teploty vzduchu bol použitý hydrotermický koeficient (K_{HT}) podľa Seljaninova, ktorý vychádza z podielu sumy zrážok a sumy priemerných denných teplôt vyšších ako 10 °C za hodnotené obdobie. Obidve stupnice s ich charakteristikou možno nájsť aj v práci KOTOROVÁ & MATI (2008). Na výpočet boli použité meteorologické údaje (atmosférické zrážky, teplota vzduchu) z najbližšej meteorologickej stanice (Mochovce), ktoré boli získané z podkladov SHMÚ Bratislava.

Na stanovenie hodnôt konvenčne používaných hydro-limitov, a to poľná vodná kapacita (Θ_{PVK}), bod zníženej dostupnosti (Θ_{BZD}) a bod vädnutia (Θ_{BV}) sme využili metódu uvádzanú v práci ŠÚTORA & ŠTEKAUEROVEJ (2003). Trendové línie sme získali pomocou lineárnej regresnej funkcie $y = a + bx$ a významnosť zmien zásob vody sme zistili pomocou t-testu. Testovanie i štatistické charakteristiky sú urobené pomocou programov Statistica 8.0.

3. Výsledky

Priebeh zásoby vody v pôde závisí predovšetkým od rozdelenia atmosférických zrážok a od teplotných pomerov počas roka, resp. vegetačného obdobia. Do obrázku



Obr. 1. Priemerné mesačné teploty vzduchu a mesačné úhrny zrážok na meteorologickej stanici v Mochovciach v rokoch 1999 až 2009

Fig. 1. Average monthly air temperatures and monthly precipitations at meteorological station Mochovce in the years 1999 – 2009

¹⁾Precipitation in mm, ²⁾Month

1 sú preto vložené mesačné presné údaje mesačných zrážok i priemerných mesačných teplôt za roky 1999 až 2009 zaznamenané na najbližšej meteorologickej stanici Mochovce. Pri vhodne nastavených stupniciach (napr. 1 : 4) nám zobrazenie zrážkových hodnôt nad alebo pod teplotnou krivkou rámcovo poukazuje na možný dostatok i nedostatok vlhky v pôde. Už na prvý pohľad sú viditeľné tri veľmi suché vegetačné obdobia v rokoch 2000, 2003 a 2009 a naopak, len v roku 1999 extrémny nadbytok zrážok. Roky 2001 a 2007 patrili k suchším v prvej polovici vegetačného obdobia, zatiaľ čo roky 2004 a 2005 sa javia viac-menej normálne a roky 2002, 2006 a 2008 ako vlhovo dobre zabezpečené.

Rozdiely zistené medzi sumou zrážok vo vegetačnom období príslušného roka a dlhodobým priemerným úhrnom zrážok vo vegetačnom období (% DN) a v zráž-

kovo-teplotných pomeroch podľa hydrotermického koeficientu (K_{HT}) sú prezentované v tabuľke 1.

Hodnoty percentuálneho podielu zrážkových úhrnov z dlhodobého normálu sa pohybovali v rozpätí 56 – 158 %, čo charakterizuje rozpätie výskytu od extrémne suchých po extrémne vlhké vegetačné obdobie. Z jednástich vegetačných období boli tri veľmi suché (2000, 2003 a 2009), šesť vlhších (2002, 2004, 2005, 2006, 2007 a 2008), jedno normálne (2001) a jedno extrémne vlhké (1999).

Hodnoty hydrotermického koeficientu (K_{HT}) kolísali v rozpätí 0,52 – 1,48, pričom sa tiež vyskytlo sedem vegetačných období s dostatkom vlhky a tri s nedostatkom vlhky.

Pre posudzovanie disponibilných zásob vody v pôde sa konvenčne používajú tri hydrolimity, a to poľná vodná

Tabuľka 1. Charakteristika vegetačných období v rokoch 1999 až 2009 (% DN – podiel zrážok z dlhodobého normálu, K_{HT} – zrážkovo-teplotný koeficient)

Table 1. Characteristics of vegetation periods 1999 – 2009 (% DN – precipitation ratio of long-term normal, K_{HT} – precipitation-thermal coefficient)

Rok ¹⁾	Suma zrážok ²⁾ mm	DN ³⁾ %	Charakteristika ⁴⁾	K_{HT} ⁵⁾	Charakteristika ⁴⁾
1999	459	158	extrémne vlhké ⁶⁾	1,48	dostatok vlhky ⁷⁾
2000	163	56	extrémne suché ⁸⁾	0,52	rozhranie nedostatku vlhky a sucha ⁹⁾
2001	280	96	normálne ¹⁰⁾	0,98	rozhranie nedostatku a dostatku vlhky ¹¹⁾
2002	402	138	veľmi vlhké ¹²⁾	1,32	dostatok vlhky ⁷⁾
2003	212	73	veľmi suché ¹³⁾	0,64	nedostatok vlhky ¹⁴⁾
2004	368	127	veľmi vlhké ¹²⁾	1,31	dostatok vlhky ⁷⁾
2005	416	143	veľmi vlhké ¹²⁾	1,43	dostatok vlhky ⁷⁾
2006	399	138	veľmi vlhké ¹²⁾	1,31	dostatok vlhky ⁷⁾
2007	348	120	vlhké ¹⁵⁾	1,09	dostatok vlhky ⁷⁾
2008	361	124	veľmi vlhké ¹²⁾	1,20	dostatok vlhky ⁷⁾
2009	217	75	veľmi suché ¹³⁾	0,65	nedostatok vlhky ¹⁴⁾

¹⁾Year, ²⁾Total precipitation, ³⁾Long-term normal, ⁴⁾Characteristic, ⁵⁾Hydrothermal coefficient, ⁶⁾Extremely moist, ⁷⁾Sufficient moisture, ⁸⁾Extremely dry, ⁹⁾Interface between insufficient moisture and dryness, ¹⁰⁾Normal, ¹¹⁾Interface between insufficient and sufficient moisture, ¹²⁾Very moist, ¹³⁾Very dry, ¹⁴⁾Insufficient moisture, ¹⁵⁾Moist

Tabuľka 2. Hydrolimity jednotlivých vrstiev pôdy na TMP Čifáre

Table 2. Hydrolimits of individual soil layers from PMP Čifáre

Vrstva ¹⁾ cm	$\Theta_{PVK}^{2)}$	$\Theta_{BZD}^{3)}$	$\Theta_{BV}^{4)}$
	% objemu ⁵⁾		
0 – 10	33,7	21,9	16,2
10 – 20	33,8	22,1	16,4
20 – 30	33,8	22,1	16,4
30 – 40	34,8	24,1	17,4
40 – 50	35,2	24,6	19,1
50 – 60	35,2	24,7	19,1
60 – 70	35,6	25,6	20,3
70 – 80	35,7	25,7	20,3
80 – 90	35,5	25,4	19,9
90 – 100	35,5	25,3	19,8
Σ 0 – 100	349	242	185

¹⁾Layer, ²⁾Field moisture capacity, ³⁾Point of decreased availability,

⁴⁾Wilting point, ⁵⁾Volume %

kapacita (Θ_{PVK}) zodpovedajúca hodnote $pF_{PVK} = 2,6$, bod zníženej dostupnosti (Θ_{BZD}) zodpovedajúci hodnote $pF_{BZD} = 3,3$ a bod vädnutia (Θ_{BV}) zodpovedajúci hodnote $pF_{BV} = 4,18$ v zóne aerácie pôdy. Uvedené hydrolimity sú charakteristickými bodmi vlhkostnej retenčnej čiary. Na ich stanovenie sme použili už spomínanú metódu, ktorá sa zakladá na obecnej závislosti jednotlivých hydrolimitov od obsahu častíc 1. frakcie (t. j. % častíc < 0,01 mm) s využitím pedo-transférovoých funkcií. Výsledné hodnoty sú uvedené v tabuľke 2.

Z viacerých pracovných zobrazení a trendových výpočtov sa ako najvhodnejšia javí dynamika zásob vody v 0 – 1 m vrstve pôdy vo vegetačných obdobiach rokov 1999 až 2009, ktorú sme doplnili o hodnotu zásoby pôdnej vody na začiatku apríla 2010. Celý jej priebeh je zobrazený na obrázku 2. Na obrázku vidieť dynamiku zásob

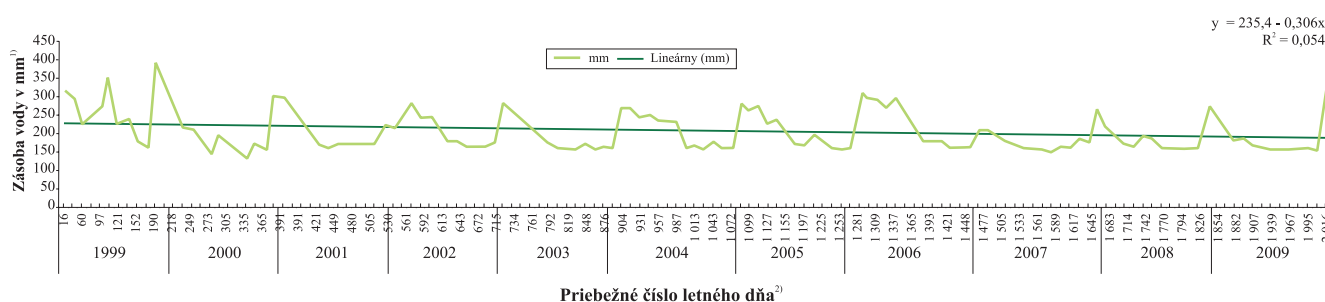
pôdnej vody v 11 vegetačných obdobiach, opakujúce sa krajné hodnoty s maximom počas jarných a minimom v letných a jesenných mesiacoch a celkový trend za sledované roky.

Zásoba vody sa počas jednotlivých rokov veľmi mení v závislosti od množstva zrážok. Zrážkovo najvýdatnejší jún a júl v roku 1999 bol veľmi extrémny a spôsobil, že zásoba pôdnej vody dosiahla aj v polovici leta, hoci krátkodobu, aj hodnotu poľnej vodnej kapacity, čo sa v ďalších rokoch už nezopakovalo. Dosiahnutie hodnoty PVK je v našich pomeroch zvyčajné v predjarnom období, no ani to nebýva stále. Výnimočný bol začiatok vegetačného obdobia v rokoch 2000, 2006 a 2010, kedy zásoba dosiahla limit PVK alebo bola blízko neho a v ostatných rokoch, okrem roka 2007 (v ktorom klesla pod BZD) sa jej hodnota pohybovala medzi BZD a PVK.

Typický pre letné mesiace je v daných podmienkach nedostatok atmosférických zrážok. S vlnou horúčav sa zintenzívňuje evapotranspirácia a pôdy veľmi presychajú. Zrážkovo slabé roky 2000, 2003, 2007 a 2009 sa odrazili aj v nízkej zásobe pôdnej vody a iba ojedinelé zrážky nakrátko prerušovali dlhšie obdobie sucha. Najdlhšie letné sucho bolo v rokoch 2000, 2001, 2002, 2003, 2007 a 2009, kedy už od júla zásoba vody v pôde bola pod BV. Treba dodať, že aj v tom najvlhšom začiatku leta, ktorý bol v roku 1999, došlo koncom augusta tak isto k preschnutiu pôdy a zásoba vody, hoci krátko, tiež klesla pod BV.

Na obrázku 3 je znázornený chod priemerných jarných (obdobie 4. – 6.) a letných (obdobie 7. – 9.) zásob vody v pôdnej vrstve 0 – 1 m v sledovaných rokoch. Štatistickým testom významnosti rozdielov priemerných hodnôt na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ sa v 9 z 11 prípadov zistili významné rozdiely medzi sezónami a iba v dvoch prípadoch (rok 1999 a 2008) sa vzhľadom na výdatnejšie júlové zrážky rozdiely štatisticky nepotvrdili.

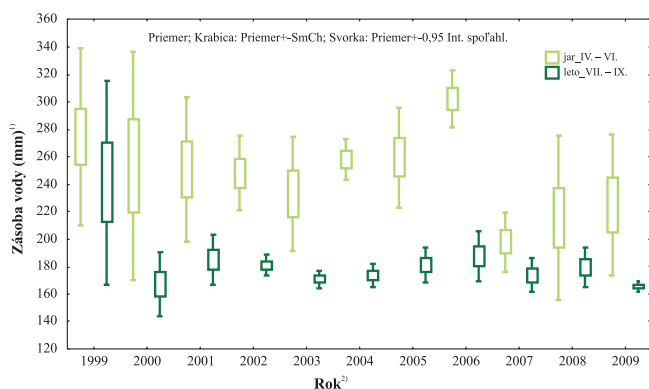
Maximálna zásoba pôdnej vody (W_{max}) predstavuje najvyššiu zistenú zásobu v pôdnom profile 0 – 1 m vo vegetačnom období daného roka. Minimálna zásoba pôdnej vody (W_{min}) predstavuje naopak najnižšiu zásobu



Obr. 2. Dynamika zásob vody vo vrstve pôdy 0 – 1 m a jej trend vo vegetačných obdobiach (1. 4. – 30. 9.) rokov 1999 – 2009

Fig. 2. Dynamics of soil water storage in soil layer 0 – 1 m and their trend in vegetation periods (April 1st – September 30th) in the years 1999 – 2009

¹⁾Water reserve in mm, ²⁾Consecutive number of summer day



Obr. 3. Priemerná zásoba vody v 0 – 1 m vrstve pôdy na TMP Čifáre v jarnom (4. – 6.) a letnom (7. – 9.) období rokov 1999 – 2009

Fig. 3. Average storage of water in 0 – 1 m soil layer on PMP Čifáre in spring (IV–VI) and summer (VII–IX) periods in years 1999–2009

¹⁾Water reserve in mm, ²⁾Year

vody. Priemerná zásoba pôdnej vody (W_o) je aritmetickým priemerom zásob pôdnej vody z jednotlivých odberov v priebehu vegetačného obdobia daného roku. Hodnoty uvedených zásob sú v tabuľke 3 vyjadrené ako percentuálny podiel z príslušného hydrolimitu.

Maximálna zásoba pôdnej vody dosahovala 63 – 113 % poľnej vodnej kapacity a najčastejšie ide o jarnú

Tabuľka 3. Zásoba pôdnej vody vo vegetačných obdobiach rokov 1999 – 2009, percento z hydrolimitu

Table 3. Soil water storage in vegetation periods 1999–2009, percentage of hydrolimit

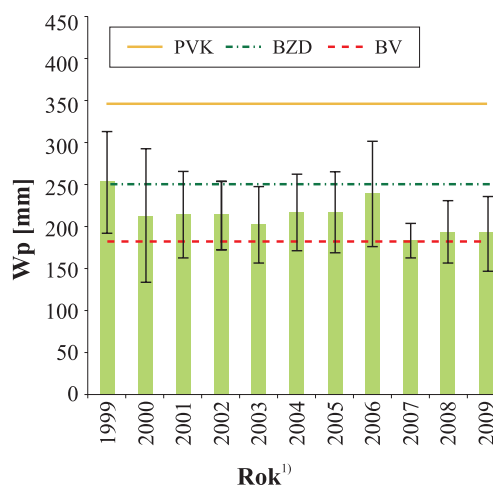
Rok ¹⁾	Maximálna zásoba ²⁾	Priemerná zásoba ³⁾	Minimálna zásoba ⁴⁾
	% Θ_{PVK} ⁵⁾	% Θ_{BZD} ⁶⁾	% Θ_{BV} ⁷⁾
	0 – 100 cm	0 – 100 cm	0 – 100 cm
1999	102,2	105,1	90,5
2000	112,5	88,2	71,2
2001	87,8	88,9	91,9
2002	83,3	88,6	94,2
2003	83,4	84,3	88,6
2004	80,0	90,3	90,3
2005	87,5	89,7	90,1
2006	95,5	99,3	92,5
2007	62,5	76,3	85,7
2008	83,9	80,3	90,4
2009	89,0	80,7	88,2
Priemer ⁸⁾	88,0	88,3	88,3

¹⁾Year, ²⁾Maximum water supply, ³⁾Average water supply, ⁴⁾Minimum water supply, ⁵⁾Field moisture capacity, ⁶⁾Point of decreased availability, ⁷⁾Wilting point, ⁸⁾Average

zásobu vody. Jej priemerná hodnota je 88 %. Najnižšia hodnota (63 %) sa zistila v roku 2007 pri nevyrovnanom vlhkosťnom režime, keď za celý apríl nepadli takmer žiadne zrážky. Najvyššia zásoba pôdnej vody (113 %) bola zaznamenaná v apríli 2000, po výdatných marcových zrážkach a veľmi dobrej zimnej zásobe vody, hoci zvyšok vegetačného obdobia v tomto roku radíme medzi extrémne suchý. Výrazne sa to odrazilo na hodnote minimálnej zásoby pôdnej vody (71 % BV). Najväčšia minimálna zásoba (90 – 94 %) bola v rokoch s najvlhším vegetačným obdobím a jej priemerná hodnota za sledované roky dosiahla 88 %.

Hodnoty priemernej zásoby pôdnej vody sa počas vegetačného obdobia pohybovali v intervale 76 až 105 % BZD. Najnižšia priemerná zásoba vody sa zistila v roku 2007 a najvyššia bola v extrémne vlhkom roku 1999. Aritmetický priemer priemerných zásob pôdnej vody v sledovanom období činil 88 % BZD, čo znamená, že aktuálna zásoba vody sa najčastejšie pohybovala medzi zásobou Θ_{BZD} a Θ_{BV} .

Na obrázku 4 sú hodnoty priemerných zásob vody v 0 – 1 m vrstve pôdy zistené vo vegetačných obdobiach rokov 1999 až 2009 prezentované spolu s hodnotami hydrolimitov. Vlhkosťne najpriaznivejšie bolo vegetačné obdobie v roku 1999 a 2006, keď sa priemerná zásoba pôdnej vody pohybovala tesne okolo zásoby Θ_{BZD} . Na druhej strane vegetačné obdobia rokov 2007 až 2009 patrili medzi najsuchšie, s priemernou zásobou pôdnej vody blízko zásobe Θ_{BV} . V rokoch 2000 až 2005 sa priemerná zásoba pôdnej vody pohybovala medzi zásobou Θ_{BZD} a Θ_{BV} s hodnotou okolo 225 mm. Priemer extrémne suchších rokov maskuje dlhšie trvajúca veľmi dobrá jarná zásoba pôdnej vody, hoci v jarných mesiacoch spravidla len slabo pršalo.



Obr. 4. Priemerné zásoby pôdnej vody a hodnoty hydrolimitov vo vrstve 0 – 1 m vo vegetačných obdobiach rokov 1999 – 2009

Fig. 4. Mean soil water storages and values of hydrolimits in layer 0 – 1 m in vegetation periods 1999–2009

¹⁾Year

Tabuľka 4. Rozdiely v priemerných zásobách pôdnej vody vo vrstve 0 – 1 m vo vegetačných obdobiach rokov 1999 – 2009 (t-test, $\alpha = 0,05$)

Table 4. Differences in average reserves of soil water in layer of 0 – 1 m in vegetation periods of the years 1999 – 2009 (t-test, $\alpha = 0.05$)

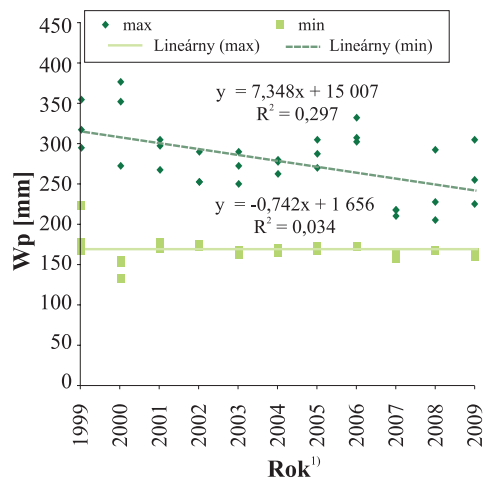
Rok ¹⁾	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1999				**	**				**	**	**
2000											
2001											
2002	**								**		
2003	**										
2004									**		
2005									**		
2006									**	**	**
2007	**			**		**	**	**			
2008	**							**			
2009	**							**			

¹⁾Year

Výsledky Studentovho t-testu poukazujú na významné rozdiely medzi zásobami pôdnej vody zistenými predovšetkým v najvlhších a najsuchších rokoch.

Na obrázku 2 je trend zásob pôdnej vody v 0 – 1 m vrstve pôdy odvodený zo všetkých hodnôt zistených v období mesiacov 4. až 9. v rokoch 1999 až 2009, na čo bola použitá rovnica priamky. Parametre tejto i ďalších trendových čiar s najdôležitejšími štatistickými charakteristikami sú uvedené v tabuľke 5.

Výsledky štatistickej analýzy s 99-percentnou spoľahlivosťou potvrdili, že nielen z dlhodobého hľadiska (leto a zima), ale aj v letnom období dochádza k významnému poklesu zásob pôdnej vody. Aj trendy na obrázku 5 odvodené z trojice maximálnych i minimálnych hodnôt daných rokov poukazujú na pokles pôdnej vlhky, ktorý je výraznejší v prípade maximálnych a len nevýrazný v prípade minimálnych hodnôt. To môže znamenať, že i ďalším otepľovaním a preschýňaním pôd sa terajšia minimálna zásoba pôdnej vody v najbližšej budúcnosti



Obr. 5. Trend minimálnych a maximálnych zásob vody v pôdnej vrstve 0 – 1 m v období 1. 4. až 30. 9. v rokoch 1999 – 2009

Fig. 5. Trend of minimum and maximum storages in soil layer 0 – 1m in the period 1 Apr – 30 Sep in the years 1999–2009

¹⁾Year

Tabuľka 5. Základné štatistické charakteristiky trendov zásob pôdnej vody vo vybraných obdobiach rokov 1999 a 2009 (t-test)

Table 5. Basic statistical characteristics of soil water storage trends in selected periods of the years 1999–2009 (t-test)

Charakteristika trendov ¹⁾	N	a	b	R ²	p	P %
Priebežný trend (rok 1999 – 2009) ²⁾	464	237,4	-0,0082	0,0301	0,0080	99
Letný trend (1. 4. 1999 – 1. 4. 2010) ³⁾	139	236,1	-0,0213	0,0545	0,0057	99
Vybrané obdobie (z priemerných hodnôt) ⁴⁾	1. 4. 1999 – 1. 4. 2010	11	235,7	-3,6424	0,3585	95
	1. 4. 2000 – 1. 4. 2010	10	223,8	-2,1460	0,1687	76
	1. 4. 2000 – 30. 9. 2006	7	201,8	3,1839	0,3872	86

¹⁾Characteristic of trends, ²⁾Running trend (in the years 1999–2000), ³⁾Summer trend, ⁴⁾Selected period (from the average values)

(aj v prípade predpokladaného 5 percentného poklesu zrážok) pravdepodobne nebude veľmi meniť.

4. Diskusia

Problematicku vplyvu globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska podrobne rozoberajú MINĐÁŠ & ŠKVARENINA (1996, 2003) a ČABOUN, MINĐÁŠ, PRIWITZER, ZÚBRIK, MORAVČÍK (2008). Aj ďalší autori, napr. TUŽINSKÝ (2004), ŠKVARENINA *et al.* (2006), SITKOVÁ *et al.* (2008), IŠTOŇA (2009) a iní poukazujú, že nedostatok zrážok objavujúci sa v poslednom období na väčšej časti územia Slovenska bude mať negatívny vplyv na vlhové zabezpečenie, zdravotný stav a produkciu lesných drevín od nížin až po horské polohy. Nedostatkem vlhavy budú najviac ohrozené nížinné a pahorkatinné polohy.

Z hodnotenia vegetačných období rokov 1999 – 2009 vyplýva, že priemerné údaje vybraného meteorologického faktora charakterizujúceho vegetačné obdobie môžu niekedy aj výsledok skresľovať. Napríklad roky 2001 a 2007 podľa hodnôt % DN a koeficienta K_{HT} vychádzajú ako vlhovo normálne, alebo dokonca ich hodnotíme ako obdobie s dostatkom vlhavy. Charakteristiku však treba doplniť o veľmi nepriaznivú distribúciu zrážok (viď obr. 1) a čo je dôležité, môže sa to stať aj pri zníženej jarnej zásobe, hoci vo väčšine rokov sa za normálneho chodu zrážok i dobrej počiatkovej zásobe vody v pôde ich charakteristiky rámcovo zhodujú. Treba si uvedomiť, že v našich pomeroch rozhodujúcim obdobím pre rozvoj lesnej vegetácie v rámci vegetačného obdobia je dobré vlhové zabezpečenie z jarnej zásoby a nedostatok zrážok v celom období, najmä počas mája a júna. Na druhej strane poľné ekosystémy potrebujú nedostatok vlhavy už v apríli.

Ak vzájomne porovnáme hodnoty charakteristík % DN a K_{HT} (tab. 1), zistíme v niektorých rokoch rozdielnosti. Preto sme v dvoch prípadoch, keď išlo o hodnoty blízke rozhraniu, vložili spresnenie. Na nesúlad medzi hodnotením obsahu pôdnej vlhavy pomocou koeficientu K_{HT} a hodnotením skutočných zásob pôdnej vody poukazuje aj ŠŤATOR *et al.* in KOTOROVÁ & MATI (2008). Navrhujú posunúť hranicu nedostatku vlhavy z hodnoty 1,0 na 1,25, s čím môžeme súhlasiť. Myslíme si, že potom aj hranicu medzi nedostatkom vlhavy a suchom treba posunúť k vyššej hodnote.

Vieme, že hodnoty meteorologických charakteristík nemajú lineárny priebeh, ale v našich zemepisných šírkach sa periodicky opakujú, pričom dĺžka periódy sa mení podľa sledovanej charakteristiky, presnosti a dĺžky sledovania. Preto predpokladáme po suchšom období v blízkej budúcnosti výskyt aj vlhších rokov, čo môže spôsobiť zmiernenie trendového poklesu zásob pôdnej vody vo vegetačných obdobiach. Potvrdil nám to už vlhký začiatok jari v roku 2010, ale hlavne extrémne májové i júnové zrážky. Začiatkom júna v niektorých regiónoch padlo za 2 až 3 hodiny trvalého dažďa 50 až 100 mm zrážkovej vody, a tá spôsobila rozsiahle povodne

na severovýchode a východe Slovenska. Meteorológia v spojitosti s predpokladaným otepľovaním aj do budúcnosti prognózuje takéto lejaky, ktoré budú pôsobiť viac-menej regionálne a budú spôsobovať prívalové povodne i na menších vodných tokoch.

Ak chceme hodnotiť prostredie komplexne, nezaobídeme sa bez dôkladného poznávania klimatických vplyvov. Napr. aj pri sledovaní zložitého mechanizmu poškodzovania lesných porastov imisiami v nížinných polohách musíme zväziť podiel imisného vplyvu a vplyvu bežnej dynamiky množstva a kvality zrážok i nedostatku zásoby vody v pôde počas celej rastovej periódy dreviny. Preto v posledných desaťročiach sa vo svete ale aj u nás venuje veľká pozornosť zisťovaniu zákonitostí rastu drevín. Najväčšia pozornosť je venovaná zisťovaniu vplyvu klimatických faktorov na prírastok počas života jedince, najmä na vplyv množstva zrážok, teplotných pomerov a množstva prístupnej vody v pôde, ktoré patria medzi rozhodujúce činitele pri tvorbe biomasy lesa. Pre lesné spoločenstvá, hlavne v 1. a 2. lvs, je dôležitý predovšetkým minimálny obsah vlhavy v pôde, dĺžka trvania tohto vplyvu, a tiež časové obdobie, rozhodujúca je teda skutočnosť, v ktorej časti vegetačného obdobia sa suchá perióda vyskytla. Uvedené skutočnosti majú značný význam z hľadiska zdravotného stavu, vitality drevín a samozrejme aj z hľadiska tvorby biomasy. Z výsledkov dendroklimatickej analýzy rastu cerea na monitorovacej ploche Čifáre sa pomocou štatistických analýz potvrdilo, že najväčší vplyv na veľkosť prírastku má množstvo atmosférických zrážok počas celého roka. Najväčší vplyv majú zrážky počas vegetačného obdobia, v mesiacoch máj a jún, a tiež významný je vplyv decembrových zrážok z predchádzajúceho roka. Vplyv teplôt nie je taký významný ako vplyv zrážok. Najväčší pozitívny vplyv na veľkosť prírastku má teplota v októbri predchádzajúceho roka a teplota vo februári. Množstvo zrážok v mesiacoch marec a apríl veľkosť prírastku významne neovplyvňuje, pretože v týchto mesiacoch je po zime ešte vysoká zásoba pôdnej vlhkosti, ktorá eliminuje prípadné malé množstvo zrážok počas týchto mesiacov (PAJTIK & IŠTOŇA 2003).

Pri hodnotení stavu zásob vody v zóne aerácie pôdy treba pripomenúť, že na ich stanovenie sme použili najviac rozšírenú metódu merania pôdnej vlhkosti. Tá má svoju nevýhodu, že nezohľadňuje rozdielnu potrebu vody pre rastliny. Preto sme si všimli aj fyziologické prejavy vädnutia, najmä bylinného a krovinného podrastu a tiež permanentne sa sleduje hrúbkový prírastok duba cerového. Ak sme zistili, že celková priemerná hodnota zásob vody za sledované obdobie bola 88 % Θ_{BZD} , znamená to, že sa jej celková zásoba najčastejšie pohybovala medzi zásobou Θ_{BZD} a Θ_{BV} . Vtedy už pôdna voda nemá vlastnosti voľnej vody, a ak ju rastlina chce využiť, musí vyvinúť taký tlak, aby prekonal väzbu vody s pôdou.

Na jar roku 2010 dosiahla zásoba vody po desiatich rokoch opäť hodnotu Θ_{PVK} , pritom ani spomínanými vý-

datnými zrážkami sa na celkovom jej klesajúcom trende v podstate nič nezmenilo. Treba viac vlhších rokov, aby sa zistený trend významne zmenil. Trend minimálnych hodnôt zásoby vody v pôde ukazuje, že pokles extrémne nízkych hodnôt nie je tak dramatický, ako v prípade celkového trendu získaného na základe všetkých vo vegetačných obdobiach zistených zásob vody, alebo aj trend maximálnych hodnôt.

Skracovaním vybraného obdobia i rôznou kombináciou výberu môžeme v trendoch prísť dokonca i k opačným výsledkom, ale zvyčajne sa jeho štatistická významnosť na hladine $\alpha = 0,05$ nepotvrdí (tab. 5). Musíme si uvedomiť, že pre hodnotenie trendov zásob pôdnej vody je aj šesťročné obdobie pomerne krátke.

ŠPÁNIK, REPA & ŠIŠKA (2002) a IGAZ, ŠIŠKA & ŠPÁNIK (2004) na základe dlhších časových radov už skôr zaznamenali pokles zásoby pôdnej vody v poľnohospodárskych pôdach. Na základe našich meraní si nedovoľujeme robiť zovšeobecňujúce závery, nakoľko je možné predpokladať, že TMP plocha Čifáre nie je reprezentantom ekosystémov 1. lesného vegetačného stupňa nachádzajúcich sa vo všetkých nížinných polohách Slovenska, ale nanajvýš SV časti Podunajskej nížiny. KOTOROVÁ & MATI (2008) napr. v podobných pôdach Východoslovenskej nížiny v rokoch 1998 – 2007 zistili, že zásoba pôdnej vody v roku 1999 nepatrí medzi najvyššie, hoci v iných rokoch určitá podobnosť s našimi výsledkami existuje.

Vo všeobecnosti sú v súčasnosti lesné ekosystémy v lepších podmienkach z hľadiska znečistenia ovzdušia a imisných vplyvov oproti obdobiu pre niekoľkými desaťročiami, na druhej strane v súčasnosti sú už pod vplyvom prebiehajúcich klimatických zmien. Často sú ovplyvňované aj extrémnymi výkyvmi počasia, ktoré tiež negatívne vplyvajú na fyziológiu drevín. Na základe doterajšieho trendu otepľovania a literárnych údajov opierajúcich sa o výsledky modelovania náhodných (viac-menej nepredvídateľných) klimatických javov, možno v našich podmienkach očakávať zvýšenie priemernej mesačnej teploty ovzdušia do roku 2030 o $+1,5$ až $+2,5$ °C a zníženie množstva letných zrážok o 5 až 10 %. Naopak, v zimnom období sa očakáva zvýšenie množstva zrážok o 5 až 15 %. V prognózach sa hovorí aj o 5 % poklese relatívnej vlhkosti vzduchu a veľkom poklese počtu dní so snehovou pokrývkou (LAPIN, 2006). Dôležitú úlohu bude mať aj distribúcia zrážok z hľadiska času – obdobia roka a z hľadiska priestorového.

Doterajší dlhodobý nepriaznivý chod meteorologických prvkov v období tzv. industrializačnej éry (zvýšenie teploty od roku 1850 o približne 1 °C) svedčí o tom, že lesné ekosystémy sa s touto zmenou viac-menej úspešne vyrovnávajú, hoci toto obdobie sprevádzali viaceré kalamity a zhoršenie zdravotného stavu niektorých lesných drevín, či porastov. Ak by sa naplnili ďalšie očakávané zmeny – zvýšenie teploty a deficitu pôdnej vlahy – mohli by spôsobiť značné zmeny v stanovištných podmienkach dubových spoločenstiev, ktoré tvoria základ lesných po-

rastov 1. a 2. vegetačného stupňa a tam, kde sa vyskytujú viaceré druhy dubov s mnohými krížencami. Vzhľadom na značnú genetickú variabilitu dubov možno ale s určitou opatrnosťou predpokladať, že duby budú schopné adaptovať sa na meniace sa klimatické podmienky. Ak by sa oblasti presychajúcich stanovišť zväčšovali, tak by miestami dub cerový v drevinovom zložení porastov prirodzene nahrádzal dub zimný, pritom každý významný nedostatok vlahy bude zhoršovať zdravotný stav, produkciu i celkovú vitalitu aj ostatných drevín.

V prípade naplnenia modelových scenárov klimatických zmien by bolo potrebné urobiť patričné kroky v záujme zachovania trvalo udržateľného obhospodarovania lesov. Vo všeobecnosti síce platí, že treba pestovať ekologicky stabilné lesy s druhovou štruktúrou zodpovedajúcou súčasným, ale aj meniacim sa stanovištným podmienkam. Pre hospodára by to ale nebolo také jednoduché, ak by mu mala chýbať pôdna vlaha v rozhodujúcich fázach vývoja lesných porastov. Preto výstupom z neustáleho monitorovania prostredia jednotlivých vegetačných stupňov by malo byť aj poznanie stavu a zmien obsahu vlahy v pôdach, aby mohli byť stanovené potenciálne využiteľné optimálne druhové štruktúry obnovovaných lesných porastov. V súčasnosti sú suchom najviac ohrozené dubové spoločenstva 1. a 2. vegetačného stupňa. Pri zachovaní terajších klesajúcich trendov vlhkosti pôdy by sa ale sucho mohlo významne prejavovať aj v bučinách 3. a 4. vegetačného stupňa.

5. Záver

V príspevku sme charakterizovali jednotlivé vegetačné obdobia rokov 1999 až 2009 na základe porovnania množstva spadnutých zrážok s dlhodobým normálom i pomocou hydrotermického koeficienta. Analyzovali a posúdili sme tiež dynamiku i trend zásob pôdnej vody v 0 – 1 m hrubej vrstve ílovito-hlinitej pôdy dubového ekosystému nachádzajúceho sa na lokalite TMP Čifáre v oblasti Podunajskej pahorkatiny.

Extrémne vlhký (s % DN 158) bol rok 1999, naopak extrémne suchý bol rok 2000 a vlhkosť pôdy v roku 2001 možno hodnotiť ako normálnu. Roky 2002, 2004, 2005, 2006, 2007 a 2008 boli väčšinou veľmi vlhké, zatiaľ čo roky 2003 a 2009 boli veľmi suché.

S využitím rovníc, ktoré publikovali ŠÚTOR & ŠTEKAUEROVÁ sme stanovili priemerné hodnoty hydrolimitov ($\Theta_{PVK} = 34,9$ %, $\Theta_{BZD} = 24,2$ % a $\Theta_{BV} = 18,5$ % obj.). Zásoby pôdnej vody zistené vo vegetačných obdobiach hodnotených rokov sa významne líšili. Odlišovali sa najmä na začiatku a konci vegetačných období.

Priemerná zásoba pôdnej vody vypočítaná za 11 vegetačných období činila 88 %. Maximálne zásoby pôdnej vody zistené vo vegetačných obdobiach sa pohybovali v rozpätí 63 až 113 % Θ_{PVK} , priemerné zásoby od 76 po 105 % Θ_{BZD} a minimálne zásoby od 71 po 94 %.

Štatisticky sa preukázali veľmi významné rozdiely obsahu pôdnej vody medzi jarnými a letnými mesiac-

mi toho istého roka (s výnimkou rokov 1999 a 2008), aj medzi vlhšími a suchšími vegetačnými obdobiami sledovaných rokov.

Trendové čiary vlhkosti pôdy vo vegetačnom období za sledované obdobie 11 rokov s 99-percentnou spoľahlivosťou potvrdzujú štatisticky významný pokles zásob pôdnej vody v lesnej pôde 1. dubového vegetačného stupňa v rokoch 1999–2009. V prípade kratších období, ako aj výpočtom z priemerných ročných hodnôt sa tento trend už nepotvrdil.

Podakovanie

Táto práca vznikla ako súčasť riešenia národného programu v rámci systému dlhodobého programu monitoringu lesov v Európe (ICP Forests, Forest Focus, projekt „FutMon“ – LIFE ENV/D/000218, ČMS Lesy) podporovaného Európskou komisiou, Ministerstvom životného prostredia SR a Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR.

Autori ďakujú Jánovi Šulkovi, Milanovi Konôpkovi a Ľubomírovi Miháľovi za technickú a logistickú pomoc pri odbere pôdných vzoriek.

Literatúra

- ČABOUN V., MINĐÁŠ J., PRIWITZER T., ZÚBRIK M., MORAVČÍK M., 2008: Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy výskumu a vývoja, Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, 305 pp.
- HANČINSKÝ L., 1972: Lesné typy Slovenska. Bratislava, Príroda, 307 pp.
- IGAZ D., ŠIŠKA B., ŠPÁNIK F., 2004: Zmena zásoby pôdnej vody v agroklimatických podmienkach Nitry v rokoch 1983–2002. In: *Veda mladých 2004* [elektronický zdroj]: zborník vedeckých príspevkov, Topoľčianky 7. – 8. októbra 2004 / editori: M. KLIMENT, K. PARILÁKOVÁ, Z. MUCHOVÁ, D. IGAZ. – 1. vyd. – Elektronický konferenčný zborník. – Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, p. 68–73, ISBN 80-8069-419-2.
- IŠTOŇA J., 2009: Presychanie pôd 2. až 5. vegetačného stupňa v Kremnických vrchoch v rokoch 2004–2007. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, **55**(1):53–64.
- , ČABOUN V., 2006: Hodnotenie dynamiky vlhkosti v lesných pôdach SR 1. – 3. lesného vegetačného stupňa v rokoch 2004 a 2005. In: *Bioklimatológia a voda v krajine, medzinárodná vedecká konferencia*. Zborník referátov na CD nosiči, Bratislava, 8 pp., ISBN 80-89186-12-2.
- KOBZA J. et al., 1999: Čiastkový monitorovací systém – pôda. Záväzné metódy. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 138 pp. ISBN 80-85361-55-8.
- KOLEKTÍV, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. Bratislava, VÚPOP, Societas pedologica slovacica, 76 pp.
- KOTOROVÁ D., MATI R., 2008: The trend analyse of water storage and physical properties in profile of heavy soils. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, **54**(4):155–164.
- LAPIN M., DAMBORSKÁ I., MELO M., 2001: Scenáre časových radov mesačných klimatických údajov pre Slovensko v období 2001–2090. In: *Zborník z medzinárodnej konferencie „Extrémy prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov“*, Račková dolina 10. – 12. 9. 2001, SPU Nitra, 9 pp. CD ISBN 80-7137-910-7.
- , 2006: New challenges, new demands and new methods in climate change scenarios design. In: *Climate Change – Forest Ecosystems & Landscape*. Proceedings from the international scientific conference and JRC workshop, Zvolen-Sielnica 19–22 October

2005. Editor: PRIWITZER T., Zvolen, National Forest Centre - Forest Research Institute Zvolen, p. 7–11.
- MAZÚR E., LUKNIŠ M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Bratislava, Slovenská kartografia.
- MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J., 1996: Analýza zmien klimatických podmienok lesných spoločenstiev podľa scenárov všeobecných cirkulačných modelov (Global Circulation Models-GCMs). Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene, č. 41, p. 7–12.
- , ŠKVARENINA J., 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. Zvolen: EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 128 pp.
- PAJTÍK J., IŠTOŇA J., MINĐÁŠ J., 2003: Dynamika hrúbkového rastu duba cerového (*Quercus cerris* L.) na sprašovej hline v závislosti od klimatických faktorov. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, **49**(1): 39–48.
- PAVLENDA P., PAJTÍK J., ĎURKOVIČOVÁ J., IŠTOŇA J., KRUPOVÁ D., LEONTOVÝČ R., PAJTÍK J., PAVLENDOVÁ H., PRIWITZER T., STANČÍKOVÁ A., TÓTHOVÁ S., VODÁLOVÁ A., 2009: Monitoring lesov Slovenska. Správa za Forest Focus a ČMS Lesy za rok 2008. 1. vyd. Zvolen: NLC-LVÚ Zvolen, 2009, 113 pp., ISBN 978-80-8093-091-2.
- ŠKVARENINA J., KUNCA V., KRIŽOVÁ E., TOMLAIN J., 2006: Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation zones and changed critical loads in forest ecosystems in Slovakia. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, **52**(1–2): 49–59.
- ŠPÁNIK F., REPA Š., ŠIŠKA B., 2002: Agroklimatické a fenologické pomery Nitry (1991–2000). Nitra: Vyd. VES SPU Nitra, 39 pp., ISBN 80_7137-987-5.
- ŠÚTOR J., ŠTEKAUEROVÁ V., 2003: Stanovenie hydrolimitov pôdy PVK, BZD a BV zo zrnitostného zloženia pôdy. In: *Zborník Račková 03, sections 4*, 5 pp., dostupné na internete: www.cbks.cz
- TUŽINSKÝ L., 2004: Vodný režim lesných pôd. Zvolen, TU vo Zvolene, 101 pp.
- ZLATNÍK A., 1959: Přehled slovenských lešů podle skupin lesních typů. Spisy Lab. biogeocenologie a typologie lesa, LF-VŠZ Brno, č. 3, 178 pp.
- , 1976: Lesnická fytocenologie. Praha, SZN, 495 pp.

Summary

The results of long-time monitoring of moisture regime in clay-loamy forest soil on the permanent monitoring plot (PMP) Čifáre are presented in this paper. The plot is situated at an altitude of 225 m, in a 75 years old stand of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) with a dense shrub layer. It is classified to the first forest vegetation tier and mesotrophic group of forest types Carpineto-Quercetum (CQ), in the sense of ZLATNÍK (1959). The soil water storage in 0–1 m thick layer of soil was measured in the years of 1999–2009 and evaluated in relation to precipitation regime.

Soil moisture was determined gravimetrically and reserves of water in the whole soil profile (mm) were recalculated on the volume percentage of three hydrolimits Θ_{FWC} – field water capacity, Θ_{PLA} – point of decreased water availability and Θ_{WP} – wilting point. Vegetation periods were evaluated based on precipitation ratio to long-time normal (% LN) and precipitation-thermal ratios (KHT – Seljaninov) and subsequently the dynamics and trend of soil water storage were also evaluated.

The year 2000 was characterized as extremely dry, years 2003 and 2009 as very dry with insufficient soil moisture, 2001 as normal, years 2002, 2004, 2005, 2006, 2007 a 2008 as moist years while 1999 was extremely moist.

Values of hydrolimits were calculated as follows: for Θ_{PVK} = 34,9%, Θ_{BZD} = 24,2% and Θ_{BY} = 18,5% (volume percentage).

The results of the statistical analysis hint at decreasing soil water content, intensive drying of soils and frequent shortage of plant available water during summer and autumn months.

Translated by authors