

## VPLYV HYDROPEDOLOGICKÝCH CYKLOV NA ČASOVÚ POSTUPNOST FENOLOGICKÝCH FÁZ

Ladislav Tužinský

### ÚVOD

V ostatnom období je často diskutovaná problematika klimatických zmien. Ide predovšetkým o globálne klimatické zmeny, spôsobené emisiou skleníkových plynov. Vplyvom klimatického pôsobenia dochádza zároveň aj k zmenám ekologických podmienok, ktoré v prípade dlhšie trvajúceho pôsobenia môžu dostať vegetáciu do štádia vyčerpania, v ktorom ich odolnosť klesá a obranné reakcie postupne zlyhávajú. Reálna hrozba klimatických zmien sa dotýka aj oblasti hydrologie. Prírastok skleníkových plynov, ktoré absorbujú tepelné vyžarovanie Zeme a spätným vyžarovaním menia jej tepelnú bilanciu spôsobuje globálny rast teploty. S nárastom teploty sa zvyšuje evapotranspirácia, dochádza k zmene úhrnov, štruktúry a časového rozdelenia zrážok a v tejto súvislosti aj k zmene vodného režimu pôd. Vodný režim lesných pôd je jedným zo základných hydrologických a hydropedologických faktorov, ktoré ovplyvňujú vodnú bilanciu lesných ekosystémov, osobitne ich rast a vývoj. Každá drevina má svoj biorytmus, rozdielne nároky na živiny a vodu. Lesné dreviny sa v priebehu fylogenezy a ontogenezy prispôbujú rôznym stanovištiarom, čím vznikajú viaceré druhy a ekotypy drevín. Súbor ekologických faktorov vytvára určitú reláciu medzi nadzemnou a podzemnou časťou stromu. Zmena vodného režimu je jednou z hlavných príčin tohto pomeru.

Vplyvom prebiehajúcich klimatických zmien pozorujeme odlišnosti aj vo fenologických pomeroch. Najdôležitejšími faktormi ovplyvňujúcimi sezónnu dynamiku fenologických javov je slnečná radiácia. V ročnom chode sa najmenej od priemerných hodnôt odchyľuje nástup fenologických javov vo vegetačnom období, najväčšia amplitúda býva v skorých jarných mesiacoch (marec-apríl). Lokálna diferenciácia so zreteľom na začiatok určitých vývojových fáz rastlín je v najväčšej miere určená podľa meniacich sa poveternostných podmienok. V príspevku sú spracované výsledky fenologického pozorovania duba zimného v 1. lesnom vegetačnom stupni, osobitne

začiatok kvitnutia a zalistenia a začiatok žltnutia a opadávaní listov v závislosti na priebehu teplotných a vlhkosťných pomerov prostredia.

### MATERIÁL A METODIKA VÝSKUMU

Výskumná plocha Čifáre ( $\varphi = 48^{\circ}14'$ ,  $\lambda = 18^{\circ}24'$ ) sa nachádza na území OLZ Levice. Orograficky patrí svojou severnou časťou k Štiavnickému pohoriu, Sitnianskemu pohoriu a Kozmálovským kopcom, ktoré sú uložené na Hronskej tabuli. Južná časť územia patrí do subkarpatskej panvy, orografickej časti Podunajská nížina. Nadmorská výška výskumnej plochy Čifáre je 145 m n.m a je situovaná na mierne zvlnenom, väčšinou rovinatom teréne.

Výskumná plocha Čifáre sa nachádza v 1. lesnom vegetačnom stupni, typologicky patrí do skupiny lesných typov CaQ (*Carpineto – Quercetum*). V drevinovom zložení je dub zimný / (*Quercus petraea* Mattusch. ) zastúpený 100 %. Priemerný vek porastu je 90 rokov, zápoj 90 %, zakmenenie 0,7. Pokryvnosť krovitej a bylinnej etáže a tráv je 90 %.

Výskumná plocha Čifáre patrí teplej klimatickej oblasti, ktorú ohraničuje izočiara 50 letných dní (maximálna teplota  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ). Najchladnejším mesiacom roka je január s priemernými teplotami pohybujúcimi sa okolo  $-2,5^{\circ}\text{C}$  a najteplejším júl s priemernou teplotou nad  $20^{\circ}\text{C}$ . Priemerná ročná teplota je okolo  $9^{\circ}\text{C}$ , vo vegetačnom období okolo  $16^{\circ}\text{C}$ . Počet letných dní je okolo 60 – 70 v roku s maximálnou teplotou  $25^{\circ}\text{C}$  a viac a mrazových dní s minimálnou teplotou  $-0,1^{\circ}\text{C}$  a nižšou je okolo 110 dní. Vegetačné obdobie s priemernými dennými teplotami nad  $10^{\circ}\text{C}$  a viac sa začína v polovici apríla a končí okolo 15. októbra (184 dní). Letné obdobie teplotne určené s priemernými dennými teplotami  $15^{\circ}\text{C}$  a viac začína v druhej dekáde mája a končí v druhej dekáde septembra (125 dní).

Ročný úhrn zrážok je 560 mm, v letnom období 170 mm a vo vegetačnom období okolo 290 mm. Najväčšie množstvo zrážok spadne v júni a novembri. Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou je 55.

Pôdnym typom je luvizem. Je fyziologicky hlboká, hlinitá, v hlbších vrstvách ílovitohlinitá, so strednou textúrnou diferenciaciou. Je veľmi kyslá, dospodu kyslá, v koreňovom priestore duba silno vylúhovaná, ilimerizovaná s malými zásobami humusu, oglejená, v hlbších vrstvách (>40 cm) so zhoršenými vodnovzdušnými pomermi. Reakcia pôdy je kyslá.

Z hydropedologického hľadiska je významným faktorom hĺbka pôdy, do ktorej siahajú korene, ktoré prostredníctvom desukcie ovplyvňujú zásoby vody v pôde. Bohatšie prekorenenie sa vyskytuje v hĺbke do 50 cm, ojedinele aj hlbšie.

Výskumná plocha Čifáre sa nachádza v 1. lesnom vegetačnom stupni, typologicky patrí do skupiny lesných typov CaQ (*Carpineto – Quercetum*). V drevinovom zložení bol dub zimný (*Quercus petraea*) zastúpený 100%. Priemerný vek porastu 90 rokov, zápoj 90%, zakmenenie 0,7. Pokryvnosť krovitej a bylinnej etáže a tráv 90%.

Okamžitá vlhkosť pôdy sa zisťovala gravimetrickou metódou zo vzoriek zeminy, ktoré boli v 10 cm vrstvách odoberané do kovových vysušáčiek prostredníctvom pôdneho vrtáka do hĺbky 100 cm. v 3 až 5-tich opakovaniach. Okamžitá vlhkosť pôdy sa určila z rozdielu hmotnosti vzorky po odobratí a jej hmotnosti po vysušení pri 105°C a vyjadřila sa v % objemu. Z hydrofyzikálnych vlastností pôd sa stanovila maximálna kapilárna kapacita (MKK) podľa NOVÁKA (in KLIKA a kol., 1954), bod zníženej dostupnosti (BZD), bod vädnutia (BV) a maximálna hygroskopicitá (MH) podľa DRBALA (1965).

Množstvo fyziologicky prístupnej vody sa vypočítalo odpočítaním neprístupnej vody od okamžitej vlhkosti pôdy. Hranicou medzi fyziologicky prístupnou a neprístupnou vodou bol bod vädnutia. Pre hodnotenie zásob využiteľnej vody (ZV) sme použili stupnicu KUTÍLKA (1966). Hraničné hodnoty zásoby využiteľnej vody sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 : Stupnica využiteľnej vody (KUTÍLEK 1978)

Zásoba využiteľnej vody v mm	
vo vrstve pôdy 0-20 cm	vo vrstve pôdy 0-100 cm
dobrá > 40	veľmi dobrá > 160
dostatočná 20-40	dobrá 130 - 160
nedostatočná < 20	dostatočná 90 – 130
	nízka 60 - 90
	veľmi nízka < 60

Kritériom pre ekologickú klasifikáciu vlhkosti pôdy, ktorá sa vykonala podľa KUTÍLKA;(1971) boli stupeň prevlhčenia, stratifikácia vlhkosti a dĺžka prevlhčenia pôdneho profilu, teda rozdielnosť vlhkosťných pomerov vo vrchnej a spodnej vrstve.

Z fenologických fáz boli hodnotené: začiatok zalisťovania (ZA), začiatok kvitnutia (ZK) a začiatok žltnutia asimilačných orgánov (ŽL). Z uvedených údajov bola zistená dĺžka vegetačného obdobia (ZA – ŽL) a vplyv jednotlivých hydropedologických cyklov na priebeh sledovaných fenologických fáz.

## VÝSLEDKY

Z grafického vyobrazenia zásob pôdnej vody v povrchovej 20 cm vrstve obr. 1) a celom fyziologickom profile pôdy (obr.2) vyplýva výrazná variabilita vlhkosti

v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia (obr.1).

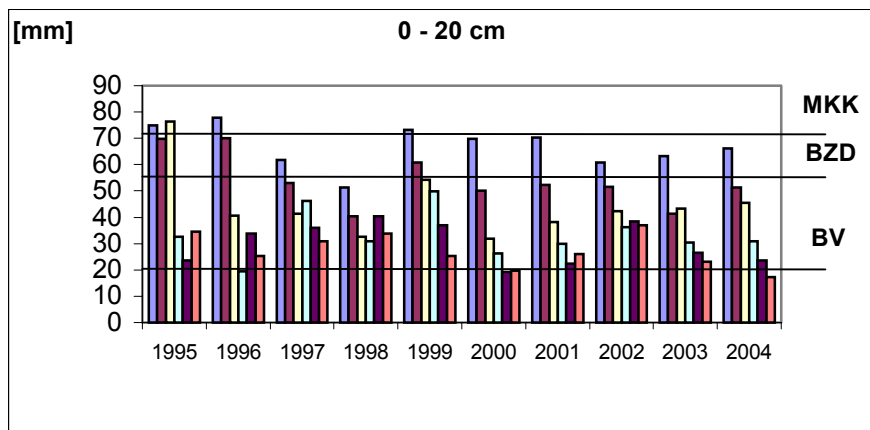
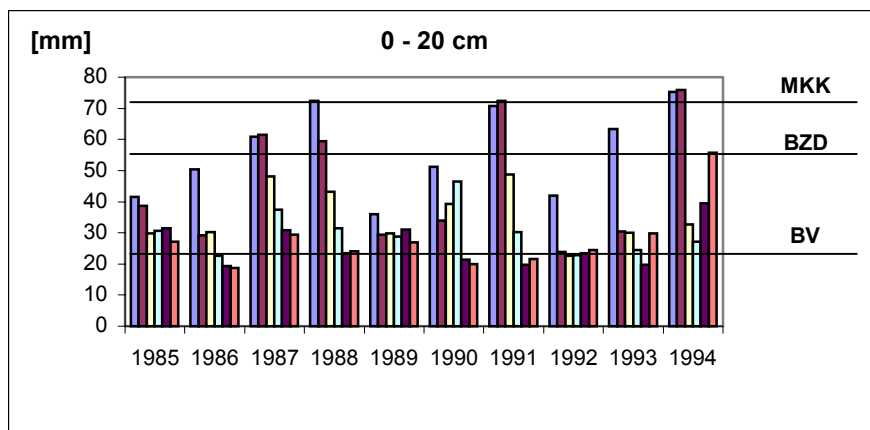
V povrchovej a strednej vrstve pôdy, v ktorých je najvýraznejšia dynamika vlhkosti ôdy a v ktorých sa nachádza prevažná časť aktívnych koreňov, dochádza k najvyššiemu výdaju vody na evapotranspiráciu. Na začiatku vegetačného obdobia je v týchto vrstvách pôdy prevažne veľmi dobrá zásoba využiteľnej vody pre rastliny. Začiatok zalisťovania je v takomto prípade závislý predovšetkým od teplotných pomerov.

Priemerný začiatok zalisťovania v priebehu pozorovacieho obdobia 1991-2002 začal v poslednej dekáde apríla, začiatok kvitnutia v druhej polovici prvej dekády mája a začiatok žltnutia v druhej dekáde septembra. V porovnaní s výsledkami KAMENSKÉHO a BRASLAVSKEJ (1999), ktorí sledovali feno-

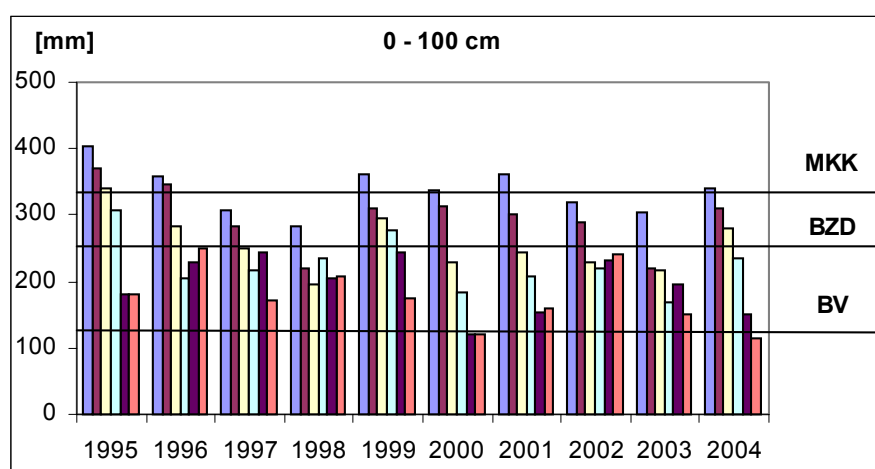
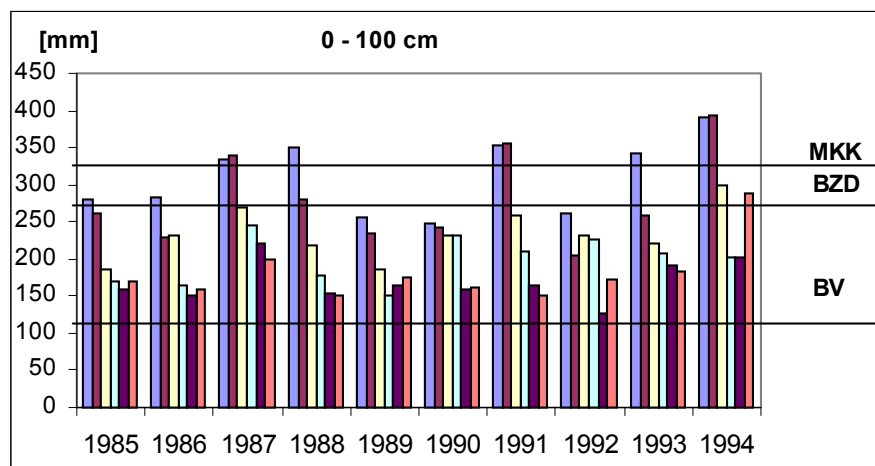
logické charakteristiky na 55 lesofenologických stanicích na Slovensku v rokoch 1986 - 1995 ide o minimálne odchýlky. Nami získané údaje sa líšia v priemere o 1 až 3 dni (tab.2).

V porovnaní s uvedenými autormi, ktorí fenologické fázy hodnotili na základe klimato-

logických údajov (denné teploty vzduchu a denné úhrny zrážok) sme pri štúdiu jednotlivých fenologických charakteristík analyzovali aj prebiehajúce vlhkosťné pomery a hydrologické cykly vo fyziologickom profile pôdy.



Obr. 1 Zásoba vody (mm) v povrchovej 20 cm vrstve pôdy vo vegetačných obdobiach (apríl - september)



Obr. 2 Zásoba vody (mm) vo fyziologickom profile pôdy vo vegetačných obdobiach (apríl - september)

Tab. 2 Začiatok fenologických fáz duba zimného vo veg. obdobiach

Veg. obdobie	ZA	ZK	ŽL	ZA - ZK	ZA - ŽL
1986	27.4.	7.5.	11.9.	9	137
1987	6.5.	13.5.	20.9.	6	136
1988	27.4.	10.5.	15.9.	12	141
1989	2.5.	11.5.	12.9.	8	123
1990	3.5.	10.5.	11.9.	6	130
1991	5.5.	13.5.	10.9.	7	127
1992	28.4.	7.5.	7.9.	8	131
1993	28.4.	10.5.	13.9.	11	137
1994	22.4.	5.5.	8.9.	12	135
1995	30.4.	11.5.	11.9.	10	133
1996	1.5.	12.5.	17.9.	11	138
1997	4.5.	15.5.	16.9.	10	134
1998	25.4.	2.5.	16.9.	6	143
1999	28.4.	5.5.	22.9.	6	146
2000	22.4.	2.5.	10.9.	9	140
2001	3.5.	14.5.	14.9.	10	133
2002	29.4.	8.5.	16.9.	8	139
Priemer:	29.4.	7.5.	17.9.	9	135

Vplyv vlhkosti pôdy, osobitne prítomnosť využiteľnej vody pre rastliny sa ukázali ako významný faktor ovplyvňujúci nástup a priebeh fenologických fáz. Najskorší začiatok zalisťovania sme zaznamenali v roku 1994. V tomto období mala vegetácia k dispozícii v celom fyziologickom profile kapilárne pohyblivú a pre rastliny veľmi dobrú zásobu využiteľnej vody. Priemerné denné teploty sa pohybovali okolo 15 °C. Priaznivé vlhkosťné a teplotné pomery sa prejavili aj v rokoch 1988, 1995 a 2000. Veľmi dobré vlhkosťné pomery boli v pôde pod dubovým porastom aj v rokoch 1987 a 1991, ale vzhľadom na teplotné pomery (priemerná teplota v 3. dekáde apríla 8,7, resp. 7,8 °C) začalo zalisťovanie v polovici prvej dekády mája. Za príčinu neskoršieho začiatku zalisťovania duba v rokoch 1989 a 1990 možno označiť zhoršené vlhkosťné pomery na začiatku vegetačného obdobia v povrchových a stredných vrstvách fyziologického profilu pôdy (0-50 cm). Zásoby vody varírovali medzi hydrolimitmi BZD a BV a v pôde mala vegetácia k dispozícii kapilárne menej pohyblivú a pre rastliny obmedzenú zásobu využiteľnej vody. Najnižšie zásoby využiteľnej vody sme zaznamenali na začiatku vegetačného obdobia 1989 a 1992. Relatívne skorý nástup zalisťovania v roku 1992 bol spôsobený veľmi priaznivými teplotnými pomermi (priemerná teplota >15 °C).

Začiatok kvitnutia sa v porovnaní so začiatkom zalisťovania oneskoril v priemere o týždeň, najneskorší začiatok kvitnutia v roku 2001 bol ovplyvnený nízkymi teplotami vzduchu (okolo 8 °C).

Fenologická fáza žltnutia asimilačných orgánov gradovala v druhej dekáde septembra. Podobne ako v prípade zalisťovania a kvitnutia bola v hlavnej miere ovplyvnená klimatickými a hydrologickými podmienkami. Žltnutie listov v prvej dekáde septembra v roku 1992, 1994, 2002 a na začiatku druhej dekády septembra 1986, 1989, 1990 a 1995 bolo dôsledkom preukazne vyšších teplôt vzduchu (v porovnaní s dlhodobým

priemerom o viac ako 2 °C), deficitom zrážkových úhrnov a zhoršeným vlhkosťným režimom pôdy. V uvedených obdobiach sa pohybovala vlhkosť povrchových vrstiev pôdy v rozmedzí hydrolimitov BZD a BV, v rokoch 1986 a 1990 klesla pod kritickú hodnotu hydrolimitu BV. Vplyv suchých a teplých období, v ktorých dochádzalo k zvýšenej evapotranspirácii (max. hodnoty okolo 5 mm.deň<sup>-1</sup>) a tým aj v relatívne krátkom čase k strate väčšiny fyziologicky prístupnej vody v povrchových vrstvách pôdy, v prípade dlhšie trvajúcich suchých období v celom fyziologickom profile, možno považovať za jeden z rozhodujúcich vplyvov, v dôsledku ktorých dochádzalo, hlavne v druhej polovici vegetačného obdobia, k časovému posunu začiatku žltnutia listov. Za kritické možno označiť obdobia, kedy boli zásoby využiteľnej vody vyčerpané celkom (tab. 3) a z hľadiska ekologickej klasifikácie sa vytváral aridný interval vlhkosti pôdy (< BV).

#### ZÁVER

Les funguje ako otvorený prírodný systém, ktorého dlhodobá existencia sa opiera o spätné väzby jeho systémových prvkov. Predpokladané potenciálne oteplenie a následné zníženie fyziologicky prístupnej vody znamená najvýraznejšie zmeny vodného režimu v najnižších lesných vegetačných stupňoch. Dub, ktorý je v nich najviac zastúpenou drevinou patrí medzi dreviny, ktoré pri dostatku, resp. prebytku vody plynú s ňou, v suchom období sa dokážu na určitý čas prispôsobiť zhoršeným vlhkosťným podmienkam. Nebezpečie, ktoré im hrozí vyplýva v prípade výskytu hydrologických cyklov, kedy zásoba využiteľnej vody klesá na dlhší čas do kategórie nedostatočnej zásoby a zasahuje horizonty s najväčším výskytom aktívnych koreňov. Reakcia duba sa prejavuje jeho fyziologickým oslabením, znížením evapotranspirácie, asimilácie a z hľadiska fenologických charakteristík aj ich časovou a priestorovou diferenciáciou.

#### Literatúra

DRBAL, J., 1965: Praktikum melioračního půdoznalství. SNTL, Praha.

KAMENSKÝ, L., BRASLAVSKÁ, O., 1999: Fenologické charakteristiky listnatých drevín na Slovensku v období 1986 – 1995. Meteorologický časopis, 2, 4 : 49 – 55.

KLIKA, J., NOVÁK, V., GREGOR, A., 1954: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. ČSAV, Praha, 773 pp.

KUTÍLEK, M., 1971: Ekologická klasifikace půdní vlhkosti. Vodní hospodářství, 9 : 250 – 256.

KUTÍLEK, M., 1978: Vodohospodářská pedologie. SNTL/Alfa, Praha/Bratislava, 296 pp.

**Pod'akovanie:**

Táto práca bola čiastočne podporená finančnými prostriedkami z grantov 1/3548/06, 1/2383/05 a 1/2357/05.

Tab. 3: Zásoby vody v suchých dňoch vegetačných období

Obdobie	Zásoba vody [mm]		Využitelná voda		Intervaly vlhkosti pôdy		
	0 – 20 cm	0 – 100 cm	0 – 20 cm	0 – 100 cm	0 – 20 cm	0 – 100 cm	
1984	30.6.	39,18	183,20	15,68	73,90	SA	SA
	9.9.	20,75	139,36	7,25	30,06	SA	SA
1986	13.6.	4,6,25	237,24	22,75	127,94	SA	SA
	18.7.	23,11	161,71	0	52,41	A	SA
1987	21.6.	38,75	268,52	15,25	159,22	SA	SU
	31.7.	20,13	170,40	0	61,10	A	SA
1988	1.7.	40,11	242,35	16,61	133,05	SA	SA
	31.7.	21,14	169,17	0	59,87	A	SA
1988	5.8.	40,16	200,67	20,66	191,37	SA	SA
	20.8.	19,09	148,70	0	39,40	A	SA
1989	1.9.	43,46	181,37	19,96	72,07	SA	SA
	30.9.	26,99	164,78	3,49	55,48	SA	SA
1990	11.7.	68,07	223,86	44,57	114,56	SU	SA
	31.8.	21,97	159,93	0	50,63	A	SA
1991	2.8.	31,61	216,12	8,11	106,82	SA	SA
	16.9.	18,07	156,12	0	46,82	A	SA
1992	14.7.	22,55	231,91	0	112,61	A	SA
	31.8.	18,10	169,14	0	59,84	A	SA
1993	28.7.	24,35	206,41	0,85	97,11	SA	SA
	22.8.	19,70	161,74	0	52,44	A	SA
1994	14.7.	28,74	232,97	5,24	123,67	SA	SA
	11.8.	21,67	156,90	0	47,60	A	SA
1995	3.7.	53,66	291,76	30,16	182,46	SA	SA
	21.8.	23,55	179,43	0,05	70,13	SA	SA
1997	22.7.	46,14	217,94	23,64	108,64	SA	SA
	30.9.	29,11	168,22	5,61	58,92	SA	SA
1999	23.7.	78,49	345,90	54,99	236,60	SU	U
	15.8.	48,90	214,81	25,40	105,51	SA	SA
1999	17.8.	48,90	214,81	25,40	105,51	SA	SA
	30.9.	18,88	122,41	0	13,11	A	SA
2000	1.8.	37,65	163,30	14,15	54,00	SA	SA
	15.9.	20,13	127,16	0	17,80	A	SA
2001	1.6.	39,27	217,47	15,77	108,17	SA	SA
	30.6.	23,14	141,32	0	32,02	A	SA
2002	17.6.	34,85	241,17	11,35	131,87	SA	SA
	12.7.	23,11	159,12	0	49,82	A	SA

Intervaly vlhkosti pôdy: A -aridný (<BV), SA – (BZD-BV), SU – (MKK-BZD), U – (>MKK)

**Adresa autora:**

prof. Ing. Ladislav Tuzinský, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, Katedra prírodného prostredia, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR, e-mail:tuzinsky@vsld.tuzvo.sk