

## METEOROLOGICAL CONDITIONS AND SOIL MOISTURE DYNAMIC DURING TWO DIFFERENT VEGETATION SEASONS IN THE SPRUCE FOREST STANDS OF POĽANA MTS.

<sup>1</sup>Zuzana Sitková, <sup>2</sup>Peter Baláž, <sup>2</sup>Michal Frič, <sup>2</sup>Marek Oreňák, <sup>2</sup>Tomáš Vida

<sup>1</sup>National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovakia

<sup>2</sup>Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 52 Zvolen, Slovakia

### Abstract

The paper deals with the results of two-year experimental measurements of meteorological and soil moisture parameters, which were conducted in selected spruce stands in the Poľana Mts. Analysis of meteorological characteristics showed significantly different development of weather in the vegetation season of 2009 compared to that of 2010. As regards air temperature, both growing seasons were significantly warmer in comparison to long-term average between 1961 and 1990. The most significant differences were observed in progress of daily totals of global radiation and in development of precipitation. Rainfall sum during the vegetation season of 2009 (May–September) was very low (277 mm at Iviny and 310 mm at Hriňová) near the limit of preserving factor for Norway spruce (300 mm). On the contrary, precipitation totals in the vegetation season of 2010 were 2.2 to 2.7 times higher than the long-term normal values. In terms of development of soil moisture during the vegetation season in 2009, that year may be viewed as substantially dry. For both research areas, availability of water except for two brief periods during the summer was greatly reduced. On the other hand the average soil water content in the vegetation season of 2010 was significantly higher in both experimental sites.

### Úvod

Na vodný režim lesných porastov môžu mať extrémne hodnoty meteorologických prvkov v kombinácii s dlhotrvajúcim pôdnym suchom významne nepriaznivé dôsledky. Pre rast, celkovú prosperitu a produkciu lesných drevín je množstvo vody v pôde a najmä jej fyziologická dostupnosť jedným z kľúčových faktorov. Pre vlhkosť lesných pôd sú pritom hlavným a rozhodujúcim zdrojom vody atmosférické zrážky. Význam majú najmä porastové zrážky, teda podiel zrážkovej vody, ktorá sa rôznymi transportnými cestami dostane do porastu. Podkorunové zrážky predstavujú časť zrážkovej vody, ktorá preniká na pôdny povrch buď priamo, alebo odkvapom z korún stromov. Okrem podkorunových zrážok je potrebné pri bilancovaní vodného režimu porastu zohľadniť aj podiel vody stečenej po kmeňoch stromov.

Vplyvom globálnych klimatických zmien dochádza k zmenám v priestorovej a časovej distribúcii úhrnov atmosférických zrážok, a to na globálnej aj regionálnej úrovni (Dore 2005). Na Slovensku poklesli ročné úhrny atmosférických zrážok za obdobie rokov 1881 – 2007 priemerne o 3,1 % (Lapin *et al.* 2009), pričom výraznejší pokles bol zaznamenaný na juhu krajiny, menej výrazný v severných oblastiach. Do roku 2100 sa predpokladá nárast extrémnych úhrnov zrážok až o 50 % (Pecho *et al.* 2009). Opačným meteorologickým fenoménom v kontraste s

extrémnymi zrážkami je výskyt suchých, bezzrážkových období najmä vo vegetačnej sezóne. Príkladom takéhoto extrému je v literatúre často popisované suché a horúce leto roku 2003 (Fisher *et al.* 2007, Beniston 2004, Black *et al.* 2004 a iní). Aj v centrálnej a západnej Európe boli teplotné anomálie v roku 2003 sprevádzané dlhodobým deficitom zrážok, ktorý začal už vo februári a pretrvával až do konca leta (Fink *et al.* 2004). Na základe informácií zo satelitných scén (MODIS) a s využitím meteorologických údajov, bolo preukázané, že veľmi skorý nástup vegetačnej sezóny („earlier green-up“) pod vplyvom nadpriemerných jarných teplôt vzduchu má v kombinácii s nedostatkom zrážok za následok veľmi skorý deficit pôdnej vlhkosti v celej sezóne (Zaitchik *et al.* 2006). Parameter pôdnej vlhkosti sa v niektorých štúdiách (Lakshmi *et al.* 2004) využíva k indikovaniu meteorologických extrémov, konkrétne sucha alebo naopak záplav.

Viaceri autori poukazujú na skutočnosť, že stres suchom a vysoké letné teploty vzduchu majú priamy vplyv na fyziologické procesy, fenologické prejavy a v konečnom dôsledku aj na rozšírenie a celkový výskyt drevín (Beniston & Innes 1998). Pri konečnej mortalite drevín však zohrávajú rozhodujúcu úlohu sprievodné, sekundárne faktory ako napríklad hmyz, hubové patogény, požiare atď. (Rouault *et al.* 2006, Bréda *et al.* 2006, Ayres & Lombardero 2000).

Poznatky o meteorologických podmienkach na lokálnej úrovni prispievajú k objasneniu a lepšej interpretácii rôznych fyziologických a rastových procesov, ktoré prebiehajú v lesnom poraste, resp. v jednotlivých stromoch (napríklad transpirácia, dynamika hrúbkového prírastku, fotosyntéza a podobne). Predmetom tohto príspevku bolo zhodnotenie meteorologickej situácie a dennej dynamiky vlhkosti lesných pôd vo vegetačnej sezóne rokov 2009 a 2010 vo vybraných smrekových porastoch orografického celku Poľana.

### Charakteristika výskumných plôch

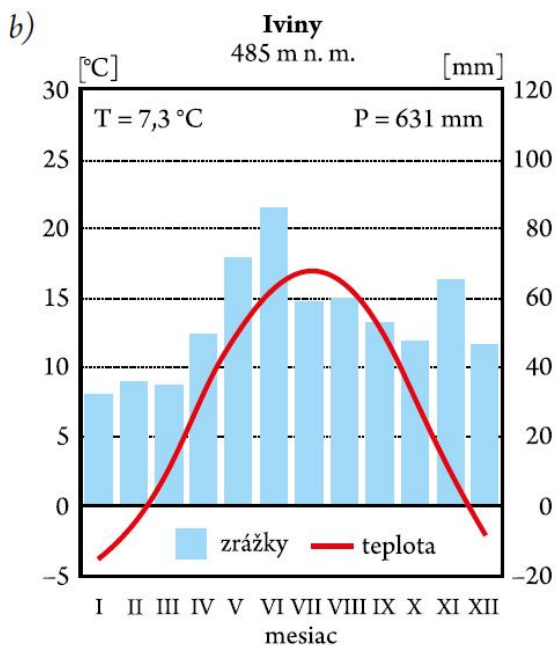
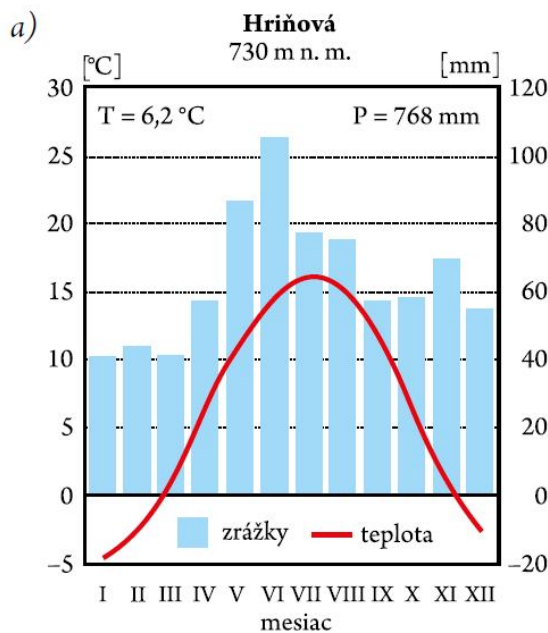
Predmetom výskumu boli dva smrekové porasty situované v 2. a 4. lesnom vegetačnom stupni horského celku Poľana, teda na okraji prirodzeného výskytu smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst) na Slovensku, a to vo vertikálnom i horizontálnom smere. Geologický substrát obidvoch plôch tvoria prevažne sopečné horniny, svahoviny andezitových tufov a andezitové pyroklastiká.

Smrekový porast na výskumnej ploche Iviny sa nachádza v nadmorskej výške 484 m n.m. Podľa údajov LHP má približne 90 rokov, zápoj je medzernatý. Pôdnym typom je kambizem pseudoglejová. Kvôli vyššiemu podielu

ilovitých častíc je pôda na tejto lokalite uľahnutá a má zhoršené drenážne vlastnosti.

Smrekový porast na druhej výskumnej ploche Hriňová je výrazne mladší (25 rokov), nachádza sa v rastovej fáze žrdoviny, má rovnomerné zakmenenie a takmer plné zapojenie korún. Pôdnym typom je kambizem modálna. Pôda je hlboká a má priaznivé fyzikálne vlastnosti.

Klimatickú charakteristiku oboch výskumných plôch podľa dlhodobých mesačných priemerov teplôt vzduchu a úhrnov zrážok (1961 – 1990) dokumentujú klimadiagramy na obrázku 1.



**Obrázok 1.** Klimadiagramy výskumných lokalít Hriňová (a) a Iviny (b) odvodené na základe údajov dlhodobých mesačných priemerov (1961 – 1990). Zdroj: SHMÚ

## Údaje a metódy

Z hľadiska experimentálnych meraní zameraných na riešenie otázky vplyvu sucha na fyziologickú kondíciu a stav smrekových porastov na hranici prirodzeného areálu smreka bolo dôležité poznať vývoj meteorologických prvkov v detailnom časovom rozlíšení. V priebehu vegetačnej sezóny rokov 2009 a 2010 boli na výskumných plochách Iviny a Hriňová merané nasledovné charakteristiky:

a) meteorologické prvky (globálne žiarenie, teplota a vlhkosť vzduchu, úhrny zrážok) – automatizovane na voľnej ploche v 20 minútovom intervale

b) objemová vlhkosť pôdy (SWC) – automatizovane v dvoch hĺbkach (15 a 50 cm) každých 30 minút, a tiež gravimetricky z hĺbok 5 – 15 cm a 30 – 40 cm v dvojtýždennom kroku

c) pôdny vodný potenciál (SWP) – automatizovane v troch hĺbkach (15, 30 a 50 cm) každých 30 minút

d) podkorunové zrážky – automatizovane na 4 miestach v poraste.

Meteorologické merania boli realizované v zmysle platného manuálu ICP Forests – na reprezentatívnej voľnej ploche v blízkosti, t.j. maximálne do 2 km od experimentálnych porastov, bez vplyvu okolitých prekážok min dve porastové výšky od kraja porastu, vo výške 2 m nad zemou, pri zrážkach 1 m nad zemou.

Pre hodnotenie vlhkosťnych charakteristík pôdy v rokoch 2009 a 2010 boli použité automatizovane namerané údaje o objemovej vlhkosti pôdy (SWC), ktoré boli na báze denných priemerov ďalej korigované údajmi vlhkosti pôdy podľa gravimetrických meraní realizovaných v dvojtýždennom intervale. Gravimetrické stanovenie objemovej vlhkosti pôdy bolo prevedené štandardnou metódou podľa kolektívu Hraško *et al.* (1962).

Pôdny vodný potenciál (SWP) bol zisťovaný priamym meraním pomocou sadrových bločkov (GB2, Delmhorst Instrument, NJ, USA).

Merania podkorunových zrážok, za účelom stanovenia intercepcie experimentálnych porastov, boli realizované za pomoci 4 automatických zrážkomerov rovnakého typu ako na voľnej ploche so zachytnou plochou 320 cm<sup>2</sup> a citlivosťou jedného pulzu na 0,2 mm (MetOne 370, Oregon, U.S.A.). Umiestnenie zrážkomerov v porastoch bolo zvolené s ohľadom na reprezentatívnosť porastových pomerov na ploche (porastová medzera, prekryv korún, korunový okraj). Podkorunové zrážky boli merané v roku 2009 na lokalite Hriňová (žrdovina) a v roku 2010 na lokalite Iviny (kmeňovina). Intercepcia porastu bola vypočítaná ako percentuálne vyjadrený rozdiel zrážok nameraných na voľnej ploche a v poraste, úhrnne za celé obdobie merania (máj – august). Nakoľko stok po kmeni nebol na výskumných lokalitách priamo meraný, úhrny podkorunových zrážok boli paušálne upravené percentom 1,4 zo zrážok voľnej plochy, ako empiricky odvodenú hodnotu stoku po kmeni v smrekovom poraste podľa Kantora (1981).

## Výsledky a diskusia

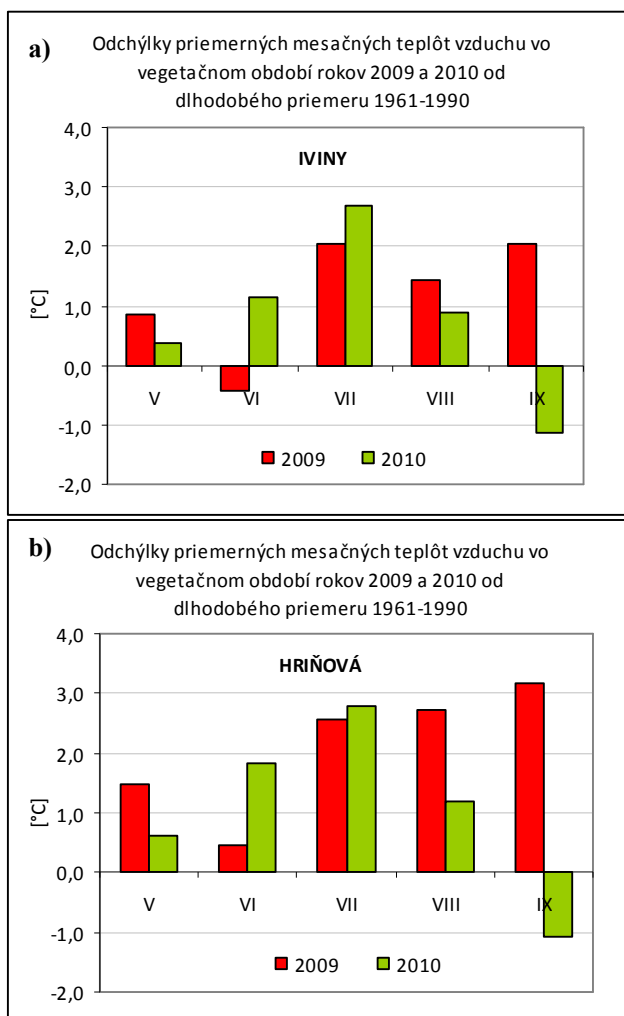
Popisná štatistika denných hodnôt meteorologických prvkov sledovaných od mája do septembra 2009 a 2010 na výskumných lokalitách Iviny a Hriňová je uvedená v tabuľke 1.

**Tabuľka 1.** Štatistika denných údajov meteorologických prvkov sledovaných vo vegetačnej sezóne (1.5. – 30.9.) rokov 2009 a 2010 na výskumných lokalitách Iviny a Hriňová

n = 153	rok	Výskumná plocha	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Suma celá sezóna	min	max	$S_{\bar{x}}\%$
Globálne žiarenie [kWh.m <sup>-2</sup> ]	2009	Iviny	4,5 ± 1,4	692	0,8	7,2	31,9
		Hriňová	4,8 ± 1,6	727	1,0	7,9	32,6
	2010	Iviny	3,8 ± 1,7	582	0,6	6,8	44,3
		Hriňová	4,1 ± 1,8	631	0,4	7,7	44,8
Úhrn zrážok [mm]	2009	Iviny	1,8 ± 4,2	277	0,0	27,6	229,9
		Hriňová	2,0 ± 5,4	310	0,0	42,4	268,8
	2010	Iviny	4,1 ± 6,9	630	0,0	35,8	168,7
		Hriňová	5,3 ± 9,4	811	0,0	48,8	176,5
Teplota vzduchu [°C]	2009	Iviny	16,2 ± 3,5	–	7,2	24,5	21,7
		Hriňová	15,8 ± 3,7	–	5,8	24,0	23,4
	2010	Iviny	15,6 ± 4,1	–	7,1	24,6	26,3
		Hriňová	14,8 ± 4,3	–	5,4	23,9	28,9
Vlhkosť vzduchu [%]	2009	Iviny	74,7 ± 9,9	–	47,8	98,4	13,2
		Hriňová	67,8 ± 11,1	–	35,3	95,8	16,4
	2010	Iviny	83,8 ± 7,2	–	67,1	97,6	8,6
		Hriňová	81,1 ± 9,8	–	58,7	98,6	12,1

Úhrny globálneho žiarenia za celé vegetačné obdobie roku 2009 dosiahli v porovnaní s rokom 2010 vyššie hodnoty na oboch plochách (o 16 % na Ivinách a o 13 % na Hriňovej). V roku 2010 bol celkový úhrn žiarenia od mája do septembra 582 kWh.m<sup>-2</sup> na voľnej ploche Iviny a 631 kWh.m<sup>-2</sup> na Hriňovej. Najvyššie priemerné denné maximum za sezónu bolo dosiahnuté v roku 2009 na lokalite Hriňová (7,9 kWh.m<sup>-2</sup>). V roku 2010 bola na oboch plochách zistená vyššia variabilita priemerných

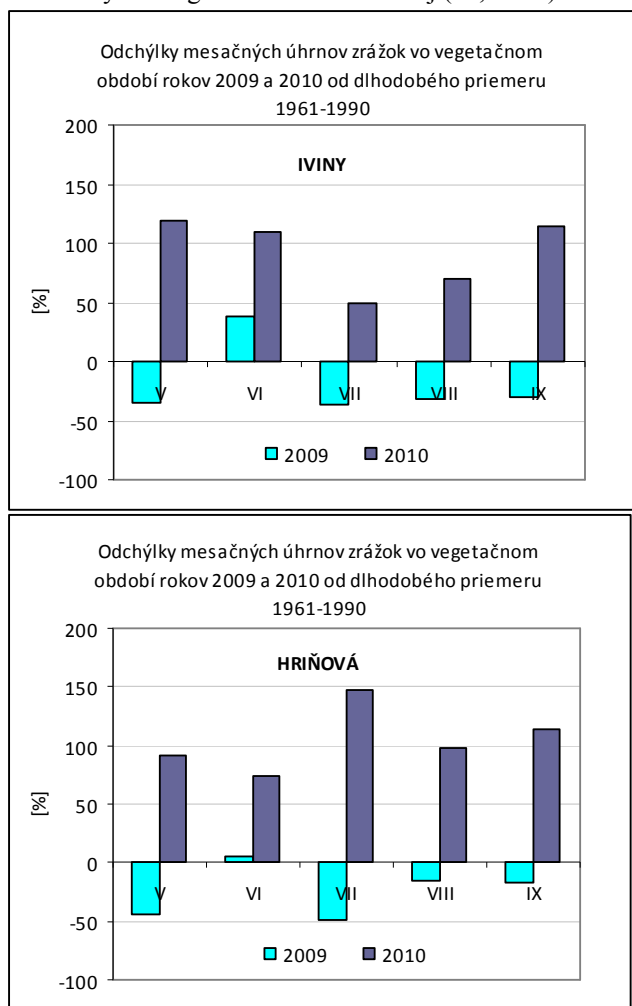
denných úhrnov globálneho žiarenia ako v roku 2009, čo dokumentuje vyššie percento variačného koeficienta  $s_x\%$ . Teplotné pomery predmetných rokov 2009 a 2010 dokumentujú grafy na obrázku 2, na ktorých sú znázornené absolútne odchýlky priemerných mesačných teplôt vzduchu od dlhodobého priemeru 1961 – 1990. S výnimkou septembra 2010 na oboch plochách a júna 2009 na lokalite Iviny, boli vo všetkých ostatných mesiacoch zistené nadnormálové hodnoty teplôt vzduchu. Vegetačná sezóna oboch rokov aj lokalít bola teda teplotne významne nadpriemerná. Najvyššia kladná odchýlka (3,2 °C) bola zaznamenaná v septembri 2009 na Hriňovej a v júli 2010 na oboch lokalitách



**Obrázok 2.** Absolútne odchýlky priemerných mesačných teplôt vzduchu (°C) vo vegetačnom období rokov 2009 a 2010 od dlhodobého priemeru 1961 – 1990 pre výskumné lokality Iviny a Hriňová

Testovanie rozdielov priemerných denných úhrnov zrážok v oboch vegetačných sezónach preukázalo, že podstatne výraznejšie rozdiely ako v teplotných pomeroch boli medzi sledovanými rokmi 2009 a 2010 zistené v zrážkovej činnosti. Celkový úhrn zrážok vo vegetačnom období roku 2009 (máj – september) bol veľmi nízky (277 mm na Ivinách a 310 mm na Hriňovej), čo je podľa kolektívu autorov Škvarenina *et al.* (1996) na, až pod hranicou

zrážkovej zabezpečnosti pre smrek obyčajný. Naproti tomu úhrny vo vegetačnom období roku 2010 boli 2,2 až 2,7 násobne vyššie. Podobne z grafického porovnania údajov s dlhodobým priemerom 1961 – 1990 (obrázok 3) je markantné, že kým mesačné úhrny vo vegetačnom období roku 2009 boli zrážkovo podpriemerné, vegetačná sezóna roku 2010 bola naopak výrazne zrážkovo nadnormálna. Najväčší deficit zrážok bol zistený v máji a júli roku 2009 na oboch záujmových lokalitách (o 35 – 50 %). Relatívne odchýlky zrážok dosiahli najvyššie prekročenie normálových úhrnov v júli 2010 na lokalite Hriňová (o 148 %). Detailnejšia analýza denných úhrnov ukázala, že vyšší júlový úhrn na tejto výskumnej ploche bol spôsobený veľmi pravdepodobne intenzívnymi a silne lokálnymi zrážkami z letných búrok, kedy len počas pár dní napadol celomesačný úhrn (napr. 12. a 18. júl). Podľa mapových výsledkov publikovaných na [www.shmu.sk](http://www.shmu.sk) bol región okolia Poľany v mesiaci júl 2010 jednou z oblastí s najvyšším prekročením dlhodobého mesačného normálu. Najvyšší denný úhrn za hodnotenú vegetačnú sezónu bol nameraný 16. augusta 2010 na Hriňovej (48,8 mm).



**Obrázok 3.** Relatívne odchýlky mesačných úhrnov zrážok (%) vo vegetačnom období rokov 2009 a 2010 od dlhodobého priemeru 1961 – 1990 pre výskumné lokality Iviny a Hriňová

### Hodnotenie pôdnej vlhkosti

Podkladom pre analýzu sezónneho vývoja vlhkosťného režimu pôdy na oboch výskumných plochách boli merania objemovej vlhkosti pôdy (SWC) a vodného potenciálu pôdy (SWP) v kontrolnom režime, ktoré reprezentujú prirodzené vlhkosťné podmienky v experimentálnych porastoch bez zavlažovania.

Na obrázku 4 je znázornený priebeh priemernej dennej objemovej vlhkosti pôdy v porovnaní s pôdnymi hydrolimitmi, odvodenými pre dané stanovišťa: bod vädnutia (BV), bod zníženej dostupnosti (BZD) a poľná vodná kapacita (PVK). Podľa laboratórneho odvodenia retenčných kriviek boli hydrolimity pôd na výskumných plochách stanovené nasledovne: na ploche Iviny nastáva bod vädnutia pri 19 %, BZD pri 24 % a PVK pri 29,5 % objemovej pôdnej vlhkosti. Na lokalite Hriňová platí pre BV 17,3 %, pre BZD 21,4 % a pre PVK 26,5 % (Capuliak *et al.* 2011). Prezentované sú výsledky meraní objemovej vlhkosti pôdy (%) pre porasty obidvoch výskumných plôch a obidve vegetačné sezóny jednotne od 1. mája do 1. októbra.

Z výsledkov je zrejмый veľký rozdiel vo vlhkosťnom režime medzi sledovanými rokmi a čiastočne aj medzi lokalitami. Na oboch výskumných plochách bola vlhkosť pôdy vo vegetačnom období v roku 2009 výrazne nižšia ako v roku 2010. Súvisí to prirodzene so signifikantne odlišným charakterom počasia vo vegetačných obdobiach uvedených rokov. Celková variabilita hodnôt – vyjadrená variačným koeficientom  $s_x\%$  – bola výrazne nižšia v roku 2010 ako v roku 2009.

V roku 2009 boli zrážky počas vegetačného obdobia skoncentrované do troch kratších období – prvé v druhej polovici júna, druhé začiatkom augusta a tretie v druhom septembrovom týždni, čo sa následne prejavilo aj vzostupom vlhkosti pôdy a v zmene pôdneho vodného potenciálu. Mimo týchto období bola vlhkosť pôdy permanentne nízka a dostupnosť vody prejavujúca sa aj na hodnotách pôdneho vodného potenciálu bola výrazne obmedzená. Objemová vlhkosť sa po väčšinu leta pohybovala pod hranicou bodu vädnutia v mladom poraste na Hriňovej (sezónny priemer bol 11,7 % v 15 cm, resp. 13,3 % v 50 cm) alebo bodu zníženej dostupnosti vody v dospelom poraste na Ivinách (19,1 % v 15 cm, resp. 20,6 % v 50 cm). Tento vážny nedostatok pôdnej vody bol prechodne kompenzovaný úhrnmi z letných búrok, ktoré zrejme prispeli k prežitiu smreka aj v podmienkach intenzívneho pôdneho sucha. Tieto epizodické zrážkové udalosti však nepostačovali na dlhodobjšie zvýšenie zásob vody v pôde a je pravdepodobné, že suché vegetačné sezóny podobné tej z roku 2009 budú mať na kondíciu niektorých stromových jedincov negatívne dopady.

V roku 2010 môžeme sledovať markantne iný vývoj vlhkosťných podmienok. Počas celého leta boli zrážky pomerne výdatné a rovnomerne rozložené s krátkou bezzrážkovou periódou v prvej polovici júla, ktorá sa však nestihla premietnuť do významnejšieho poklesu vlhkosti pôdy. Zásoba vody v pôde bola na oboch výskumných plochách počas celého leta vysoká, krátky a bezvýznamný

pokles hodnôt pôdneho vodného potenciálu sa vyskytol iba v prvej polovici júla. Objemová vlhkosť pôdy sa počas celého leta pohybovala väčšinou medzi bodom zníženej dostupnosti vody a poľnou vodnou kapacitou pôdy v mladom poraste (priemerne 25 %) a dokonca nad hranicou poľnej vodnej kapacity v starom poraste (priemer dvoch hlbok 35,6 %). Medzi jednotlivými hĺbkami merania vlhkosti neboli zaznamenané významnejšie rozdiely v úrovni vlhkosti, no v plytšej vrstve (15 cm) je zrejma vyššia dynamika vlhkosti pôdy ako v 50 cm hĺbke (obrázok 4). Pre porovnanie merania objemovej vlhkosti pôdy v zmiešanom poraste na trvalej monitorovacej ploche Poľana-Hukavský grúň ukázali priemernú objemovú vlhkosť pôdy v 10 cm 29,3 %, v hĺbke 30 cm 24 % a v hĺbke 60 cm až 43 % (Sitková 2010).

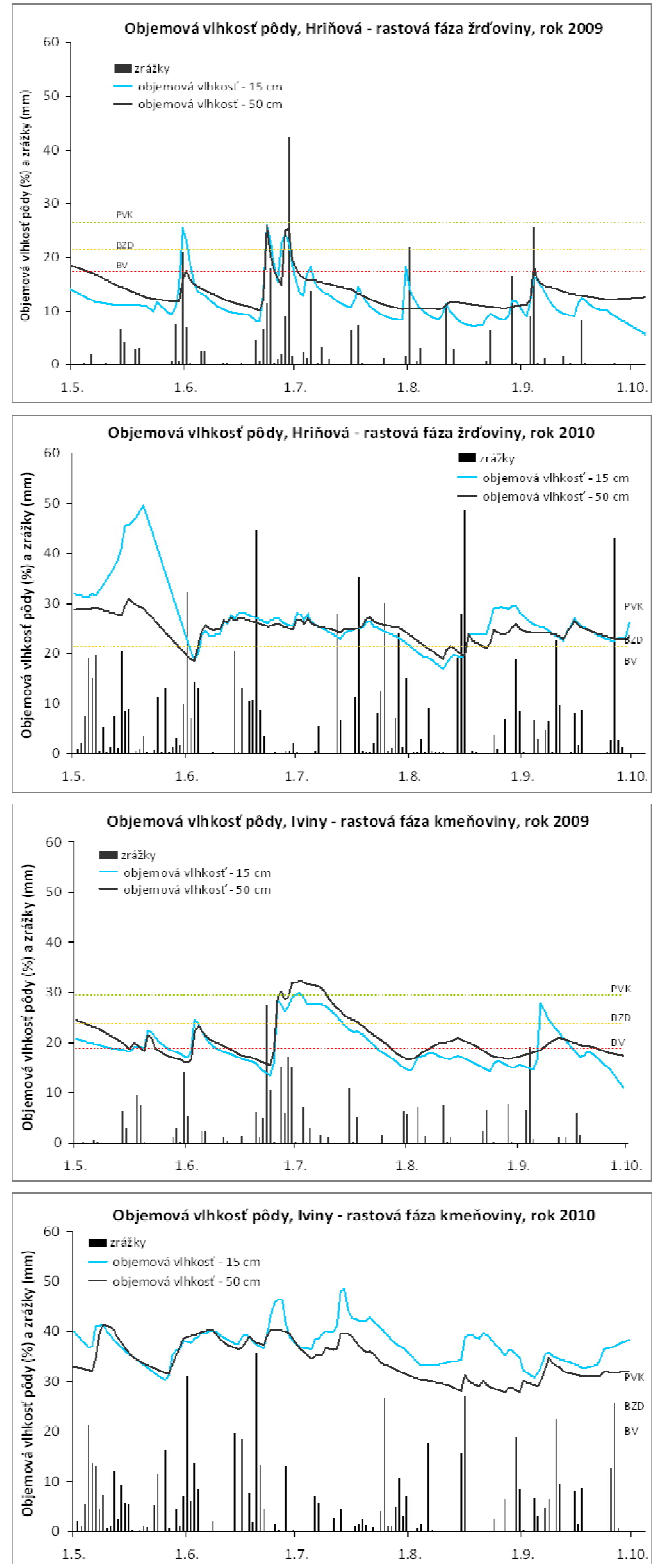
Okrem rozdielu medzi jednotlivými rokmi je z výsledkov badať tiež zreteľný rozdiel vo vlhkosťnom režime pôdy medzi výskumnými plochami. Napriek tomu, že na výskumnej ploche Iviny v poraste v rastovej fáze kmeňoviny bol v oboch rokoch nižší úhrn zrážok ako na výskumnej ploche Hriňová v poraste v rastovej fáze žrdoviny, vlhkosť pôdy na výskumnej ploche Iviny sa pohybovala v oveľa vyšších hodnotách (približne o 10 %). Potvrdzujú to aj rozdiely v hodnotách hydrolimitov odvodených z vlhkosťných retenčných kriviek na týchto dvoch lokalitách. Uvedený rozdiel možno pripísať odlišným fyzikálnym vlastnostiam pôd a prísunu podpovrchovej vody na výskumnej ploche Iviny. O významnom vplyve podpovrchovej vody tu svedčia aj známky oglejenia pôdy na tejto lokalite.

### Hodnotenie intercepcie porastov

Výsledky meraní podkorunových zrážok a zrážok na voľnej ploche ukázali, že úhrnná intercepcia smrekového porastu v rastovej fáze žrdoviny na Hriňovej bola vo vegetačnej sezóne roku 2009 23,8 % a smrekový porast vo fáze kmeňoviny na lokalite Iviny mal v roku 2010 intercepciu 34,2 %. Hodnoty intercepcie zohľadňujú stok po kmeni paušálnym nadhodnotením podkorunových zrážok o 1,4 % v zmysle práce Kantor (1981). Tesnejší vzťah denných úhrnov podkorunových zrážok ku zrážkam na voľnej ploche bol zistený na lokalite Hriňová v roku 2009 ( $R^2 = 0,93$ ), o niečo voľnejšia závislosť úhrnov sa preukázala na lokalite Iviny v roku 2010 ( $R^2 = 0,74$ ). Zistené hodnoty úhrnnej intercepcie za celé sledované vegetačné obdobie korešpondujú s doteraz publikovanými údajmi z výskumu vodnej bilancie smrekových porastov v stredoeurópskych podmienkach podľa rôznych autorov (napríklad Krečmer *et al.* 1981, Kantor 1984, Halmová *et al.* 2006, Mindáš *et al.* 2001, Tužinský 2000, Mindáš, Čaboun 2002, Oreňák 2009).

Analýza ďalej ukázala, že na lokalite Hriňová je hraničným úhrnom, pri ktorom sú podkorunové zrážky ešte nulové zrážka priemerne 1,15 mm a na lokalite Iviny ide o úhrn 0,99 mm. Autori Halmová *et al.* (2006) uvádzajú, že pri denných úhrnoch zrážok nad 10 mm sa rozdiel v interepcii mladého a dospelého lesného porastu stáva zanedbateľným. Aussenac (1969) uvádza tzv. kritické

hodnoty zrážok, pri ktorých neprenikne cez koruny porastov žiadna zrážková voda pre smrek 0,6 mm. Pre horskú smrečinu na lokalite Červenec v Západných Tatrách, uvádzajú Holko *et al.* (2009), túto hodnotu okolo 0,8 až 0,9 mm.



**Obrázok 4.** Priebeh objemovej vlhkosti pôdy (%) v rokoch 2009 a 2010 na výskumných plochách Hriňová (žrdovina) a Iviny (kmeňovina) v konfrontácii s pôdnymi hydrolimitmi a dennými úhrnmi zrážok (mm)

## Záver

Práca sumarizuje výsledky dvojročných experimentálnych meraní meteorologických prvkov a parametrov pôdnej vlhkosti, ktoré prebiehali vo vybraných smrekových porastoch v oblasti Poľany. Analýza meteorologických charakteristík preukázala signifikantne odlišný vývoj počasia vo vegetačnej sezóne roku 2009 v porovnaní s rokom 2010. Teplotne boli obidve vegetačné sezóny výrazne nadpriemerné v porovnaní s dlhodobým priemerom 1961 – 1990. Najvýraznejšie rozdiely sa prejavili v chode denných úhrnov globálneho žiarenia a vo vývoji zrážkovej činnosti. Úhrn zrážok vo vegetačnom období roku 2009 (máj – september) bol veľmi nízky (277 mm na Ivinách a 310 mm na Hriňovej), až na hranici zrážkovej zabezpečenia pre smrek obyčajný (300 mm). Naproti tomu úhrny vo vegetačnom období roku 2010 boli 2,2 až 2,7 násobne vyššie ako dlhodobý normál.

Z hľadiska priebehu vlhkosti pôdy vo vegetačnej sezóne možno rok 2009 hodnotiť ako výrazne suchý. Na oboch výskumných plochách bola dostupnosť vody s výnimkou dvoch krátkych období počas celého leta značne znížená. Naproti tomu vo vegetačnej sezóne 2010 sa významnejší pokles dostupnosti pôdnej vody počas celého leta nevyskytol ani v jednom z dvoch porastov. Rozdiel v režime pôdnej vlhkosti je zrejme nielen medzi rokmi, ale aj medzi jednotlivými výskumnými plochami. Výskumnú plochu Iviny možno celkovo v porovnaní s výskumnou plochou Hriňová hodnotiť ako vlhkosťne výhodnejšiu, čo je pravdepodobne zapríčinené rozdielnymi fyzikálnymi vlastnosťami pôd a podpovrchovým prítokom vody na výskumnej ploche Iviny. Porast v rastovej fáze zrdoviny na výskumnej ploche Hriňová je potenciálne vystavený väčšiemu riziku stresu suchom. Zvýšené riziko je u plytkokoreniaceho smreka podporované aj výraznejšou dynamikou vlhkosti v plytších vrstvách pôdy.

Výsledky ukázali, že smrekové porasty vyskytujúce sa za hranicou svojho prirodzeného areálu musia najmä v zrážkovo chudobných rokoch (ako napr. v roku 2009) čeliť podmienkam intenzívneho pôdneho sucha. Dlhotrvaťujúce periódy nízkej vlhkosti pôdy, až na hranici bodu vädnutia, zvyšujú riziko stresu zo sucha a pravdepodobne sa negatívne odrazia v kondícii jedincov smreka, ktorý je ako druh známy svojimi ekologickými nárokmi na dostatočnú pôdnu vlhkosť.

Experimentálnymi meraniami v smrekových porastoch stredoeurópskeho regiónu sme získali empirické údaje z dvoch výrazne, až extrémne meteorologicky odlišných vegetačných sezón, ako podklad pre analýzu ďalších parametrov (fyziologických, rastových atď.). Vzhľadom na skutočnosť, že súčasné scenáre zmien klímy predpovedajú pre 21. storočie zvýšenú frekvenciu výskytu sucha a letných horúčav pre regióny západnej a strednej Európy (Mehl & Tebaldi 2004), považujeme výsledky komplexných výskumných aktivít takéhoto druhu prebiehajúce priamo v lesných ekosystémoch za prínosné.

**PodĎakovanie** Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Integrovaný systém pre simuláciu odtokových pomerov,

ITMS: 26220220066, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (50 %). Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0022-07 (25 %) a č. APVV-0111-10 (25 %).

Výsledky prezentované v tomto príspevku sú zároveň súčasťou pripravovanej vedeckej monografie *Stres suchom a lesné porasty*, ktorá bude v roku 2011 vydaná na Technickej univerzite vo Zvolene ako výstupná publikácia z projektu APVV-0022-07.

## Literatúra

- Aussenac, G. 1969: Influences du couvert forestier sur les précipitations. *Revue forest. franc.*, 21, č. 7, 135 – 156 s.
- Ayres M., Lombardero M. 2000: Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Sci. Total Environ.* 262 (2000) 263–286.
- Beniston M., Innes J. L. (Eds.) 1998: The impacts of climate variability on forests. *Lectures Notes in Earth Sciences* 74, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 3-540-64681-7.
- Beniston, M. 2004: The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L02202, doi:10.1029/2003GL018857.
- Black, E., Blackburn, M., Harrison, G., Hoskins, B.J., Methven, J. 2004. Factors contributing to the summer 2003 European heatwave. *Weather*, 59, 217–223.
- Bréda N, Huc R, Granier A, Dreyer E 2006: Temperature forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann For Sci* 63:625–644.
- Capuliak, J., Frič, M., Gömörjová, E., Homolák, M., Pichler, V., Novák, V. 2011: Zhodnotenie stavu a hydrofyzikálnych charakteristík lesných pôd v smrekových ekosystémoch Poľany. In: Štrelcová, K., Sitková, Z., Kurjak, D., Kmeť, J. (eds.) : *Stres suchom a lesné porasty – Aktuálny stav a výsledky výskumu*. Vedecká monografia. Technická univerzita vo Zvolene, v tlači
- Dore, M. d H.I. 2005: Climate Change and Changes in Global Precipitation Patterns: What Do We Know? *Environment International* 31(8): 1167–1181.
- Fink, A., T. Brücher, A. Krüger, G. Leckebusch, J. Pinto, and U. Ulbrich, 2004: The 2003 European summer heat waves and drought–synoptic diagnosis and impacts. *Weather*, 59, 209–216.
- Fischer, E. M., S. I. Seneviratne, P. L. Vidale, D. Lüthi, C. Schär, 2007: Soil Moisture–Atmosphere Interactions during the 2003 European Summer Heat Wave. *J. Climate*, 20, 5081–5099. doi: 10.1175/JCLI4288.1.
- Háľmová, D., Pekárová, P., Miklánek, P. 2006: Rainfall interception in hornbeam and spruce forest in Slovakia. *Meteorologický časopis*, ISSN 1335-339X, 2006, Vol. 9, no.3–4, 2006, pp. 123–129.
- Holko, L., Škvarenina, J., Kostka, Z., Frič, M., Staroň, J. 2009: Impact of spruce forest on rainfall interception and seasonal snow cover evolution in the Western Tatra Mountains, Slovakia. *Biologia*, vol. 64, no. 3, 594 – 599 s.
- Hraško J. et al. 1962: *Rozbory pôd*. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava: 335 s.
- Kantor, P. 1981: Intercepce horských smrkových a bukových porostů, *Lesnictví*, roč. 27, 1981, č. 2, s. 171 – 192.
- Kantor, P. 1984: Vodní bilance smrku a buku ve vegetačním období. *Práce VÚLHM*, 64:471–490.
- Krečmer, V., Fojt, V., Hynčica, V. 1981: Intercepční proces ve smrkových porostech, *Vodohosp. Čas.*, roč. 29, 1981, č. 6, str. 593 – 614.
- Lakshmi, V., Piechota, T., Narayan, U., Tang, C. 2004: Soil moisture as an indicator of weather extremes. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L11401, doi:10.1029/2004GL019930.
- Lapin, M., Gera, M., Hrvol, J., Melo, M., Tomlain, J. 2009: Possible impacts of climate change on hydrologic cycle in Slovakia and results of observations in 1951–2007. *Biologia* 64/3: 454–459, DOI: 10.2478/s11756-009-0097-4.

- Meehl, G., Tebaldi, C., 2004: More Intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century, *Science* 305 (2004) 994–997.
- Mindáš J., Škvarenina J., Střelcová, K., 2001: Význam lesa v hydrologickom režime krajiny. *Životné prostredie XXXV*, (3), 146 – 151 s.
- Mindáš, J., Čaboun, V. 2002: Vplyv rastlinných spoločenstiev na odtokové pomery z povodia. *ZS VTP 27-34 Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy*. LVÚ Zvolen, 25 s.
- Oreňák, M., 2009: Intercepcia horských smrečín Západných Tatier. Diplomová práca, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, 72 s.
- Pecho, J, Faško, P., Ač, A., Lapin, M. 2009: Extrémne privalové zrážky a povodne [online]. Quark.sk, august 2009, [cit. 2011-02-18].
- Rouault G, Candau JN, Lieutier F, Nageleisen LM, Martin JC, Warzée N 2006: Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann. For Sci* 63:613–624.
- Sitková, Z. 2010. Hodnotenie meraní pôdnej vlhkosti a pôdneho vodného potenciálu na plochách demonštračných aktivít D3. In: Pavlenda, P., Pajčík, J. et al.: *Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy a projekt FutMon za rok 2010*. NLC-LVÚ Zvolen.
- Škvarenina, J., Střelcová, K., Kamenský, L. 1996: Zrážková zabezpečenosť smreka obyčajného na vybraných lokalitách stredného Slovenska. In: *Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny*. LVÚ, Zvolen, 89 – 96.
- Tužinský, L. 2000: Spruce and Beech Forest Stands Water Balance. *Ekológia (Bratislava)*, 19, 2:198 – 210.
- Zaitchik, B.F., Macalady, A. K., Bonneau, L.R., Smith R.B. 2006: Europe's 2003 heatwave: a satellite view of impacts and land-atmosphere feedbacks. *International Journal of Climatology* 26:743 – 769.

