

## HYDROLOGICKÝ REŽIM MLADÝCH POROSTŮ SMRKU A BUKU VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ NA EXPERIMENTÁLNÍ PLOŠE V ORLICKÝCH HORÁCH

### HYDROLOGIC REGIME OF YOUNG NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH STANDS IN GROWING SEASONS ON THE EXPERIMENTAL AREA IN THE ORLICKÉ HORY MTS

VLADIMÍR ŠVIHLA<sup>1)</sup> - VLADIMÍR ČERNOHOUS<sup>2)</sup> - FRANTIŠEK ŠACH<sup>2)</sup> - PETR KANTOR<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Fügnerova 809, Beroun*

<sup>2)</sup> *Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno*

<sup>3)</sup> *Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno*

#### ABSTRACT

Impact of the water component of mountain forests on vast surroundings of the Orlické hory Mts is substantial from water management viewpoint. Therefore, the system of silvicultural and hydrologic experimental objects was established. The Deštná stráň long-term research area was located in the zone of European beech, Norway spruce and silver fir mixed forest stands. The paper focuses on quantification of beech and spruce stand water regime and comparison of its water balance components. The principal objective is to judge their importance and environmental impact. The paper provides information about behaviour of group mixed beech and spruce mountain forest in terms of water component. Obtained results proved significance of differences in total runoff and interception between young stands of both tree species. Differences in evapotranspiration and dynamics of soil water content were not proved. Our findings are consistent with scientific knowledge and results of other research studies in similar conditions.

**Klíčová slova:** smrk, buk, mladé porosty, hydrologická bilance, horský svah, matematicko-statistická analýza, parametry hydrologické bilance, návrh druhové skladby

**Key words:** Norway spruce, European beech, young stand, hydrologic balance, mountain slope, mathematic-statistic analysis, water budget components, tree species composition design

#### ÚVOD

Výzkum vodního režimu smrkových a bukových porostů v šestém lesním vegetačním stupni (lvs) Orlických hor jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných horských lesů je dlouhodobě prováděn na experimentálním objektu Deštná stráň, založeném a provozovaném Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. – Výzkumnou stanicí v Opočně.

Typologicky jde o lesní typ 6K1 kyselá smrková bučina metlicová v nižší hornatině, patří do hospodářského souboru 53 – kyselá stanoviště vyšších poloh. Přirozený, vodohospodářsky důležitý les by zde měl mít zastoupení dřevin přibližně 50 % BK, 30 % SM a 20 % JD, hospodářský cíl je 60 % SM, 30 % BK, 10 % JD. Stacionár Deštné byl založen v roce 1976 na Deštné stráni se ZJZ expozicí ve výšce 890 m n. m. Při průměrných srážkách 1 566 mm za hydrologický rok byly v hodnoceném tříletém období 2004/2005 až 2006/2007 měřeny základní složky vodní bilance. Studované porosty měly v roce 2005 věk 24 let a nacházely se v růstové fázi tyčkoviny až tyčoviny. Podrobný popis experimentální plochy a výsledky rozsáhlého výzkumu obsahuje četná literatura (KANTOR 1995; KANTOR et al. 2005, 2006, 2007, 2008; ČERNOHOUS et al. 2009, 2010; ŠVIHLA et al. 2007).

Cílem práce bylo kvantifikovat rozdíly v hydrologické bilanci smrkového a bukového porostu ve vegetačních periodách 2005, 2006, 2007 a posoudit jejich významnost a environmentální dopad. Analýza má poskytnout globální představu, jak se chovají skupinově smíšené porosty smrku a buku ve vegetační periodě z hlediska parametrů hydrologické bilance.

#### METODIKA

##### Porovnání hydrologické bilance smrku a buku na výzkumné ploše Deštná stráň

Území experimentální plochy Deštná stráň se nachází v oblasti smíšených lesů smrku, buku a jedle. Experimentální výsledky z této plochy (KANTOR et al. 2005, 2006, 2007, 2008) umožnily provést porovnání jednotlivých komponent hydrologické bilance smrku a buku v letních obdobích 2005 – 2007 a následně stanovit jejich vliv na vodní režim smrkových a bukových lesů nižších hornatin ve vegetační periodě. Pro účely této studie bylo využito měření v letech 2005 – 2007 (viz tab.

**Tab. 1.**

Přehled veličin *HB* [rovnice č. 1] v roce 2005 – 2007 na výzkumné ploše Deštná stráž (průměrné denní hodnoty v mm v jednotlivých měsících)

Variables relating to hydrologic balance [equation Nr. 1] on the Deštná stráž research area during 2005 – 2007 growing season from May to October (mean daily values (mm) in individual months)

Rok/ Year	Měsíc/ Month	<i>HS(ef)</i>		<i>Q</i>		<i>ET</i>		$\Delta w$	
		SM	BK	SM	BK	SM	BK	SM	BK
2005	V	4,68	5,44	3,00	4,12	1,65	1,18	+0,03	+0,14
	VI	2,37	2,43	1,46	1,48	1,70	1,28	-0,79	-0,33
	VII	4,39	4,49	2,61	2,44	1,41	1,77	+0,37	+0,28
	VIII	2,72	2,74	1,55	1,39	1,48	1,68	-0,31	-0,33
	IX	1,78	1,90	0,80	0,99	0,78	0,76	+0,20	+0,15
	X	0,39	0,42	0,00	0,00	0,61	0,51	-0,22	-0,09
2006	V	5,28	5,54	4,06	4,19	1,58	1,52	-0,36	-0,17
	VI	2,47	2,48	1,14	1,33	1,60	1,35	-0,27	-0,20
	VII	2,28	2,36	1,48	1,62	1,19	1,07	-0,39	-0,33
	VIII	10,09	10,20	8,35	8,59	0,86	0,89	+0,88	+0,72
	IX	3,95	4,14	2,72	3,04	1,56	1,43	-0,33	-0,33
	X	2,13	2,16	1,50	1,65	0,43	0,32	+0,20	+0,19
2007	V	2,16	1,86	1,01	1,00	1,24	1,08	-0,09	-0,22
	VI	3,51	3,78	2,08	2,23	1,13	1,32	+0,30	+0,23
	VII	5,21	5,32	3,54	3,44	1,71	1,98	-0,04	-0,10
	VIII	1,90	2,27	1,02	1,32	1,15	1,20	-0,27	-0,25
	IX	4,68	4,63	3,01	2,92	0,91	1,12	+0,76	+0,59
	X	3,43	3,75	2,61	2,99	0,59	0,60	+0,23	+0,16
	$\Sigma$	63,42	65,91	41,94	44,74	21,58	21,06	-0,10	+0,11
	$\emptyset$	3,52	3,66	2,33	2,49	1,20	1,17	-0,01	0,01

*HS(ef)* – efektivní (porostní) srážky vypočtené z měřených hodnot = srážky volné plochy – intercepce + stok po kmeni (*effective, net precipitation calculated from measuring values = open area precipitation minus interception plus stemflow*); *Q* – celkový odtok stanovený měřením (*total runoff determined by measurement*); *ET* – evapotranspirace stanovená z měření užitím pedologické metody (KANTOR et al. 2009) (*evapotranspiration determined from measurement using pedological method*);  $\Delta w$  – změna půdní zásoby vody stanovená z měření (*change of soil water content determined by measurement*)

1), které bylo zhodnoceno na základě statistických metod korelace, regrese a testů významnosti rozdílných hodnot proměnných veličin hydrologické bilance (*HB*), viz MYSLIVEC (1957), JANKO (1937, 1951) a WAERDEN (1957). Měření byla ke zpracování vyjádřena jako denní průměry [ $\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$ ] vypočtené pro 18 letních měsíců 2005 – 2007. Vstupní data, rukopisný způsob výpočtů a zobrazení jeho výsledků je vzorově uveden v 6 tabulkách a na jednom grafu u korespondenčního autora. Publikace všech podrobných výpočtů a obrázků by neúměrně zatížila rozsah statě (28 tabulek a 4 grafy). Pro případné zájemce jsou k dispozici v archivním páre tohoto příspěvku.

## VÝSLEDKY

### Korelace a regresní vztahy komponent hydrologické bilance smrku a buku ve vegetačním období

Korelační a regresní analýza vztahů proměnných veličin *HB* bukového a smrkového porostu na Deštné stráni byla provedena korelační metodou výpočtem korelačního koeficientu (*r*) a regresních přímek se stanovením jejich významnosti. K výpočtům korelačních a regresních koeficientů a jejich významnosti ve vztahu komponent hydrologické bilance SM a BK porostů byly zvoleny klasické statistické metody v programu Unistat pro Excel. Výsledky analýzy jsou zahrnuty v tab. 2.

Z tab. 2 je především patrné, že mezi odpovídajícími si komponentami *HB* předmětných lesních porostů SM a BK existují významné podobné reakce na stejné přírodní podmínky. Znamená to, že trendy přírodních procesů v nich jsou podobné a existující tendence v průběhu parametrů *HB* SM a BK nejsou ve vegetačním období příliš odlišné. Vysoká hodnota korelačních koeficientů *r* a blízkost hodnot regresních koeficientů *b* = 1 (vyšší než hranice 0,001 %) a střední hodnoty chyb regresních koeficientů *b* to dokládají.

To však neznamená, že jednotlivé hodnoty parametrů *HB* nemohou vykazovat podstatné rozdíly. Tato skutečnost vyplývá z hranic spolehlivosti regresních koeficientů s pravděpodobností 0,01. Například pro evapotranspiraci může být odchylka od naměřeného regresního koeficientu *b* s pravděpodobností  $P = 0,01 \pm 38$  %. Problém významnosti rozdílu v naměřených hodnotách proměnných veličin *HB* je proto nutno blíže určit testy jejich významnosti. Je ale také nutno konstatovat, že vypočtené regresní rovnice ukazují jen střední trendy vzájemných relací proměnných veličin *HB*.

Korelační a regresní analýza projevů jednotlivých veličin *HB* potvrdila, že SM a BK na Deštné stráni reagují na přírodní podmínky obdobně. Podobnost odtoků, evapotranspirace, intercepce a dynamiky vlhkosti SM a BK byla prokázána. Rozdíly v jednotlivých veličinách *HB* lze kvantifikovat jen v průměru. Odtok z BK porostu je v průměru o 2,4 % vyšší než ze SM porostu, evapotranspirace BK o 8,6 % nižší než SM, intercepce BK bez stoku po kmeni o 2,1 % vyšší než SM a dynamika vlhkosti půdy je u BK nižší o 27,6 % než SM. Významnost rozdílu lze kvantifikovat statistickými testy.

**Tab. 2.**

Korelace a regresní vztahy komponent hydrologické bilance mezi SM a BK na experimentální ploše Deštná stráž  
 Correlation and regression of hydrologic balance components between Norway spruce (SM) and European beech (BK) young stands on the Deštná stráž experimental area

veličina	parametry <sup>1</sup>	Korelační koeficient <sup>2</sup> <i>r</i>	Regresní koeficienty <sup>3</sup> vztahu $y(BK)=f[x(SM)]$		Hodnota <sup>4</sup> $P(t_x)$	Hodnota <sup>4</sup> $P(t_y)$	Hranice <sup>5</sup> <i>b</i> s 1 % <i>P</i>	Střední chyba <sup>6</sup> <i>b</i> <i>P</i> %
			<i>a</i>	<i>b</i>				
Celkový odtok <sup>7</sup> <i>Q</i>		0,988	0,101	1,024	0,000	0,000	0,909 1,138	3,9
Evapotranspirace <sup>8</sup> <i>ET</i>		0,865	0,080	0,910	0,000	0,000	0,523 1,296	13,2
Efektivní srážka <sup>9</sup> <i>HS(ef)</i>		0,995	0,065	1,021	0,000	0,000	0,948 1,094	2,5
Diference vlhkosti půdy <sup>10</sup> $\Delta w(a)$		0,956	0,010	0,724	0,000	0,000	0,562 0,886	5,5

Captions: <sup>1</sup>parameter, <sup>2</sup>correlation coefficient, <sup>3</sup>regression coefficients, <sup>4</sup>P-value, <sup>5</sup>limits, <sup>6</sup>standard error, <sup>7</sup>total runoff, <sup>8</sup>evapotranspiration, <sup>9</sup>net precipitation, <sup>10</sup>soil moisture difference

Pozn.: rovnice regrese je lineární ve formě  $y(BK) = b \cdot [x(SM)] + a$   
 Note: regression equation is linear as follows:  $y(BK) = b \cdot [x(SM)] + a$

## Slovní hodnocení ad tab. 2/Commentary added to Tab. 2

Vztah *Q(SM)* a *Q(BK)* je významný, BK má poněkud vyšší *Q* než SM.

Relation between *Q(SM)* and *Q(BK)* is significant; *Q* of beech young stand was a little greater than of spruce one.

Vztah *ET(SM)* a *ET(BK)* je významný, *ET(BK)* je poněkud nižší než *ET(SM)*.

Relation between *ET(SM)* and *ET(BK)* is significant; *ET* of beech young stand was a little lower than of spruce one.

Vztah *HSef(BK)* a *HSef(SM)* je významný, intercepce BK je poněkud nižší než SM.

Relation between *HSef(SM)* and *HSef(BK)* is significant; interception of beech young stand was a little lower than of spruce one.

Vztah dynamiky vlhkosti půdy SM a BK je významný, dynamika vlhkosti půdy BK je nižší než SM.

Relation of soil moisture dynamics between SM and BK is significant; dynamics of soil water content in beech young stand was a little lower than in spruce one.

**Tab. 3.**

Matematicko-statistické hodnocení významnosti naměřených rozdílů proměnných veličin *HB* SM a BK porostů na Deštné stráni  
 Tests of significance for differences of hydrologic-balance variables between spruce and beech young stands on the Deštná stráž research area

Test	Parametr <sup>1</sup>	Hodnota testu <sup>2</sup>	Významnost rozdílu hodnota $P^3$
dvouvýběrový F-test pro rozptyl <sup>4</sup>	<i>Q</i>	1,072	0,444
	<i>ET</i>	1,107	0,418
	<i>HS(ef)</i>	1,052	0,459
	$\Delta wa$	1,745	0,130
Anova: dva faktory bez opakování <sup>5</sup>	<i>Q</i>	5,14	<b>0,037</b>
	<i>ET</i>	0,30	0,592
	<i>HS(ef)</i>	7,30	<b>0,015</b>
	$\Delta wa$	0,11	0,744
	<i>čas+</i>		
dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu <sup>6</sup>	<i>Q</i>	164,20	0,000
	<i>ET</i>	13,64	0,000
	<i>HS(ef)</i>	390,71	0,000
	$\Delta wa$	24,12	0,000
Wilcoxonův párový neparametrický pořadový test <sup>7</sup>	<i>Q</i>	27	<b>0,017</b>
	<i>ET</i>	75	0,670
	<i>HS(ef)</i>	20	<b>0,003</b>
	$\Delta wa$	72,5	0,862

Captions: <sup>1</sup>sample characteristics; <sup>2</sup>test value; <sup>3</sup>significance of difference expressed by P-value; <sup>4</sup>F-test for variances of two samples; <sup>5</sup>two factors ANOVA; <sup>6</sup>two variables paired t-test; <sup>7</sup>Wilcoxon's paired nonparametric two variables rank test

### Významnost rozdílů mezi proměnnými veličinami hydrologické bilance SM a BK porostů ve vegetačním období

Hodnocení významnosti rozdílů mezi proměnnými veličinami *HB* bukového a smrkového porostu na Dešenské stráni bylo pro období vegetačních period 2005 – 2007 provedeno klasickým dvouvýběrovým *F*-testem pro rozptyl, pro data uspořádaná do dvojic párovým *t*-testem na střední hodnotu, když tytéž výsledky dávala také dvoufaktorová analýza variance bez opakování. Aplikaci *t*-testu s úpravou na korelaci testovaných veličin (závislých znaků) pak již nebylo třeba provádět. Vzhledem k nenormalitě (variační koeficienty větší než 30 %, *P*-hodnoty Shapiro-Wilk testu normality menší než 0,05) a malým výběrům (*n* menší než 20) bylo smysluplné zejména pro *HS(ef)* a *Q* použít Wilcoxonův párový neparametrický pořadový test. Výsledky výpočtů jsou v tab. 3.

Klasický *F* test prokázal, že analyzovaná data jsou homogenní. Rozptyly diferencí proměnných veličin *HB*, *SM* a *BK* porostů nejsou významně rozdílné. To je základní předpoklad další analýzy. Rovněž je významné, že se neliší hnědé lesní půdy *SM* a *BK* porostu (cf. ŠVIHLA et al. 2007).

Dvoufaktorová analýza variance bez opakování řeší v prvním pořadí rozdíly naměřených hodnot proměnných veličin *HB* mezi *SM* a *BK* porosty, ve druhém pořadí tyto rozdíly hodnotí v časovém sledu, tj. jsou to rozdíly průměrných měsíčních hodnot (poznámka „čas“ v tab. 3).

Z tab. 3 je zřejmé, že

- celkový odtok ze *SM* a *BK* porostu se výrazně liší na hranici 1 % ≤ *P* ≤ 5 %,
- evapotranspirace *SM* a *BK* porostu se významně neliší,
- efektivní srážka *BK* a *SM* porostu se liší podle párového *t*-testu na hranici 1 % ≤ *P* ≤ 5 %, rovněž tak podle dvoufaktorové analýzy variance bez opakování,
- dynamika půdní vlhkosti *BK* a *SM* porostu se významně neliší,
- celkový odtok, evapotranspirace, efektivní srážka a dynamika vlhkosti u obou dřevin se mezi jednotlivými měsíci významně liší (*P* < 1 %),
- hnědé lesní půdy porovnávaných *SM* a *BK* porostů se svými parametry významně neliší (cf. ŠVIHLA et al. 2007).

## DISKUSE

Regresní analýza umožňuje bližší kvantifikaci rozdílných hodnot jednotlivých veličin *HB*. Především je nutno komentovat výsledky analýzy regresních koeficientů (tab. 2). Hranice regresních koeficientů ukazují, že v případě velkého počtu dalších náhodných výběrů by platilo  $b_i - \bar{b} < 0$  a  $b_i - \bar{b} > 0$  zhruba stejně v 50 % případů, tj. regresních koeficientů menších než jsou vypočtené je stejně jako regresních koeficientů větších než jsou vypočtené. Z toho je zřejmé, že vypočtené regresní koeficienty  $\bar{b}$  jsou průměrné hodnoty v případě velkého počtu náhodných výběrů.

Tento postup umožnil kvantifikovat rozdíly v naměřených hodnotách průtoků a porostních srážek, pro které byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi porosty *SM* a *BK*.

Pro celkový odtok *Q* [mm.den<sup>-1</sup>] platilo (tab. 2)

$$Q(\text{BK}) = 1,024 \cdot Q(\text{SM}) + 0,101 \quad [\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}].$$

Je-li celkový průměrný odtok *SM* 2,33 mm.den<sup>-1</sup>, pak průměrný odtok *BK*

$$Q(\text{BK}) = 1,024 \cdot 2,33 + 0,101 = 2,49 \quad [\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}].$$

Rozdíl byl 2,49 – 2,33 = 0,16 mm.den<sup>-1</sup> = 1,85 l/s/km<sup>2</sup>. Je to 6,9 % průměrného „vegetačního odtoku“ *SM*. Přepočteno na vegetační periodu to dělá 29.411 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/veg. per. To rozhodně není zanedbatelný objem vody, který dával v průměru *BK* porost v odtoku navíc oproti *SM*. Pro porostní srážku *HS(ef)* platilo

$$HS(ef, \text{BK}) = 1,021 \cdot HS(ef, \text{SM}) + 0,065 \quad [\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}].$$

Pro průměrnou porostní srážku *SM* 3,52 mm.den<sup>-1</sup> bude průměrná porostní srážka *BK*

$$HS(ef, \text{BK}) = 1,021 \cdot 3,52 + 0,065 = 3,66 \quad [\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}].$$

Rozdíl byl

$$3,66 - 3,52 = 0,14 \text{ mm} \cdot \text{den}^{-1} = 25,76 \text{ mm/veg. per.} = 25.760 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{veg. per.}$$

více srážkové vody v *BK* porostu. Jsou to 4 % průměrného množství porostní srážky *SM*.

Celková hydrologická bilance je u *SM* porostu za období sledování 3 let (údaje jsou měsíční denní průměry ve vegetační periodě za 3 roky).

Hydrologická bilance celkem:

$$HS(ef) - Q(c) - ET + \Delta w(a) = 0 \quad [1]$$

$$63,42 - 41,94 - 21,58 + 0,10 = 0 \quad [\text{mm za 18 měsíčních průměrů, celková } HB \text{ u } SM \text{ porostů za období 3 let}]$$

ročně:

$$648,3 - 428,7 - 220,6 + 1,0 = 0 \quad [\text{mm/veg. per. 184 dní}]$$

$$100,0 - 66,1 - 34,0 + 0,1 = 0 \quad [\%].$$

Celková *HB* u *BK* porostu za hodnocené období sledování 3 let:

$$65,91 - 44,74 - 21,06 - 0,11 = 0 \quad [\text{mm/18 měsíčních průměrů}]$$

ročně:

$$673,7 - 457,3 - 215,3 - 1,1 = 0 \quad [\text{mm/veg. per. 184 dní}]$$

$$100,0 - 67,8 - 32,0 - 0,2 = 0 \quad [\%].$$

Na Dešenské stráni ve vegetační periodě zhruba 2/3 porostních srážek odtékly, 1/3 porostních srážek tvořila evapotranspirací. V celoročním období byl průměrný objemový součinitel odtoku na Dešenské stráni  $C_{obj} = 0,81$ . Pro malé horské povodí horního Labe je podle údajů ČHMÚ shodně  $C_{obj} = 0,83$  (HORSKÝ et al. 1970). Ve vegetační periodě květen – říjen byl na Dešenské stráni v průměru objem odtoku 38 % odtoku ročního. Podle údajů literatury pro toky v horním povodí Labe to bylo 35 % odtoku ročního (NĚMEC 1964, 1965). Hydrologická bilance na Dešenské stráni zřejmě náleží do širšího rámce *HB* malých horských povodí. Také trendy statistické analýzy výsledků hydrologické bilance, tj. vyšší odtoky a nižší hodnoty intercepce v porostech *BK* v srovnání s porosty *SM* potvrdili další autoři (KANTOR, KLÍMA 1997; ARMBRUSTER et al. 2004). Malé rozdíly mezi evapotranspirací *BK* a *SM* jsou rovněž známé (RUBNER 1953).

Lze tedy uzavřít, že získané výsledky byly v trendech, které se od výsledků jiných autorů neliší. Cílem této práce bylo rozdíly v *HB* porostů *SM* a *BK* ve vegetační periodě kvantifikovat, posoudit jejich významnost a environmentální dopad. Analýza dala rovněž globální představu, jak se chovají skupinově smíšené *BK* a *SM* porosty z hlediska parametrů *HB*.

## ZÁVĚRY

- 1) Trendy a časový sled parametrů hydrologické bilance porovnávaných porostů SM a BK se podobají, oba porosty reagují na přírodní podmínky obdobně. Podobnost průběhu odtoků, evapotranspirace, intercepce a dynamiky půdní vlhkosti byla bezpečně prokázána.
- 2) Významnost rozdílů mezi parametry hydrologické bilance byla posouzena šesti matematicko-statistickými testy. Analýza vedla k závěrům:
  - celkový odtok SM a BK se významně liší a dosahuje v průměru o 1,85 l/s/km<sup>2</sup> vyšší hodnoty u BK ve vegetační periodě;
  - efektivní (porostní) srážka je v průměru o 25,8 mm vyšší u BK porostu za vegetační periodu;
  - evapotranspirace a dynamika půdní vlhkosti porovnávaného SM a BK porostu se významně ve vegetační periodě neliší;
  - parametry hydrologické bilance se jak u SM, tak u BK porostu ve sledu hodnocených let významně liší;
  - výsledky analýzy jsou v trendech, které se od výsledků práce jiných autorů neliší;
  - analýza umožňuje globální představu, jak se chovají skupinově smíšené BK a SM porosty z hlediska jejich vodní komponenty.

### Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků Ministerstva zemědělství ČR, řešením výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a projektu NAZV QH92073 „Horské lesy – základní ekosystémy ovlivňující vodní bilanci, velké vody a suchá období v krajině“.

## LITERATURA

- ARMBRUSTER M., SEEGERT J., PEGER K. H. 2004. Effects of changes in tree species composition on water flow dynamics – model applications and their limitations. *Plant and Soil*, 264: 13-24.
- ČERNOHOUS V., KANTOR P., ŠACH F. 2009. Horské lesy – základní ekosystémy ovlivňující vodní bilanci, velké vody a suchá období v krajině. Opočno, VÚLHM – VS; Brno, Mendelova univerzita v Brně: 57 s.
- ČERNOHOUS V., KANTOR P., ŠACH F. 2010. Horské lesy – základní ekosystémy ovlivňující vodní bilanci, velké vody a suchá období v krajině. Opočno, VÚLHM – VS; Brno, Mendelova univerzita v Brně: 42 s.
- HORSKÝ L. et al. 1970. Hydrologické poměry ČSR. 3. díl. Praha, Hydrometeorologický ústav: 303 s.
- JANKO J. 1937. Základy statistické indukce. Praha, Státní úřad statistický: 224 s.
- JANKO J. 1951. Theorie náhodných výběrů – odhady a některé testy významnosti. Praha, České vysoké učení technické: 149 s.
- KANTOR P. 1995. Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných středohorských lesů. [Habilitation]. Brno, MZLU – LDF: 332 s.
- KANTOR P., KLÍMA S. 1997. Mikroklima a vodní bilance jedlo-bukového porostu v pahorkatině. *Lesnictví – Forestry*, 43: 333-345.
- KANTOR P., ŠACH F., ČERNOHOUS V., KARL Z. 2005. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV 1G67016. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2005. Brno, MZLU v Brně; Jiloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 61 s.
- KANTOR P., ŠACH F., ČERNOHOUS V., KARL Z. 2006. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV 1G67016. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2006. Brno, MZLU v Brně; Jiloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 54 s.
- KANTOR P., ŠACH F., ČERNOHOUS V., KARL Z. 2007. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV 1G67016. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2007. Brno, MZLU v Brně; Jiloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 62 s.
- KANTOR P., ŠACH F., ČERNOHOUS V., KARL Z. 2008. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV 1G67016. Redakčně upravená závěrečná zpráva za rok 2008. Brno, MZLU v Brně; Jiloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 113 s.
- KANTOR P., ŠACH F., KARL Z., ČERNOHOUS V. 2009. Development of vaporization process from young stands of Norway spruce and European beech after snow breakage. *Soil and Water Research*, 4 (Special issue 2): 28-38.
- MYSLIVEC V. 1957. Statistické metody zemědělského a lesnického výzkumnictví. Praha, Československá akademie zemědělských věd ve Státním zemědělském nakladatelství: 555 s.
- NĚMEC J. 1964. Inženýrská hydrologie. Praha, Státní nakladatelství technické literatury: 235 s.
- NĚMEC J. 1965. Hydrologie. Praha, SZN: 237 s.
- RUBNER K. 1953. Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Berlin, Neumann: 583 s.
- ŠVIHLA V., ŠACH F., KANTOR P., KULHAVÝ Z. 2007. Vyhodnocení hydropedologického průzkumu na experimentálním lesohydrologickém objektu Deštná stráž v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52: 27-35.
- WAERDEN B. L. VAN DER 1957. *Mathematische Statistik*. Berlin, Springer: 436 s.

### Použité symboly:

<i>HB</i>	hydrologická bilance
<i>a, b</i>	regresní koeficienty
<i>ET</i>	evapotranspirace
<i>F</i> (klasický)	poměr dvou rozptylů v analýze rozptylu dle Snedecora
<i>F</i> (faktorový)	veličina dvoufaktorového testu v analýze rozptylu
<i>HS(ef)</i>	efektivní (porostní) srážka
<i>n, N</i>	četnost souboru
<i>P(r), P(b)</i>	pravděpodobnost výskytu <i>r</i> , resp. <i>b</i>
<i>Q</i>	celkový odtok
<i>r</i>	korelační koeficient
<i>σ</i>	směrodatná odchylka
<i>t</i>	veličina Studentova testu
$\bar{x}, \bar{y}$	aritmetický průměr veličiny $x_i$ resp. $y_i$
$\Delta w(a)$	diference vlhkosti půdy

## HYDROLOGIC REGIME OF YOUNG NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH STANDS IN GROWING SEASONS ON THE EXPERIMENTAL AREA IN THE ORLICKÉ HORY MTS

### SUMMARY

Impact of the water component of mountain forests on vast surroundings of the Orlické hory Mts is substantial from water management viewpoint. Therefore, the system of silvicultural and hydrologic experimental objects was established. The Deštenská stráň long-term research area was located in the zone of European beech, Norway spruce and silver fir mixed forest stands. The paper focuses on quantification of beech and spruce stand water regime and comparison of its water balance components. The principal objective is to judge their importance and environmental impact. The paper provides - on the basis of water budget components from three growing periods 2005, 2006 and 2007 (Tab. 1) - information about behaviour of group mixed beech and spruce mountain forest in terms of water component. Data were evaluated through correlation and regression analysis (Tab. 2) and statistical testing (Tab. 3). High correlation coefficients and regression coefficients close to 1 significantly proved similar running tendency of water budget elements in spruce and beech stands during the growing periods. Obtained results proved significance of differences in total runoff and interception between young stands of both tree species. Net precipitation under the beech stand was per a growing period by 26 mm greater in average than under the spruce stand. Total runoff from the beech stand reached in a growing period by  $1.85 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$  greater volume than that from the spruce stand. Differences in evapotranspiration and dynamics of soil water content were not proved. Our findings are consistent with scientific knowledge and results of other research studies in similar conditions.

Recenzováno

---

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. František Šach, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno  
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika  
tel.: 494 668 391; e-mail sach@vulhmop.cz