

MODELOVÉ STANOVENÍ VLIVU ZÁMĚNY KULTUR SMRKU ZA BUK NA HYDROLOGICKOU BILANCI EXPERIMENTÁLNÍHO HORSKÉHO POVODÍ

MODEL DETERMINATION OF HYDROLOGIC BALANCE IN THE EXPERIMENTAL MOUNTAIN CATCHMENT WITH NORWAY SPRUCE IN EXCHANGE FOR EUROPEAN BEECH

VLADIMÍR ŠVIHLA¹⁾ - VLADIMÍR ČERNOHOUS²⁾ - FRANTIŠEK ŠACH²⁾ ✉ - PETR KANTOR³⁾

¹⁾Fügenerova 809, CZ - 266 01 Beroun

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, CZ - 517 73 Opočno

³⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ - 613 00 Brno

✉ e-mail: sach@vulhmop.cz

ABSTRACT

The work was based on a long term water balance study of Norway spruce and European beech stands partly on the Deštná stráň experimental area (DS), and partly on the U Dvou louček experimental catchment (UDL) in the Orlické hory Mts., Czech Republic. The aim of the study was to prove differences in hydrologic balance of spruce and beech stands during five growing periods in the years 2007–2011. Using water regime data from the DS plots, the effect of spruce substitute for beech on water balance in the UDL catchment was derived through regression and correlation analysis with statistical estimates and tests. Hydrological balance as a whole, i.e. sample of their components, was tested by two-factor analysis of variance with repeated single components. Obtained results proved that substitution of spruce stand for alternative beech stand would cause only little significant difference in water balance on the UDL catchment during special-interest growing seasons.

Klíčová slova: smrk, buk, mladé porosty, hydrologická bilance, vegetační období, elementární odtoková plocha, svah, horské povodí

Key words: Norway spruce, European beech, young forest stands, hydrologic balance, growing season, elementary drainage plot, slope, mountain catchment

ÚVOD

Článek navazuje na výsledky předložené v příspěvku Hydrologický režim mladých porostů smrku a buku ve vegetačním období na experimentální ploše v Orlických horách (ŠVIHLA et al. 2012a) a Model hydrologické bilance mladých smrkových porostů na experimentálním povodí ve vegetačním období (ŠVIHLA et al. 2012b).

Výzkum vodního režimu smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných horských lesů je dlouhodobě prováděn na experimentálním objektu Deštná stráň (DS) v Orlických horách. V povodí U Dvou louček (33 ha) v hřebcové partii Orlických hor jsou studovány hydrologické podmínky vegetace smrkové tyčkoviny v nižších horských polohách na bývalých imisních holinách pomocí hydrologické bilance. Hydrologické bilance v letech 2007 až 2011 byly vytvořeny jak pro obě dřeviny na ploše Deštná stráň, tak pro dvě smrkové elementární odtokové plochy 10 x 10 m s různými vlhkostními poměry v povodí U Dvou louček (UDL). Cílem práce bylo prokázat rozdíly v hydrologické bilanci smrkového a bukového porostu ve vegetačních periodách, kvantifikovat je a posoudit jejich významnost a environmentální dopad. Analýza má dále rovněž naznačit, jak se chovají skupinovitě smíšené porosty smrku a buku ve vegetační periodě z hlediska parametrů hydrologické bilance.

MATERIÁL A METODIKA

Základ zkoumání představují tabelární údaje výzkumné zprávy „Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině“ (ČERNOHOUS 2012) a publikované metodické postupy (ŠVIHLA et al. 2012a, 2012b).

Podkladová data, všechny tabelární výpočty, jejich rukopisný postup a grafické zobrazení výsledků přesahují možnosti publikace v tomto článku a jsou doloženy v archivním paré této práce (uloženo u prvního autora). Byly použity testy publikované MYSLIVCEM (1957), JANKEM (1937, 1951, 1958) a WAERDENEM (1957). Jedná se o matematicko-statistické metody hodnocení korelace a regresních vztahů veličin HB a F , t a X testy významnosti rozdílů jako měřítko jejich příbuznosti. Paralelně byly ověřovány statistickými metodami z programu Excel 2003. Na základě výsledků statistického testování v rámci řešené problematiky na ploše Deštná stráň (ŠVIHLA et al. 2012a) jsme testování hydrologické bilance jako celku (souboru jejích komponent) provedli pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s opakováním.

Vstupní data z experimentální plochy Deštná stráň shrnuje tab. 1, vstupní data pro smrk (SM) v experimentálním povodí U Dvou louček obsahuje tab. 2. Tam byla dále přiřčena i deduktivně odvozená data pro buk (BK_{calc}).

K řešení úkolu byly zvoleny 4 postupné kroky:

- zhodnocení vztahu parametrů HB v porostu SM a BK na DS a odvození relací mezi odpovídajícími si parametry (vztahy mezi dřevinami na DS)
- zhodnocení vztahu parametrů HB v porostech SM na ploše DS a SM na povodí UDL; úkolem bylo posouzení vztahů parametrů HB obou ploch (vztah mezi experimentálními plochami DS a UDL)
- odvození parametrů HB BK na povodí UDL a stanovení relací mezi měřenými parametry HB SM a nově vypočtenými parametry HB BK, tj. posouzení eventuálního dopadu změny kultur (ze vztahu mezi dřevinami v povodí UDL) na HB
- zhodnocení HB BK na DS a v povodí UDL

V prvním kroku byly stanoveny relace mezi měsíčními hodnotami parametrů HB SM a BK na ploše DS a provedeny matematicko statistické testy regresních vztahů SM a BK (tab. 3).

Ve druhém kroku byl stejným matematicko-statistickým způsobem hodnocen vztah SM na lokalitě DS a SM v povodí UDL. Jeho účelem bylo posoudit vztahy HB mezi zájmovými plochami DS a UDL a určit jejich charakter. Šlo o stanovení podobnosti HB obou experimentálních ploch. Výsledky výpočtů jsou v tab. 4.

Ve třetím kroku byla provedena transformace parametrů HB SM na parametry HB BK v povodí UDL s použitím relací odvozených v kroku 1 a 2. Výsledek byl korigován tak, aby globální relace SM a BK v povodí UDL odpovídaly globálním hodnotám relací vypočteným pro DS.

Pro transformaci a korigování jsme využili deduktivní výpočet neznámých charakteristik hydrologické bilance mladého bukového porostu v povodí UDL. Lineární regresí $SM_{UDL} = f(SM_{DS})$ jsme z charakteristik pozorovaných na ploše DS získali vyrovnané (očekávané, též předpovězené) hodnoty SM_{UDL} . Takto regresí předpovězené hodnoty SM_{UDL} jsme vložili do lineární regresní rovnice $BK_{DS} = f(SM_{DS})$, odvozené z hodnot charakteristik naměřených na ploše DS, a následně

Tab. 1.

Přehled veličin HB v letech 2007–2011 na výzkumné ploše Deštnská stráň (hodnoty v mm v jednotlivých měsících)

Variables relating to hydrologic balance on the Deštnská stráň research area during 2007–2011 growing season from May to October (values [mm] in particular months)

Rok/ Year	Měsíc/ Month	HS(ef)		Q		ET		Δw	
		SM	BK	SM	BK	SM	BK	SM	BK
2007	V-May	67,2	57,7	31,2	31,0	38,7	33,6	-2,7	-6,9
	VI-June	105,3	113,4	62,4	66,9	33,8	39,5	9,1	7,0
	VII-July	161,4	165,0	109,7	106,7	53,1	61,5	-1,4	-3,2
	VIII-Aug	59,0	70,4	31,8	41,0	35,7	37,1	-8,5	-7,7
	IX-Sept	140,3	138,9	90,3	87,7	27,4	33,5	22,6	17,7
	X-Oct	106,4	116,4	80,8	92,7	18,2	18,6	7,4	5,1
2008	V-May	95,6	84,0	51,2	51,0	45,4	37,1	-1,0	-4,1
	VI-June	82,6	83,0	30,2	32,4	47,8	50,1	4,6	0,5
	VII-July	62,8	66,0	13,6	11,0	56,2	59,2	-7,0	-4,2
	VIII-Aug	82,8	82,3	43,5	39,1	42,8	48,2	-3,5	-5,0
	IX-Sept	78,5	78,6	38,2	44,2	37,2	30,2	3,1	4,2
	X-Oct	113,1	108,0	77,9	61,2	20,2	29,3	15,0	17,5
2009	V-May	60,3	61,2	3,7	6,6	42,7	37,4	13,9	17,2
	VI-June	216,4	206,5	179,7	163,2	31,5	38,2	5,2	5,1
	VII-July	163,6	166,7	113,4	110,3	48,6	53,7	1,6	2,7
	VIII-Aug	88,9	91,2	57,5	56,3	38,3	42,2	-6,9	-7,3
	IX-Sept	23,9	21,9	0,8	0,3	33,8	34,2	-10,7	-12,6
	X-Oct	137,7	127,7	121,9	110,5	12,0	12,2	3,8	5,0
2010	V-May	162,0	165,5	119,7	127,1	40,2	35,2	2,1	3,2
	VI-June	69,1	70,2	27,2	28,0	59,3	61,3	-17,4	-19,1
	VII-July	108,6	118,9	45,8	55,0	61,6	62,0	1,2	1,9
	VIII-Aug	175,5	182,8	114,9	116,1	45,3	50,5	15,3	16,2
	IX-Sept	144,2	139,1	110,1	107,0	31,8	29,4	2,2	2,7
	X-Oct	29,1	31,5	0,4	0,1	25,2	27,9	3,5	3,5
2011	V-May	85,2	90,9	28,9	37,5	49,2	46,9	7,1	6,5
	VI-June	53,0	53,8	0,4	0,3	59,9	55,8	-7,3	-2,3
	VII-July	247,4	252,0	200,7	204,9	41,7	42,9	5,0	4,2
	VIII-Aug	95,9	97,8	59,7	60,8	37,2	38,1	-1,0	-1,1
	IX-Sept	101,6	103,7	75,0	79,2	30,7	30,9	-4,1	-6,4
	X-Oct	95,4	96,2	72,1	73,5	20,4	22,2	2,9	0,5
	Σ	3212,8	3241,3	1992,7	2001,6	1165,9	1198,9	54,1	40,8
	Øměsíc	107,1	108,0	66,4	66,7	38,9	40,0	1,8	1,4
	Øveg.obd.	642,6	648,3	398,5	400,3	233,2	239,8	10,8	8,2

jsme provedli výpočet neznámých charakteristik hydrologické bilance $BK_{UDL-calc}$

Souhlas relací globálních ročních hodnot HB mezi BK na DS a BK_{calc} v povodí UDL byl získán úpravou výsledků HB v prvním přiblížení koeficienty

$$y = \frac{y'(BK)}{y(BK)} \rightarrow \frac{\text{(má být)}}{\text{(je)}} \rightarrow \text{vyhovující rovnici } y(BK) = b \cdot x(SM) \text{ platné pro DS.}$$

Pro posouzení vztahu SM_{UDL} a $BK_{UDL-calc}$ v povodí U Dvou louček byl zvolen stejný aparát jako v předchozích krocích a výsledky výpočtů se nacházejí v tab. 5.

Ve čtvrtém kroku byl obdobný aparát použit pro zhodnocení HB BK na ploše DS a v experimentálním povodí UDL. Řešení transformace HB porostu BK na DS na HB BK_{calc} v povodí UDL se zakládalo na podobnosti HB obou výzkumných ploch a souhlasu HB BK porostu na DS s vypočtenou HB porostu BK_{calc} v povodí UDL.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Stanoveným výpočtem získané hodnoty HB BK_{calc} v povodí UDL ve vegetačních periodách 2007–2011 byly přiřazeny do tab. 2. V metodice představeným regresním modelem bylo dosaženo značné přesnosti. Ve vztahu k efektivním srážkám vykazuje součet komponent HB BK_{calc} za vegetační období chybu pouze +4,9 mm.

Souvislost odpovídajících parametrů HB SM a BK na ploše DS navzájem prokazuje tab. 3. Vysoké hodnoty signifikantních korelačních koeficientů ukazují, že hydrologické procesy v porostech SM a BK jsou obdobné, což je základní předpoklad předloženého řešení. Přehled vztahů parametrů HB SM na ploše DS a SM v povodí UDL obsahuje tab. 4. Ukazuje významné souvislosti u efektivních srážek a hodnot celkového odtoku. Nevýznamný vztah je u evapotranspirace, na hranici vysoké významnosti je vztah diferencí vlhkosti půdy. Evapotranspirace v porostech SM na DS a UDL mají zřejmě různé podmínky dané polohou obou stanovišť. Svou roli zřejmě sehrál také sněhový polom na DS v letech 2005–2006, kdy 98 % smrků bylo poškozeno sněhem

Tab. 2.

Přehled veličin HB v letech 2007–2011 na výzkumném povodí U Dvou louček (hodnoty v mm v jednotlivých měsících)

Variables relating to hydrologic balance on the U Dvou louček research catchment during 2007–2011 growing season from May to October (values [mm] in particular months)

Rok Year	Měsíc Month	HS(ef)		Q		ET		Δw	
		SM	BK _{calc}	SM	BK _{calc}	SM	BK _{calc}	SM	BK _{calc}
2007	V-May	57,3	63,0	61,7	35,7	4,7	42,1	-9,1	-4,9
	VI-June	75,3	87,7	33,0	45,8	31,9	40,6	10,4	8,9
	VII-July	126,6	124,2	47,7	61,2	94,1	46,5	-15,2	-3,3
	VIII-Aug	32,9	57,6	17,0	35,9	24,2	41,2	-8,3	-11,6
	IX-Sept	150,3	110,5	57,9	54,9	62,6	38,7	29,8	24,7
	X-Oct	67,9	88,5	42,3	51,8	21,5	35,9	4,1	6,9
2008	V-May	49,2	81,4	54,4	42,2	8,0	44,2	-13,2	-2,9
	VI-June	45,2	73,0	23,6	35,4	47,0	44,9	-25,4	3,7
	VII-July	57,4	60,1	17,7	30,0	47,3	47,5	-7,6	-9,9
	VIII-Aug	92,3	73,1	18,9	39,7	50,8	43,4	22,6	-5,8
	IX-Sept	71,9	70,3	13,6	38,0	55,5	41,7	2,8	1,9
	X-Oct	59,4	92,8	32,0	50,9	50,2	36,5	-22,8	15,8
2009	V-May	141,7	58,5	51,0	26,8	38,6	43,4	52,1	14,5
	VI-June	97,2	160,0	66,8	83,9	29,7	39,9	0,7	4,4
	VII-July	104,3	125,6	49,5	62,4	60,0	45,2	-5,2	0,2
	VIII-Aug	72,3	77,1	26,0	44,2	64,9	42,0	-18,6	-9,8
	IX-Sept	53,7	34,8	15,6	25,8	44,7	40,6	-6,6	-14,2
	X-Oct	83,7	108,8	45,6	65,1	20,9	34,0	17,2	2,7
2010	V-May	172,1	124,6	134,7	64,4	12,6	42,6	24,8	0,7
	VI-June	46,9	64,2	74,1	34,4	18,3	48,4	-45,5	-22,0
	VII-July	97,0	89,9	32,9	40,4	33,6	49,1	30,5	-0,3
	VIII-Aug	130,4	133,4	62,1	62,9	60,0	44,2	8,3	16,2
	IX-Sept	146,8	113,0	90,6	61,3	47,4	40,0	8,8	0,9
	X-Oct	18,1	38,2	30,6	25,7	10,1	38,0	-22,6	2,4
2011	V-May	42,1	74,7	34,9	35,0	19,2	45,4	-12,0	6,6
	VI-June	65,7	53,7	20,1	25,7	47,5	48,6	-1,9	-10,2
	VII-July	219,8	180,1	95,6	90,7	83,3	43,1	40,9	4,1
	VIII-Aug	78,4	81,6	35,1	44,9	83,4	41,7	-40,1	-2,9
	IX-Sept	93,4	85,3	44,7	49,9	27,1	39,7	21,6	-6,5
	X-Oct	95,6	81,3	52,1	49,0	39,3	36,5	4,2	1,7
Σ		2644,9	2667,1	1381,8	1413,8	1238,4	1265,6	24,7	11,9
Øměsíc		88,2	88,9	46,1	47,1	41,3	42,2	0,8	0,4
Øveg.obd.		529,0	533,4	276,4	282,8	247,7	253,1	4,9	2,4

Tab. 3.

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

veličina	parametry ¹	Korelační koeficient ² <i>r</i>	Regresní koeficienty ³ vztahu $y(BK)=f[x(SM)]$		Hodnota ⁴ $P(t_a)$	Hodnota ⁴ $P(t_b)$	Hranice ⁵ <i>b</i> s 1 % <i>P</i>	Střední chyba ⁶ <i>b</i> <i>P</i> %
			<i>a</i>	<i>b</i>				
Efektivní srážka ⁷ <i>HS(ef)</i>		0,993	1,623	0,994	0,000	0,000	0,934 1,054	2,2
Celkový odtok ⁸ <i>Q</i>		0,992	2,907	0,961	0,000	0,000	0,895 1,026	2,4
Evapotranspirace ⁹ <i>ET</i>		0,938	2,972	0,952	0,000	0,000	0,768 1,135	6,6
Diference vlhkosti půdy ¹⁰ Δw		0,964	-0,422	0,988	0,000	0,000	0,846 1,130	5,1

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

Pozn.: rovnice regrese je lineární ve formě $y(BK) = a + b \cdot [x(SM)]$; tučně vtištěná čísla označují významné rozdíly
Note: regression equation is linear as follows: $y(BK) = a + b \cdot [x(SM)]$; bold numbers represent important differences

Tab. 4.

Korelace a regresní vztahy komponent hydrologické bilance mezi SM na experimentální ploše Deštenská stráň a SM na experimentálním povodí U Dvou louček

Correlation and regression of hydrologic balance components between Norway spruce (SM) young stand on the Deštenská stráň experimental area and Norway spruce (SM) young stand on the U Dvou louček experimental catchment

veličina	parametry ¹	Korelační koeficient ² <i>r</i>	Regresní koeficienty ³ vztahu $y(SM_{UDL})=f[x(SM_{DS})]$		Hodnota ⁴ $P(t_a)$	Hodnota ⁴ $P(t_b)$	Hranice ⁵ <i>b</i> s 1 % <i>P</i>	Střední chyba ⁶ <i>b</i> <i>P</i> %
			<i>a</i>	<i>b</i>				
Efektivní srážka ⁷ <i>HS(ef)</i>		0,752	17,848	0,656	0,000	0,000	0,356 0,957	10,9
Celkový odtok ⁸ <i>Q</i>		0,633	23,614	0,338	0,000	0,000	0,122 0,554	7,8
Evapotranspirace ⁹ <i>ET</i>		0,178	28,758	0,322	> 0,200	0,348	-0,611 1,255	33,7
Diference vlhkosti půdy ¹⁰ Δw		0,439	-1,304	1,180	< 0,020	0,015	-0,081 2,441	45,6

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

Pozn.: rovnice regrese je lineární ve formě $y(SM_{UDL}) = a + b \cdot [x(SM_{DS})]$; tučně vtištěná čísla označují významné rozdíly
Note: regression equation is linear as follows: $y(SM_{UDL}) = a + b \cdot [x(SM_{DS})]$; bold numbers represent important differences

Tab. 5.

Korelace a regresní vztahy komponent hydrologické bilance mezi BK_{calc} a SM na experimentálním povodí U Dvou louček
Correlation and regression of hydrologic balance components between young European beech (BK_{calc}) and Norway spruce (SM) stand on the U Dvou louček experimental catchment

veličina	parametry ¹	Korelační koeficient ² <i>r</i>	Regresní koeficienty ³ vztahu $y(BK)=f[x(SM)]$		Hodnota ⁴ $P(t_a)$	Hodnota ⁴ $P(t_b)$	Hranice ⁵ <i>b</i> s 1 % <i>P</i>	Střední chyba ⁶ <i>b</i> <i>P</i> %
			<i>a</i>	<i>b</i>				
Efektivní srážka ⁷ <i>HS(ef)</i>		0,752	39,494	0,560	0,000	0,000	0,304 0,817	9,3
Celkový odtok ⁸ <i>Q</i>		0,633	29,411	0,385	0,000	0,000	0,139 0,630	8,9
Evapotranspirace ⁹ <i>ET</i>		0,178	40,950	0,030	> 0,200	0,348	-0,057 0,117	3,1
Diference vlhkosti půdy ¹⁰ Δw		0,439	0,238	0,191	< 0,020	0,015	-0,013 0,395	7,4

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

Pozn.: rovnice regrese je lineární ve formě $y(BK_{calc}) = a + b \cdot [x(SM)]$; tučně vtištěná čísla označují významné rozdíly
Note: regression equation is linear as follows: $y(BK_{calc}) = a + b \cdot [x(SM)]$; bold numbers represent important differences

(zlomy). Počet stromů na jednom hektaru se snížil o 600 jedinců, olistění bylo redukováno na 40 % a významně byl porušen zápoj (KANTOR et al. 2009). Přehled vztahů parametrů HB SM a BK v povodí UDL je obsažen v tab. 5. Hodnocení potvrzuje závislost parametrů korelace a regrese.

Pro získání hodnocení diferencí byla zvolena ANOVA (tab. 6) pro celá období 2007–2011 a celou HB. Rozdíly mezi HB SM a BK jsou nevýznamné. Lze konstatovat, že záměna smrkového porostu porostem bukovým nepřinese statisticky významné změny HB v povodí UDL ve vegetační periodě. Grafická prezentace a komparace výsledných komponent vodní bilance pro smrk a buk na ploše Deštnská stráň a na povodí U Dvou louček (obr. 1) doplňuje hodnocení výsledných dat.

Vzájemnou záměnu smrku a buku rozebíral v porovnávací studii KANTOR (1986). Dospěl k závěrům, že ve vegetačním období celkový výpar (I+T+E) smrkových porostů v horských polohách je omezen

klimatickými poměry, když kolísá kolem střední hodnoty 395 mm, což vcelku podmiňuje nevýznamné rozdíly oproti porostům bukovým. V bukových porostech v horských polohách klesá celkový výpar se snižujícím se počtem vegetačních dnů a tím klesající evapotranspirací. V horských polohách navíc vykazují bezlisté bukové porosty na konci a na začátku vegetačního období výrazně nižší intercepci. Celkový výpar z bukových porostů se tak pohybuje ca od 305 do 390 mm. Pro mladé porosty (20–60 let) je charakteristický postupný nárůst celkového výparu a jeho postupný pokles po 80 letech věku smrkových i bukových porostů. Celková spotřeba vody lesem tedy souvisí s nárůstem a kulminací objemového přírůstu. Smíšené porosty smrku a buku vykazují v horských polohách hodnoty obdobné jako smrkové a bukové porosty nesmíšené.

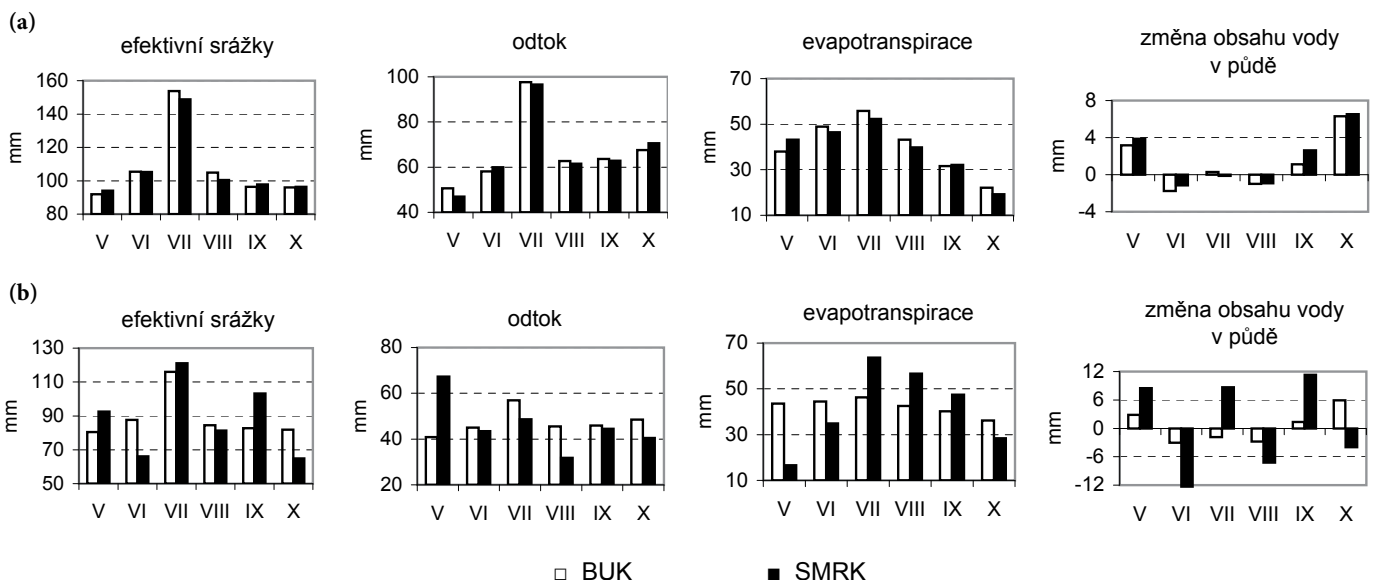
Další komparaci publikoval KANTOR v roce 1990, ve které potvrdil závěry ze studie z roku 1986. Z Orlických hor doplnil nízké hodnoty cel-

Tab. 6.

Hodnocení významnosti diferencí hydrologické bilance mezi výzkumnou plochou Deštnská stráň a povodím U Dvou louček s dřevinami smrk a buk pomocí dvoufaktorové analýzy variance s opakováním

Assessment of significance for differences of hydrologic balance between young beech and spruce stand on the Deštnská stráň experimental area and the U Dvou louček experimental catchment using ANOVA – two factors with replication

Zdroj variability/ Source of variability	SS/Sums of squares	Stupně volnosti/ Degrees of freedom	MS/Mean square	F tests	Hodnota P/ P-value	F krit/ F crit
Plochy/Plots	12769	1	12769	0,2157	0,650649	4,747225
Dřeviny/Trees	39,69	1	39,69	0,00067	0,979768	4,747225
Interakce/Interaction	0,3025	1	0,3025	5,11E-06	0,998234	4,747225
Dohromady/Sum	710374,6	12	59197,88			
Celkem/Total	723183,6	15				



Obr. 1.

Porovnání měsíčních průměrů komponent vodní bilance za vegetační období 2007–2011 pro buk a smrk (a) na experimentální ploše Deštnská stráň a (b) na experimentálním povodí U Dvou louček

Fig.1.

Comparison of monthly averages of effective (net) precipitation, outflow, evapotranspiration, and difference of soil water content for beech and spruce at (a) the Deštnská stráň experimental area and (b) the U Dvou louček experimental catchment during 2007–2011 growing periods
efektivní srážky – effective (net) precipitation; odtok – runoff; evapotranspirace – evapotranspiration; změna obsahu vody v půdě – difference of soil water content; buk – European beech; smrk – Norway spruce

kového výparu ve vegetačním období o usazené srážky, které nadlepšují odtok ve smrku, ale i v buku o 50–80 mm. Tato práce byla široce diskutována CHLEBKEM a JAŘABÁČEM (1991), dále KANTOREM (1991) a ŠACHEM (1991). CHLEBEK a JAŘABÁČ (1991) nepovažují výsledky a závěry Kantorovy komparativní studie za jednoznačně prokázané, podobně jako nárůst odtoků z experimentálního povodí Malá Rátoka v Beskydech. Zde se připojuje také BÍBA et al. (2006), který již výsledky záměny porostů bukových za smrkové na povodí Malá Rátoka v přehledové práci k 50 letům hydrologického výzkumu v beskydských experimentálních povodích nediskutuje. Pouze konstatuje, že vztah srážek a odtoků na Malé Rátoko, vyjádřený za léta 1954 až 2003 dvojnou součtovou čarou, zaznamenává od roku 1980 změnu (zvyšování) odtoků. Zvyšující se vodnost v důsledku záměny buku za smrk však KANTOR (1991) v podstatě odmítá.

Nové výsledky poskytuje s využitím hydrologického modelu BRO-OK90 ARMBRUSTER et al. (2004). Uvádí, že nižší intercepce je u buku ve vegetačním období kompenzována vyšší transpirací a výparem z přízemní vegetace. Vyšší transpiraci buku umožňuje využívání půdní vody z hlubších vrstev půdy. Distribuce kořenů smrku a buku se ve směsi mění. Ve srovnání s monokulturami smrk koření mělčeji a buk hlouběji. Modelovaný roční odtok ze smrkových a bukových monokultur se liší o 135 mm ve prospěch buku (povodí Schluchsee v Černém lese s převážně vertikálním pohybem vody půdním profilem). Odtok ze smrku i buku se ve vegetačním období prakticky neliší. Modelovaný roční odtok ze smrkových a bukových monokultur (povodí Rotherdbach v Krušných horách s převážně laterálním pohybem vody v půdě) se liší o 189 mm ve prospěch buku (je zde vyšší transpirace T v létě a nižší intercepce I a evaporace E na jaře a na podzim. Modelová bilance pro směsi smrku a buku (zastoupení 70 ku 30, 50 ku 50, 30 ku 70) byla provedena prostou superpozicí. Jak bylo zmíněno výše, směsi smrku a buku potvrzují obsazení většího kořenového prostoru. Německy mluvící oblasti pak poukazují na vyšší extrakci a příjem vody ve směsích smrku a buku. Konstatuje se, že vzhledem ke klimatickým poměrům se bude taková směs v horských polohách hydrologicky chovat jinak (chování spíše smrkové) než v pahorkatinách (chování spíše bukové).

Jsme tedy opět u stále se opakující neznámé – hydrologických službách lesa a lesního hospodářství (a funkcí vůbec) smíšených porostů ve vazbě na stanoviště (ekotop, biotop) a dřeviny ve směsi. Otázkou dále zůstává linearita závislosti hydrických účinků na změně poměru smíšení a dále na jeho prostorovém uspořádání.

ZÁVĚRY

- 1) Analýza přinesla poznatek, že hydrologické bilance porostů smrku na výzkumné ploše Deštná stráž a v povodí U Dvou louček se prakticky významně neliší.
- 2) Hydrologická bilance porostů smrku a buku na experimentální ploše Deštná stráž se statisticky významně neliší.
- 3) Hydrologická bilance smrku a vypočtená hydrologická bilance buku na povodí U Dvou louček se statisticky významně neliší.
- 4) Hydrologická bilance porostu buku na Deštné stráni a porostu buku v povodí U Dvou louček se prakticky významně neliší.
- 5) Z bodů 1–4 závěrů je jasné, že záměnou porostu smrku za porost buku v povodí U Dvou louček ke změně hydrologické bilance na povodí nedojde.
- 6) Uvedené závěry platí pro vegetační období.
- 7) Obě plochy jsou po stránce hydrologické ve vegetační periodě analogické.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe projektu NAZV Q1112A174 „Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině“ a z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0114 (č.j. 8653/2014- MZE-17011).

LITERATURA

- ARMBRUSTER M., SEEGERT J., FEGERT 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.
- BÍBA M., JAŘABÁČ M., VÍCHA Z. 2006. Poznatky z padesátiletého lesnicko-hydrologického výzkumu v beskydských experimentálních povodích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 51 (1): 44–56.
- ČERNOHOUS V. 2012. Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině. *Periodická zpráva za projekt. Strnady, VÚLHM – Výzkumná stanice Opocno*: 98 s.
- HENDL J. 2004. *Přehled statistických metod zpracování dat. Praha, Portál 2004*: 583 s.
- CHLEBEK A., JAŘABÁČ M. 1991. Diskusní příspěvek k referátu Petra Kantora Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. *Vodohospodářský časopis (Bratislava)*, 39 (2): 165–168.
- CHLEBEK A., JAŘABÁČ M. 1991. Vyjádření ke komentáři Františka Šacha k diskusi o příspěvku Petra Kantora Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. *Vodohospodářský časopis (Bratislava)*, 39 (5/6): 521–523.
- 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.
- JANKO J. 1958. *Statistické tabulky. Praha, Nakladatelství ČSAV*: 251 s.
- KANTOR P. 1986. *Vodní režim smrkových a bukových lesů. Zprávy lesnického výzkumu*, 31 (2): 17–23.
- KANTOR P. 1990. *Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. Vodohospodářský časopis (Bratislava)*, 38 (3): 327–348.
- KANTOR P. 1991. *Odpověď na diskusní příspěvek k referátu Petra Kantora Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. Vodohospodářský časopis (Bratislava)*, 39 (2): 168–170.
- 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, ČAZV a SZN*: 555 s.
- ŠACH F. 1991. *Komentář k diskusi o příspěvku Petra Kantora Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. Vodohospodářský časopis (Bratislava)*, 39 (5/6): 517–521; 523–524.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F., KANTOR P. 2012a. *Hydrologický režim mladých porostů smrku a buku ve vegetačním období na experimentální ploše v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): 21–26.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2012b. *Model hydrologické bilance mladých smrkových porostů na experimentální povodí ve vegetačním období. Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (4): 372–377.
- WAERDEN B. L. VAN DER 1957. *Mathematische statistik. Berlin, Springer*: 436 s.

PŘEHLED SYMBOLŮ A ZKRATEK (ABBREVIATIONS)

<i>a, b</i>	koeficienty regresní rovnice/regression equation coefficients
BK	buk lesní/European beech
DS	experimentální plocha Deštenská stráň (a)/Deštenská stráň experimental area
<i>ET</i>	evapotranspirace/evapotranspiration
<i>F</i> -test	test významnosti poměru výběrových rozptylů /test of significance of sample variance ratio
HB	hydrologická bilance lesního porostu/hydrological balance of a forest stand
<i>HS(ef)</i>	efektivní (porostní) srážky = podkorunové srážky + stok po kmenech/effective, net precipitation = throughfall plus stemflow
<i>P(t)</i>	pravděpodobnost výskytu spočtené hodnoty testovací charakteristiky za modelových předpokladů, že platí nulová hypotéza (HENDL 2004)/probability of value of calculated test characteristic under model assumptions that null hypothesis is true
<i>Q</i>	celkový odtok/total runoff
<i>r</i>	korelační koeficient/correlation coefficient
SM	smrk ztepilý/Norway spruce
UDL	experimentální povodí U Dvou louček (b)/U Dvou louček experimental catchment
Δw	změna obsahu vody v půdě/change of soil water content

MODEL DETERMINATION OF HYDROLOGIC BALANCE IN THE EXPERIMENTAL MOUNTAIN CATCHMENT WITH NORWAY SPRUCE IN EXCHANGE FOR EUROPEAN BEECH

SUMMARY

The paper brings a follow-up survey to earlier articles published in *Zprávy lesnického výzkumu* (Reports of Forestry Research). The previous papers referred to hydrologic regime of young Norway spruce and European beech stands on the Deštenská stráň (DS) experiment area (No. 1/2012) and model of hydrologic balance of young Norway spruce stands on the U Dvou louček (UDL) experiment catchment (No. 4/2012) in the Orlické hory Mts. (Czech Republic) during growing season.

Water regime investigation in spruce and beech stands as a foundation to tree species composition proposal in hydrologically important mountain forests has been carried on the Deštenská stráň experimental area for a long time. The data analysis enables qualified estimating manners of group mixed spruce and beech stands from the perspective of hydrologic balance characteristics. Hydrologic conditions of spruce pole stand growing on former immission salvage clear cuts in the top part of the Orlické hory Mts. are studied within the watershed on the U Dvou louček catchment using hydrologic balance methods.

The aim of the study was to prove differences in hydrologic balance of spruce and beech stands during five growing periods in the years 2007–2011. The differences should be quantified, considered their importance and environmental effect. Hydrologic balance was performed for spruce and beech plots on the DS area and also for two spruce elementary drainage plots of 10 m x 10 m with different soil moisture conditions on the UDL catchment.

The task was to take in consideration hydrologic balance characteristics of both stands. Relation between both research plots (spruce and beech) was deduced and characteristics of hydrologic balance of beech were derived for the UDL experiment catchment from relations to the DS experiment area (Tab. 1, 2). On the basis of derived relations between measured characteristics of spruce hydrologic balance and calculation of these characteristics for beech, the possible influence of exchange spruce for beech on hydrology balance in the UDL catchment was determined (Tab. 3–6). The assessment of results was completed with graphical presentation and comparison of resulting components of water balance for Norway spruce and European beech stands on the Deštenská stráň research area and on the U Dvou louček research catchment (Fig. 1).

Statistical estimates and tests of hydrologic balance characteristics resulted in the following conclusions:

- Analyses brought knowledge that hydrologic balance of spruce stands on the DS area and the UDL catchment was not practically different.
- Hydrologic balance of spruce and beech stands on the DS area was not significantly different.
- Hydrologic balance of the spruce stand and by model calculated hydrologic balance for the beech stand on the UDL catchment was not significantly different.
- Hydrologic balance of the beech stand on the DS area and by model calculated hydrologic balance for the beech stand on the UDL catchment was not practically different.

The foregoing conclusions show that substitution of spruce stand for beech stand causes only little significant difference in water balance on the UDL catchment during special-interest growing seasons.