

**ODTKOVÝ REŽIM NA LESNÍM SVAHU VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 25 LET PO
UPLATNĚNÍ HOLÉ A CLONNÉ SEČE**

*RUNOFF REGIME ON A FOREST HILLSLOPE IN GROWING PERIOD 25 YEARS AFTER
USE OF CLERACUTTING AND SHELTERWOOD CUTTING*

FRANTIŠEK ŠACH

ABSTRAKT

Odtokový režim v letním hydrologickém půlroce 2005 pro různé obnovní seče (H – holá seč s umělou obnovou – smrková tyčkovina až tyčovina ze sadby ve věku 22 let, C – clonná seč s kombinovanou obnovou – smíšená jehličnatá mlazina až tyčkovina z náletu a dosadby ve věku 11 – 22 let) a pro dospělou smrkovou kmenovinu (K) jsme sledovali na DVP Česká Čermná v předhoří Orlických hor. Možnost vzniku povrchového odtoku s erozivními účinky zesiloval prudký svah jižní expozice. Laterální odtok, jak povrchový, tak podpovrchový, vykazoval 25 let po těžbě statisticky významné rozdíly mezi dílcem H a dílci C a K v celém letním hydrologickém půlroce 2005. Hodnoty povrchového odtoku 17,5 mm a podpovrchového 6,8 mm na dílci H byly sice vzhledem ke srážkám volné plochy nízké (3,7 resp. 1,4%), přesto oproti dílcům C a K jsou významně vyšší. Laterální odtok na linkách po přibližování traktorovým lanovým systémem se 25 let po těžbě statisticky významně nelišil od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů.

Klíčová slova: porost smrku, holá seč, clonná seč, svahový odtok, vodní bilance

ABSTRACT

Runoff regime of forest hillslope was studied in two young stands regenerated by clearcutting (H) and shelterwood cutting (C) carried out 25 years ago and in the control mature spruce stand (K) on the long-term research area Česká Čermná in the Piedmont of the Orlické hory Mts. during the growing season 2005. Hillslope runoff was influenced by steep slope and its southern aspect. Lateral flow, both surface and subsurface, showed statistically significant differences between the partial plot H and the partial plots C and K during the whole growing season 2005. The surface flow 17.5 mm and subsurface flow 6.8 mm on the partial plot H are in relation to precipitation of open area low (3.7% and 1.4%, respectively) but significantly higher as compared with those on partial plots C and K. Twenty five years after logging the lateral flow on highlead yarding tracks did not significantly differ from that on the undamaged partial plots.

Keywords: Norway spruce stand, clearcutting, shelterwood cutting, hillslope runoff, water regime

ÚVOD A NÁSTIN PROBLEMATIKY

Proces obnovy lesa má za následek podstatné změny v komplexu vzájemně se ovlivňujících přírodních činitelů podmiňujících tvorbu odtoku z lesních pozemků. Obnovní postupy představují výrazný zásah do biomasy lesního porostu. Změněné kvantum a charakter porostní biomasy upravují klima půdně ovzdušné sféry, mimo jiné i režim srážek. Obnovní postupy ovlivňují také množství a stav půdního krytu (povrchového humusu a přízemní vegetace) a hydrofyzikální vlastnosti zejména svrchní vrstvy půdy. Lze předpokládat, že budou modifikovat také od-

tokové složky z obnovních sečí, zejména laterální povrchový a podpovrchový odtok, ale i průsak do spodin, tj. vertikální odtok. Povrchový odtok je významným původcem eroze půdy a spolu s podpovrchovým a částí vertikálního odtoku (hypodermický odtok) pak skládá svahový odtok rezultující v přímý odtok ve vodočích, jenž je hlavním tvůrcem výše a objemu povodní.

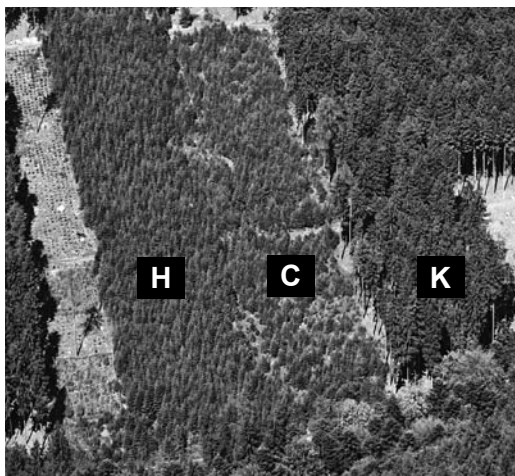
Nenarušená lesní půda představuje pro tvorbu odtoku specifické médium nesrovnatelné s žádným jiným půdním prostředím. Srážková voda vniká do lesní půdy a prostupuje jí především makropóry, které zahrnují prostory mezi půdními agregáty, kanálky po rozpadlých kořenech, chodbičky půdních červů, chodby malých živočichů, mrazové, suchostní či jiné trhliny, umožňující rychlý pohyb vody v půdě a to nasyceným i nenasyceným půdním profilem (Sidle 1980). Na základě uvedené charakteristiky vytvořili pro (neporušenou) lesní půdu Thomas a Beasley (1984) hypotetický model srážkoodtokového procesu.

Předpoklad o modifikaci povrchového, podpovrchového ale i vertikálního odtoku aplikací různých obnovních postupů je třeba studovat v domácích přírodních a hospodářsko-technických poměrech. K řešení nastíněné problematiky přispívá předkládaná stať, která je výstupem oponované a schválené Roční zprávy NAZV 1G57016 a Periodické zprávy výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 za rok 2005. Kromě výsledků za letní hydrologický půlrok květen až říjen 2005 (25 let od započetí obnovy) představuje metodický postup zpracování dat, který bude využit v chystaném navazujícím příspěvku, hodnotícím celou výsledkovou časovou řadu.

METODIKA

Ke sledování srážek a svahového odtoku byla vybudována dlouhodobá výzkumná plocha (DVP) Česká Čermná v předhoří Orlických hor. Plochu jsme v r. 1979 založili v dospělém plně zakmeněném smrkovém porostu na J svahu s průměrným sklonem 21° v nadmořské výšce 460 – 540 m. DVP jsme rozčlenili na tři dílčí plochy – parcely – o rozměrech 40x175 m. Ke studiu a hodnocení svahového odtoku

Obr. 1: Letecký pohled na dlouhodobou výzkumnou plochu Česká Čermná v létě 2003 (H – holoseč s umělou obnovou, C – clonná seč s kombinovanou obnovou, K – dospělý smrkový porost). *Aerial photo of long-term research area Česká Čermná in summer 2003 (H – clearcut method with artificial regeneration, C – shelterwood method with combined regeneration, K – mature spruce large diameter stand).*



z atmosférických srážek měříme srážky volné plochy ve 2 staničních srážkoměrech, podkorunové srážky ve 12 korytových srážkoměrech, laterální odtok povrchový a podpovrchový (hypodermický) ze 16 odtokových mikroploch a vertikální odtok ze 30 na podloží umístěných lyzimetrů. Po kalibraci plochy v hydrologickém roce 1979/80 byl v zimě 1980/81 proveden na první parcele holosečný zásah, na druhé clonosečný se snížením zakmenění na 0,5 a třetí zůstala jako kontrolní. Na jaře 1983 byl na holou seč vysázen smrk, clonná seč zůstala ponechána pro přirozenou obnovu. Po přirozené obnově zejména smrku a modřínu byla v zimě 1993/94 clona na druhé parcele domýcena. Hlavní cílem výzkumu je stanovení rozdílů ve svahovém odtoku ze smrkového porostu při odlišných způsobech obnovy. Podrobně jsou charakteristika a popis založení dlouhodobé výzkumné plochy Česká Čermná a způsob měření, zpracování a vyhodnocení výsledků uvedeny ve výzkumné zprávě autorů Kantora et al. (2005) a v článku Šacha, Kantora a Čerňohouse (2000). Současný vzhled DVP znázorňuje obr. 1.

VÝSLEDKY

Srážky volné plochy

Srážková charakteristika volné plochy v letním hydrologickém půlroce 2005 (květen – říjen) je prezentována v tab. 1. Srážky volné plochy za hodnocený letní hydrologický půlrok 2005 činily 477,5 mm a představují 92,7% z 26letého naměřeného srážkového normálu (515,0 mm) výzkumné plochy Česká Čermná. Jejich rozdělení do jednotlivých měsíců ukazuje, že nejvyšší srážkové úhrny se v létě 2005 vyskytovaly v květnu až červenci, kdy jsme zaznamenali také několik srážkových přívalů.

Podkorunové srážky na dílcích s různým postupem obnovy

Podkorunové srážky na dílcích s holosečným a clonosečným obnovním postupem a s kontrolním porostem uvádí pro letní hydrologický půlrok 2005 tab. 2 a obr. 2. Srážkové úhrny za jednotlivé měsíce jsou mezi dílci statisticky neprůkazné. Statisticky průkazné rozdíly mezi dílci nebyly zjištěny ani pro podkorunové srážky za celé vegetační období 2005 (testováno analýzou rozptylu a následně mnohonásobným porovnáváním metodou Tukey). Neprůkazné rozdíly srážek vypovídají o praktické shodě podkorunových srážek pod různými vývojovými stádii sledované obnovy porostů v současném stavu.

Laterální odtok na dílcích s různým postupem obnovy

Laterální odtok na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v letním hydrologickém půlroce 2005 uvádí tab. 2. Statisticky průkazné rozdíly se vyskytují mezi dílcem H a dílci C a K u laterálního odtoku povrchového v červnu a červenci, u podpovrchového v květnu až červenci a v září (rozdíl pro hladinu významnosti $\alpha = 0,1$ by byl průkazný i v červnu a září). Za celý letní hydrologický půlrok existují statisticky průkazné rozdíly mezi dílcem H a dílci C a K v laterálním odtoku jak povrchovém tak podpovrchovém. Hodnoty povrchového odtoku 17,5 mm

Tab. 1: Srážky volné plochy v období květen – říjen 2005 na DVP Česká Čermná.
Precipitation of open area in period May – October 2005 on the long-term research area Česká Čermná.

Srážky volné plochy v mm / <i>Precipitation of open area in mm</i>							
Období <i>Period</i>	Květen <i>May</i>	Červen <i>June</i>	Červenec <i>July</i>	Srpen <i>August</i>	Září <i>Sept.</i>	Říjen <i>October</i>	Celkem <i>Total</i>
2005	116,8	100,1	120,8	81,5	32,4	25,9	477,5

a podpovrchového 6,8 mm na dílci H jsou sice vzhledem k srážkám volné plochy logicky nízké (3,7 resp. 1,4 %), přesto statistická průkaznost rozdílů oproti dílcům C a K prokazuje v popisu plochy konstatované utužení povrchu hrabanky na dílci s holosečnou obnovou ve stadiu nesmíšené smrkové tyčkoviny až tyčoviny. Laterální odtok na dílci C s obnovou clonnou sečí ve stadiu smíšené mlaziny až tyčkoviny a v kontrolním dospělém porostu (dílec K) byl minimální (0,7 resp. 1,3 % srážek volné plochy) a svědčí o dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu obou porostů (obr. 2). Úseky výrazného vzestupu laterálního odtoku indikovaly přívalové srážky (např. 6. 6., 25. 6., 13. 7., 3. 8. a 26. 9.) na prudkém jižním svahu na přeschlou (hydrofobní) hrabanku.

Laterální odtok po přibližovacích linkách na dílcích s různým postupem obnovy

Laterální odtok povrchový, podpovrchový i celkový je na odtokových mikroplochách umístěných na linkách po přibližování lanovým systémem v polozávěsu jak na dílci H tak na dílci C zpravidla nižší než na odpovídajících odtokových mikroplochách umístěných na ploše obou porostů mimo linky (tab. 3). Vzhledem k velké variabilitě hodnot a malému počtu opakování (vždy 2 plochy na lince a 2 na nepoškozené ploše porostu) je však jen několik rozdílů statisticky průkazných (testováno analýzou rozptylu a následně mnohonásobným porovnáváním metodou Tukey). Statistická neprůkaznost rozdílů indikuje po 25 letech od přibližování dřeva ukončenou samovolnou regeneraci povrchu linek, když laterální odtok na linkách se statisticky významně neliší od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů nebo je dokonce průkazně nižší. Také laterální odtok na přibližovací lince v dílci H se statisticky průkazně neliší od laterálního odtoku na přibližovací lince v dílci C.

Vertikální odtok na dílcích s různým postupem obnovy

Vertikální odtok na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a s kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v letním hydrologickém půlroce 2005 uvádí tab. 2. Statisticky průkazně vyšší vertikální odtok na dílci C v porovnání s dílcem K (testováno analýzou rozptylu a následně mnohonásobným porovnáváním metodou Tukey) spolu s nízkým laterálním odtokem (obr. 2) potvrzují dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu při clonosečné obnově. Úseky výrazného vzestupu vertikálního odtoku indikovaly přívalové srážky (např. 27. 5., 25. 6., 13. 7., 3. 8. a 6. 9.).

Tab. 2: Podkorunové srážky a související odtoky v letním hydrologickém půlroce 2005.
Throughfall and related runoffs in summer hydrologic halfyear 2005.

Období <i>Period</i> Dílec / Plot	Srážkoodtoková charakteristika (mm) <i>Precipitation-runoff characteristic (mm)</i>			Stat. význam. rozdílů (p-hodnota Tukey) <i>Significance of diff. (p-value Tukey)</i>		
	H	C	K	K – H	K – C	H – C
<i>Podkorunové srážky / Throughfall</i>						
Květen/May	94,5	86,8	84,3	0,32	0,93	0,49
Červen/June	89,4	85,0	82,8	0,69	0,96	0,84
Červenec/July	116,7	109,7	103,1	0,09	0,50	0,45
Srpen/August	65,3	65,4	64,2	0,99	0,99	1,00
Září/Sept.	27,0	25,1	24,4	0,41	0,92	0,62
Říjen/October	19,8	20,4	19,7	1,00	0,97	0,97
Léto/Summer	412,7	392,4	378,5	0,52	0,89	0,78
<i>Laterální odtok povrchový / Surface lateral flow</i>						
Květen/May	1,4	0,5	0,4	0,19	0,96	0,28
Červen/June	3,1	0,3	0,6	0,030	0,91	0,016
Červenec/July	7,1	1,3	1,9	0,004	0,85	0,002
Srpen/August	1,4	0,3	0,7	0,36	0,76	0,13
Září/Sept.	3,7	0,1	1,3	0,23	0,66	0,06
Říjen/October	0,8	0,3	0,5	0,77	0,78	0,39
Léto/Summer	17,5	2,8	5,4	0,025	0,76	0,008
<i>Laterální odtok podpovrchový / Subsurface lateral flow</i>						
Květen/May	0,9	0,1	0,2	0,042	0,93	0,023
Červen/June	1,1	0,2	0,2	0,07	0,99	0,08
Červenec/July	2,3	0,3	0,2	0,009	0,99	0,011
Srpen/August	0,5	0,2	0,0	0,10	0,74	0,31
Září/Sept.	1,7	0,1	0,2	0,06	0,98	0,046
Říjen/October	0,3	0,0	0,1	0,37	0,98	0,29
Léto/Summer	6,8	0,9	0,9	0,019	1,00	0,019
<i>Laterální odtok celkový / Total lateral flow</i>						
Květen/May	2,3	0,6	0,6	0,08	1,00	0,09
Červen/June	4,2	0,5	0,8	0,016	0,95	0,010
Červenec/July	9,4	1,6	2,1	0,003	0,93	0,002
Srpen/August	1,9	0,5	0,7	0,15	0,93	0,08
Září/Sept.	5,4	0,2	1,5	0,09	0,72	0,028
Říjen/October	1,1	0,3	0,6	0,39	0,74	0,14
Léto/Summer	24,3	3,7	6,3	0,018	0,88	0,009
<i>Vertikální odtok / Vertical flow</i>						
Květen/May	2,2	5,8	0,6	0,82	0,16	0,41
Červen/June	1,9	5,8	0,0	0,71	0,051	0,23
Červenec/July	3,9	6,5	0,2	0,25	0,023	0,46
Srpen/August	0,0	4,7	0,0	1,00	0,029	0,029
Září/Sept.	0,4	0,0	0,0	0,031	0,98	0,049
Říjen/October	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
Léto/Summer	8,4	22,8	0,8	0,60	0,023	0,17

Statisticky významné rozdíly jsou vyjádřeny hodnotou p (pravděpodobnost přijetí nulové hypotézy H_0 o rovnosti průměrů) a zvýrazněny.

Statistically significant differences are expressed by p-value (probability of acceptance of H_0 hypothesis related to equality of means) and picked out.

Tab. 3: Laterální odtok na přibližovacích linkách na dílcích H a C, statistická průkaznost rozdílů oproti porostům a linek na H a na C navzájem v letním hydrologickém půlroce 2005.

Lateral flow on tracks coming from yarding by highlead system on plots H and C, significance differences against stand surface and yarding track on plot H vs. that on plot C in summer hydrologic halfyear 2005.

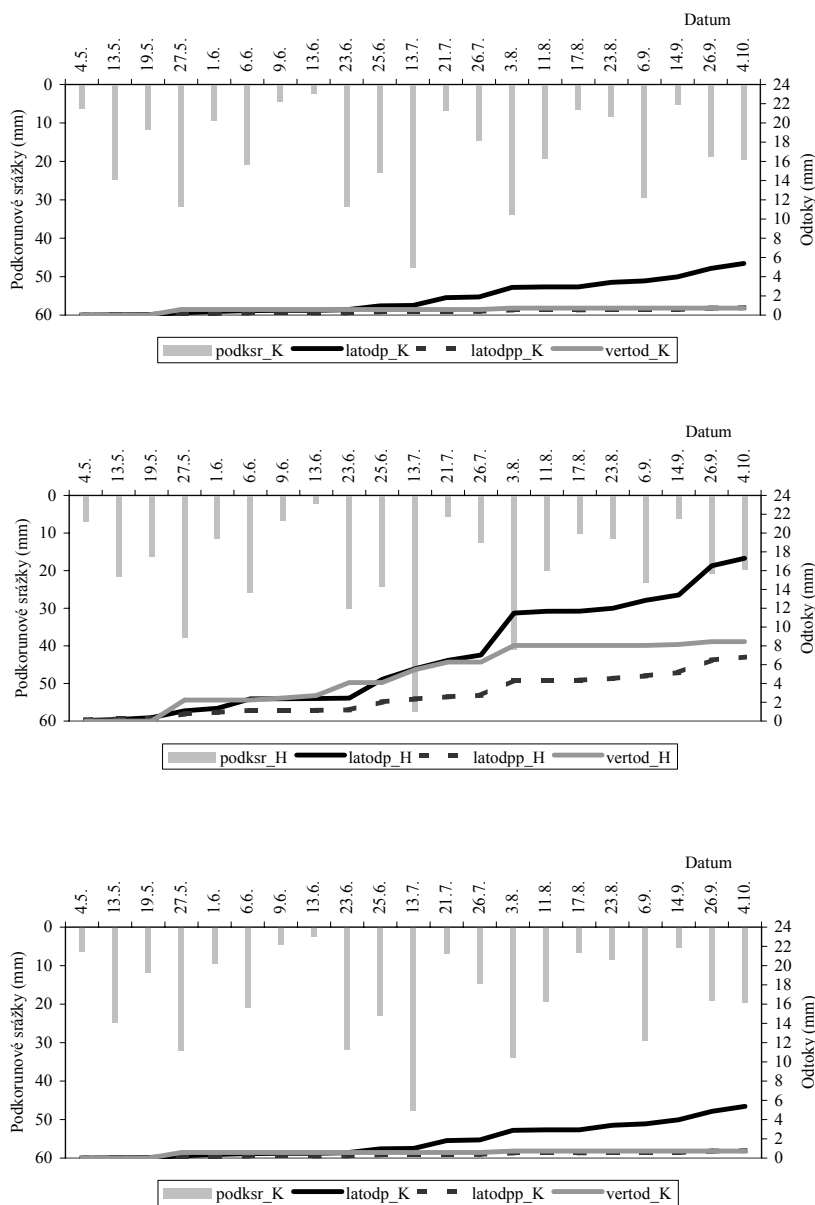
Období Period	Dílec H / Plot H			Dílec C / Plot C			LinH-linC stat.průk. p- Tukey Track H-C signific. p-value Tukey
	Přibl. lin. lan. sys. Yarding track	Porost Stand surface	Stat.průk. p- Tukey Signific. p-value Tukey	Přibl. lin. lan. sys. Yarding track	Porost Stand surface	Stat.průk. p- Tukey Signific. p-value Tukey	
Laterální odtok povrchový / Surface lateral flow (mm)							
květen/V	1,5	1,5	0,95	0,1	0,8	0,35	0,041
červen/VI	1,6	3,6	0,45	0,1	0,2	0,33	0,18
červenec/VII	3,2	7,1	0,34	0,1	0,9	0,39	0,16
srpen/VIII	0,5	0,7	0,71	0,1	0,3	0,11	0,13
září/IX	1,3	2,0	0,71	0,0	0,1	0,36	0,032
říjen/X	0,4	0,3	0,64	0,0	0,3	0,42	0,003
léto/summer	8,5	15,1	,052	0,4	2,6,	0,043	10
Laterální odtok podpovrchový / Subsurface lateral flow (mm)							
květen/V	0,3	0,6	0,58	0,0	0,1	0,49	0,35
červen/VI	0,1	0,9	0,34	0,1	0,3	0,50	0,40
červenec/VII	0,9	1,8	0,62	0,1	0,2	0,19	0,33
srpen/VIII	0,4	0,4	0,91	0,0	0,0	0,42	0,40
září/IX	0,2	1,8	0,43	0,0	0,1	0,35	0,051
říjen/X	0,1	0,5	0,48	0,0	0,0	1,00	0,42
léto/summer	1,9	6,1	0,5	0,2	0,6	0,18	0,26
Laterální odtok celkový / Total lateral flow (mm)							
květen/V	1,8	2,1	0,89	0,1	0,9	0,32	0,078
červen/VI	1,7	4,5	0,42	0,2	0,5	0,43	0,18
červenec/VII	4,1	8,9	0,42	0,2	1,1	0,37	0,20
srpen/VIII	0,9	1,1	0,80	0,1	0,3	0,17	0,25
září/IX	1,5	3,8	0,55	0,0	0,2	0,26	0,019
říjen/X	0,5	0,8	0,66	0,0	0,3	0,42	0,040
léto/summer	10,4	21,2	0,52	0,6	3,2	0,031	0,13

Statisticky významné rozdíly jsou vyjádřeny hodnotou p (pravděpodobnost přijetí nulové hypotézy H_0 o rovnosti průměrů) a zvýrazněny.

Statistically significant differences are expressed by p-value (probability of acceptance of H_0 hypothesis related to equality of means) and picked out.

Vodní bilance lesních porostů s různým obnovním postupem na prudkém jižním svahu

Vodní bilance na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a s kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v letním hydrologickém



Obr. 2: Podkorunové srážky, laterální odtok povrchový, laterální odtok podpovrchový a vertikální odtok na dílcích H, C a K v letním hydrologickém půlroce 2005. *Throughfall (podksr – left Y-axis), surface lateral flow (latodp – right Y-axis), sub-surface lateral flow (latodpp – right Y-axis) and vertical flow (vertod – right Y-axis) on plots H, C and K in summer hydrologic halfyear 2005 (datum/date – upper X-axis).*

půlroce 2005 uvádí tab. 4. Srážkoměrná koryta na dílcích s různým obnovním postupem sloužila především k co neadekvátnějšímu měření podkorunových srážek v těsné blízkosti odtokových ploch a úměrně podchycují menší světliny. Pod-

Tab. 4: Vodní bilance lesních porostů s různým obnovním postupem na prudkém jižním svahu v letním hydrologickém půlroce 2005.

Water balance of forest stands with various regeneration method on steep southern slope in summer hydrologic halfyear 2005.

Období Period	Srážky volné plochy Precip. of open area	Dílec H / Plot H				Dílec C / Plot C				Dílec K / Plot K			
		Odtok / Flow				Odtok / Flow				Odtok / Flow			
		Inter- cepce I	late- rální late- ral	verti- kální verti- cal	Evapo- -transpi- -race Ei	Inter- cepce I	late- rální late- ral	verti- kální verti- cal	Evapo- -transpi- -race Ei	Inter- cepce I	late- rální late- ral	verti- kální verti- cal	Evapo- -transpi- -race Ei
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
květen/V.	116,8	22,3	2,3	2,2	90,0	30,0	0,6	5,8	80,4	32,5	0,5	0,6	83,2
červen/VI.	100,1	10,6	4,2	1,9	83,4	15,0	0,5	5,8	78,7	17,2	0,8	0,0	82,0
červenec/ VII.	120,8	4,1	9,4	3,8	103,6	11,1	1,6	6,5	101,6	17,7	2,1	0,2	100,9
srpen/ VIII.	81,5	16,2	1,8	0,0	63,5	16,1	0,5	4,7	60,2	17,3	0,7	0,0	63,5
září/IX.	32,4	5,4	5,3	0,4	21,3	7,3	0,2	0,0	24,9	8,1	1,5	0,0	22,9
říjen/X.	25,9	6,2	1,1	0,0	18,6	5,6	0,3	0,0	20,1	6,2	0,6	0,0	19,2
léto/ summer	477,5	64,7	24,1	8,3	380,3	85,1	3,6	22,9	365,9	98,9	6,1	0,7	371,7
procenta percen- tage	100,0	13,5	5,1	1,7	79,7	17,8	0,7	4,8	76,6	20,7	1,3	0,2	77,8

Dílec H – smrková tyčkovina až tyčovina z umělé obnovy holou sečí; Dílec C – smíšená jehličnatá smrková mlazina až tyčkovina z kombinované obnovy clonnou sečí; Dílec K – kontrolní dospělá smrková kmenovina s uvolněným zápojem

Plot H – spruce pole stage stand from artificial regeneration by clearcutting; Plot C – mixed coniferous small pole stage stand from combined regeneration by shelterwood cutting; Plot K – mature spruce stand with open canopy

korunové srážky (představující při zanedbatelném odhadovaném stoku po kmeni do 1 % srážek volné plochy prakticky srážky porostní) z uvedeného důvodu mohou rezultovat v poněkud nižší intercepce než u porostu s plně semknutým zápojem. K získání údaje pro plný zápojem (očistěného od vlivu menších světlin) by bylo možné z hodnocení vyloučit srážkoměrná koryta s nejvyšším srážkovým úhrnem. Bez této operace vychází intercepce dospělého smrkového porostu s uvolněným zápojem (dílec K) 21 %, smíšené jehličnaté smrkové tyčkoviny s menšími světlinami (dílec C) 18 % a smrkové tyčkoviny s menšími světlinami (dílec H) 14 % srážek volné plochy. Evapotranspirace všech porostů je pak vzácně vyrovnaná, když pro K se rovná 78 %, pro C 77 % a pro H 80 % srážek volné plochy. Prudký jižní svah s osluněním větší svislé části korun může vést k vysokému celkovému výparu. Tento závěr potvrzuje i malý vertikální odtok, který představuje vodu disponibilní k odtoku, a který přitom po většinu léta indikoval nepromyvný, eventuálně

periodicky promyvný vodní režim půdy (pro H nedošlo k perkolaci do lyzimetů v hloubce téměř 1 m v 17 měřeních, pro C v 16 měřeních a pro K ve všech 21 měřeních časové řady měření léta 2005). V jiných letech přitom vertikální odtok za letní hydrologický půlrok dosahoval řádově desítky i stovky milimetrů (Šach, Kantor, Černohous 2000).

SHRNUTÍ ZÁVĚRŮ A DISKUSE

Z hodnocení hydrologie dílce s holosečným postupem a umělou obnovou, s clonosečným postupem a obnovou kombinovanou a dílce s kontrolním dospělým smrkovým porostem na prudkém jižním svahu v letním hydrologické půlroce 2005 (květen – říjen) vyplývají následující dílčí závěry:

- Srážky volné plochy za hodnocený letní hydrologický půlrok 2005 činily 477,5 mm a představují 92,7 % z 26letého naměřeného srážkového normálu (515,0 mm) výzkumné plochy Česká Čermná. Nejvyšší srážkové úhrny se v létě 2005 vyskytovaly v květnu až červenci s několika srážkovými přívaly.
- Srážkové úhrny podkorunových srážek za jednotlivé měsíce i celý letní hydrologický půlrok 2005 byly mezi dílci H, C a K statisticky neprůkazné. Neprůkazné rozdíly podkorunových srážek vypovídají o praktické shodě podkorunových srážek pod současnými vývojovými stádii sledované obnovy porostů.
- Laterální odtok jak povrchový tak podpovrchový vykazoval statisticky průkazné rozdíly mezi dílcem H a dílci C a K v květnu až červnu i za celý letní hydrologický půlrok 2005.
- Hodnoty povrchového odtoku 17,5 mm a podpovrchového 6,8 mm na dílci H jsou sice vzhledem ke srážkám volné plochy nízké (3,7 resp. 1,4 %), přesto statistická průkaznost rozdílů oproti dílcům C a K prokazuje pozorované utužení povrchu hrabanky na dílci s holosečnou obnovou ve stadiu nesmíšené smrkové tyčkoviny až tyčoviny.
- Nízký laterální odtok na dílci C s obnovou clonnou sečí ve stadiu smíšené mlaziny až tyčkoviny a v kontrolním dospělém porostu (dílec K) svědčí o dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu obou porostů.
- Laterální odtok na linkách se statisticky významně neliší od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů nebo je dokonce statisticky průkazně nižší. Statistická neprůkaznost rozdílů indikuje po 25 letech od přibližování dřeva ukončenou samovolnou regeneraci povrchu linek.
- Vertikální odtok statisticky průkazně vyšší na dílci C v porovnání s dílcem K spolu s nízkým laterálním odtokem potvrzuje dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu při clonosečné obnově.
- Vodní bilance letního hydrologického půlroku 2005 je na všech dílcích charakterizována relativně nízkou intercepací; intercepce dospělého smrkového porostu s uvolněným zápojem ve věku 109 let (dílec K) byla 21 %, smíšené jehličnaté smrkové mlaziny až tyčkoviny ve věku 11 až 22 let s menšími

- světlinami (dílec C) 18 % a smrkové tyčkoviny až tyčoviny s menšími světlinami ve věku 22 let (dílec H) 14% srážek volné plochy.
- Vodní bilance letního hydrologického půlroku 2005 je na všech dílcích dále charakterizována vyrovnanou, relativně vysokou evapotranspirací všech porostů, když pro K se rovná 78%, pro C 77% a pro H 80% srážek volné plochy. Zjištěnou vysokou evapotranspirací lze považovat za reálnou, jak dokládá Greminger (1984) hodnotami letní evapotranspirace 78 – 80 % z obdobných přírodních a porostních poměrů bilanční plochy poblíž obce Meggen ve švýcarském kantonu Luzern
 - Vodní bilance porostů na prudkém jižním svahu v nadmořské výšce 500 m s osluněním větší svislé části korun může při příznivé vláhové nabídce vést k vysokému celkovému výparu. Ve shodě s námi zjištěnými výsledky potvrzuje Kantor et al. (2005) na základě analýzy prací desítek autorů z různých regionů Evropy, že vodní režim ve vegetačním období květen až říjen je limitován obecně platným vysokým fyzikálním a fyziologickým výparem (tzv. výparem územním neboli celkovým) z lesních porostů. Kantorem (l. c.) shromážděné údaje dokumentují, že zejména v nižších vegetačních stupních při celkové sumě letních srážek do 500 mm přesahuje celkový výpar letní srážkový úhrn a část evapotranspirace tak musí být v řadě případů hrazena dokonce ze zásob půdní vláh. Premisu o vysokém celkovém výparu potvrzuje i nízký vertikální odtok, který po většinu léta indikoval nepromyvný vodní režim půdy.

LITERATURA

- Greminger, P.: Physikalisch-ökologische Standortsuntersuchung über den Wasserhaushalt im offenen Sickersystem Boden unter Vegetation am Hang. Mitteilungen, Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Switzerland, 60, 1984, č. 2, s. 149 - 301
- Kantor, P. et al.: Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha. Projekt NAZV 1G57016. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2005. Brno: Mendelova zemědělské a lesnická univerzita v Brně; Jíloviště-Strnady: VÚLHM - VS Opočno, 2005. 61 s., příl.
- Sidle, R. C.: Impact of forest practices on surface erosion. A Pacific Northwest Extension Publication PNW 195. Eugene: Oregon State University 1980. 15 p.
- Šach, F., Kantor, P., Černošou, V.: Forest ecosystems, their management by man and floods in the Orlické hory Mts in summer 1997. Ekológia (Bratislava), 19, 2000, no. 1, pp. 72 - 91
- Thomas, D. L., Beasley, D. B.: A distributed, management-oriented forest hydrology model. Paper No. 84-2019. St. Joseph (Michigan): American Society of Agricultural Engineers 1984. 37 p.

SUMMARY

Quantification, analysis and comparison of hillslope-runoff regime were carried on for various regeneration methods (H – clearcut method with artificial rege-

ration at present resulted in Norway spruce pole stage from planting 22 years old; C – shelterwood method with combined regeneration resulted in mixed coniferous, Norway spruce 50%, European larch 35%, Scotch pine 15%, small pole stage from natural seeding and interplanting 11 – 22 years old; K – mature spruce large diameter stand) on the long research area (LRA) Ceska Cermna (fig. 1) in summer hydrologic half-year (May – October) 2005. The research area is situated on a southern slope with average gradient 21° in altitude 460 – 540 m. Forest site is classified as the forest type 5N1, e. g. stony acid fir beechwood with fern on steep slopes, with middle deep sandy loam very stony podzolized Cambisol on granite (Spodo-dystric Cambisol by FAO classification). On the research area, precipitation of open area, understory throughfall, lateral surface and subsurface flow in depth of 0.09 m and 0.25 m and vertical flow into bedrock depth of 0.95 m are pursued and evaluated. Enumerated components of precipitation-runoff process are presented including area instrumentation on fig. 1.

Precipitation of open area (tab. 1) equalled to 477.5 mm and represented 92.7% of 26year gauged average precipitation (515 mm). The highest precipitation sums in summer hydrologic halfyear 2005 were recorded from May to July, including several rainstorms.

Sums of throughfall for single months and for the whole summer hydrologic halfyear 2005 were not statistically significant among plots H, C and K. Non significant differences in throughfall state practically agreement in throughfall under present development stages of observed stands (fig. 2).

Lateral flow, both surface and subsurface, showed significant differences between plot H and plots C, K in May and June and also in the whole summer hydrologic halfyear 2005 (tab. 2, fig. 2). Figures of surface flow 17.5 mm and subsurface flow 6.8 mm on plot H are very low in relation to precipitation of open area (3.7% and 1.4%, respectively), nevertheless statistical significance of differences against plots C, K proves observed compaction of spruce forest floor on the plot with clearcut regeneration, at present with pure spruce pole stage. Low lateral flow on plot C with shelterwood regeneration, at present with mixed coniferous small pole stage and on plot K with control mature spruce large diameter stand shows good infiltrability of soil surface in the both stands. Lateral flow on highlead yarding tracks does not differ significantly from lateral flow on undamaged surface of all stand plots or even it is significantly lower than that on undamaged surface (tab. 3). Non significance of differences indicates finished spontaneous remediation of yarding track surface 25 years after logging. Probability of hazard by soil water erosion seems low.

Vertical flow significantly greater on plot C than that on plot K and also nearly greater than that on plot H confirms (together with low lateral flow on plot C) good infiltrability of soil surface at shelterwood regeneration (tab. 2, fig. 2).

Water budget in summer hydrologic halfyear 2005 (tab. 4) is characterized on all plots by relatively low interception; interception of mature spruce stand 109 years old with moderately open canopy (plot K) equalled to 21%, interception of mixed coniferous largely spruce small pole stage 11 - 22 years old with smaller gaps

(plot C) equalled to 18% and interception of pure spruce pole stage 22 years old also with smaller gaps (plot H) equalled to 14% of open area precipitation. Water budget in summer hydrologic halfyear 2005 (tab. 4) is further characterized on all plots by nearly equal, relatively high evapotranspiration of all stands; evapotranspiration for plot K, C and H equalled 78%, 77% a 80% of open area precipitation, respectively. The premise about high total evaporation (Kantor 2005) is also proved by low vertical flow that indicated over the whole summer impercolative soil water regime.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky prezentované ve studii vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí a s finančním příspěvím NAZV, projektu IG57016 Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha.

Adresa autora:

Ing. František Šach, CSc.

*VÚLHM Jíloviště-Strnady, Výzkumná stanice Opočno
sach@vulhmop.cz*