

ODTOKY Z LESŮ V DOBĚ KLIMATICKÉHO SUCHA V POVODÍ ŘEKY SVRATKY

RUNOFF FROM FORESTS IN THE SVRATKA RIVER CATCHMENT DURING A PERIOD OF CLIMATIC DROUGHT

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

¹⁾Fügenerova 809, 266 01 Beroun 2, Czech Republic

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: sach@vulhmop.cz

ABSTRACT

Runoff from forests predominates above runoff from adjacent agricultural and other land-use types during longer periods of climatic drought. The predominating forest runoff is 180 days per year, in average. There are streamflows of 180–366-day by 10-year average. To practical proving this hypothesis, the runoff study was done for upper part of the Svatka catchment with measuring profile in Dalečín, the Czech-Moravian Highlands. The catchment was segmented into four land-use types: 43% of forest stands, 29% of agricultural crops, 20% of permanent grasslands, and 8% other lands. Besides forest influence on streamflow directly in the Svatka River, the runoff from other land-use types of the agricultural-forestry catchment was also calculated. It was proved that greater runoff drained from the forest than from the remaining land uses of the catchment. The 43% share of the forest in the upper Svatka catchment increased during climatic drought mean runoff in by 6.2%.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: povodí; srážky; odtok; podzemní voda; využití půdy

Key words: catchment; precipitation; runoff; ground water; land use

ÚVOD

V delších obdobích bez atmosférických srážek převládá odtok z lesů nad odtoky ze sousedních zemědělských kultur a ostatních ploch. Tato období se v temperátní zóně považují za období klimatického sucha. V povodí řeky Svatky je dnů, kdy odtok z lesa převládá nad odtokem z kultur na zbytku povodí horní Svatky, v průměru 180 dní za rok. Jde o odtoky dle 10letého průměru 180–366denní. K praktickému prokázání této hypotézy byla na Českomoravské vysočině vypracována srážko-odtoková studie pro horní část povodí Svatky po měrný profil Dalečín. Kromě vlivu lesa na odtok přímo v řece Svatce byly vypočteny velikosti odtoků také z ostatních typů využití půdy zkoumaného zemědělsko-lesnického povodí.

MATERIÁL A METODIKA

Popis povodí

Nadmořská výška povodí je 630–834 m n. m. Hydrogeologické podloží tvoří převážně krystalinikum se slabou až dobrou puklinovou propustností. Menší část tvoří ostatní krystalinikum s propustností slabou, místy puklinovou. Geologicky jde o Moldanubikum s migmatity, svory a pararulami.

V zemědělské trati povodí Svatky převládají hnědé půdy a v lesích kambizemě. V horní části povodí pak podzoly. Zrnitostně se jedná o dobře propustné půdy písčito-hlinité až hlinité.

Zemědělství je charakterizováno oblastí obilnářsko-bramborářskou s velkým zastoupením trvalých travních porostů (TTP). Lesy patří do hercynsko-sudetské oblasti jehličnatých lesů s převládajícím smrkem: 74 % lesa tvoří smrk, 18 % buk, borovice s ostatními listnáči pak 8 % (Ústřední správa geodesie a kartografie Praha, 1985).

Povodí horní Svatky po Dalečíně má rozlohu 367,01 km². Svatka pramení na Českomoravské vysočině v sousedství vrchu „Fryšavský kopec“ (800 m n. m.) u obce Cikháň, v oblasti s 90 % lesa. V dolní části povodí protéká řeka Svatka k měrnému profilu v Dalečíně terénními plošinami s 30 % lesa. Celkově je povodí tvořeno 43 % lesů (L), 29 % orné půdy (R), 20 % trvalých travních ploch (TTP) a 8 % ostatních ploch (OP).

Zjednodušenou roční hydrologickou bilanci povodí Svatky v Dalečíně, lesního komplexu a zbytku povodí obsahuje tab. 1, údaje poskytl Povodí Moravy dle dat měřených ČHMÚ. Přitom rozdíl zásob vody v půdě a jejím podloží na počátku hydrologického roku a na jeho konci se obvykle blíží nule.

Metody výzkumu a zpracování dat

Základem analýzy jsou měřená data denních průtoků Svatky v Borovnici, v Bílém potoce a Dalečíně publikovaná VÚMOP Praha pro roky 1980–2000 (DUMBROVSKÝ 2000). Průměrné srážky a průměrné údaje o odtoku podzemních vod z geologického podloží povodí byly převzaty z materiálů ČHMÚ (HORSKÝ 1970; KNĚŽEK 1982). Soubor výměr kultur v km² a % plochy byl vypočten z údajů katastrů obcí dle katastrálních výměrů.

Průměrný srážkový úhrn pro povodí Svatky v Dalečíně byl rozčleněn dle polohy kultur v terénu, jejich nadmořská výška byla určena z vrs-
tevníkových map; úhrn byl verifikován dle rovnice:

$$HS_{(L)} \cdot f_{(L)} + HS_{(OK)} \cdot f_{(OK)} / f_{(PO)} = HS_{(O)},$$

kde:

$f_{(L)}, f_{(OK)}$ – výměry lesa a zbytku povodí (area of the forest and area of the residue portion of the catchment)

$f_{(PO)}$ – plocha povodí po Dalečíně (area of the catchment up to the Dalečín profile)

$HS_{(L)}, HS_{(OK)}$ – průměrný srážkový úhrn lesa a zbytku povodí (mean precipitation sum on the forest and the residue portion of the catchment)

$HS_{(O)}$ – průměrný srážkový úhrn celého povodí Svatky po Dalečíně (mean precipitation sum on the whole Svatka catchment up to the Dalečín profile)

M-denní vody rozčleněné dle jednotlivých kultur byly vypočteny separačním modelem, založeným na analogii odtoků ve Svatce po Bílém potoce (4-15-01-009) a Bílém potoce (4-15-01-020), který je přítokem Svatky. Dílčí povodí Svatky po Bílém potoce (obec Borovnice) má rozlohu 128,09 km². Povodí Bílého potoka, které je podpovodím Svatky, je velké 100,75 km² a má stejné rozložení kultur jako celé povodí Svatky. Použité M-denní vody jsou data z průběžných měření ČHMÚ v horním toku Svatky (Borovnice), Bílém potoce a měrné stanici v Dalečíně (profil M 4-15-0-033). Separace celkového odtoku na dílčí odtoky z lesa a zbytku zemědělských kultur v povodí horní Svatky je založena na analogii odtoků ze dvou sousedních povodí s prakticky stejnými odtokovými parametry. Pro každou M-denní vodu do procesu separace vstupovaly hodnoty průtoků zjištěné z dat od Povodí Moravy. Použitý postup separace odtoků byl kontrolován s měřením celkových odtoků ve Svatce (data Povodí Moravy získaná od ČHMÚ). Chyba separace je 4,4 %. Použitý model separace je nepoužitelný v jiných podmínkách odtoku. Hydrologická analýza byla podrobně provedena pro konkrétní stav zastoupení jednotlivých kultur v povodí a současně byl vyčíslen vliv 43 % lesa na průtok Svatky v Dalečíně. Rozložení kultur v povodí Svatky po Dalečíně je 43 % lesů, 29 % rolí, 20 % trvalých travních porostů a 8 % ostatních ploch. Na základě výsledků této analýzy byl odvozen poměr odtoků z lesa proti ostatním jednotlivým kulturám (tab. 2). Přehled M-denních vod 1 km² dle jednotlivých kultur je uveden v tab. 3. Základní data analýzy M-denních vod dle kultur v době klimatického sucha obsahuje tab. 4. Za průtoky v období klimatického sucha považujeme M-denní vody od 180denní vody po 365denní vodu. Jsou to bezdeštná období charakterizovaná pro všechny kultury na začátku společnou 180denní vodou.

Stejný průtok v době klimatického sucha z lesů a bezlesí ve Svatce v Dalečíně je při M-denní vodě 210 dní. Pak odtok z lesa převyšuje sumární odtok ze zbytku bezlesého povodí. Transformace počátku procesu porovnávání přítoků z lesů a bezlesí byla však zvolena v bodě M-denní vody 180 dní pro zvýšení přesnosti výpočtů. Tento postup snižuje úhrn přítoků z lesa v době klimatického sucha o 1,4 %. Chyba v interpretaci M-denní vody pro 210 dní by byla podstatně vyšší. Posun byl nutný pro zachování jednotného výpočtu dle modelu a zohlednění základního odtoku z geologického podloží. Průměrný průtok těchto geologických vod je dle materiálů ČHMÚ 2,8 l/s/km² (KNĚŽEK 1982), průměrný průtok ve Svatce v době klimatického sucha v období 180–365denní vody je 2,9 l/s/km². Průměrný průtok ve Svatce za sucha pochází z hydrogeologického podloží, jde o prameny. Výsledky analýzy odtoků v době klimatického sucha jsou v tab. 5 a grafické vyjádření rozdělení M-denních vod na les a bezlesí pak představuje obr. 1.

Tab. 1.

Přehled hydrologické bilance územních celků za hydrologické roky 1986–1997 (data Povodí Moravy, Brno)
Overview of hydrological balance of local units per water years 1986–1997

Územní celek/ Local unit	Rozloha/ Area	Efektivní srážky/ Effective precipitation	Odtok/ Runoff	Výpar/ Vaporization	Odtok hydrogeologickým podložím/Drainage through hydrogeological bedrock
	km ²			mm	
Svatka Dalečín/Catchment	367,01	700	284	322	94
Komplex lesů /Complex of forests	157,80	735	242	448	45
Role, TTP a ostatní plochy/ Fields, grasslands, and other areas	209,21	681	323	309	49

Pozn.: Výpar byl doložen a zkontrolován modelovými výpočty (DUMBROVSKÝ 2000).

Note: Vaporization was calculated and checked using models (DUMBROVSKÝ 2000)

Tab. 2.

Vzájemný poměr odtoku z lesa a ostatních kultur za klimatického sucha v povodí Svratka Dalečín

Mutual relation between streamflow from forest and other crops under climatic drought on the Svratka Dalečín catchment

Kultura/Plot	W	ΔW	
	m ³ /km ²	m ³ /km ²	%
Les/Forest	50 644	7 700	17,95
Role/Fields	42 900		
Les/Forest	50 644	3 241	6,84
TTP	47 403		
Les/Forest	50 644	9 385	22,74
Ostatní plochy/ Other areas	41 259		
Ø (R, TPP, OP)	44 218	6 382	14,43

Ø zvážený výměrami kultur/average weighted by the size of areas

W – suma odtoku za období klimatického sucha z výměry 1 km²/sum of runoff by period of climatic drought from 1 km²; TTP – trvalé travní plochy/permanent grasslands

Tab. 3.

M-denní vody z 1 km² dle výměry kultur [F(i)] Svratka Dalečín

M-daily streamflow by 1 km² size area of a surface cover [F(i)] on the Svratka Dalečín catchment

M						
	Svratka Dalečín catchment	Les/Forest	Role/Field	TTP/Permanent grassland	Ostatní plochy/Other areas	Σ role, TTP, ostatní plochy/Fields, permanent grasslands, other areas
Dnů/ Days	I/s/km ²			I/s		
30	20,54	6,77	6,56	5,25	1,96	13,77
90	9,86	3,55	2,97	2,42	0,92	6,31
180	5,15	2,14	1,48	1,15	0,38	3,01
270	2,83	1,40	0,70	0,53	0,20	1,43
330	1,63	0,82	0,40	0,30	0,11	0,81
355	1,12	0,60	0,28	0,18	0,06	0,52
364	0,65	0,32	0,17	0,11	0,05	0,33
F(i)	km ²	0,43 km ²	0,29 km ²	0,20 km ²	0,08 km ²	0,57 km ²

Specifické průtoky dle kultur v době klimatického sucha Svratka Dalečín/Specific streamflows by surface cover during drought time from the Svratka Dalečín catchment

M	Svratka catchment	Les/ Forest	Bezlesí/ Non-forest
Dnů/Days	I/s/km ²		
180	5,15	4,98	5,28
270	2,83	3,26	2,51
330	1,63	1,91	1,42
355	1,12	1,40	0,91
364	0,65	0,74	0,58

Tab. 4.

M-denní vody dle kultur v době klimatického sucha

M-daily streamflow by surface cover during time of climatic drought

M	Svratka catchment			Les/Forest		Role/Fields		TTP/Permanent grasslands			Ostatní plocha/Other area			Bezlesí/ Non-forest	
	1 km ²			0,43 km ²		0,29 km ²		0,20 km ²			0,08 km ²				
	Q(c)	W(c)	m ³	Q(L)	W(L)	Q(R)	W(R)	Q(TTP)	W(TTP)	I/s(0,20 km ²	m ³	I/s(0,08 km ²	Q(OP)		W(OP)
DnI/Days	I/s/km ²			I/s/0,43 km ²	m ³	I/s/0,29 km ²	m ³	I/s(0,20 km ²	m ³	I/s(0,08 km ²	m ³	I/s(0,08 km ²	m ³		
180	3,99	31 371		1,77	13 916	1,09	8 570	0,84	6 604	0,29	2 280		2 280		17 454
270															
330	2,23	11 753		1,11	5 850	0,55	2 899	0,42	2 214	0,15	791		791		5 904
355	1,38	3 100		0,71	1 595	0,34	764	0,24	539	0,08	180		180		1 483
364	0,88	760		0,46	397	0,22	190	0,14	121	0,06	52		52		363
Z		46 984			21 758		12 423		9 478		3 303		3 303		25 204
Ø Q(c)	2,89			1,34		0,76		0,58		0,20					1,55
% W		100			46,3		26,5		20,2		7,0				53,7
Σ H(m)		0,047			0,0506		0,0428		0,0474		0,0413				0,0442

Q(QC) – celkový průtok z plochy 1 km² povodí/total streamflow from 1 km² area of the catchment;Q(L), Q(R), Q(TTP), Q(OP) – průtok z dílčích ploch kultur povodí: L les, R role, TTP trvalé travní porosty, OP ostatní plochy/streamflow from partial areas of the catchment: L forest, R field crops, TTP permanent grasslands, OP other plots; W – objem odtéké vody z 1 km² dílčí plochy kultury v povodí/volume of water discharged from 1 km² partial areas of the catchment; Σ H(m) – poměr W/f(i) – výška odtoku celkem/Σ H(m) – W/f(i) ratio – runoff depth in total, f(i) – odtoková plocha [m²]/runoff area [m²]; T(d) – 188 dni/188 days

Q(C) – celkový průtok z plochy 1 km² povodí/total streamflow from 1 km² area of the catchment; Q(L), Q(R), Q(TTP), Q(OP) – průtok z dílčích ploch kultur povodí: L les, R role, TTP trvalé travní porosty, OP ostatní plochy/streamflow from partial areas of the catchment: L forest, R field crops, TTP permanent grasslands, OP other plots; W – objem odtokové vody z 1 km² dílčí plochy kultury v povodí/volume of water discharged from 1 km² partial areas of the catchment; Σ H(m) – poměr W/f(i) – výška odtoku celkem/Σ H(m) – W/f(i) ratio – runoff depth in total; f(i) – odtoková plocha [m²]/runoff area [m²]; T(d) – 188 dní/188 days

VÝSLEDKY

Přehledná data z povodí Svatky po Dalečín, rozdělená podle kultur, obsahuje tab. 1. Z ní je patrné, že z lesa odtéká o 33,5 % $[(323/242) \cdot 100 - 100]$ menší suma ročních odtoků než z bezlesí stejné výměry. Ačkoli les má o 5 % $[(735/700) \cdot 100 - 100]$ vyšší úhrn ovzdušných srážek než ostatní kultury v povodí, vlivem intercepce dopadne k lesní půdě o 78 mm [650–602] srážkové vody méně. Je však důležité, že lesní půda, dotovaná nižším úhrnem srážek než zbytek povodí, vykazuje vyšší zásobu podzemních vod v hydrogeologickém podloží. Tato skutečnost je příčinou vyšších odtoků z lesního komplexu v době klimatického sucha. Lesní půda je pro průsak gravitační vody propustnější než půda okolních zemědělských kultur (MAŘAN 1945).

V horní části povodí Svatky odtéká z lesního komplexu v době klimatického sucha do plochy povodí o $0,40 \text{ l/s/km}^2$ (o 14,4 %) vyšší specifický odtok než ze zbytku povodí (tab. 2; výpočty obsahuje tab. 5). Tab. 2 uvádí procenta, o která odtok ze stejných ploch lesa převyšuje průměrně odtoky z rolí, TTP a ostatních ploch v době klimatického sucha. Vyšší odtok z TTP než z rolí v době sucha svědčí o přítoku cizích vod do luk, jež se nacházejí převážně v údolnicích. Extrapolace změn odtoku ve Svatce vlivem změn kultur v povodí jsou proto mimo podmínky odvození v odlišných geografických poměrech problematické. M-denní vody z 1 km^2 dle výměry kultur $[f(i)]$ ve Svatce po Dalečín obsahuje tab. 3.

Plošný podíl 43 % lesů dodá v době klimatického sucha do řeky objem 46,3 % celého odtoku a v povodí zvýší minimální průtok ve Svatce v Dalečíně průměrně o 6,2 %, tj. $0,4 \text{ l/s/km}^2$. Výpočty parametrů byly provedeny z dat v tab. 4 a jsou uvedeny v tab. 5. Lesní komplex $157,8 \text{ km}^2$ poskytne do Svatky v době klimatického sucha s trváním 180 dnů v roce o $981\,642 \text{ m}^3$ vody více než o stejné výměře $157,8 \text{ km}^2$ ostatní kultury a plochy povodí.

DISKUSE

V domácích poměrech se výsledky analýzy opírají o experimentální údaje ČHMÚ o měřených odtocích v měrném profilu Svatky v Dalečíně a měřených srážkách (HORSKÝ 1970; KNĚŽEK 1972; DUMBROVSKÝ et al. 2000). Experimentálně byly dále zjišťovány i plochy kultur v povodí horní Svatky. Vstupní údaje modelových výpočtů jsou naměřená celková odtoková data. Na ně je navázána i rektifikace modelů, která vykazuje oproti naměřeným celkovým průtokům maximální rozdíl 4,4 %.

Z plochy zemědělsko-lesního komplexu odtéká průměrný odtok rovný celoročnímu průměru podzemního odtoku z hydrogeologického podloží ($2,89 \text{ l/s/km}^2$ a $2,77 \text{ l/s/km}^2$).

V době klimatického sucha odtéká tedy voda z ploch povodí do Svatky z geologického podloží. Perkolace do geologického podloží se rovná 12,5 % srážek, což koresponduje s 12 % srážek odhadovaných WAICHLEREM et al. (2005). Protože specifický odtok z lesního komplexu je o 14,4 % vyšší než průměrný specifický odtok ze zbytku povodí, je v hydrogeologickém podloží lesního komplexu vyšší zásoba podzemní vody než u rolí, TTP a ostatních ploch, i když k lesní půdě dopadne vlivem intercepce srážkové vody korunami lesních stromů méně srážkové vody než k ostatním bezlesým kulturám v povodí. Je to způsobeno zřejmě tím, že vrstva hrabanky v lesních porostech má mnohem vyšší intenzitu infiltrace dešťové vody do lesní půdy. Lesní půda je pak pro zrychlený průsak preferenčními cestami podél kořenů lesních dřevin příznivější než půda zemědělských kultur. Tyto závěry podporuje i skutečnost, že v době klimatického sucha existuje jen bezdešťové období.

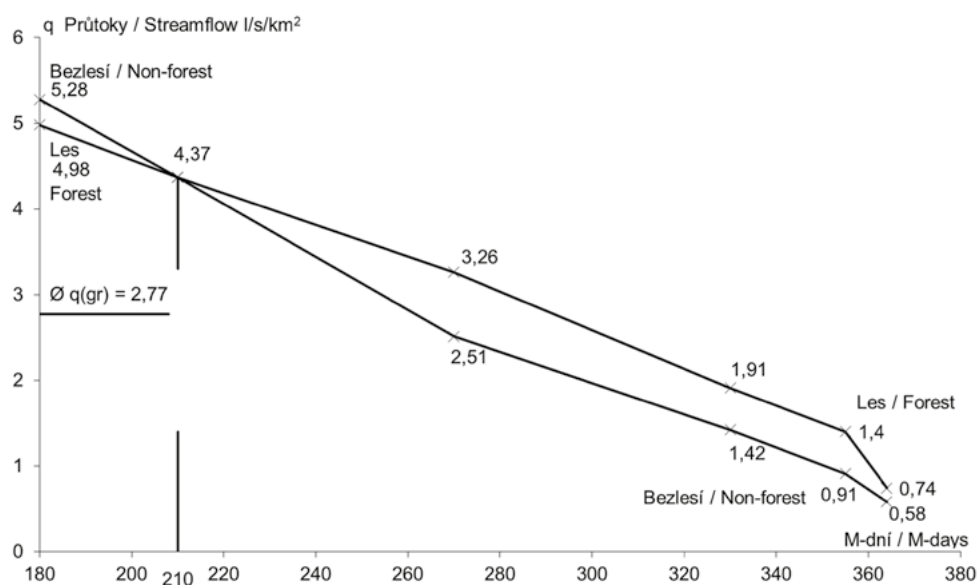
Zvýšení odtoku Svatky ve stanici Dalečín v době klimatického sucha o 6,35 % vlivem 43 % plochy lesa nevypadá zdánlivě příliš významné. Objem odtoku 982 tisíc m^3 však není zanedbatelný, např. pro odběr pitné vody ve vodní nádrži Vír k zásobování obyvatel vodou v době sucha.

Obr. 1.

M-denní vody v době klimatického sucha v lese a bezlesí v povodí řeky Svatky Dalečín

Fig. 1.

M-daily streamflow from forest and non-forest land in the Svatka Dalečín catchment during period of climatic drought



ZÁVĚR

- 1) Průměrný roční specifický odtok na horním povodí Svatky v Českomoravské vysočině je z lesa o 33,5 % nižší než z jeho bezlesí. Je to způsobeno podstatně vyšším výparem z lesa. Vyšší výpar z lesa zvyšuje vzdušnou vlhkost nad ním, a tím zvyšuje množství ovzdušných srážek nad zemědělsko-lesní krajinou (POKORNÝ 2020).
- 2) Hydrogeologické podloží lesa má vyšší zásobu podzemních vod v době sucha, než je tomu u bezlesí. To je příčina vyšších odtoků podzemní vody z lesů než z nelesních kultur v době klimatického sucha, tj. při průtocích 180–365 M-denních vod, které je bez ovzdušných srážek.
- 3) Z lesa odtéká v době sucha o 14,4 % vyšší specifický odtok než je tomu u zbytku bezlesého povodí, složeného z 29 % rolí, 20 % TTP a 8 % ostatních ploch, převažujících ve střední a dolní části terénu. Les převažuje v horní části povodí tektonických klenbách a na vrcholech povodí.
- 4) Komplex 157,8 km² lesa v povodí dodává řece Svatce do Dalečína o 6,2 % více vody než bezlesí o stejné ploše, tj. zvyšuje $\bar{Q}$ průtok o 0,40 l/s/km² [63,1 l/s/f(L)].

- 5) 43 % lesa v povodí horní Svatky dodává do toku v Dalečíně 46,3 % celkového odtoku, bezlesí 57 % plochy dodává 53,7 % celkového odtoku. Zvýšení odtoku Svatky v době klimatického sucha o 6,35 % vlivem 43 % lesa v povodí představuje objem 982 000 m³.
- 6) Všechny výsledky provedené analýzy platí jen pro území povodí horní Svatky po Dalečín; to ukazuje tendence odtokových poměrů ve zcela konkrétních přírodních podmínkách. Proto je aplikace získaných parametrů i v podobných územích problematická.
- 7) Analýza bezpečně prokazuje, že v přírodních podmínkách horního povodí Svatky les dodává do řeky v obdobích 180–365 M-denních vod více vody než stejné výměry kultur bez lesů.
- 8) Vodohospodářský význam lesů v zemědělsko-lesní krajině je nezastupitelný a je veřejným zájmem. Výzva prof. Úlehly z Brna (ÚLEHLA 1947): „Napojme prameny“ je tak stále aktuální.

Poděkování:

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118, a z podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe projektu NAZV QK1810415 „Vliv dřevinné skladby a struktury lesních porostů na mikroklima a hydrologické poměry v krajině“.

Tab. 5.

Výsledky analýzy odtoku z povodí Svatka Dalečín v době klimatického sucha

Results of a runoff analyse from the Svatka Dalečín catchment during time of climatic drought

Povodí/Catchment	Výměra (f)/ Area (f)	Suma odtoků v době sucha (w)/ Total runoff during the time of drought (w)		$\Delta \Sigma w$
	km ²	$\Sigma w m^3/188 \text{ days/f}$	$\Sigma w m^3/188 \text{ days/km}^2$	
Svatka Dalečín	1,00	46 984	46 984	
Lesy/Forests	0,43	21 758	50 600	6 382
Bezlesí/Non-forest	0,57	25 204	44 218	

Komentář k tab. 5/Commentary on tab. 5:

Nárůst odtoku ve Svatce v Dalečíně v době klimatického sucha daný vyšším specifickým odtokem z lesa než z bezlesí/Increase of runoff at the Svatka Dalečín catchment during climatic drought given by greater specific runoff from forest than from non-forest:

$$P = \frac{6\,382 : 0,43}{46\,984 - 6\,082 : 0,43} = \frac{2\,744}{44\,240} = 0,062 \approx 6,2\%$$

Průměrný odtok (Q) v době klimatického sucha/Average streamflow (Q) during the time of drought:

Svatka catchment: 2,96 l/s/km²

Lesy/Forests: 3,12 - " -
Bezlesí/Non-forest: 2,72 - " -

$$\Delta Q(\text{les, bezlesí}) = 3,12 - 2,72 = 0,40 \text{ l/s/km}^2$$

$$\Sigma \Delta Q(\text{les}) = 157,8 : 0,40 = 63,12 \text{ l/s/f(les)}$$

$$\Sigma Q(\text{Svatka D.}) = 2,96 : 357,01 = 1\,057 \text{ l/s/F(P)}$$

$$P = \frac{63,12}{1\,057 - 63} = \frac{63,12}{994} = 0,0635 \approx 6,35\%$$

Q – průtok /streamflow

F(P) – plocha povodí/area of the catchment

F(les) – plocha lesa/area of the forest

Nárůst sumárních odtoků do plochy povodí z lesa oproti bezlesí v době klimatického sucha/Increase of total runoff from forest in comparison with non-forest during the time of climatic drought:

$$P = \frac{6\,382}{44\,218} = 0,1443 = \frac{50\,600}{44\,218} = 1,1443 \approx 14,43\%$$

Podíl specifických odtoků z lesa a bezlesí v době klimatického sucha/Ratio of specific runoff from forest and non-forest during the time of drought:

Svatka Dalečín 2,96 l/s/km²

Lesy/Forests 3,12 - " -

Bezlesí/Non-forest 2,72 - " -

$$\Delta q = 3,12 - 2,78 = 0,40 \text{ l/s/km}^2$$

$$\Delta w = 0,40 : 157,8 = 63,12 \text{ l/s/F(les)}$$

$$w\bar{Q}(\text{Svatka}) = 2,96 : 337,01 = 1\,057 \text{ l/s/F(c)}$$

Přírůstek odtoku z lesa oproti odtoku z bezlesí do plochy povodí v době klimatického sucha/Increase of runoff from forest compared to non-forest into the catchment area during the time of climatic drought:

$$P = \frac{0,40}{2,72} = 0,147 \approx 14,7\%$$

Zvýšení odtoku ve Svatce v Dalečíně lesem v době klimatického sucha/Increase of runoff in the profile Svatka Dalečín through forest in the time of climatic drought:

$$P(l) = \frac{63,12}{1\,057 - 63} = \frac{63,12}{994} = 0,0635 \approx 6,35\%$$

LITERATURA

- DUMBROVSKÝ M. 2000. Podklady pro revizi ochranných pásem povodí nádrže Vír. Praha, VÚMOP, Výzkumná stanice Brno: 72 s.
- HORSKÝ L. 1970. Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Díl III. Praha, Hydrometeorologický ústav: 305 s.
- KNĚŽEK M. 1982. Odtok podzemní vody na území Československa. ČHÚ Praha: 52 s.
- MAŘAN B. 1948. Biologie lesa. Praha, Melantrich: 455 s.
- POKORNÝ J. 2020. Lesy přitahují vodu. Vodohospodářský bulletin, Třeboň, ENKI: 30–33.
- ÚLEHLA V. 1947. Napojme prameny: o utrpení našich lesů. Praha, Život a práce: 125 s.
- WAICHLER S.R., WEMPLE B.C., WIGMOSTA M.S. 2005. Simulation of water balance and forest treatment effects at the H.J. Andrews Experimental Forest. Hydrological Processes, 19 (16): 3177–3199. DOI: 10.1002/hyp.5841

RUNOFF FROM FORESTS IN THE SVRATKA RIVER CATCHMENT DURING A PERIOD OF CLIMATIC DROUGHT

SUMMARY

The upper part of the Svatka river catchment, with its outlet measuring profile in Dalečín, lies at an altitude of 600–834 m. Its area amounts to 367.01 km². Parent rock of soil is a crystalline complex of mica schist and gneiss. As for the land use, the area of a forest (L) is 157.80 km² (43%) and the area of agricultural fields (R), permanent grassy plots (TTP) and other plots (OP) amounts to 209.21 km² (57%) – see Tab. 1. In agricultural plots, mountain brown soils predominate, while in forest plots it is mountain cambisols. From the forest, the runoff of 81 mm per water year is lower than that from the non-forest; it is a consequence of forest interception. In average water year, by 65 mm less precipitation falls on a forest soil surface than on a non-forest.

Water year specific runoff from a forested land is by 33.5% lower than that one from a non-forest areas. Although less precipitation water infiltrates into a forest soil than into an agricultural soil, the specific runoff from forest is during climatic drought by 14.4% higher than from non-forest. The 43% share of forest in the upper part of the catchment increases the streamflow during the climatic drought by 6.2%. During the climatic drought, the streamflows are supplied with groundwater from hydro-geologic structures. At the same time, average streamflow is identical with the average streamflow per water year. This supports that the hydro-geologic structures under forested surface are a higher supply of groundwater than those ones under non-forest land. Percolation of precipitation water into weathered layers of hydro-geologic structures under forest is higher than under non-forest area. The percolation into a geologic bedrock equalled to 12.5% of precipitation and matched with 12% percolation estimated by WAICHLER et al. (2005). During climatic drought, the groundwater supply under forest is by 982 000 m³ (6 223 m³/km² $\equiv$ 6.2 mm) greater than under non-forest; streamflow at the profile Svatka – Dalečín concurrently increased by 0.40 l/s/km² (63 l/s) on average. Higher vaporization from forests than from non-forest increases air humidity above forests, thus increasing the quantity of atmospheric precipitation over agriculture forest landscape (POKORNÝ 2020).

The forest stands in the studied catchment are important from water management perspective. During the drought time, hydro-geologic bedrock of the catchment represents water reservoir with nearly 1 ml/m³ more groundwater accumulation than similar reservoir under agricultural plots. In order to ensure an optimal influence of forest on a formation of such reservoir, it is necessary to perform special forest management that should be supported by special financial subsidy.

Zasláno/Received: 12. 05. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 9. 11. 2022