

# METODICKÉ POSTUPY OPTIMALIZACE VODNÍHO REŽIMU USPOŘÁDÁNÍM KULTUR V KRAJINĚ

LESNICKÝ PRŮVODCE



doc. Ing. VLADIMÍR ŠVIHLA, DrSc.  
Ing. VLADIMÍR ČERNOHOUS, Ph.D.  
Ing. FRANTIŠEK ŠACH, CSc.  
prof. Ing. PETR KANTOR, CSc.



Certifikovaná metodika

9/2014

# **Metodické postupy optimalizace vodního režimu uspořádáním kultur v krajině**

**Certifikovaná metodika**

**doc. Ing. Vladimír Švihla, DrSc.**

**Ing. Vladimír Černošous, Ph.D.**

**Ing. František Šach, CSc.**

**prof. Ing. Petr Kantor, CSc.**

## **Lesnický průvodce 9/2014**

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

<http://www.vulhm.cz>

**Vedoucí redaktorka:** Šárka Holzbachová, DiS.; e-mail: [holzbachova@vulhm.cz](mailto:holzbachova@vulhm.cz)

**Výkonná redaktorka:** Miroslava Valentová; e-mail: [valentova@vulhmop.cz](mailto:valentova@vulhmop.cz)

**Grafická úprava a zlom:** Klára Šimerová; e-mail: [simerova@vulhm.cz](mailto:simerova@vulhm.cz)

ISBN 978-80-7417-086-7

ISSN 0862-7657

# METHOD PROCEDURE USING OPTIMIZATION OF WATER REGIME THROUGH ARRANGEMENT OF MIXED CULTURE IN LANDSCAPE

## *Abstract*

The methodology aims to suggest and recommend method procedures of water regime optimization in landscape from viewpoint of peak flow, water quality, and low streamflow by way of the best layout and extent of agricultural crops and forest plantations. Extent of the method application represents benefits consisted in a new model, which is determined for practice, explaining influence of agricultural and forestry land uses. The model was based on new relations among entering parameters, deduced from long-term research results. Obtained view on the role of mixed cultures in a landscape is complex and it determines culture weight in water component of a landscape. From the management viewpoint in agriculture and forest landscape, the model determined share of separate land-use area, which should form a balanced landscape. The new operative instructions clearly determined the role of land-use approaches. They also extend knowledge of non-wood-producing – hydrologic functions. These instructions unambiguously determine basic consequences of forest importance for stability of a landscape. The real benefit gains when using the submitted methodology is ca 100 hours of time savings in comparison with evaluation of land-use changes using more complicated models. If common production rate was 500 CZK per hour, benefit of the methods would be 50,000 CZK per one project.

**Key words:** landscape, forestry, agriculture, optimization of area and layout, model, peak flow, water quality, low streamflow

**Oponenti:** doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc., ČZU – FŽP v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny  
Ing. Petr Navrátil, CSc., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, pobočka Jablonec n. N.

*Foto na obálce:*

Vladimír Černohous

*Adresy autorů:*

doc. Ing. Vladimír Švihla, DrSc.

Fügnerova 809, 266 01 Beroun

Ing. Vladimír Černohous, Ph.D.

Ing. František Šach, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550, 517 73 Opočno

e-mail: [cernohous@vulhmop.cz](mailto:cernohous@vulhmop.cz)

[sach@vulhmop.cz](mailto:sach@vulhmop.cz)

prof. Ing. Petr Kantor, CSc.

Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 3, 613 00 Brno

# Obsah:

<b>Cíl metodiky .....</b>	<b>7</b>
<b>Vlastní popis metodiky .....</b>	<b>7</b>
<b>Modely řešení optimalizace vodního režimu krajiny.....</b>	<b>9</b>
<b>Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na tvorbu kulminace velkých vod .....</b>	<b>9</b>
<b>Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na kvalitu vodní komponenty.....</b>	<b>12</b>
<b>Vliv kultur v zemědělsko-lesní krajině na velikost minimálních odtoků.....</b>	<b>13</b>
<b>Optimální rozmístění a rozloha zemědělských a lesních kultur v krajině .....</b>	<b>15</b>
<b>Hledisko velkých vod .....</b>	<b>15</b>
<b>Hledisko kvality vod .....</b>	<b>15</b>
<b>Hledisko minimálních odtoků.....</b>	<b>16</b>
<b>Srovnání novosti postupů .....</b>	<b>17</b>
<b>Popis uplatnění metodiky .....</b>	<b>17</b>
<b>Ekonomické aspekty .....</b>	<b>18</b>
<b>Dedikace.....</b>	<b>18</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>19</b>
<b>Seznam použité a související literatury .....</b>	<b>19</b>
<b>Seznam publikací předcházejících metodice a výstupů znalostí .....</b>	<b>20</b>
<b>Summary .....</b>	<b>23</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>24</b>
<b>Příloha č. 1.....</b>	<b>24</b>
<b>Příloha č. 2.....</b>	<b>26</b>



# CÍL METODIKY

Na základě dlouhodobého výzkumu navrhnout a doporučit metodické postupy optimalizace vodního režimu krajiny z hlediska kulminace velkých vod, kvality vodní komponenty a velikosti minimálních odtoků nejvhodnějším rozmístěním a rozlohou zemědělských a lesních kultur v krajině. Metodika navazuje na dlouhodobé studium problematiky hydrologie krajiny při řešení projektů NAZV č. 1G57016 a QH92073. Aktuálně lze cíle metodiky specifikovat jako výstup projektu NAZV QI112A174 „Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině“, který je výsledkem dlouhodobého hydrologického výzkumu především v experimentální síti výzkumných objektů Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady – Výzkumné stanice Opočno. Metodika je vhodná pro stanovení dopadů změn kultur do výměry povodí 4 km<sup>2</sup>.

## VLASTNÍ POPIS METODIKY

### Metodika obsahuje:

- Přístup k řešení optimalizace vodního režimu zemědělsko-lesní krajiny úpravou rozlohy kultur
- Přístup k řešení optimalizace vodního režimu zemědělsko-lesní krajiny rozdělením kultur v krajině
- Modely řešení optimalizace vodního režimu krajiny
  - Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na tvorbu kulminace velkých vod
  - Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na kvalitu vodní komponenty
  - Vliv kultur v zemědělsko-lesní krajině na velikost minimálních odtoků
- Optimální rozmístění a rozloha zemědělských a lesních kultur v krajině
  - Hledisko velkých vod
  - Hledisko kvality vod
  - Hledisko minimálních odtoků
- Praktické přílohy aplikace modelů
  - Model určující vliv kultur v zemědělsko-lesních povodích na tvorbu kulminace velkých vod (Příloha č. 1)
  - Příkladový model povodí Jičinky (Příloha č. 2)



## **Způsoby řešení optimalizace vodního režimu zemědělsko-lesní krajiny úpravou rozlohy kultur**

Největší kladný vliv na vodní režim krajiny mají lesy, následovány trvalými travními porosty (TTP). Minimální kladný vliv pak mají orné půdy. Z hlediska optimalizace vodního režimu zemědělsko-lesní krajiny by měly mít dominantní úlohu lesy. Také při regulacích řek docházelo v minulosti k zalesňování vrcholů holých kopců v povodí. V našem kopcovitém území probíhá proces oběhu vody dominujícím procesem infiltrace na vrcholcích terénu, kombinací infiltrace a transportu vody na svazích a akumulaci v údolích. Z tohoto důvodu mají být vrcholy kopců zalesněné, svahy mají být kombinací orné půdy a TTP a údolnice zatravněné.

Význam lesů na vrcholcích terénních útvarů je základní: nejen zde tlumí odtok velkých vod, ale produkují čisté povrchové i podzemní vody a zásobí vodní zdroje spolehlivým odtokem v době sucha. Navíc jsou spolehlivým protierozním opatřením a vytvářejí tak stabilitu lesních území.

Stabilitu území na svazích zajišťují především střídání ploch zatravněných a orných. Svahy jsou doménou zemědělské výroby a fungují jako infiltrační a transportní půdní prostředí pro vodu. Jejich obhospodařování by mělo být těmto procesům podřízeno. Střídání kultur na svazích je základní podmínkou stability zemědělsko-lesní krajiny a vytváření její přijatelné formy vodní komponenty. Zcelování svažitých pozemků a jejich obdělávání jako orné půdy bez ohledu na základní podmínku stability svážných území je příčinou častých škod povodněmi.

Polní pozemky jsou rovněž producenty značného znečištění podzemních i povrchových vod a příčinou nutnosti dočištění pitné vody odstraňováním dusičnanů. Rovněž transport fosforu povrchovými vodami je zdrojem eutrofizace vodních nádrží pitné vody. Neregulované hospodaření na polích není proto možné.

V akumulačních prostorech vodní komponenty vytvořených ve vyvinutých údolnicích jsou na místě trvalé travní porosty nebo lužní lesy. Jsou to místa soustředění zásoby vod a hlediskům jejich ochrany musí být podřízeny podmínky hospodaření na nich.

Hospodaření na zemědělsko-lesních územích je řízeno četnými zákony a nařízeními, zejména zákonem o ochraně přírody č. 114/1992 Sb., zákonem č. 289/1995 Sb., o lesích, zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách, nařízením vlády ČR 40/1978, 10/1979, 85/1981 o chráněných oblastech přirozené akumulace vod a ČSN 83 0901 Ochrana povrchových vod před znečištěním.

## **Způsoby řešení optimalizace vodního režimu zemědělsko-lesní krajiny rozdělením kultur v krajině**

Zastoupení a poloha zemědělsko-lesních kultur v krajině má rozhodující vliv na velikost velkých vod ve vodních tocích. Vytvářením velkých honů zemědělské půdy, rozoráváním luk, likvidací protierozních mezí a napřimováním vodotečí se otevřely v naší krajině podmínky pro zvyšování kulminace velkých vod.

Je proto nutno plánovat a realizovat revitalizační opatření, jejichž základem je rozmístění a rozloha zemědělsko-lesních kultur v krajině. Především je důležitá zvláštní úloha lesů v krajině. Jsou vedle dřevoproductční funkce nositeli důležitých mimoproductčních funkcí, z nich na prvním místě mimoproductční funkce hydrické. Tato funkce má význam veřejný, je obecně prospěšná lidské společnosti, protože lesy svou velkou retenční schopností tlumí odtok přívalových srážek. Podstatná část přívalových srážek je retardována intercepcí a infiltrací do lesní půdy. Lesní půda je vlivem prokořenění bohatší obsahem půdních pórů než půda zemědělská a představuje tak velký retenční prostor 100–130 mm do hloubky půdy 60 cm. Půdou se vsáklá voda pohybuje do vodoteče mnohem pomaleji než po povrchu, a tím snižuje podstatně kulminaci velkých vod ve vodních tocích. Běžně o 1/4–1/2.

Poněkud nižší retenční schopnost mají TTP, prokořenění jejich půd není tak veliké jako u lesů, avšak je přece větší než u půd orných. Neprojevuje se zde významně intercepce a infiltrační kapacita TTP je podstatně nižší než u lesů.

Nejnižší retenční i infiltrační kapacitu mají orné půdy. Zde se aktivně projevuje především hloubka orby, pórovitost spodiny je ze zemědělsko-lesních půd nejnižší. Kulminační odtoky velkých vod jsou z polí přibližně 1,3–1,7krát vyšší než z luk.

## **Modely řešení optimalizace vodního režimu krajiny**

### **Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na tvorbu kulminace velkých vod**

Vliv zemědělsko-lesních kultur na velikost kulminace velkých vod se dosti liší. Tvorba velkých vod na povodí se zemědělsko-lesními kulturami závisí na vstupních parametrech srážko-odtokového procesu. Jejich transformaci na odtok velkých vod popisuje model, který je přílohou této metodiky.

Vstupní parametry modelu představují následující řadu:

- Velikost srážky (HS), která může vyvolat odtok velké vody na povodí. Zjistí se nejlépe u HMŮ, jako srážka s periodicitou 100 let. Problémem je odtok vyvolaný táním sněhu. Ten se zjistí např. metodou stupeň-den (NĚMEC 1964). U daných srážek se vždy počítá s jistou přibližností.
- Suma celkového odtoku velké vody ( $\Sigma Q(c)$ ) se zjistí použitím modelu řešení velkých vod. Je možné použít matematicko-fyzikální modely, např. KOVÁŘ, KULHAVÝ (2000) nebo zjednodušené vzorce (DUB, NĚMEC 1969).
- Objemový součinitel odtoku  $C(o) = \Sigma Q(c)/HS$  lze určit dle Čerkašina (ČERKAŠIN 1964).
- Kulminační odtok povodňové vlny  $VQ(o)$  se určí matematicko-fyzikálním modelem (KOVÁŘ, KULHAVÝ 2000; HRÁDEK 1989), případně podle empirických vztahů vzorcovou metodou (DUB, NĚMEC 1969), nebo dle HMŮ.
- Plochy zemědělsko-lesních kultur v povodí se určí nejlépe ze soupisu parcel v povodí.
- $\emptyset$  spád povodí se určí z topografické mapy.

Pro proces stanovení velikosti povodňových odtoků z jednotlivých ploch kultur se nejlépe hodí přímo naměřené parametry HS,  $\Sigma Q(c)$ ,  $VQ(o)$  na povodí.

Výpočet odtokových součinitelů jednotlivých kultur na povodí ( $C(i)$ ) vstupuje do výpočetního procesu počátečními hodnotami uvedenými v tab. 1. Z nich iterací se dostanou skutečné hodnoty, odpovídající objemovému součiniteli celkového odtoku  $C(o)$ . První hodnoty v tab. 1 platí pro sucho, střední hodnoty pro  $\emptyset$  vlhkou půdu, poslední hodnoty platí pro mokro.

**Tab. 1:** Vstupní hodnoty odtokových součinitelů velkých vod jednotlivých kultur ( $C(i)$ )

Kultura	Les	TTP	Orná půda	Ostatní plochy
$C(i)$	0,28 – 0,48 – 0,71	0,31 – 0,51 – 0,79	0,41 – 0,67 – 0,94	0,38 – 0,64 – 0,89

Jádro modelu představuje vztah mezi kulminačními průtoky z jednotlivých kultur a zbytku povodí (základní vzorec č. 1), který byl odvozen modifikací JH (jednotkového hydrogramu):

$$\frac{VQ(TTP, or, ost)}{VQ(Les)} = \frac{C(TTP, or, ost)}{C(Les)} * \frac{v(TTP, or, ost)}{v(Les)},$$

který v kombinacích pro varianty řešení

$$\frac{\text{Les, or, ost}}{\text{TTP}}, \frac{\text{Les, TTP, ost}}{\text{or}}, \frac{\text{Les, TTP, or}}{\text{ost}}$$

dává výsledné hodnoty kulminací velkých vod z jednotlivých kultur (Příloha č. 2).

VQ (TTP, or, ost) – kulminace velké vody z celku předmětného povodí bez lesa (m<sup>3</sup>/s)

VQ (Les, or, ost) – kulminace velké vody z celku předmětného povodí bez TTP (m<sup>3</sup>/s)

VQ (Les, TTP, ost) – kulminace velké vody z celku předmětného povodí bez orné půdy (m<sup>3</sup>/s)

VQ (Les, TTP, or) – kulminace velké vody z celku předmětného povodí bez ostatních ploch (m<sup>3</sup>/s)

Rychlost odtoku vody z jednotlivých kultur v(i) je uvedena v tab. 2.

**Tab. 2:** Rychlost odtoku vody z povodí (m/min)

Charakter kultur v povodí v(i)	Ø sklon povodí [%]				
	0,5	2,0	5,0	10,0	30,0
Les	1,2	2,5	3,9	5,5	9,6
TTP	1,8	3,5	5,6	7,9	14,0
Okopaniny	2,1	4,1	6,5	9,2	16,0
Obilniny	2,5	5,0	7,8	11,0	19,0

Změny kultur se vyjádří prostou záměnou původních výměr kultur za navrhovaný vztah (viz Příloha č. 1). Kulminace velkých vod klesají zvětšováním plochy lesů, resp. TTP na úkor polních kultur.

Přijatelné rozdělení kultur v zemědělsko-lesní krajině se dostane z podmínky přijatelné velikosti kulminace velké vody VQ(c) a speciálními podmínkami specializace zemědělské výroby. Při ideálním zastoupení zemědělsko-lesních kultur v povodí 1/3 Les, 1/3 TTP, 1/3 orná půda bude kulminace velké vody z povodí přibližně 2x větší než ze samotného lesa. K podobnému výsledku dospěla i publikovaná data (CABLÍK 1963; SKATULA 1960; DUB, NĚMEC 1969; POLÁK 1995).

Předkládaný model byl ověřen hydrologickým modelem HEC – HEMS používaným VÚV (PAVLÍK 2014) a rovnicí Dubovou (DUB, NĚMEC 1969).

Model výpočtu velkých vod z jednotlivých kultur je v Příloze č. 1.

## Vliv zemědělsko-lesních kultur v krajině na kvalitu vodní komponenty

Proces oběhu vody v přírodě se velmi liší podle jednotlivých kultur v krajině. Lesy jsou významné velkou infiltrací srážkových vod a oběhem vody převážně v půdě a jejím podloží. Tento proces je v lesní půdě provázen jen nízkým odnosem dusíku, velká jeho část je zadržována půdou. Naopak na zemědělských pozemcích probíhá intenzivní proces pohybu dusíku, při němž se dostává do půdní vody velké množství dusičnanů.

Protože dusičnany jsou největším znečišťovatelem vody v přírodě, byly zvoleny jako ukazatel znečištění přírodní vodní komponenty. Znečištění pitné vody dusičnany je také jedním z nejzávažnějších problémů zásobování obyvatel pitnou vodou.

Podrobný systém hodnocení kvality vody v přírodě obsahuje Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa, kap. 2.4 C a přílohy 2.9.3, 2.9.4 (Šišák et al. 2010).

Pro účel této metodiky byla autory na základě rozsáhlého materiálu sestavena následující tab. 3 (Šišák et al. 2010).

**Tab. 3:** Koncentrace dusičnanů dle kultur a území (mg/l)

Území	Kultura			Ø
	Les	TTP	Orná půda	
Nížiny	7,9	18,0	70,0	32,0
Pahorkatiny	6,5	32,0	100,0	46,2
Vysočiny	6,7	28,0	80,0	38,2
Hory a podhory	3,6	25,0	75,0	34,5
Ø	6,2	25,8	81,2	37,7

Výpočet koncentrace dusičnanů odtékajících ze zemědělsko-lesních povodí se provede podle vzorce

$$K(\text{NO}_3) = f(\text{Les}) \cdot K(\text{NO}_3, \text{Les}) + f(\text{TTP}) \cdot K(\text{NO}_3, \text{TTP}) + f(\text{or}) \cdot K(\text{NO}_3, \text{or})$$

$f(\text{Les})$ ,  $f(\text{TTP})$ ,  $f(\text{or})$  – podíly jednotlivých kultur v povodí

$K(\text{NO}_3, \text{Les})$ ,  $K(\text{NO}_3, \text{TTP})$ ,  $K(\text{NO}_3, \text{or})$  – zjištěná koncentrace dusičnanů ve vodách z lesů, TTP a orné půdy

$K(\text{NO}_3)$  – výsledná koncentrace dusičnanů vod odtékajících z povodí

Na první pohled do tab. 3 je patrné, že vody odtékající z lesů snižují koncentraci  $\text{NO}_3$  ve vodách z TTP a orné půdy na základě směřovacího procesu. Tím je dáno

dominantní postavení lesů v otázce znečištění vod odtékajících ze zemědělsko-lesních povodí dusičnany. Příčinou je odlišný koloběh dusíku v různých kulturách.

Bude-li v povodí rovné zastoupení kultur, pak podle tab. 3 nemůže dojít k překročení povolené koncentrace dusičnanů v pitné vodě odtékající z povodí podle vyhlášky ČSN 83 0901.

Kvalita vody je zájmem veřejným, lesy k němu přispívají podstatně. Vhodným příkladem je výpočet kvality vody v povodí Jičínky (Příloha č. 2).

Ke znečištění odběrů vody dochází hlavně u dílčích – místních odběrů, kde se projeví dominance odtoku z orné půdy. Jako zdroj kvalitní pitné vody se osvědčují zejména lesní povodí.

### Vliv kultur v zemědělsko-lesní krajině na velikost minimálních odtoků

Zvláštní pozornost vyžadují minimální odtoky z povodí, které dotují zdroje vod v období sucha. V tomto období dotují vodní zdroje pouze pramenní vývěry podzemních vod. Za reprezentanta tohoto režimu odtoku vod lze považovat průtok se zabezpečením 355 dnů v roce [Q(355)] (KNĚŽEK 1982, 1988). Podrobně byl sledován tento jev na povodí Svrátky k profilu Dalečín – v povodí 367,01 km<sup>2</sup>, (ŠVIHLA 2001). Výsledek výzkumu je v tab. 4.

**Tab. 4:** Specifický odtok 355denní vody z jednotlivých kultur v době sucha v povodí Svrátky po profil Dalečín (l/s/km<sup>2</sup>) – vrchovina (ŠVIHLA 2001)

Kultura (i)	q(355,i) l/s/km <sup>2</sup>	Poměr q(355,i) k lesům	q(355,i)/q(355)
		-	-
Les	1,34	1,00	1,194
Orná půda	1,07	0,80	0,955
TTP	0,85	0,63	0,758
Ostatní plochy	0,75	0,56	0,670
Zvážený $\bar{q}$	1,16	-	-

q(355,i) – 355denní průtok z kultur (i) (l/s/km<sup>2</sup>)

q(355) – 355denní průtok z kultur i jako vážený  $\bar{q}$  q(355,i) =  $\sum q(355,i) \cdot f(i)$  (l/s/km<sup>2</sup>)

f(i) – relativní zastoupení kultury i v povodí

Poměr q(355)/q(a) = 0,124 pro povodí Svrátky po Dalečín

q(a) – dlouhodobý průměr specifického průtoku v povodí (l/s/km<sup>2</sup>)

Přehled  $q(355,i)$ , poměrů  $q(355)/q(a)$  a odtoků z územních útvarů dle kultur udává tab. 5.

**Tab. 5:** Specifické průtoky 355denních vod, jejich poměr k dlouhodobým specifickým průtokům ( $q(355)/q(a)$ ) a průměry 355denních odtoků z jednotlivých kultur dle území

Územní útvar	$q(355,j)$	$q(355,j)/q(a)$	K	$q(355,i)$			
				Les	Orná půda	TTP	Ostatní půda
j	l/s/km <sup>2</sup>			l/s/km <sup>2</sup>			
Hory a podhory	4,63	0,200	4,13	5,53	4,42	3,51	3,09
Vrchoviny	0,96	0,119	0,86	1,15	0,92	0,73	0,64
Pahorkatiny	0,63	0,144	0,56	0,75	0,60	0,48	0,42
Nížiny	0,19	0,098	0,17	0,23	0,18	0,14	0,13

K přepočtu 355denních průtoků z vrchoviny (Českomoravská vrchovina) na 355denní průtoky z jednotlivých kultur a územních útvarů se použije vztah

$$K = \frac{q(355, j, \text{územní útvar})}{q(355, \text{povodí Svratky})}$$

$q(355, \text{Svratka}) = 1,12 \text{ l/s/km}^2$  k profilu Dalečín

$q(a, \text{Svratka}) = 9,08 \text{ l/s/km}^2$  k profilu Dalečín

Pozn:  $q(355)$  představuje vývěr pouze pramenní vody.

$q(355) = f(\text{Les}) \cdot q(355, \text{Les}) + f(\text{or}) \cdot q(355, \text{or}) + f(\text{TTP}) \cdot q(355, \text{TTP}) + f(\text{ost}) \cdot q(355, \text{ost})$

Pro jednotlivé případy násobí se  $q(355,j)/q(a)$  známou hodnotou  $q(a)$  a dostane se  $q(355,j)$ .

Z tab. 4 a 5 je patrné, že největším zdrojem pramenních vod jsou lesy, z polí odtéká 80 %, z TTP 63 % objemu vody z lesních vývěrů. Lesy tak vydatně dotují veřejný zájem na zásobování vodou v době sucha.

# Optimální rozmístění a rozloha zemědělských a lesních kultur v krajině

## Hledisko velkých vod

Výsledky rozborů podle tab. 1 a odvozeného modelu (základní vzorec č. 1) dávají pohled na velikost kulminací velkých vod dle polohy a rozmístění kultur v krajině. Za základ byl zvolen poměr skutečného rozmístění kultur ku krajině zcela zalesněné.

Ideální poměr kultur v krajině v pahorkatinách a nížinách daný poměrným zastoupením kultur 1/3 dává tento poměr  $VQ(c)/VQ(Les)$ :

$$VQ(c) = VQ(1/3Les, 1/3TTP, 1/3orná\ půda) = 1,7VQ(Les)$$

Poměr kulminace velké vody z bezlesí  $VQ(bez)$  ku  $VQ(Les)$  je průměrně v mezích 1,8–2,9 ( $\sigma$  2,2). Tyto poměry jsou určeny skutečným zastoupením kultur v územních útvarech. Potvrzují jen důležitost skutečné výměry lesů zejména v horách a podhorách a vrchovinách. V nížinách a pahorkatinách je lesnatost krajiny nižší, v intenzivních zemědělských krajích až 0. Čím více se krajina blíží lesu, tím jsou kulminace velkých vod v ní nižší. Samozřejmě absolutně  $VQ(Les)$  v horách je nejvyšší, v nížinách nejnižší.

Optimální poměr  $VQ(c)/VQ(Les)$ , tj. na ploše 41 % lesů, 38 % TTP, 9,9 % orné půdy a 11,1 % ostatních ploch je na vrchovině v povodí Jičínky, a to

$$VQ(c)/VQ(Les) = 1,7 \text{ (příklad v příloze).}$$

Pro optimalizaci rozdělení kultur v krajině je tedy nejdůležitějším faktorem lesnatost. Ta u nás dosahuje 34 %, což je z hlediska stability krajiny dostatečné. Jiná je ovšem otázka rozmístění kultur v krajině, tím se ale zabývá protierozní ochrana půd.

## Hledisko kvality vod

Nejlepší jakost vykazují horské vody  $\leq 20$  mg  $NO_3/l$ , nejhorší jakost pak pahorkatiny – až 86 mg  $NO_3/l$ . Vliv na kvalitu vod má jednoznačně zastoupení lesů v krajině. Zvolíme-li za základní kritérium pro hodnocení kvality vod 50 mg  $NO_3/l$ , pak je splňují

- Horské a podhorské krajiny obecně,  $K = 20$  mg  $NO_3/l$
- Vrchoviny ve složení 30 % lesů, 20 % TTP a 50 % orné půdy,  $K = 49$  mg  $NO_3/l$
- Pahorkatiny ve složení 40 % lesů, 20 % TTP a 40 % orné půdy,  $K = 51$  mg  $NO_3/l$
- Nížiny ve složení 10 % les, 30 % TTP, 60 % orná půda,  $K = 47$  mg  $NO_3/l$



Důležité je právě míšení vod odtékajících z různých kultur. Lesy jsou tak důležitou kulturou v povodí, snižující náklady na dočišťování vod znečištěných dusičnany, tj. zabezpečují důležitý zájem veřejný.

### **Hledisko minimálních odtoků**

Základ hodnocení je extrapolace experimentálních hodnot, získaných v povodí Svratky k profilu Dalečín. Území lze kvalifikovat jako vrchovinu s dlouhodobým  $\varnothing$  srážek 700 mm/rok. Z tab. č. 5 lze odvodit  $\varnothing$  průtoky 355denních vod dle územních útvarů a kultur. Významné postavení lesů je jednoznačné. Při tvorbě krajiny, která má být zásobárnou vody, je nezastupitelné. Nejvydatnějším zdrojem vody v době sucha jsou horské lesy.

Tab. 5 je důležitá nejen pro zásobování vodních zdrojů vodou, ale ukazuje na množství disponibilní vody pro lesní porosty. Zdroj 5,53 l/s/km<sup>2</sup> představuje 478 m<sup>3</sup>/d/km<sup>2</sup>, tj. 0,5 mm/d, což je 1/3–1/2 optimální potřeby lesních porostů v horách. V nížinách pak je to jen 0,02 mm/d, což je pro lesní porosty bezvýznamné.

Pozn:  $q(355) = f(\text{Les}) \cdot q(355, \text{Les}) + f(\text{or}) \cdot q(355, \text{or}) + f(\text{TTP}) \cdot q(355, \text{TTP}) + f(\text{ost}) \cdot q(355, \text{ost})$

## **SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ**

Dříve u nás získané výsledky byly zaměřeny na porovnání hydrologické účinnosti povodí různého hospodářského využití na příkladu oblasti Českomoravské vrchoviny (POLÁK 1995). Pomocí modelu chronologické hydrologické bilance byla nejlepší účinnost přisouzena lesnímu povodí, které svou vysokou akumulací schopností zachraňuje celé území v dobách srážkového deficitu. Střední účinnost mělo smíšené povodí, kde 60 % plochy zabírají pole. Proti povodí lesnímu zde byly zásoby podzemní vody poloviční, ale celková bilance je ještě vyrovnaná. Vzorem hydrologicky nevyváženého povodí bylo téměř 100% zemědělsky využívané odvodněné povodí, kde podle modelu 30 % vody (skutečné množství však dosahuje 40–50 %, protože model podhodnocuje extrémně vysoké odtoky), která se neodpaří a má šanci se vsáknout, okamžitě odtéká do recipientu (v lesním povodí pouze 6 %). POLÁK (1995) zdůrazňuje, že tato část celkového odtoku nejen že proteče bez užitku, ale je především nebezpečná pro erozi půd v povodí.

Přínos naší nové metodiky spočívá ve vytvoření nového modelu objasňujícího vliv jednotlivých kultur v zemědělsko-lesní krajině, určeného pro praxi. Opírá se o zcela nové vztahy vstupních parametrů, odvozené z výsledků výzkumu. Získaný pohled na úlohu kultur v krajině je komplexní a určuje jejich váhu ve vodní komponentě krajiny. Z hlediska hospodaření v zemědělsko-lesní krajině určuje limity rozlohy jednotlivých kultur, tvořících stabilní krajinu.

Obdobné metodiky v zahraničí neexistují, tamní praxe se opírá o složité matematicko-fyzikální modely, přístupné pouze vědeckým pracovištím. Tyto modely vyžadují vstupní parametry, praxí těžko získatelné. Výsledky těchto modelů jsou samozřejmě přibližné, neúměrné vloženým prostředkům.

## **POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY**

Nové směrnice určují jasně úlohu kultur v krajině a jsou přínosem k poznání jejich mimoprodukčních hydrologických funkcí. Jednoznačně určují základní význam lesů pro stabilitu krajiny. Uplatní se především v praxi hrazení bystřin, úprav potoků a lesotechnické meliorace, péči o kvalitní vodu a způsobů zachování vodních množství v době sucha. Nezanedbatelný je i přínos metodiky v praxi péče o životní prostředí, protierozní ochrany půd, kdy jsou naznačeny parametry ideální krajiny z hlediska ochrany přírody.

Model je vhodný pro stanovení změn kultur do plochy povodí 4 km<sup>2</sup>. Pro větší povodí je nutno vzít v úvahu retenci velkých vod postupem v korytě vodních toků. Orientačně jde o snížení kulminací velkých vod o 10–20 %.

## **EKONOMICKÉ ASPEKTY**

Hodnotu změn kultur v krajině lze ocenit podle Metodiky hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa (ŠIŠÁK et al. 2010). Sociálně-ekonomická cena záměny lesa za TTP je potom ztráta 29 120 Kč/ha v průměru celkem. Záměnu lesa za ornou půdu je možné ocenit škodou průměrně 38 220 Kč/ha. Konečně záměnu TTP za ornou půdu lze ocenit škodou 31 850 Kč/ha v průměru.

V opačných případech, tj. záměna TTP za les, orné půdy za les a orné půdy za TTP má stejnou hodnotu, jen nejde o škodu, ale o přínos.

Vlastním přínosem metodiky je úspora ca 100 hod. při hodnocení změn kultur projektem oproti použití komplikovaných modelů. Při běžné výrobnosti 500 Kč/hod je přínos metodiky 50 000 Kč na jeden projekt.

## **DEDIKACE**

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe projektu NAZV QI112A174 „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

## Seznam použité a související literatury

- CABLÍK J., JŮVA K. 1963. Protierozní ochrana půdy. Praha, SZN: 324 s.
- ČERKAŠIN A. 1964. Hydrologická příručka. Praha, HMÚ: 224 s.
- DUB O., NĚMEC J. 1969. Hydrologie. Praha, SNTL: 380 s.
- DUMBROVSKÝ M. 2000. Podklady pro revizi ochranných pásem povodí nádrže Vír. Praha, VÚMOP: 72 s.
- HORSKÝ L. 1970. Hydrologické poměry ČSR. III. díl. Praha, HMÚ: 302 s.
- HRÁDEK F. 1989. Řešení maximálního povrchového odtoku na modelovém povodí. Praha, VŠZ: 95 s.
- CHOW W.T. 1964. Handbook of applied hydrology. New York, Mac Graw-Hill: 584 s.
- KNĚŽEK M. et al. 1982. Odtok podzemní vody na území Československa. Praha, ČHMÚ: 52 s.
- KNĚŽEK M. 1988. Podzemní složka odtoku. Práce a studie, sešit 171. Praha, VÚV – SZN: 64 s.
- KOVÁŘ P., KULHAVÝ Z. 2000. Využití modelů hydrologických bilancí pro malá povodí. Praha, VÚMOP: 123 s.
- KRAIJENHOFF VAN DE LEUER D.A., SCHULZE F.E., O'DONNELL F. 1966. Recent trends in hydrograph synthesis. Proc. of Technical Meeting 21. The Hague, Comm. For Hydrological Research T.N.O., No 13: 103 s.
- NĚMEC J. 1964. Inženýrská hydrologie. Praha, Státní nakladatelství technické literatury: 235 s.
- PAVLÍK F. 2014. Kvantifikace přirozené vodní retenční schopnosti krajiny ve vybraných povodích. Disertační práce. Brno, VUT: 140 s.
- POLÁK M. 1995. Porovnání hydrologické účinnosti povodí různého hospodářského využití pomocí modelu chronologické hydrologické bilance. Práce a studie, sešit 188. Praha, VÚV: 80 s.
- SKATULA L. 1960. Hrazení bystřin a strží. Praha, SZN: 422 s.
- ŠIŠÁK L. et al. 2010. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. Certifikovaná metodika. ČZU v Praze: 38 s.

- ŠVIHLA V. 2001. Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. Lesnická práce, 80 (2): 66-69.
- ŠVIHLA V. et al. 2007. Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí. I., II. Zprávy lesnického výzkumu, 52 (4): 374-389.
- VÁLEK Z. 1962. Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kychové a Zděchovky. Práce a studie VÚVH v Praze-Podbabě, sešit 106: 116 s.

### **Související právní normy a ČSN**

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody v platném znění

Zákon č. 289/1996 Sb., o lesích v platném znění

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění

ČSN 83 0901 Ochrana povrchových vod před znečištěním, Praha 1986

ČSN 75 2106 Hrazení bystrín a strží, ČTN 2014

ON 48 2506 Hrazení bystrín a strží, Komentář, Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1977

## **Seznam publikací předcházejících metodice a výstupů znalostí**

- ČERNOHOUS V., ŠACH F., KULHAVÝ Z., ČMELÍK M., PELÍŠEK I., TLAPÁKOVÁ L., KANTOR P., ŠVIHLA V. 2011. 2012. 2013. 2014. Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině. Redakčně upravené zprávy za projekt NAZV QI112A174. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice: 84 s. 98 s. 92 s. 83 s.
- ČERNOHOUS V., KOVÁŘ P. 2009. Forest watershed runoff changes determined using the unit hydrograph method. *Journal of Forest Science*, 55 (2): 89-95.
- ČERNOHOUS V., ŠACH F., KACÁLEK D. 2010. Effects of drainage treatment and stand growth on changes in runoff components from a forested watershed. *Journal of Forest Science*, 56 (7): 307-313.
- ČERNOHOUS V., DUŠEK D., ŠACH F. 2011. Změny hladiny podzemní vody pod vlivem hydromelioračního zásahu a odrůstání obnovených lesních porostů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (1): 1-8.

- ČERNOHOUS V., ŠVIHLA V. 2013. Kvalita odtékajících vod z lesního a zemědělského povodí na základě porovnání vyplavování dusíku. In: Pěstování lesů ve střední Evropě. 14. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy 2.–3. 7. 2013. Ed. Baláš, M. et al. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 58–68. Proceedings of Central European silviculture – ISBN 978-80-213-2381-0
- ČERNOHOUS V., ŠVIHLA V., ŠACH F., KACÁLEK D. 2014. Influence of drainage system maintenance on storm runoff from a reforested, waterlogged mountain catchment. *Soil & Water Research*, 9 (2): 90-96.
- 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.
- KOVÁŘ P., KULHAVÝ Z. 2000. Využití modelů hydrologických bilancí pro malá povodí. Praha, VÚMOP: 123 s.
- KULHAVÝ Z. 2013. Vliv údržby a rekonstrukcí staveb zemědělského odvodnění na režim odtoku. In: Pozemkové úpravy v širších souvislostech. České Budějovice 2–3. 9. 2013. Jihočeská univerzita – Zemědělská fakulta v Českých Budějovicích.
- KULHAVÝ Z., ČERNOHOUS V. 2013. Rozčlenění složek odtoku numerickými metodami. Autorizovaný software a manuál: <http://www.hydropmeliorace.cz/separace> VÚMOP, v.v.i., VÚLHM, v.v.i.
- KULHAVÝ Z., ČMELÍK M., HURDA J. 2013. Posuzování vhodnosti pozemků pro zalesnění se zřetelem na existenci odvodnění drenáží. Autorizovaný software a manuál. Soubor dokumentů a výpočetních nástrojů. Publikováno na <http://www.drenaz.net> a <http://www.hydropmeliorace.cz/drenaz/>
- KULHAVÝ Z. 2014. Důsledky změn užívání odvodněných zemědělských pozemků. In: Hydrologie malého povodí. 1. díl. Ed. Karel Brych, Miroslav Tesař. [Příspěvky z konference. Praha, 22. – 24. 4. 2014]. Praha, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR; ČHMÚ: 268-273. ISBN 978-80-02-02525-2 (Ústav pro hydrodynamiku AV ČR); 978-80-87577-32-5 (ČHMÚ)
- KULHAVÝ Z. 2014. Rizika zalesňování v minulosti odvodněných zemědělských pozemků. *Vodní hospodářství*, 64 (11): 5-23.
- KULHAVÝ Z., FUČÍK P. 2014. Adaptation Options on Land Drainage Systems for Sustainable Agriculture and Environment: A Czech Perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*: 37 s.
- PAVLÍK F. 2014. Kvantifikace přirozené vodní retenční schopnosti krajiny ve vybraných povodích. Disertační práce. Brno, VUT: 140 s.

- POLÁK M. 1995. Porovnání hydrologické účinnosti povodí různého hospodářského využití pomocí modelu chronologické hydrologické bilance. Práce a studie, sešit 188. Praha, VÚV: 80 s.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2010. Nebezpečí povrchového odtoku a následné eroze ve smrkových porostech na prudkém jižním svahu při různých postupech obnovy lesa. Zprávy lesnického výzkumu, 55, (4): 282-292.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2015: Hydraulický lift buku pro smrk: potenciálně významný ekosystémový proces pro pěstování smrkových porostů v souvislosti s klimatickou změnou oteplování. Zprávy lesnického výzkumu, v tisku
- ŠACH F., ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., KANTOR P. 2014: Management of mountain forests in the hydrology of a landscape, the Czech Republic – Review. Journal of Forest Science, 60 (1): 42-50.
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V. 2010. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. Certifikovaná metodika. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 36 s. – ISBN 978-80-213-2093-2
- ŠVIHLA V. 2001. Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. Lesnická práce, 80 (2): 66-69.
- ŠVIHLA V. et al. 2007. Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí. I., II. Zprávy lesnického výzkumu, 52 (4): 374-389.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2010. Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 55, (3): 201-210.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F., KANTOR P. 2012. 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. 2012. Model hydrologické bilance mladých smrkových porostů na experimentálním povodí ve vegetačním období. Zprávy lesnického výzkumu, 57 (4): 372-377.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F., KANTOR P. 2014. Modelové stanovení vlivu záměny kultur smrku za buk na hydrologickou bilanci experimentálního horského povodí. Zprávy lesnického výzkumu, 59 (2): 133-139.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2014. Velké vody na lesním povodí v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 59 (3): 205-212.

# **METHOD PROCEDURE USING OPTIMIZATION OF WATER REGIME THROUGH ARRANGEMENT OF MIXED CULTURE IN LANDSCAPE**

## *Summary*

Aim of applying the methodology is to suggest and recommend method procedures of water regime optimization in landscape from viewpoint of peak flow, water quality, and low streamflow by way of the best layout and extent of agricultural crops and forest plantations.

Extent of the method application represents benefits consisted in a new model, which is determined for practice, explaining influence of agricultural and forestry land uses. The model is based on new relations among entering parameters, deduced from long-term research results. Obtained view on the role of mixed cultures in a landscape is complex and it determines culture weight in water component of a landscape. From the management viewpoint in agriculture and forest landscape, the model determined share of separate land-use area, which should form a balanced landscape. The new operative instructions clearly determine the role of land-use approaches. They also extend knowledge of non-wood-producing – hydrologic functions. These instructions unambiguously determine basic consequences of forest importance for stability of a landscape.

Value of changing agriculture crop and forest plantation is possible assessed using Methods of evaluation social economic importance of forest functions by ŠIŠÁK et al. (2010). As for social economic price of substituting forest plantations for permanent grassy crops, average loss totals 29,120 CZK per ha. Substitution of forest plantations for arable soils results in average total loss of 38,220 CZK per ha. Substitution of permanent grassy crops for arable soils is possible to appraise by average total loss of 31,850 CZK per ha. Therefore, the reverse land-use changes represent benefits of the same value. The real benefit gained when using the water regime optimization methodology is ca 100 hours of time savings in comparison with evaluation of land-use changes using more complicated models. If common production rate is 500 CZK per hour, benefit of the methods would be 50,000 CZK per one project.

Other contributions represent application in practice of torrent control, in treatments of creek and catchment, in forestry amelioration, in care of water quality and in methods of maintaining water yield during drought. Appreciable benefit of the methods results also in practice of attention to the environment and in soil erosion control, where parameters of the ideal landscape from nature conservation perspective are suggested.



# PŘÍLOHY

## Příloha č. 1

### Model určující vliv kultur v zemědělsko-lesních povodích na tvorbu kulminace velkých vod

Vstupní parametry

HS – úhrn povodňové srážky (mm)

ΣQ – úhrn celkového odtoku z povodí (mm)

C(o) – objemový součinitel odtoku

VQ(c) – celkový kulminační průtok velké vody (m<sup>3</sup>/s)

J – ø sklon terénu

f(i) – relativní zastoupení kultur i v povodí

C(i) – objemový součinitel odtoku velké vody z kultury i

i – Les, (TTP) trvalý travní porost, (or) orná půda, (ost) ostatní půda

VQ(i) – kulminace velké vody z kultury i

v(i) – rychlost odtékající vody z kultury i

Výpočet C(i)

$$C(o) = f(\text{Les}) * C(\text{Les}) + f(\text{TTP}) * C(\text{TTP}) + f(\text{or}) * C(\text{or}) + f(\text{ost}) * C(\text{ost})$$

Je-li  $C(o) \neq \sum f(i) * C(i)$ , pak následuje korekce

$$K = \frac{C(o)}{\sum f(i) * C(i)}$$

$$C'(o) = \sum f(i) * K * C(i) = C(o)$$

Výpočet VQ(i)

Les:

$$\frac{VQ(\text{TTP, or, ost})}{VQ(\text{Les})} = \frac{C(\text{TTP, or, ost})}{C(\text{Les})} * \frac{v(\text{TTP, or, ost})}{v(\text{Les})} =$$

$$= \frac{C(\text{TTP}) * f(\text{TTP}) + C(\text{or}) * f(\text{or}) + C(\text{ost}) * f(\text{ost})/f(\text{TTP}) + f(\text{or}) + f(\text{ost})}{C(\text{Les})} * \frac{\frac{\sum[f(i) * v(i)]}{\sum f(i)}}{v(\text{Les})} = A$$

$$VQ(\text{Les}) = VQ(c)/f(\text{Les}) + A[1 - f(\text{Les})]$$

**TTP:**

$$\frac{VQ(\text{Les, or, ost})}{VQ(\text{TTP})} = \frac{C(\text{Les, or, ost})}{C(\text{TTP})} * \frac{v(\text{Les, or, ost})}{v(\text{TTP})} = B$$

$$VQ(\text{TTP}) = (VQ(c)/f(\text{TTP}) + B(1 - f(\text{TTP})))$$

**Orná půda:**

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, ost})}{VQ(\text{or})} = \frac{C(\text{Les, TTP, ost})}{C(\text{or})} * \frac{v(\text{Les, TTP, ost})}{v(\text{or})} = C$$

$$VQ(\text{or}) = (VQ(c)/f(\text{or}) + C(1 - f(\text{or})))$$

**Ostatní plochy:**

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, or})}{VQ(\text{ost})} = \frac{C(\text{Les, TTP, or})}{C(\text{ost})} * \frac{v(\text{Les, TTP, or})}{v(\text{ost})} = D$$

$$VQ(\text{ost}) = (VQ(c)/f(\text{ost}) + D(1 - f(\text{ost})))$$

**Kontrola**

$$C(o) = f(\text{Les}) * VQ(\text{Les}) + f(\text{TTP}) * VQ(\text{TTP}) + f(\text{or}) * VQ(\text{or}) + f(\text{ost}) * VQ(\text{ost})$$

V případě  $C(o) \neq \sum f(i) * VQ(i)$ ,

pak

$$\frac{C(o)}{\sum f(i) * VQ(i)} = E$$

$$C(o) = \sum f(i) * E * VQ(i)$$

## Příloha č. 2

### Příkladový model povodí Jičínky

#### Jičínka 2009

##### Parametry

$$HS = 78,9 \text{ mm}$$

$$\Sigma Q = 55,4 \text{ mm}$$

$$C(o) = 0,702$$

$$VQ(c) = 269,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J = 0,16$$

Kultury: Les = 0,406; TTP = 0,384; orná půda (or) = 0,099; ostatní (ost) = 0,111

Výpočet C(i)

$$C(o) = 0,406 \cdot 0,480 + 0,384 \cdot 0,510 + 0,099 \cdot 0,670 + 0,111 \cdot 0,64 = 0,528$$

$$K = 0,702 / 0,528 = 1,329$$

$$C'(o) = 0,406 \cdot 0,638 + 0,384 \cdot 0,678 + 0,099 \cdot 0,890 + 0,111 \cdot 0,851 = 0,702$$

Výpočet VQ(i)

**Les:**

$$\frac{VQ(TTP, or, ost)}{VQ(Les)} = \frac{C(TTP, or, ost)}{C(Les)} * \frac{v(TTP, or, ost)}{v(Les)}$$

$$C(TTP, or, ost) = 0,384 \cdot 0,678 + 0,099 \cdot 0,890 + 0,111 \cdot 0,851 / 0,594 = 0,746$$

$$\frac{VQ(TTP, or, ost)}{VQ(Les)} = \frac{0,746}{0,638} * \frac{10,9}{6,5} = 1,961$$

$$269,5 = 0,406 \cdot VQ(Les) + 1,961 \cdot 0,594 \cdot VQ(Les)$$

$$VQ(Les) = 269,5 / 0,406 + 0,594 \cdot 1,961 = 171,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

**TTP:**

$$\frac{VQ(Les, or, ost)}{VQ(TTP)} = \frac{C(Les, or, ost)}{C(TTP)} * \frac{v(Les, or, ost)}{v(TTP)}$$

$$C(\text{Les,or,ost}) = 0,406*0,638+0,099*0,890+0,111*0,851/0,616 = 0,717$$

$$\frac{VQ(\text{Les, or, ost})}{VQ(\text{TTP})} = \frac{0,717}{0,678} * \frac{8,7}{9,4} = 0,979$$

$$269,5 = 0,384*VQ(\text{TTP})+0,979*0,616*VQ(\text{TTP})$$

$$VQ(\text{TTP}) = 269,5/0,384+0,603 = 273,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Orná půda:**

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, ost})}{VQ(\text{or})} = \frac{C(\text{Les, TTP, ost})}{C(\text{or})} * \frac{v(\text{Les, TTP, ost})}{v(\text{or})}$$

$$C(\text{Les,TTP,ost}) = 0,406*0,638+0,384*0,678+0,111*0,851/0,901 = 0,681$$

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, ost})}{VQ(\text{or})} = \frac{0,681}{0,890} * \frac{9,1}{13,0} = 0,536$$

$$269,5 = 0,099*VQ(\text{or})+0,536*0,901*VQ(\text{or})$$

$$VQ(\text{or}) = 269,5/0,099+0,901*0,536 = 463,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Ostatní plochy:**

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, or})}{VQ(\text{ost})} = \frac{C(\text{Les, TTP, or})}{C(\text{ost})} * \frac{v(\text{Les, TTP, or})}{v(\text{ost})}$$

$$C(\text{Les,TTP,or}) = 0,406*0,638+0,384*0,678+0,099*0,890/0,889 = 0,676$$

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, or})}{VQ(\text{ost})} = \frac{0,676}{0,851} * \frac{8,5}{13,0} = 0,519$$

$$VQ(\text{ost}) = 269,5/0,111+0,519*0,889 = 466,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{ZK: } 0,406*171,6+0,384*273,0+0,099*463,1+0,111*466,6 = 272,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{R: } 0,406*170,0+0,384*270,4+0,099*458,7+0,111*462,1 = 269,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$269,5 = 0,384*273,0+0,099*463,1+0,111*466,6/0,594 (1-0,41X) = 340,0(1-0,41X)$$

$$X = 0,506 \text{ (HORSKÝ 1970)}$$

$$\frac{VQ(\text{bez})}{VQ(\text{Les})} = \frac{340,0}{171,5} = 1,98$$

## Jičínka 2009 – změna kultur rozoráním části TTP (0,32)

Parametry

Les – 0,406; TTP – 0,064; or – 0,419; ost – 0,111

$C'(o) = 0,406 \cdot 0,638 + 0,064 \cdot 0,678 + 0,419 \cdot 0,890 + 0,111 \cdot 0,851 = 0,770$

$$\frac{VQ(c)}{VQ'(c)} = \frac{C(o)}{C'(o)} * \frac{v(o)}{v'(o)} = \frac{0,702}{0,770} * \frac{9,0}{10,1} = 0,812$$

$VQ'(c) = VQ(c)/0,812 = 269,5/0,812 = 331,9$

Výpočet VQ(i)

**Les:**

$$\frac{VQ(TTP, or, ost)}{VQ(Les)} = \frac{C(TTP, or, ost)}{C(Les)} * \frac{v(TTP, or, ost)}{v(Les)}$$

$C(TTP, or, ost) = 0,064 \cdot 0,678 + 0,419 \cdot 0,890 + 0,111 \cdot 0,851/0,594 = 0,860$

$$\frac{VQ(TTP, or, ost)}{VQ(Les)} = \frac{0,860}{0,638} * \frac{12,6}{6,5} = 2,613$$

$331,9 = 0,406 \cdot VQ(Les) + 0,594 \cdot 2,613 \cdot VQ(Les)$

$VQ(Les) = 331,9/0,406 + 1,553 = 169,5 \text{ m}^3/\text{s}$

**TTP:**

$$\frac{VQ(Les, or, ost)}{VQ(TTP)} = \frac{C(Les, or, ost)}{C(TTP)} * \frac{v(Les, or, ost)}{v(TTP)}$$

$C(Les, or, ost) = 0,406 \cdot 0,638 + 0,419 \cdot 0,890 + 0,111 \cdot 0,851/0,936 = 0,776$

$$\frac{VQ(Les, or, ost)}{VQ(TTP)} = \frac{0,776}{0,678} * \frac{9,5}{9,4} = 1,157$$

$331,9 = 0,064 \cdot VQ(TTP) + 0,936 \cdot 1,157 \cdot VQ(TTP)$

$VQ(TTP) = 331,9/0,064 + 1,083 = 289,4 \text{ m}^3/\text{s}$

**Orná půda:**

$$\frac{VQ(Les, TTP, ost)}{VQ(or)} = \frac{C(Les, TTP, ost)}{C(or)} * \frac{v(Les, TTP, ost)}{v(or)}$$

$C(Les, TTP, ost) = 0,406 \cdot 0,638 + 0,064 \cdot 0,678 + 0,111 \cdot 0,851/0,581 = 0,683$

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, ost})}{VQ(\text{or})} = \frac{0,683}{0,890} * \frac{8,1}{13,0} = 0,478$$

$$331,9 = 0,419 * VQ(\text{or}) + 0,581 * 0,478 * VQ(\text{or})$$

$$VQ(\text{or}) = 331,9 / 0,419 + 0,278 = 476,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Ostatní plochy:**

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, or})}{VQ(\text{ost})} = \frac{C(\text{Les, TTP, or})}{C(\text{ost})} * \frac{v(\text{Les, TTP, or})}{v(\text{ost})}$$

$$C(\text{Les, TTP, or}) = 0,406 * 0,638 + 0,064 * 0,678 + 0,419 * 0,890 / 0,889 = 0,760$$

$$\frac{VQ(\text{Les, TTP, or})}{VQ(\text{ost})} = \frac{0,760}{0,851} * \frac{9,8}{13,0} = 0,673$$

$$331,9 = 0,111 * VQ(\text{ost}) + 0,889 * 0,673 * VQ(\text{ost})$$

$$VQ(\text{ost}) = 331,9 / 0,111 + 0,597 = 468,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{ZK: } 0,406 * 169,5 + 0,064 * 289,4 + 0,419 * 476,4 + 0,111 * 468,8 = 339,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{R: } 0,406 * 165,9 + 0,064 * 283,3 + 0,419 * 466,4 + 0,111 * 459,0 = 331,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$331,9 = 0,064 * 283,3 + 0,419 * 466,4 + 0,111 * 459,0 / 0,594(1 - 0,41X) = 445,3(1 - 0,41X)$$

$$X = 0,621 \text{ (HORSKÝ 1970)}$$

$$\frac{VQ(\text{bez})}{VQ(\text{Les})} = \frac{445,3}{165,9} = 2,68$$

## Závěr

Parametry Jičínky	Zastoupení kultur				Kulminace velkých vod m <sup>3</sup> /s				Velká voda celkem m <sup>3</sup> /s
	Les	TTP	orná půda	ost.	Les	TTP	orná půda	ost.	
Skutečné	0,406	0,384	0,099	0,111	171,6	273,0	463,1	466,6	269,5
Po změně kultur	0,406	0,064	0,419	0,111	169,5	289,4	476,4	468,8	331,9

Kvalita vody v Jičínce

Území: vrchovina a pahorkatina

Relativní zastoupení kultur: Les = 0,406; TTP = 0,384; orná půda (or) = 0,099; ostatní plochy (ost) = 0,111

$$K(\text{NO}_3) = 0,406(3,55+12,90)*1/2 + 0,384(32,0+28,2)*1/2 + 0,099(100,0+80,0)*1/2 + 0,111(46,2+38,2)*1/2 = 28,5 \text{ mg NO}_3/\text{l}$$

Rozoráním plochy TTP o 32 % plochy povodí bude: Les = 0,406; TTP = 0,064; orná půda (or) = 0,419; ostatní plochy (ost) = 0,111

$$K'(\text{NO}_3) = 0,406*8,22+0,064*30,10+0,419*90,0+0,111*42,2 = 47,7 \text{ mg NO}_3/\text{l}$$

Rozoráním 83 % TTP stoupne koncentrace NO<sub>3</sub> v povrchových vodách o 19,2 mg NO<sub>3</sub>/l, tj. o 67,4 %.

Vydatnost pramenů v povodí Jičínka

Dle HMÚ:  $q(355) = 0,636 \text{ l/s/km}^2$

Dle metodiky:

$$q(355) = 0,406 \left( \frac{1,15}{0,96} + \frac{0,75}{0,63} \right) * \frac{1}{2} * 0,636 + 0,099 \left( \frac{0,92}{0,96} + \frac{0,60}{0,63} \right) * \frac{1}{2} * 0,636 +$$

$$0,384 \left( \frac{0,73}{0,96} + \frac{0,48}{0,63} \right) * \frac{1}{2} * 0,636 + 0,111 \left( \frac{0,64}{0,96} + \frac{0,42}{0,63} \right) * \frac{1}{2} * 0,636$$

$$= 0,406 * 0,76 + 0,099 * 0,61 + 0,384 * 0,48 + 0,111 * 0,42$$

$$= 0,600 \text{ l/s/km}^2$$

$$Q(355) = 0,60 \cdot 94,29 = 56,6 \text{ l/s}$$

Dle HMÚ:

$$Q(355) = 60 \text{ l/s}$$

Po rozorání TTP na 32 % plochy povodí bude:

$$q'(355) = 0,406 \cdot 0,76 + 0,419 \cdot 0,61 + 0,064 \cdot 0,48 + 0,111 \cdot 0,42 = 0,641 \text{ l/s/km}^2$$

$$Q'(355) = 0,641 \cdot 94,29 = 60,4 \text{ l/s}$$

Po rozorání TTP stoupne odtok pramenních vod o 3,8 l/s, tj. o 6,7 %.



# LESNICKÝ PRŮVODCE



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
[www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz)