



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Praktická cvičení ze Základů hydrologie

RNDr. Nováková Jana, Ph.D.

1. Práce s HEIS, Hydroekologický informační systém [HEIS VÚV \(vuv.cz\)](http://HEIS.VUVV.cz)

- a. **Hydrologické pořadí toků** – řazení toku postupně od pramene po proud, od toku nižšího řádu k toku vyššího řádu, číselný kód ve tvaru 0-00-00-0000-0-00 (např. číslo 2 je Odra, 1 - Labe, 3 - Visla, 4 - Dunaj).

Lze určit i řádovost toku z tohoto číselného kódu.

✓ **Příklad dílčích povodí Horní Odry**, na území ČR 7 217km²

Vyhláška č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí [393/2010 Sb. Vyhláška o oblastech povodí \(zakonyprolidi.cz\)](http://zakonyprolidi.cz)

Povodí 3. řádu podle čísla hydrologického pořadí:

- 2-01-01 Odra po Opavu
- 2-02-01 Opava po Moravici – část*)
- 2-02-02 Moravice
- 2-02-03 Opava od Moravice po ústí
- 2-02-04 Odra od Opavy po Ostravici
- 2-03-01 Ostravice
- 2-03-02 Odra od Ostravice po Olši
- 2-03-03 Olše – část*)
- 2-04-01 Levostranné přítoky Odry od Olše po Osoblahu – část*)
- 2-04-02 Osoblaha – část*)
- 2-04-04 Pravostranné přítoky Kladské Nisy v Jeseníku – část

**) povodí přesahující státní hranici České republiky*

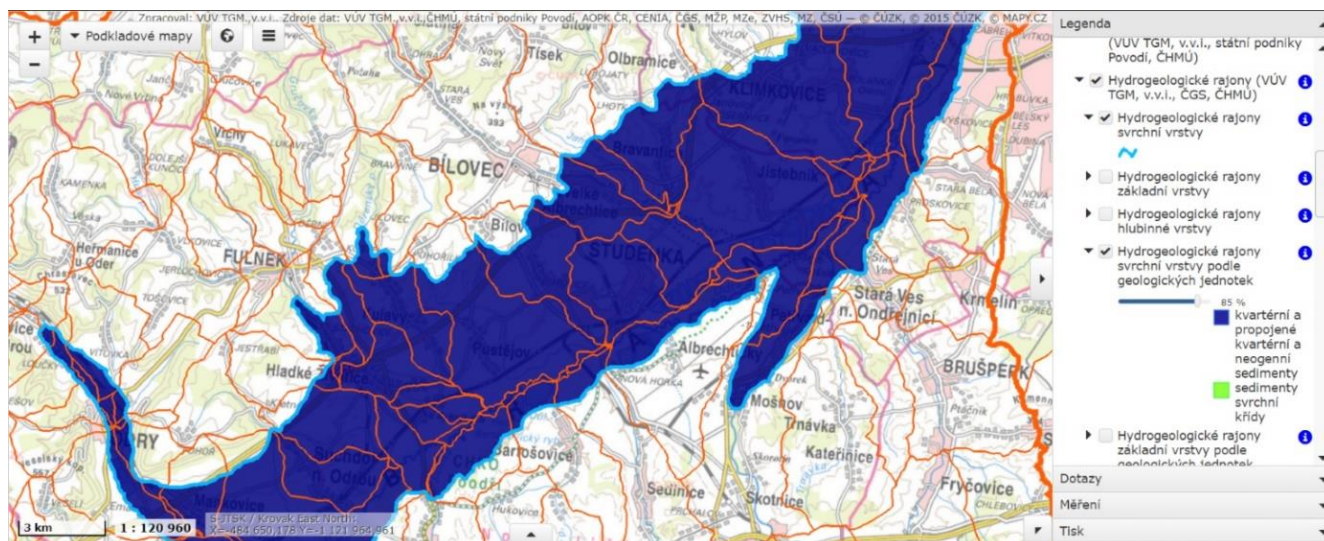
Územní působnost správce povodí: Povodí Odry, státní podnik

- b. **Délky jednotlivých toků podle staničení** (říční kilometráž – [ř.km](#)) 0.ř.km je v uzavěrovém profilu dílčí plošky povodí, nebo v ústí.

Celková délka toku se načte u pramene.

- c. **Hydrogeologická rajonizace, stanovení hydrogeologické rozvodnice**

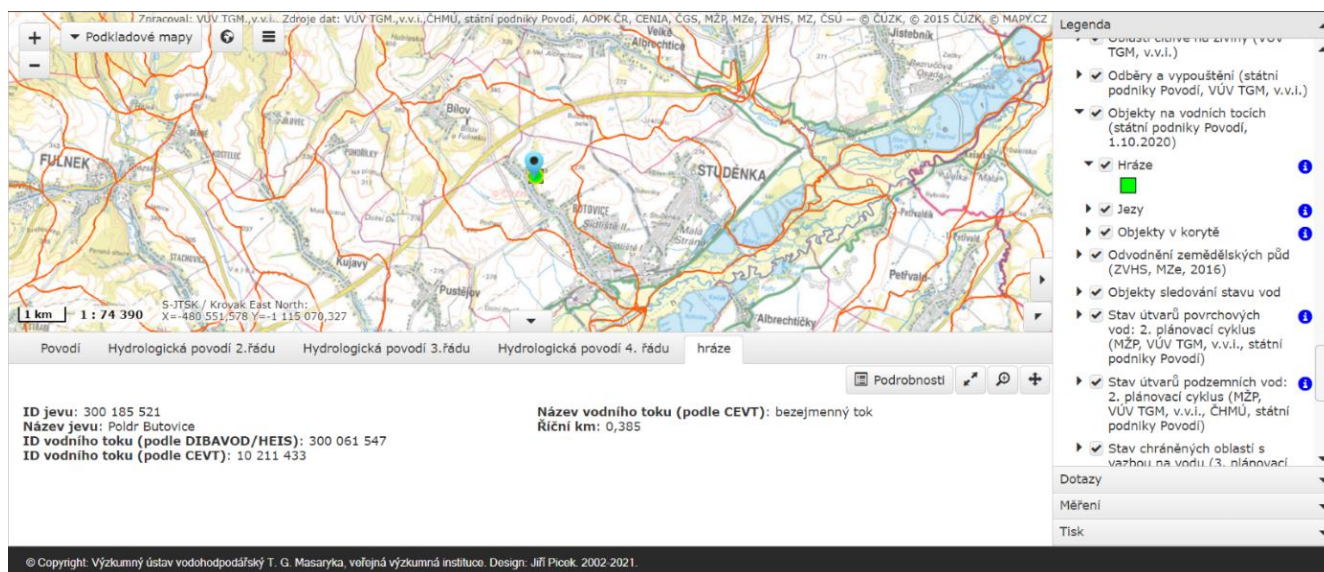
✓ **Příklad hydrogeologické rajonizace dílčí plošky povodí Mlýnsky,
ČHP 2-01-01-1592-0-20**



Obrázek 1 Vizualizace hydrogeologické rajonizace (HEIS, VÚV © 2002-2021)

Hydrogeologický rajon svrchní vrstvy se řadí do hydrogeologického rajonu Kvartér Odry (ID 1510) o rozloze 262,877 km². Základní geologická jednotka je zastoupena kvartérními a propojenými kvartérními a neogenními sedimenty. Svrchní kolektor je tvořen štěrkoískem s fluvialním typem kvartérního sedimentu. Mocnost souvislého zvodnění se pohybuje v rozmezí 5 až 15 m (lokálně desítky metrů). Kolektor má volnou hladinu s průlinovou propustností (HEIS, VÚV, © 2002-2021).

✓ **Příklad výčtu vodohospodářských objektů dílčí plošky povodí Mlýnsky,
ČHP 2-01-01-1592-0-20**



Obrázek 2 Vizualizace vodohospodářských objektů (HEIS, VÚV © 2002-2021)

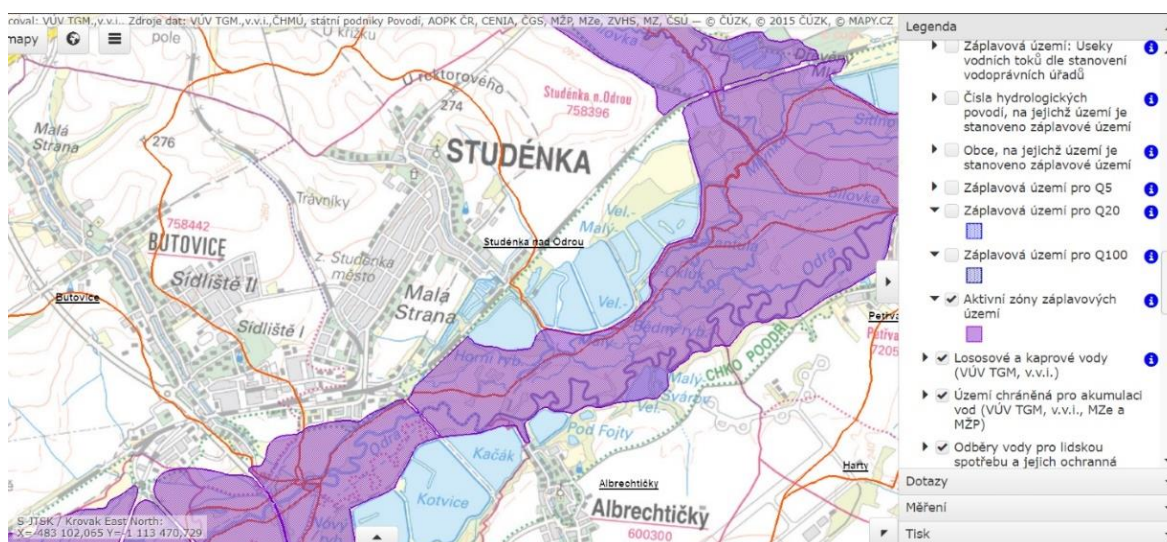
Vodohospodářský objekt – hráze, resp. Poldr Butovice, je mimo zájmovou dílčí plošku povodí Mlýnky. Nachází se na bezejmenném toku (HEIS, VÚV © 2002-2021).

✓ **Příklad vizualizace záplavových území v dílčí plošce povodí Mlýnky,
ČHP 2-01-01-1592-0-20**

Záplavová území, výběr pro srovnání např. Q20, Q100, a aktivní zóny záplavových území. Srovnat záplavové území s aktivní zónou záplavového území, vizualizace pouze u dílčí plošky Mlýnky, a otázka, zda bude Mlýnka zaplavena.

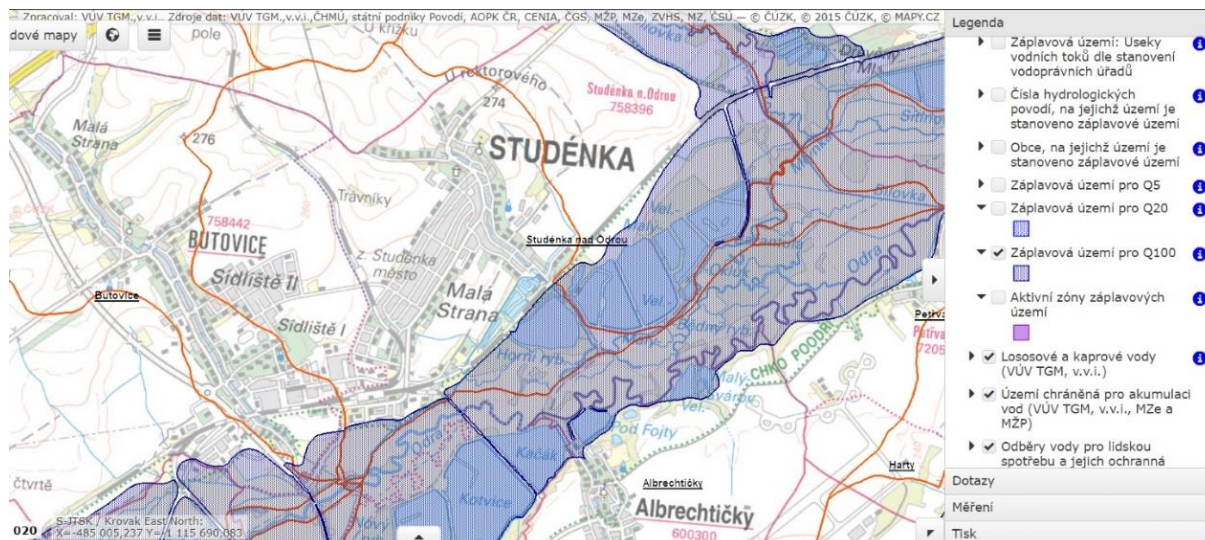
Z vodního zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění, §66 a §67 vyplývá, že: „Záplavová území jsou administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. V zastavěných územích, v zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace, případně podle potřeby v dalších územích, vymezí vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků. V aktivní zóně záplavových území se nesmí umísťovat, povolovat ani provádět stavby s výjimkou vodních děl, jimiž se upravuje vodní tok, převádějí povodňové průtoky, provádějí opatření na ochranu před povodněmi nebo která jinak souvisejí s vodním tokem“ (Zákony pro lidi, © 2010-2021).

Stanovení záplavových a aktivních území dle Ministerstva životního prostředí: „Záplavová území se stanovují hydraulickým výpočtem nejvyšších hladin vody pro průtoky s různou dobou opakování. Aktivní zóna záplavového území se stanovuje podle nebezpečnosti povodňového průtoku na základě zpracování map povodňového ohrožení. Povodňovým ohrožením se přitom rozumí vyhodnocení intenzity povodně na základě hydraulického výpočtu definované hloubkou a rychlostí proudění vody při povodních s různou dobou opakování“ (Ministerstvo životního prostředí, © 2008–2020).



Obrázek 3 Vizualizace aktivní zóny záplavových území (HEIS, VÚV © 2002-2021)

✓ **Příklad vizualizace záplavových území v dílčí plošce povodí Mlýnky, Q₁₀₀**
ČHP 2-01-01-1592-0-20



Obrázek 4 Vizualizace záplavového území Q₁₀₀ (HEIS, VÚV, © 2002-2021)

2. Práce se ZVM, Základní vodohospodářská mapa, HEIS VUV, VÚV

T.G.Masaryka – Oddělení GIS – O projektu Základní vodohospodářská mapa 1:50 000
dibavod.cz

a. Pojem Základní vodohospodářská mapa 1: 50 000, její obsah:

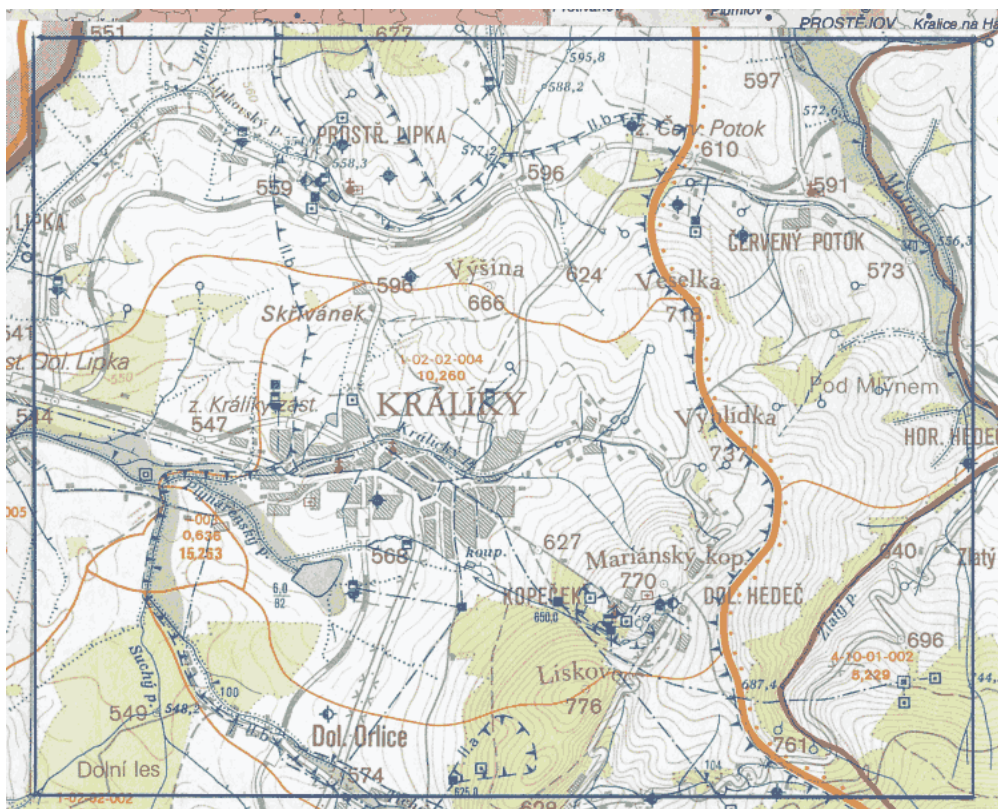
Základní vodohospodářská mapa 1: 50 000 (ZVM 50) je státním mapovým dílem pro oblast vodního hospodářství. Je vhodný jako podklad pro oblastní vodohospodářské studie, pasportizaci vodních toků, projektování vodohospodářských děl a ekologické studie. Její vydání zajišťuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem.

Obsah: obecně topografický (převzatý ze Základní mapy ČR 1: 50 000, výškopis, polohopis), tematický (odvozen metodami kartografické generalizace z databáze DIBAVOD), dostupné na VÚV T.G. Masaryka – Oddělení GIS – O projektu DIBAVOD.

b. Seznam mapových značek Objekty ZVM50.xls (dibavod.cz)

Základní vodohospodářská mapa (ZVM 50), Obrázek 5, existuje jak v knižní (doprovází ji mapové listy v měřítku 1: 50 000 označené číslly dle znázorněného území – povodí, např. povodí řeky Košice = mapový list číslo 25–21, Nový Jičín), tak v digitální verzi (ta obsahuje asi 60 tematických vrstev). ZVM 50 obsahuje síť vodních toků s vodohospodářskými objekty, umělé toky, hydrologické členění povodí toků, zátopová území, vodní nádrže a rybníky s číselnými charakteristikami, objekty a zařízení pro vodárenské odběry povrchových a podzemních vod, pásma ochrany vodních zdrojů, hlavní vodovodní řády povodí vodárenských toků, objekty staničních sítí Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), evidované

prameny, vybrané minerální prameny s ochrannými pásmy, hlavní kanalizační sběrače, čistírny odpadních vod, skládky závadných odpadů.



Obrázek 5 Základní vodohospodářská mapa 1:50 000 – výřez z tištěné mapy

✓ Příklad mapových značek ZVM 50, ukázka některých značek

Hydrologické členění



rozvodnice hlavních povodí

čára, označující geografickou hranici mezi povodími, myšlená čára na povrchu terénu, od které se rozděluje odtok povrchové vody do dvou sousedních povodí. *Orografická rozvodnice se nazývá rozvodní hřeben. Není shodná s hydrogeologickou rozvodnicí.*



rozvodnice dílčích povodí



rozvodnice drobných povodí

rozvodnice vodoměrných stanic a převodů vody

6,724

plocha povodí (km²)

plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny, vyjadřuje se v km². *Povodí je plocha, ze které veškerá povrchová i podpovrchová voda odtéká gravitačně k závěrovému profilu. Průlinová voda v pórech má delší dobu zdržení v průlinách, např. u jílovitých sedimentů.*

35,598

celková plocha s předchozími povodími (km²)

-----123-----

hranice a popis hydrogeologického rajónu

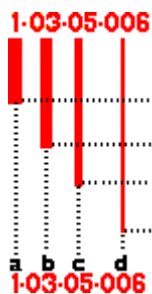
vymezuje hydrogeologicky jednotné území

↑-----↑

hranice infiltračního území

35,598

celková plocha s předchozími povodími (km²)



hydrologické pořadí určuje:

- příslušnost do povodí hlavního toku I. řádu
- příslušnost do dílčího povodí hlavního toku
- hydrologické pořadí dalšího dělení dílčích povodí
- hydrologické pořadí detailních plošek povodí v rámci dílčích ploch povodí

a) hlavní povodí Labe

b) Labe od Orlice po Doubravu

c) Doubrava

d) Ranský p.

Hydrologické číslování toků a jejich dílčích plošek povodí, postupně od pramene ve směru toku, od toku nižšího řádu k vyššímu. Lze to nazvat pasportizací toků a jejich povodí, začíná od pramene toků I. řádu.

1162905

identifikátor úseku toku

Objekty PZV (podzemní vody)



využívané prameny



prameny pozorované ve státní síti



pozorované objekty státní sítě podzemních vod

– hluboké vrty podzemní vody

Režim podzemních vod mimo poříční zóny a terasové stupně.



zdroje přírodních léčivých vod

Objekty užívání vody



čerpací stanice



čistírny odpadních vod



vodní elektrárny

Objekty na toku



místa odběru povrchové vody



jezy pevné (skluzy, stupně), příp. název, délka koruny a rozdíl hladin (m)

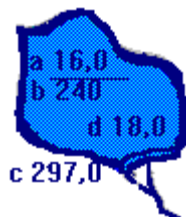


přístavy



ochranné hráze toků (25 m a více od toků)

Vodní plochy:



vodní nádrže (u rozestavěných obrys čárkovaný)

a) zatopená plocha při hladině celkového ovladatelného objemu [ha]

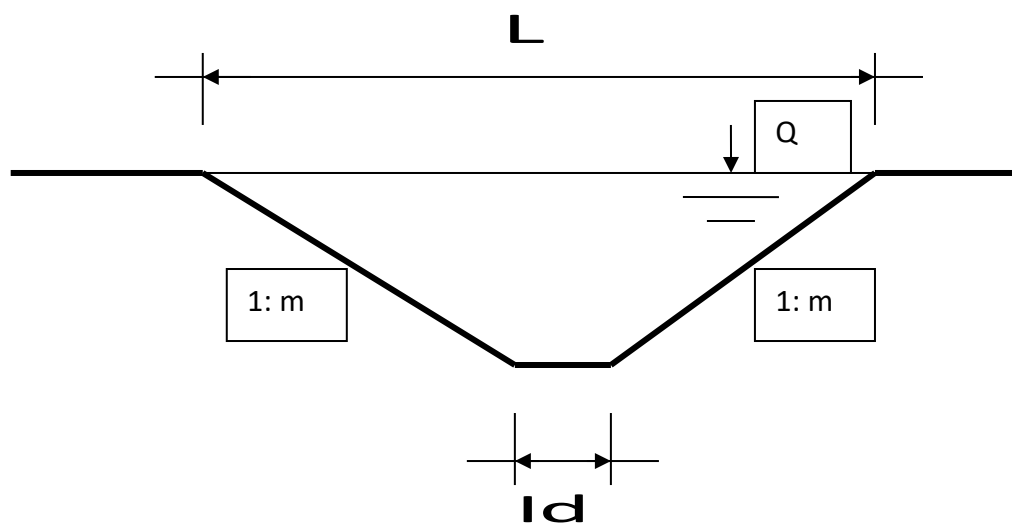
b) celkový ovladatelný objem [tis. m³]

c) hloubka vody u hráze [m]

d) kóta hladiny celkového ovladatelného objemu

3. Chézyho rovnice – hydrotechnický výpočet střední průřezové rychlosti vodního toku

Ve většině případů se posuzuje (navrhuje) v příčném řezu korytem jednoduchý lichoběžník, případně obdélník či čtverec. Platí to pro technická koryta, s návrhovým průtokem. Je to jednoduchý geometrický tvar jak pro výpočet průtočné plochy, tak i stavebně vhodný tvar. V praxi se využívá při projektování říčních koryt, kde se předpokládá ustálené proudění vodního toku, výpočty upravené podle Šlezingera (2005) a Jandory et al. (2011).



L	šířka v hladině při Q (aktuální)	ld	šířka dna
Q _N	návrhový průtok	m	sklon svahu – břehu (např. 1: 2)
I	podélný sklon dna		
n	drsnost dna a břehů		

Při vlastním výpočtu se vychází z Chézyho rovnice (1.1) a z rovnice spojitosti proudu (1.2)

Výpočet střední průřezové rychlosti

$$v = c\sqrt{RI} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (1.1)$$

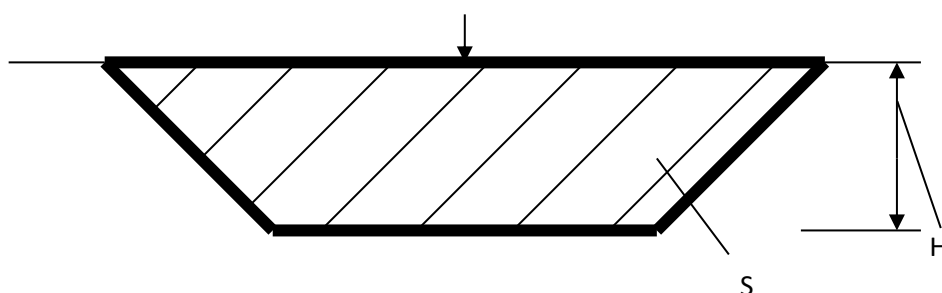
v	rychlost proudění (střední profilová, průtočná)
c	Chézyho součinitel
R	hydraulický poloměr
I	podélný sklon dna

Výpočet hydraulického poloměru (rádius)

Hydraulický rádius, resp. poloměr R [m] - velikost odporu vznikajícího třením o nerovné dno a břehy. Čím je dno méně drsné (tvořeno více jemnozrnným materiálem), tím pádem lépe vyjadřuje podmínky pro rychlost proudění toku.

$$R = \frac{S}{O} \quad [\text{m}] \quad (1.3)$$

Stanovení průtočné plochy S - její velikost se mění s pohybem hladiny H



H	hloubka vody v profilu
S	průtočná plocha

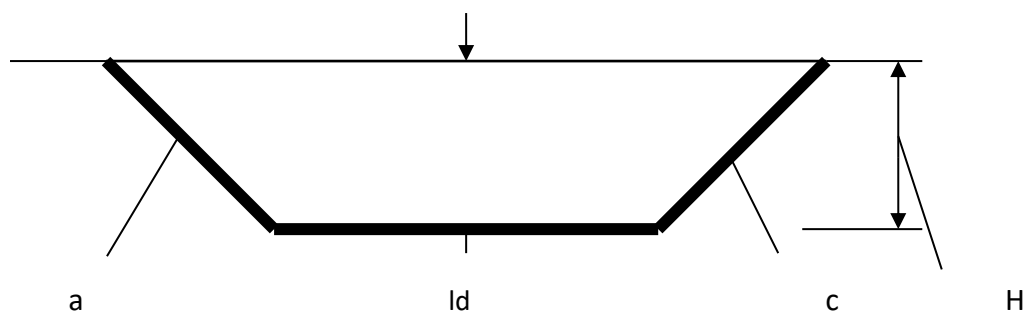
Výpočet průtočného profilu

$$S = (ld + mH)H \quad [\text{m}^2] \quad (1.3 \text{ a})$$

ld	šířka dna
----	-----------

m sklon svahu

H hloubka v korytě



H hloubka vody v profilu

Výpočet omočeného obvodu (perimetru)

Celkový obvod se vymezí vodní hladinou, která omývá břehy (bermu) a dno (kynetu). Plocha omočeného obvodu $O = a + b + c$. *Do délky omočeného obvodu nepočítáme hladinu.*

$$O = ld + 2H\sqrt{1 + m^2} \quad [\text{m}] \quad (1.3 \text{ b})$$

Ve zvláštních případech, je-li říční koryto velmi široké, můžeme při předběžných výpočtech uvažovat, že šířka hladiny = omočenému obvodu, tedy $B = O$. Pak $R = S / B$.

Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

Výpočet Chézyho součinitele je možno provést dle celé řady autorů (Maning, Pavlovský).

Výpočet Chézyho součinitele c dle Maninga

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (1.4)$$

R hydraulický poloměr

n drsnost dna a břehů

Tabulka 1 Koeficienty drsnosti říčních koryt podle Maninga

Typ koryta	Doporučené hodnoty drsnosti		
	minimální	optimální	maximální
UMĚLÁ / UPRAVENÁ			
štěrkové dno, stěny z hrubého betonu	0.017	0.020	0.025
kamenná dlažba na sucho	0.023	0.032	0.035
kamenité dno, stěny z hrubého betonu, lomového kamene nebo pohozu	0.025	0.035	0.045
VYHLOUBENÁ / HLINITÁ			
přímé pravidelné štěrkové koryto	0.022	0.025	0.030
přímé koryto zarostlé krátkou trávou a plevelem	0.022	0.027	0.033
koryto bez vegetace	0.025	0.028	0.033
koryto s řídkými keři na březích	0.035	0.050	0.060
neudržované čisté koryto s plevelnou trávou, případně s řídkými křovinami	0.040	0.050	0.080
neudržované koryto s plevelnou trávou, případně s řídkými křovinami	0.050	0.080	0.120
PŘIROZENÁ MALÁ			
malý čistý zaplněný tok bez peřejí a tůň	0.025	0.030	0.033
malý čistý zaplněný tok bez peřejí a tůň s kameny a plevelem	0.030	0.035	0.040
malý čistý tok s drobnými peřejemi a tůňemi	0.033	0.040	0.040
malý zaplevelený tok s peřejemi a tůňemi	0.035	0.045	0.050
malý čistý tok s výraznými peřejemi nebo tůňemi	0.040	0.048	0.055
malý tok s velkým množstvím kamenů a tůňemi	0.045	0.050	0.060
malý tok s plevelem a tůňemi	0.050	0.070	0.080
malý velmi zaplevelený tok s tůňemi	0.075	0.100	0.150
horský balvanitý tok, na březích stromy a keře zaplavené za povodní	0.040	0.050	0.070
PŘIROZENÁ VELKÁ			
velký pravidelný tok bez balvanů a keřů	0.025	0.040	0.060
velký pravidelný tok s balvanů nebo keři	0.030	0.055	0.085
velký nepravidelný tok s balvanů nebo keři	0.035	0.070	0.100
velký tok s řídkými keři a ojedinělými stromy	0.040	0.060	0.080
velký tok s hustými stromy bez větví v proudu	0.080	0.100	0.120

Doporučuje se počítat s optimálními hodnotami drsnosti koryta

Výpočet průtoku

$$Q = v \cdot S \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1.2)$$

- Q průtok
- v rychlost proudění (střední profilová)
- S průtočná plocha

✓ **Příklad výpočtu Chézyho rychlostního součinitele v povodí Pustějovského potoka, ČHP 2-01-01-1110-0-00**

Srovnáním úseku hladkého koryta (vodohospodářsky upraveného) a koryta drsného (přírozeného) u Pustějovského potoka, se projevuje vliv drsnosti koryta i v Chézyho rychlostním součiniteli.

✚ Hladké koryto: lichoběžníkový tvar, sklony svahů 1:1,5. Profil je opevněn dlažbou, Obrázek 6.

Kamenná dlažba – nejtrvanlivější a nejbezpečnější opevnění na vodním toku. Nevýhodou je velká cena a vysoké požadavky na kvalitní ruční práci. Dlažba by měla na svahu vytvářet dobrou vazbu bez průběžných spár. Podklad dlažby (ať už umělý nebo přírodní) je nutno urovnat a vytvořit jeho odvodnění. Jednotlivé kameny jsou kladeny do různých podkladů (beton, cementová malta, štěrkopískové lože) (Raplík et al., 1987).



Obrázek 6 Hladké koryto vodního toku, kamenná dlažba

Chézyho rychlostní součinitel, upraveno podle Mattase (2001), $C [m^{0,5}.s^{-1}]$:

$$c = R^{0,167} / n = 0,0720,167 / 0,020 - 0,035 = 32,221 - 18,411 \text{ m}^{0,5}.s^{-1}$$

Kde: R hydraulický poloměr [m], vypočítaný pro kamennou dlažbu nasucho: $n = 0,020 - 0,035$ (Mattas, 2001)

✚ Drsné koryto: miskovitý tvar, sklony svahů 1:1,25. Profil porostlý vegetací, Obrázek 7



Obrázek 7 Drsné koryto Pustějovského potoka, vegetace, přirozené vinutí

Chézyho rychlostní součinitel, upraveno podle Mattase (2001), $C [m^{0,5}.s^{-1}]$:

$$c = R^{0,167} / n = 0,0720,167 / 0,095 - 0,105 = 6,783 - 6,137 m^{0,5}.s^{-1}$$

Kde: R = hydraulický poloměr, z Chézyho rovnice $[m]$ pro koryto toku tvořeného štěrkopísčitém dnem s balvany: $n = 0,095 - 0,105$ (Mattas, 2001).

Pro $n > 0,011$, $0,3 m < R < 5 m$ (pro tak malé toky není uvedena jiná hodnota R , doporučeno ČHMÚ Ostrava).

Samozřejmě je vidět rozdíl v rychlostním součiniteli, který ovlivňuje odtok vody v jednotlivých úsecích toku, jak u regulovaného úseku, tak u přirozeného úseku. Souvisí to s charakterem koryta, v profilu upraveném, který je tvořen kamennou dlažbou v regulovaném úseku, je vidět velmi rychlý odtok vody oproti úseku přirozeného profilu se štěrkovitým dnem, jako představuje přirozený profil. Tady již dochází k výraznému zpomalení rychlosti proudění vody.

4. Výpočty odtoků z plochy povodí

Hydrologický rok začíná 1. listopadem (odlišný od kalendářního roku), protože je nutné zahrnout i první sněhovou pokrývku (zdroj odteklé vody) do vodní bilance hydrologických veličin.

✓ **Příklad výpočtů odtoků, dílčího povodí Pustějovského potoka ČHP 2-01-01-1110-0-00**

Plocha povodí: $P = 18,67 km^2$

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na ploše povodí: $H_s = 671 \text{ mm}$ (zpracováno z dat 1961-2000, ČHMÚ Ostrava).

Pro vybrané území platí, že maximum srážek připadá na letní úhrny asi 40 %, minimum na zimní úhrny – 15 % (zpracováno z dat ČHMÚ). Roční chod srážek ovlivňuje roční chod odtoku, tento vztah není však charakterizován přímou úměrou. Je to dáno působením dalších klimatických činitelů jako je teplota, vlhkost vzduchu, výpar atd., dále geomorfologickými i pedologickými charakteristikami.

Průměrná hodnota ročního klimatického výparu na ploše povodí: $H_v = 469,7 \text{ mm}$ zpracováno z dat 1961-2000, ČHMÚ Ostrava).

Hodnota roční výšky odpařené vody, nám charakterizuje srážko-odtokové poměry území.

Dlouhodobý průměrný roční průtok, resp. průtoková normála: $Q_a = 125 \text{ l.s-1}$ (někdy se používá označení Q_r , může se využít i dlouhodobý měsíční průtok Q_m)

Tato hodnota je spočítaná jako aritmetický průměr ročních hodnot průtoků ve sledovaném hydrologickém období, tj. 1931-2000 (pro výpočet, data poskytl ČHMÚ Ostrava), přepočítané na analogické povodí (s existujícím měřicím profilem), jelikož v území neproběhlo v uvedeném časovém období kontinuální měření, pouze v r. 2003-2006 (hydrometrovala Nováková). Pokud by se počítala průtoková normála z krátké časové řady, výsledek může dát značnou odchylku od skutečné hodnoty, jelikož ideální v hydrologii jsou 50ti a víceleté řady hydrologických měření. *Průtoková normála charakterizuje dlouhodobé poměry odtoku v profilu a taky nám může ukázat extremitu odtoku v hydrologickém roce.*

Samozřejmě prakticky by mělo platit, že u drobných vodních toků, vyznačujících se nevyrovnaností průtoků bychom měli pro spolehlivost hodnoty dlouhodobého statistického průměru zajistit měřicí řady o větším počtu let (Nypl, Kuráž, 1992).

Z těchto veličin lze spočítat:

Celkový, dlouhodobý roční odtok: $O = Q_a \cdot 31,5 \cdot 10^6 = 3\,780 \text{ tis. m}^3$

Tento objem vody ukazuje, kolik vody odečte korytem řeky za sledované období, resp. rok. *Vystihuje vodnost vodního toku a je ho možno využít pro porovnání vodností několika vodních toků navzájem, ale analogických povodí.*

Specifický, dlouhodobý roční odtok: $q = \frac{Q_a}{P} = 6,6951 \text{ l.s-1.km}^{-2}$

Tento ukazatel – specifický, dlouhodobý roční odtok, resp. jednotková vydatnost má jen orientační povahu, jelikož zakrývá velmi složité rozložení odtoku na ploše povodí, zvláště u velkých ploch povodí. Může se využít pro porovnání odtoku na jednotlivých dílčích plochách povodí (Kemel, 1996).

Lze využít vzhledem k malé ploše povodí. Specifický odtok pro území CHKO Poodří činí do 5 l.s-1 km-2 (Jarošek, Šindlar, et al., 1999).

Odtoková výška: $H_o = q \cdot 31,5 = 210,892 \text{ mm}$

Tato hodnota představuje výšku vodního sloupce rovnoměrně rozloženou na ploše povodí, která odtekla za zvolené časové období, např. za hydrologický rok.

Odtoková výška znázorňuje tloušťku vrstvy vody (v mm), která by daný objem vytvořila na ploše, která by odpovídala půdorysnému průmětu povodí (Kemel, 1996).

Součinitel odtoku: $\varphi = H_o/H_s = 0,3143$

Vyhodnoceno jako 31,43 % ročního úhrnu srážek, tento podíl ukazuje, jaké procento srážek odteče korytem řeky z celkové množství spadlých srážek na povodí. Tento ukazatel charakterizuje celkové podmínky pro odtok.

Lze vyhodnotit, že toto území má retenční funkci v úseku toku protékající územím CHKO Poodří, v území výskytu mokřadních ploch, resp. funkční fluvialní krajiny. Část toku protéká jako upravené hladké koryto, ovlivňuje hodnotu součinitele odtoku. U přirozeného toku by byla hodnota určitě vyšší.

V ČR průměrná hodnota 33 % (Netopil et al., 1984).

Plošně zaokrouhlená povodí, která jsou vázána na morfostrukturu pánví vytvářejí větší a rychlejší odtoky tím, že rychleji soustřeďují srážkovou vodu k jednomu profilu, díky tomu zde mohou vznikat rozsáhlé povodně. Oproti tomu stejně velká protáhlá a prutovitá povodí vytvářejí tyto odtoky nižší, pomalejší, vyrovnanější, což vede k menšímu výskytu výrazných povodní. Taktéž povodí s větší sklonitostí a délkou svahů způsobuje rychlé odtokové vlastnosti. V pahorkatinách a horských povodích tedy vznikají díky jejich větší sklonitosti nebezpečnější odtoky vody, než v méně sklonitých či rovinatých povodích (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

Autoři měli na mysli vějířovitá povodí, příklad soustavy Berounky (časté povodně v důsledku soutoku několika řek se stejnou délkou v jednom bodě), protáhlá povodí nemají tak výrazné morfologické předpoklady pro povodňovou aktivitu.

5. Průtokový režim

Za hlavní prvky režimu průtoků lze považovat velikost průtoků, velikost jejich změn, časový průběh, četnost jejich výskytu, rozkolísanost. Velikosti průtoků (např. měsíčních průtoků Q_m) se stanovují s ohledem na požadovanou praxi.

Průměrné měsíční průtoky Q_m určují svým rozdělením v průběhu roku režim toku a vodní bilanci.

Hlavně hodnoty dlouhých časových řad jsou nezbytné pro řešení řady problémů jak vodohospodářských, tak i ekologických.

Roční vodnost toku vyjádřená ročním průtokem Q_r se mění v závislosti na srážkovém úhrnu. Míru vodnosti charakterizuje ukazatel poměru ročního průtoky a dlouhodobého ročního průtoky, resp. průtokové normály Q_a (někdy se označuje Q_{ar}).

✓ **Příklad extrémních průtoků, dílčího povodí Pustějovského potoka ČHP 2-01-01-1110-0-00**

V tomto území byly naměřeny aktuální průtoky v období 2003-2006. To je velmi krátké období na konstrukci čáry překročení ročních průtoků, kterou je vhodné konstruovat při 50leté, resp. 100leté časové řadě veličin (Netopil et al., 1984).

Průtokový režim lze vyjádřit i hodnotami extrémních průtoků, minimálních, resp. maximálních průtoků tzv. M-denními, Tabulka 2, N-letými hodnotami,

Tabulka 3(zpracováno z dat ČHMÚ Ostrava).

Tabulka 2 Minimální průtoky (M-denní) Pustějovského potoka

M-denní průtoky Q_M [l.s-1]													
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
	315	197	142	108	85	68	54	43	33	25	17	10	5,8

Minimální průtoky M-denní, se mohou vyvíjet v obdobích déletrvajícího sucha, resp. ve bezesrážkovém období. M-denní průtoky ovlivňuje řada činitelů souvisejících s odtokem, jako výšková členitost reliéfu, pedologické poměry atd.

Jsou stanovené vodním zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) § 36: „Minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami. Vodoprávní úřad přitom přihlédne k podmínkám vodního toku a možnostem rekreační plavby, charakteru nakládání s vodami a vychází z opatření k dosažení cílů ochrany vod přijatých v plánu povodí podle § 26“.

Věstník 5/98 - Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích (mzp.cz)

U M-denních průtoků existuje lineární závislost na ploše povodí (Vrána, 2004).

Význam pro určení kvality povrchové vody má i absolutní minimální průtok, je to nejnižší průměrný denní průtok, pozorovaný v delší časové řadě, ale rozhodující pro výpočty ve směšovací rovnici má minimální, resp. zůstatkový průtok Q_{355} .

Prakticky to znamená, že pokud se bude hydrometrovat vodní tok každý den, měla by hodnota aktuálního průtoky dosáhnout minimálně hodnoty Q_{355} , v opačném případě je nutno si klást otázku, jak se nakládá s vodami vodního toky?

Tabulka 3 Maximální průtoky (N-leté) Pustějovského potoka

N-leté průtoky Q_N [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]							
N	1	2	5	10	20	50	100
	2,15	3,62	5,87	7,76	9,82	12,8	15,2

Maximální průtoky ovlivňuje intenzita deště a srážkový úhrn a samozřejmě činitelé ovlivňující odtok z povodí. N-leté vody charakterizují stav povodně, což je výrazné zvýšení hladiny toku způsobené náhlým zvětšením průtoku, resp. kulminačního průtoku. Je to taková hodnota průtoku, která je, resp. bude dosažena v dlouhodobém průměru jednou za N let, je to doba opakování (Nypl, Kuráž, 1992).

To znamená, že Q_{100} bude pravděpodobně dosažen nebo překročen v 1000letém období asi 10krát, je to doba opakování tohoto jevu.

Může se stát, že v tomto období se třeba tento průtok ani nevyskytne. U N-letých průtoků existuje závislost na odmocnině z plochy povodí (Vrána, 2004), toto tvrzení souvisí s empirickým vyjádřením maximálních průtoků,

Tabulka 3.

Hydrometrování vodního toku – jak si určit vodnost toku v dané lokalitě, upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

ČSN EN ISO 772 - Hydrometrická měření – Terminologie. ČSN EN ISO 772 - Snellův zákon - nlfnorm.cz

Hydrometrování (vsb.cz)

A) s využitím metodiky hydrometrování vodního toku metodou brodění

Hydrometrické stanovení průtoku je základní metodou pro určení průtoků v říční síti.

Čím měřit?

Pro hydrometrická měření se nejčastěji používá v síti měřících stanic ČHMÚ hydrometrická vrtule typ Ott C-2 propeleru pro nás hydrovrtule.

Jak funguje hydrovrtule?

Otáčející se osa vrtule spíná přímo (mechanicky, magneticky, opticky, příp. i jinak) nebo přes šnekový převod (mechanicky) kontakt, který ovládá počítadlo otáček. Počítadlo k vrtuli připojujeme kabelem. Hydrovrtule firmy Ott pracuje na principu registrace počtu otáček n za

zvolený měřicí čas t [s], ale používají se i měřidla založená na jiných principech, dosti rozšířená jsou např. měřidla indukční např. Ottův Nautilus 2000, nejnověji se objevují i měřidla ultrazvuková. *Má-li být měření správné, musí být měřidlo řádně udržováno a kalibrováno.* Kalibrace vrtulí i některých dalších typů měřidel v ČR provádí Česká národní kalibrační stanice vodoměrných vrtulí při VÚV T.G.M. v Praze. U hydrometrických vrtulí se doporučuje kalibrace po 100–200 hodinách provozu, resp. po dvou letech, kalibrování se nazývá tárování.

Hydrometrický profil (průtočný), upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

Při výběru profilu je nutné si celý tok nejprve projít, od střední části toku k ústí. Na základě terénního šetření se vybere měřicí hydrometrický profil s těmito parametry:

Přímý úsek toku, bez jakýchkoliv dalších ramen (ať už vlastního toku nebo přítoků). Dostatečně hluboký, samozřejmě pro změření jak maxima, tak minima rychlosti proudění. Ne tedy někde na brodech nebo v hlubinách, nebo v úsecích, které vysychají při nízkých stavech vody. Pokud není hydrometrický profil prizmatický (neměnný), tak si ho vyčistit od nahromaděného listí, naplaveného dřeva atd. *Prosondovat celý průtočný profil broděním, z důvodu určení počtu svislic při vlastním měření.*

Počet a rozmístění měrných a sondovacích svislic N

šířka toku..... L [m]

výška vodního stavu..... H [m]

- nejmeně $N=L$, pro toky užší 20 m
- $N=10+H$
- při: $L < 0,5$ m: 3 svislice
- $1,0 < L < 3,0$ m: 5-8 svislic
- $3,0 < L < 6,0$ m: 8-12 svislic
- při: $L > 6,0$ m: víc jak 12 svislic

Počty svislic lze určit přesně podle průzkumu říčního koryta, a podle metodiky počtu a rozmístění svislic, pokud je profil velmi variabilní, lze překročit počet svislic. U břehu může být více svislic, pokud koryto je asymetrické. Samozřejmě při rozmísťování je nutné dbát, aby byly stejně vzdálené svislice od břehu, vzdálenost l je stejná mezi jednotlivými svislicemi [m].

Rozmísťovanie sa provádí podél napjatého lanka od brehu ke brehu. *Lépe je využiť mēřící pásma.*

Výběr počtu bodů pro měření bodových rychlostí, upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

Hloubka H [m] počet bodů

$H < 0,25$: 1 bodová metoda

$0,25 < H < 0,50$: 2 bodová metoda

$H > 0,5$: 3 a více bodová metoda

Vlastní hydrometrování – pracovní postup, tzv. broděním

Ideální je provádět hydrometrování ve trojicích, dva pracují s hydrovrtulí a jeden zapisuje. *Je nezbytné si obléct teplý, terénní oděv, a nazout si vyšší gumáky, tzv. broďáky.* Ve vybraném průtočném profilu se natáhne nejprve lanko (ocelové), nebo pásmo, od brehu k brehu a začne se vyměřovat šířka koryta L . *Výsledky měření zapisuje kolega do připraveného formuláře, tzv. Zápisníku měření průtoků.*

Měření začíná v první svislici od dostupného brehu. V první svislici se podle dvoubodové metody proměří průtočná rychlost ve výšce $0,2 H$ ode dna (tam lze naměřit minimální rychlosti), pak ve výšce $0,8 H$ ode dna (tam lze naměřit maximální rychlosti).

Např. pokud bude naměřena hladina $H=1$ m, tak minimální rychlosti lze měřit v hloubce $0,2H$, což je 20 cm ode dna. Maximální rychlosti lze měřit v hloubce $0,8H$, což je 80 cm ode dna, resp. 20 cm pod hladinou.

Osa vrtule nemá být výše než 1,5násobek průměru propeleru, nesmí vyčnívat nad hladinu. 2bodová metoda se používá pro drobné vodní toky do hloubky 50 cm.

Měření průtočných rychlostí v jednotlivých svislicích, upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

Pro rychlá orientační měření lze použít metodu dvoubodovou, je vhodná i pro drobné vodní toky. Dvoubodová metoda spočívá ve měření rychlostí v bodech vzdálených $0,2H$ a $0,8H$ ode dna.

Vyhodnocení průtoků, upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

Pro vyhodnocení průtoku se používá řada metod. Všechny jsou založeny na známých vztazích

$$dQ = v \cdot \cos \phi \cdot dS$$

kde dQ je elementární průtok, procházející elementární ploškou dS při rychlosti proudění v , jejíž vektor je odkloněn od normály k elementární plošce o úhel ϕ . Integrací výše uvedeného výrazu po ploše dostaneme: $x = L$; $y = H$

$$Q = v \cdot \cos \phi \cdot dS = v \cdot \cos \phi \cdot dx dy$$

Je – li proudění paralelní, lze vytknout $\cos \phi$ před integrál, pokud je směr proudění kolmý na průtočný profil, bude ještě $\cos \phi = 1$ a výsledný vztah lze zjednodušit na:

$$Q = v \cdot dS$$

Protože je neznámý analytický tvar funkce $v = f(x,y)$, musí se výše uvedený vztah vyčíslit jinou vhodnou metodou, založenou obvykle na vztahu $Q = \sum S_i \cdot v_i$, který odpovídá i výše uvedenému integrálu.

Průtok vždy se vztahuje k vodnímu stavu.

Protože pro vyhodnocení průtoku se dnes obvykle používají specializované počítačové programy, dále se uvádí jen základní numerický a graficko-početní postup (tzv. Harlacharovu metodu). V některých speciálních případech se též vykreslují izotachy (čáry stejných rychlostí).

Numerický výpočet: kde v_s je svislicová rychlost (dvoubodová metoda)

$$v_s = 0,5 (v_{0,2 H} + v_{0,8})$$

Od r. 2006 ČHMÚ Ostrava začal zkušební provoz měření s novým měřicím systémem ADCP (Acoustics Doppler Current Profiler) - Work Horse Rio Grande, který s využitím stejné metodiky hydrometrování, ale s novým akustickým přístrojem založeným na Dopplerově jevu dosahuje dobrých výsledků. Jeho největší předností je možnost využít jej v jakémkoliv profilu, např. zarostlém, proměnlivém, dále při mimořádných hydrologických jevech (při měření kulminačních průtoků). Další výhodou je okamžité získání aktuálních hodnot průtoků při požadované přesnosti, kterou lze docílit i několikrát opakovanými měřeními za sebou.

Měření ADCP je progresivní metoda, nejen díky rychlosti vlastního měření, ale i zpracováním dat.

B) určení průtoku pomocí hladinových plováků upraveno podle Kříže (1988) a Mattase (2001 a 1998)

V některých případech lze pro stanovení průtoku využít měření povrchové rychlosti pomocí plováků. Metoda není zdaleka tak přesná jako měření vrtulí, má však dvě hlavní výhody:

Měření povrchové rychlosti ve stručnosti

K měření se musí zvolit, pokud možno přímá trať s co možná rovnoměrným prouděním a co možná rovnoměrným rozdělením rychlostí. Délka měrné trati S má být u širokých toků zhruba $S = 2L$ kde L je šířka toku v hladině, resp. taková, aby doba průchodu plováku měrným úsekem nebyla kratší než asi 20 s.

Plováky mají být, pokud možno jednotného typu (dřevěné hranoly, částečně vodou naplněné láhve, nebo nějaké vhodné větve).

Plováky se vypouštějí (vhazují do vody) v dostatečné vzdálenosti nad horním profilem (alespoň 10-15 m), aby plovák do průchodu horním profilem nabyl stejné rychlosti jako voda a bylo možné spolehlivě určit okamžik průchodu plováku prvním profilem. U toku s šířkou v hladině do 20 m se vypouští 3-5 plováků. Měření se opakuje třikrát.

Důležité je přepočíst rychlost povrchovou na průtočnou pomocí korekčního součinitele k . Literatura uvádí hodnotu $k = 0,55-0,67$ pro velké a střední toky s příznivými podmínkami proudění nebo $k = 0,43-0,54$ pro velké a střední toky s méně příznivými podmínkami (značně znečištěné, částečně zarostlé, meandrovité, kamenité dno, neklidné proudění). Průtok vypočítáme numerickou metodou, viz výše uvedeno.

Metodika hydrometrování, multimediální skriptum „[Skriptum Ekologické aspekty technické hydrobiologie \(vsb.cz\)](#)).

✓ Příklad hydrometrování (brodění) hladkého (upraveného) profilu, dílčího povodí Pustějovského potoka ČHP 2-01-01-1110-0-00:

Vlastní hydrometrování probíhalo v bezesrážkovém období, resp. v měsíci s minimálními hodnotami úhrnu srážek, z hlediska dlouhodobého ročního chodu srážek je to září, říjen. Vlastním hydrometrováním pomocí vrtule OTT C2, propeler typ 30 320, s těmito technickými parametry vlastního propeleru: $\alpha=0,0163$, $\beta=0,1346$.

Střední svislicové rychlosti byly stanoveny aproximací průběhu bodových rychlostí ve svislici optimalizovaným kubickým splinem, jeho numerickou integrací a náhradou získané velikosti plochy rovno plochým obdélníkem, jehož jedna strana je rovna hloubce vody ve svislici a druhá je rovna velikosti střední svislicové rychlosti. Pro aproximaci průběhu bodových rychlostí ve

svislici byl využit program HYDROS (licence programu ČHMÚ). *Dnes se již tento program nevyužívá.* Střední svislicové rychlosti byly naměřeny dvoubodovou metodou.

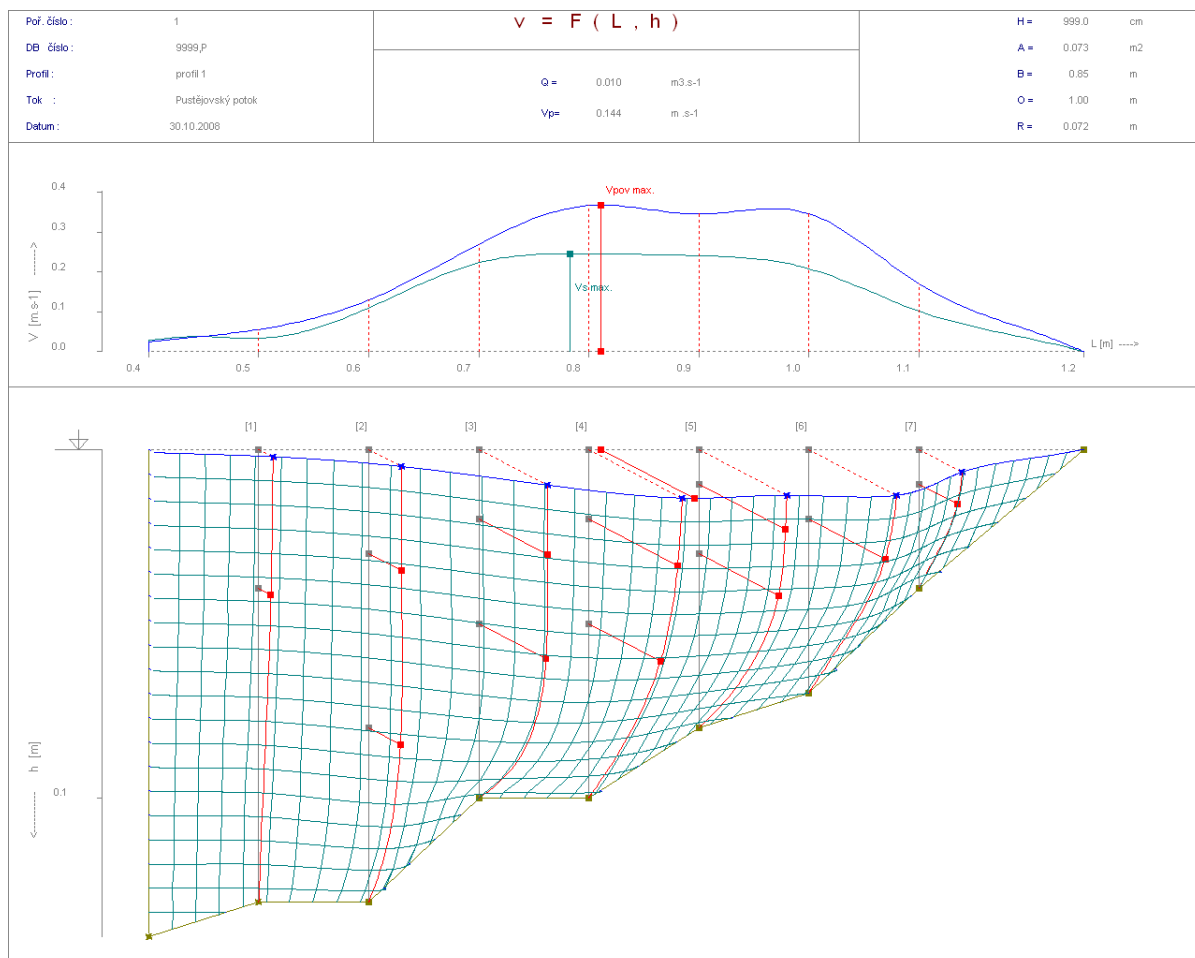
Následným zpracováním naměřených dat v programu HYDROS, byla zjištěna hodnota průměrného průtoku v profilu Pustějovského potoka: $Q = 0,010 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ tato hodnota odpovídá dlouhodobému minimálnímu průtoku odpovídající hodnotě Q_{355} . Tato hodnota průměrného průtoku je velmi nízká, vodnost toku byla velmi malá, souvisí to i s klimaticky suššími roky v průběhu monitorovaného období. Výjimka bylo období jarních rozlivů – např. duben 2005, kdy došlo k tání sněhové pokrývky a vytvoření rozsáhlých rozlivů v území Pustějovského potoka v kulminačních průtocích, odpovídající hodnotám (30denní až jednoletá voda) $Q_{30}-Q_1$, což bylo variační rozpětí absolutních maxim vodnosti v monitorovacím období $0,315-2,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Hodnota střední průtočné rychlosti $v = 0,144 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota maximálního $Q = 0,0492 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá rozpětí N-letých vod, resp. $Q_{210}-240$, ovšem bez vybřežování vodního toku.

Základní parametry hladkého (upraveného) profilu Pustějovského potoka: $B = 1,2 \text{ m}$, $H = 14-20 \text{ cm}$. Maximální hloubka $H = 20 \text{ cm}$, minimální hloubka $H = 4 \text{ cm}$. Poměr $B:H = 6:1$, což je ideální tvar revitalizovaného koryta. Pro koryto Pustějovského potoka, jako je profil hladký je tato hodnota malá.

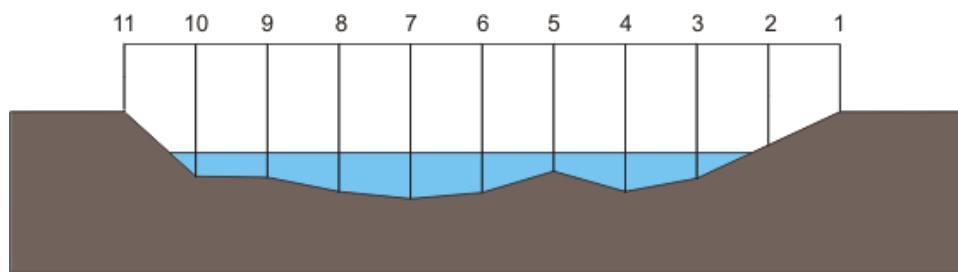
Průtočná plocha: $A = 0,073 \text{ m}^2$ (celkem bylo proměřeno 7 svislic), viz Obrázek 8. Průtočná rychlost $v = f(L, h)$, kde L jsou délkové úseky umístění svislic od břehu, hodnoty h jsou hloubky, ve kterých se měřila maximální, resp. minimální průtočná rychlost, naměřené dvoubodovou metodou, značení odpovídá programu HYDROS.

Hodnota omočeného obvodu: $O = 1 \text{ m}$, Hydraulický poloměr: $R = 0,072 \text{ m}$. Z hlediska velikosti je to velmi malý drobný tok.



Obrázek 8 Průtočný profil Pustějovského potoka a závislost rychlosti proudění na výšce vodní hladiny

✓ **Příklad hydrometrování profilu „U mostku“ v dílčí plošce povodí Mlýnský, ČHP 2-01-01-1592-0-20**



Obrázek 9 Schéma průtočného profilu

Tabulka 4 Zápisník měření průtoků

svislíce č.	šířka toku L [m]	výška vodního stavu H [cm]	rychlosti v 0,2 H				rychlosti v 0,8 H			
			h_{\min} [cm]	$v_{pr \min}$ [m.s ⁻¹]	v_{\min} [m.s ⁻¹]	v_{\max} [m.s ⁻¹]	h_{\max} [cm]	$v_{pr \max}$ [m.s ⁻¹]	v_{\min} [m.s ⁻¹]	v_{\max} [m.s ⁻¹]
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1,4	25	5	0,25	0,15	0,33	20	0,29	0,23	0,38
4	2,1	38	7	0,31	0,26	0,4	30	0,41	0,35	0,45
5	2,8	18	4	0,46	0,44	0,49	14	0,48	0,46	0,54
6	3,5	39	8	0,37	0,31	0,42	31	0,46	0,41	0,5
7	4,2	45	9	0,33	0,22	0,41	36	0,41	0,35	0,48
8	4,9	38	8	0,28	0,16	0,42	30	0,36	0,3	0,45
9	5,6	24	5	0,27	0,22	0,33	19	0,31	0,26	0,36
10	6,3	23	5	0,21	0,17	0,23	18	0,2	0,18	0,21
11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celkový průtok (součet všech dílčích průtoků) = 0,569835 m³. s-1

✓ **Příklad výpočtů morfometrických charakteristik, dílčího povodí řeky Odry
ČHP 2-01-01-1140-0-00 :**

Výpočet tvaru povodí, upraveno podle Buzka (1979)

$$\alpha = \frac{P}{l^2}$$

α tvar povodí, P plocha povodí, l délka povodí

Tabulka 5 Tvar povodí

Tvar povodí	$P \leq 50 \text{ km}^2$	$P > 50 \text{ km}^2$
Protáhlé	$\alpha \leq 0,24$	$\alpha \leq 0,18$
Přechodné	$0,24 < \alpha < 0,26$	$0,18 < \alpha < 0,20$
vějířovité	$\alpha > 0,26$	$\alpha > 0,20$

$\alpha = 0,157$ – protáhlý tvar povodí, Tabulka 5. Hodnota tvarového součinitele určuje i vztah plochy povodí k délce hlavního toku a charakterizuje dobu soustředování povrchového odtoku.

✓ **Příklad výpočtů morfometrických charakteristik, dílčího povodí Odry, ČHP 2-01-1140-0-00**

Výpočet sklonu povodí, upraveno podle Buzka (1979)

$$I_{\text{povodí}} = \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{\sqrt{P}} \cdot 100\%$$

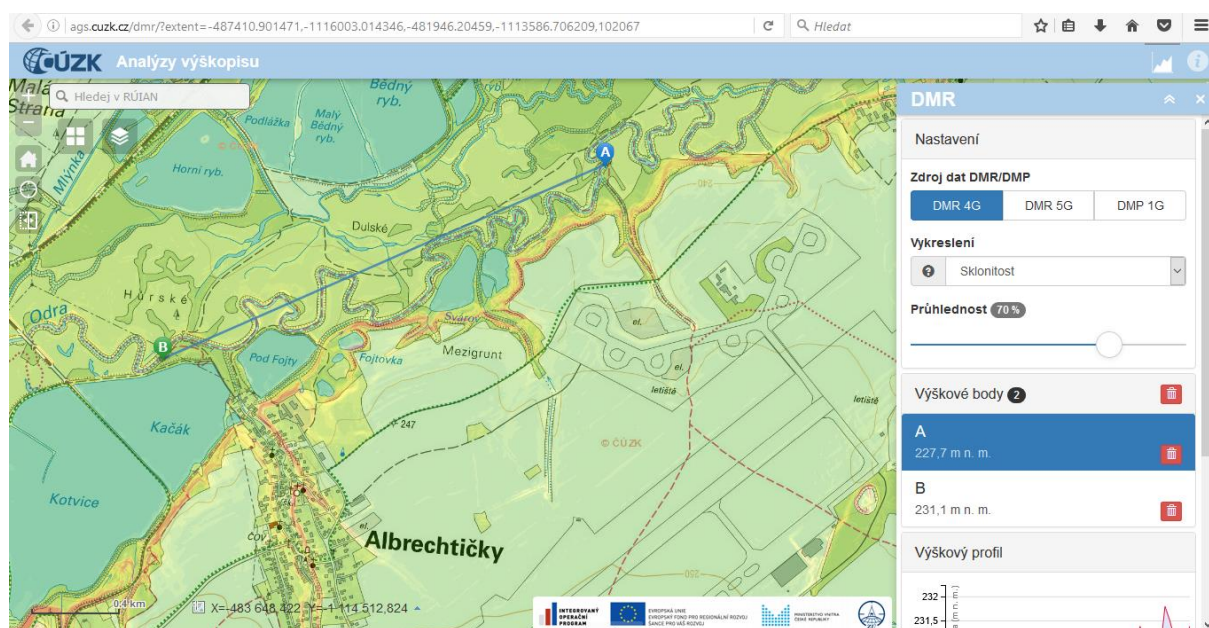
Průměrný sklon povodí je vypočítán na 0,098 %.

Výpočet sklonu vodního toku, upraveno podle Buzka (1979)

$$I_{\text{toku}} = \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{l} \cdot 100\%$$

Průměrný sklon povodí je vypočítán na 0,087 %.

Pokud je např. sklon toku, resp. spád 2 %, je to převýšení hladin 2 m na 100m délky toku, pokud je 2 ‰ je převýšení hladin 2m na 1000m délky toku.



Obrázek 10 Vizualizace analýzy výškopisu (Geoportal ČÚZK, ©2010)

✓ **Příklad výpočtů morfometrických charakteristik, dílčího povodí Odry, ČHP 2-01-1140-0-00**

Výpočet hustoty říční sítě, upraveno podle Buzka (1979)

$$r = \frac{\sum l}{P}$$

$\sum l$ součet délek vodních toků všech řádů [km]

P plocha povodí [km²]

Tabulka 6 Hustota říční sítě (Pavelková, Frajer, ©2010)

r (km/km ²)	hustota říční sítě
do 0,3	velmi nízká
0,31-0,5	nízká
0,51-0,7	střední
0,71-1,1	vysoká
nad 1,1	velmi vysoká

Na základě hodnoty 0,44 km.km⁻² bylo z tabulky zjištěno, že hustota říční sítě dílčí plochy řeky Odry s ČHP 2-01-1140-0-00 je nízká.

Ukázka komplexní studie zájmového povodí

1. LOKALIZACE A ZÁKLADNÍ ÚDAJE ZÁJMOVÉHO POVODÍ

- ✓ Souřadnice měřených profilů, zakreslit profily vhodně do mapového podkladu Geoportálu Cenia.
- ✓ Staničení vodního toku – určit celkovou délku vodního toku a přítoků, doplnit mapami z HEISu a stanovit ř.km (říční kilometráž) jednotlivých měřených profilů.
- ✓ Plocha povodí – vizualizovat dílčí plochu povodí, určit plochu povodí, řádovost toku.
- ✓ Určit tvar povodí podle hodnoty α , aplikovat na vybrané povodí.
- ✓ Hustota sítě vodních toků – vypočítat pro vybrané povodí.
- ✓ Průměrný sklon povodí – vypočítat pro vybrané povodí.
- ✓ Průměrný sklon toku.
- ✓ Další parametry...

Interpretace všech výsledků.

2. HYDROMETROVÁNÍ VYBRANÝCH PROFILŮ V ZÁJMOVÉM POVODÍ

- ✓ Popis metodiky měření průtoků tzv. „broděním“ a plovákovou metodou.

- ✓ Výpočet aktuální hodnoty průtoku Q , numerickou metodou (resp. váženým průměrem), metodika dle Kříže (1988).
- ✓ Graficky znázornit příčný profil koryta vodního toku ve vybraných profilech.
- ✓ Vyhodnotit aktuální průtoky k hodnotám Mdenních vod, resp. Nletých.
- ✓ Aplikace Chézyho rovnice pro stanovení střední průřezové rychlosti u upravených úseků toku, resp. tvaru lichoběžníku.
- ✓ Ze zadaných časových řad průtoků sestavit empirickou čaru překročení průtoků.

Interpretace všech výsledků.

3. HODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

- ✓ Vypočítat charakteristiky odtoku (např. odtokový koeficient v hydrologickém roce), pokud v tomto období spadly srážky pro vybrané povodí, s využitím jednoduchých metod.
- ✓ Interpolace dat srážek pro vybrané povodí.

Interpretace všech výsledků.

4. BŘEHOVÁ A DOPROVODNÁ VEGETACE

- ✓ Zpracování a vyhodnocení mapovaných výsledků.

Interpretace všech výsledků.

5. PRÁCE S DISTANČNÍMI MATERIÁLY

- ✓ GMF (geomorfologický) typ vodního toku. Charakteristika geomorfologických procesů, charakteristika tohoto typu fluviální krajiny. Typy říčních sedimentů, zrnitostní frakce, zrnitostní křivka. Fotodokumentace.
- ✓ Historie vodohospodářských úprav povodí. Změna morfologie povodí, resp. kynety vodního toku na základě hodnocení současných ortofoto map, s historickými mapami, (např. Císařské povinné otisky map stabilního katastru Moravy a Slezska 1833, a jin.).
- ✓ Oblastní plán povodí, vývoj území do budoucna.

- ✓ Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny. Popis změn ve vývoji povodí.

Vizualizace rozsahu záplavového území v povodí, dosah Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} .

Interpretace všech výsledků.

6. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ KLIMATOLOGICKÝCH DAT – resp. hodnot teploty vzduchu a úhrnů srážek, a dalších hodnot, získaných z pravidelných měření v síti klimatologických a srážkoměrných stanic provozovaných ČHMÚ.

- ✓ Střední hodnotu (aritmetický průměr)
- ✓ Medián
- ✓ Modus
- ✓ Směrodatnou odchylku
- ✓ Variační rozpětí (rozdíl maximální hodnoty a minimální hodnoty v daném souboru)

Vyhodnotit nadnormálová období, podnormálová období. Najít extrémy v ročním chodu srážek, srovnat s teplotními extrémy a posoudit závislost. U jiných veličin posoudit klimatologické veličiny vzhledem k vodní bilanci území.

Interpretace všech výsledků.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Zdroje použitých informací:

- BUZEK, Ladislav. 1979. *Metody v geomorfologii*. I. vydání. Ostrava: Pedagogická fakulta. 156 s.
- HUBAČÍKOVÁ, Věra a Petra OPPELTOVÁ. 2008. Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. ISBN 978-80-7375-243-9.
- KEMEL, Miroslav. 1996. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha: ČVUT. ISBN 80-010-1456-8.
- JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ, 2011. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-739-0.
- JAROŠEK, Radim, ŠINDLAR, Miroslav. et al. 1999. *Poodří – chráněná krajinná oblast*. Ostrava: Společnost přátel Poodří. 115 s.
- KŘÍŽ, Vladislav. et al. 1988. *Hydrometrie*. I. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p. 176 s.
- KŘÍŽ, Vladislav., KUPČO, Michal. a Rostislav SOCHOREC. 1979. *Měření průtoků*. Účelová publikace HMÚ. HMÚ Praha 120 s.
- MATTAS, Daniel. 1998. *Měření průtoků nestandardními metodami a v nestandardních podmínkách*. Praha: Výzkum pro praxi, VÚV T.G.M. 37 s.
- MATTAS, Daniel. 2001. *Praktické cvičení z hydrometrie*. Praha: ČVUT v Praze, Stavební fakulta. 24 s.
- NETOPIIL, Rostislav et al. 1984. *Fyzická geografie I*. I. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p. 272 s.
- PAVELKOVÁ–CHMELOVÁ Renáta, FRAJER, Jindřich. ©2010. *Základy fyzické geografie 1 – hydrologie* [online]. distgeo.upol.cz. Dostupné z [Skripta Pavelkova Frajer \(upol.cz\)](http://Skripta_Pavelkova_Frajer(upol.cz))
- RAPLÍK, Milan. VÝBORA, Pavel a Karel, MAREŠ. 1989. *Úprava tokov*. Bratislava: Alfa, 640 s. ISBN 80-050-0128-. 1-639.
- ŠLEZINGER Miloslav. 2005. *Hydrotechnické stavby I. Modul I: Návrh říčního koryta*. Brno: VUT Brno, FAST. Studijní opory. 68 s.
- VRÁNA, Karel. 2004. *Revitalizace drobných vodních toků*. CD – Prezentace přednášek. Praha: ČVUT.
- NYPL, Vladimír, KURÁŽ, Václav. 1992. *Hydrologie a pedologie*. Scripta. Praha: VŠCHT. 293 s.
- Ott Messtechnik, Kempten – firemní literatura (prospekty, katalog).
- Vlastní výpočty v rámci terénních cvičení.

Nováková, ©2022, VŠB - Technická univerzita Ostrava



Toto dílo podléhá licenci [Creative Commons Uved'te původ-Zachovejte licenci 4.0 Mezinárodní License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).