

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta životního prostředí**  
**Katedra vodního hospodářství a environmentálního**  
**modelování**



**Bakalářská práce**

Technická opatření a úpravy vodního toku Brtevský potok  
na území města Dobruška a okolí

**Petr Bujárek**

© 2014 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování  
Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bujárek Petr

Vodní hospodářství

Název práce

**Technická opatření a úpravy vodního toku Brtevský potok na území města Dobruška a okolí**

Anglický název

**Technical control of Brtevský potok water flow in the urban area of Dobruška**

---

## Cíle práce

Povodně se na povodí Brtevského potoka neobjevují až tak často, ale přesto dochází ke stavům ohrožení vlivem intenzivních lokálních srážek, zejména v jarních a letních měsících. Cílem bakalářské práce je shrnout a popsat objekty ovlivňující povodňové situace. Dále zde budou poskytnuty informace ohledně úprav toku Brtvy a jeho okolí.

Dalším cílem práce je sjednocení hydrologických charakteristik povodí a jejich základní popis. Tato charakteristika bude aplikována na povodí Brtevského potoka, který protéká městem Dobruška a přilehlými vesnicemi Křovice a Doly (nyní součást Dobrušky). Pro povodí byl vypočten stoletý průtok Q100 a vytvořen digitální model terénu.

## Metodika

- 1) Úvod
- 2) Charakteristika toku a povodí
- 3) Popis objektů a opatření na vodním toku na území města
- 4) Diskuse a závěr

## Harmonogram zpracování

zadání práce: duben 2013

odevzdání práce: duben 2014

**Rozsah textové části**

cca 30 stran

**Klíčová slova**

Brtna, vodní tok, Zlatý potok, vodní tok, Dědina, průtok

---

**Doporučené zdroje informací**

Hrádek, F. Kuřík, P., 2008: Hydrologie. Praha: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-1744-4

Broža V., Čihák F., Satrapa L., Hydrotechnické stavby, Praha 1998

Kemel M., Klimatologie, meteorologie, hydrologie, Praha ČVUT 1996, ISBN 80-01-01456-8

Kovář, P., Křovák F., 2002: Hrazení bystřin. Praha: ČZU ISBN 80-213-0888-5

---

**Vedoucí práce**

Roub Radek, Ing., Ph.D.

---

Elektronicky schváleno dne 31.3.2014

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3.4.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci "*Technická opatření a úpravy vodního toku Brtevský potok na území města Dobruška a okolí*" vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Radka Rouba Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších odborných informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Praha 15. dubna 2014

---

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za odborné vedení a podnětné rady, ochotu, vstřícnost a trpělivost při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Aleně Obstové za poskytnutí odborné korektury. Zároveň děkuji i své rodině a blízkým za jejich ochotnou podporu, kterou mi projevovali po celou dobu mého studia na vysoké škole.

## **Abstrakt**

V této bakalářské práci jsou řešena opatření technického charakteru a úpravy vodních toků. Tato opatření a úpravy jsou v práci zpočátku popsány v obecné rovině. Dále jsou úžeji vztaženy k vodnímu toku Brva a jejímu povodí. Toto povodí se nachází na území města Dobrušky. Ve městě se Brtevský potok vlévá do Dědiny, lidově „Zlatého potoka“. Zpracování zájmového území je rozděleno do dvou celků.

V prvním celku se práce zabývá povodím Brtevského potoka. Nejdříve je obecná charakteristika povodí a následně jsou popsána konkrétní opatření a úpravy.

### Druhý celek

Pro povodí Brtevského potoka byly stanoveny základní geografické a hydrologické charakteristiky. Pro povodí byl zpracován digitální model pomocí softwaru ArcGIS 10.2.1. Podkladem pro vytvoření digitálního modelu terénu byla data (vrstevnice ZABAGED) poskytnuta Českým zeměměřičským a katastrálním úřadem (ČUZK). Nakonec byl udělán výpočet průtoku v uzávěrovém profilu povodí Brtevského potoka.

Klíčová slova: Brtva, Dědina, průtok, vodní tok, Zlatý potok

## **Abstract**

This bachelor's thesis deals with technical measures and water course modifications. In the beginning these measures and modifications are described generally in order to be related with Brtva water course and its drainage basin lately. This drainage basin is situated in Dobruška city area, where the brook inflows into Zlatý potok. Service area is divided into two parts.

In the first part thesis deals with drainage basin of Brtevský potok. There is a general basin characteristic. Particular measures and modifications come after.

In the second part there is an assessment of basic geographical and hydrological characteristics. Digital model of terrain was created in ArcGIS 10.2.1. software. Data for calculation were provided by Český zeměměřičský a katastrální úřad (ČUZK). In the end there is a calculation of Brtevský potok's shutter profile.

**Key words:** Brtva, Dědina, water course, Zlatý potok

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Cíl práce .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Literární rešerše .....</b>	<b>13</b>
3.1 Povodí a jeho charakteristiky .....	13
3.1.1 Povodí .....	13
3.1.2 Toky v povodí .....	13
3.1.3 Typologie vodních toků .....	14
3.1.4 Geometrické charakteristiky povodí .....	15
3.1.5 Zeměpisná poloha povodí .....	18
3.1.6 Výškové poměry povodí .....	18
3.1.7 Sklonové poměry povodí .....	18
3.1.8 Geologické a půdní vlastnosti povodí .....	20
3.1.9 Vegetační pokryv povodí .....	21
3.1.10 Akumulace vody v nádržích, povrchových depresích a bažinách .....	22
3.2 Empirické vzorce .....	24
3.2.1 Empirické oblastní vzorce .....	24
3.2.2 Empirické objemové vzorce .....	25
3.2.3 Empirický vzorec intenzivního typu .....	25
3.3 Úprava vodních toků .....	27
3.3.1 Opevnění dna a břehů na tocích .....	28
3.3.1.1 Opevnění dna .....	28
3.3.1.2 Opevnění břehů a svahů .....	29
3.4 Objekty na vodních tocích .....	32
3.4.1 Objekty zajišťující stabilní dno .....	32
3.4.2 Spádové objekty .....	32
3.4.3 Objekty zajišťující přístup .....	33
3.4.4 Přehrážky .....	34
3.4.5 Vzdouvací vodní díla .....	34
3.4.6 Soustředovací stavby .....	39
3.4.7 Křížení toku s komunikacemi .....	39



<b>4. Metodika .....</b>	<b>40</b>
4.1 Stanovení stoletého průtoku $Q_{100}$ za pomoci matematického modelu a empirického vzorce dle Čerkašina .....	40
4.2 Terénní průzkum zájmové lokality .....	41
4.3 Vytvoření digitálního modelu terénu .....	41
<b>5. Vlastní práce a výsledky .....</b>	<b>42</b>
5.1 Charakteristika zájmového území .....	42
5.2 Povodí Brtevského potoka .....	44
5.2.1 Popis povodí .....	44
5.2.2 Geologické a půdní poměry v povodí .....	45
5.2.3 Popis Brtevského potoka a objektů .....	46
5.3 Zpracování povodí Brtevského potoka .....	48
5.3.1 Identifikace povodí .....	48
5.3.2 Geometrická charakteristika povodí .....	48
5.3.2.1 Výškové poměry .....	48
5.3.3 Sklonové poměry .....	48
5.3.4 Ostatní charakteristiky .....	49
5.4 Určení stoletého průtoku matematickým modelem .....	50
5.4.1 Hodnoty N – letých průtoků stanovené pomocí programu DesQ .....	50
5.4.2 Hodnoty N – letých průtoků poskytnutých Českým hydrometeorologickým úřadem (ČHMU) .....	50
5.4.3 Čerkašinův vzorec .....	50
<b>6. Závěr .....</b>	<b>51</b>
<b>7. Použité zdroje a literatura .....</b>	<b>53</b>
<b>8. Seznam příloh .....</b>	<b>56</b>

# 1. Úvod

Planeta Země je charakteristická tím, že se na ní vyskytuje velké množství vody, a proto se jí také říká „Modrá planeta“. Veškerý pozemský život je s vodou úzce spojený a je na ní závislý. Tato komodita je nezbytná pro uchování života na celé naší planetě.

Už od dávných věků se lidské populace soustřeďovaly do oblasti velkých toků, jako byl například Nil nebo Ganga a jiné další velké vodní toky, kde potom lidé zakládali svoje sídla. Vodní zdroj byl přínosem života, poskytoval možnost obživy a energie. Zaplavovaná území byla velmi úrodná, ale také jsou zde už zaznamenána nebezpečí záplav a povodní.

My máme ještě v čerstvé paměti nedávné povodně na našem území a všichni víme, co dokážou způsobit. Zpravidla k nim dochází při dlouhodobých intenzivních srážkách, nebo tání sněhové pokrývky a někdy se tyto faktory ale spolu zkombinují dohromady. Povodním není možné zcela zabránit, ale jejich škodlivým účinkům se dá předcházet použitím určitých protipovodňových opatření. Tím se nejen docílí výrazného snížení ekonomických škod v zasaženém prostředí, ale také se zabrání lidským ztrátám, ke kterým při nich dochází. Nejčastějšími a nejúčinnějšími nástroji v boji s tímto živlem a tím i se zmírněním jeho negativních účinků je investice do předpovědních a hlásných systémů, zřizování povodňových plánů, úpravy toků na vybraných místech, ale také i integrovaný záchranný systém za pomoci Armády České republiky. Tato bakalářská práce se zabývá především úpravami toků a objekty, které jsou za různými účely na vodních tocích budovány. Tyto objekty jsou v práci řešeny nejen z obecného hlediska, ale i na konkrétním případě Brtevského potoka a na území města Dobrušky a v přilehlém okolí.

Nynější obyvatelé Dobrušky povodně dobře znají, protože se tyto toky tady rozvodnily v roce 1998. Těmito povodněmi byla tehdy silně zasažena velká část Orlických hor. Byly i oběti na lidských životech. Od té doby byl Na Brtevském potoku v roce 2003 vybudován nový most s větším průtočným profilem, než měl původní most, který byl povodněmi silně poškozen a nesplňoval už statickou podmínku. V loňském roce 2013 bylo na malé části tohoto toku zbudováno nové opevnění stěn. Mimo toto zde nebyly provedeny žádné jiné další větší investice a zatím nejsou ani v plánu. Nedošlo také k plánované výstavbě přehradní nádrže v Mělčanech, které se nacházejí poblíž Dobrušky na toku Zlatého potoka - Dědiny, do kterého se Brtevský potok vlévá. Nedošlo ale ani

na uskutečnění náhradního řešení, to je výstavba suchého poldru. Stavba přehrady, jako jedné z prvních plánovaných dvou set jedna přehrad ze seznamu Plánu hlavních povodí, zde měla být zahájena již v roce 2008.

## 2. Cíl práce

Povodně na povodí Brtevského potoka se sice neobjevují velmi často, ale přesto zde dochází ke stavům ohrožení vlivem intenzivních lokálních srážek, zejména v jarních a letních měsících. Cílem bakalářské práce je shrnout a popsat objekty ovlivňující povodňové situace. Dále zde budou poskytnuty informace ohledně úprav toku Brtvy a jeho okolí.

Dalším cílem práce je sjednocení hydrologických charakteristik povodí a jejich základní popis. Tato charakteristika bude aplikována na povodí Brtevského potoka, který protéká městem Dobruška a přilehlými vesnicemi Křovice a Doly (nyní součást Dobrušky). Pro povodí byl vypočten stoletý průtok  $Q_{100}$  a vytvořen digitální model terénu.

## **3. Literární rešerše**

### **3.1 Povodí a jeho charakteristiky**

#### **3.1.1 Povodí**

Povodí je základní hydrologickou oblastí, ve které zkoumáme vztah bilančních prvků a zabýváme se odtokovými procesy. Toto území zahrnuje vždy určitou část profilu na toku a je ukončeno uzávěrovým profilem, tj. místem, kde protéká voda z celého povodí, a zpravidla je vymezeno rozvodnicí. Rozvodnice je pomyslná čára zakreslená v mapě nebo v digitálním modelu, která prochází nejvyššími místy v dané oblasti určenými kótami vrstevnic, odděluje od sebe rozvodí jednotlivých toků a taktéž vyznačuje danou rozlohu povodí. Podle toho zda se jedná o podpovrchový nebo povrchový odtok vod, rozlišujeme ortografickou a hydrogeologickou rozvodnici. Ortografická rozvodnice nám vyznačuje povrchový odtok vod, je to myšlená čára v terénu, kterou určujeme z vrstevnicových map. Hydrogeologická rozvodnice zahrnuje podpovrchový odtok vod. Její stanovení závisí na stanovení geologických podmínek zkoumaného území a také na uložení nepropustných vrstev v podloží. Každá rozvodnice končí ve svém uzávěrovém profilu. Zpravidla bývá v nejnižším místě terénu, kterým prochází údolnice hlavního toku v povodí (Kemel, 1996).

#### **3.1.2 Toky v povodí**

Každý vodní tok odvodňuje určitou část území vymezenou jeho rozvodím, které je mu dané příslušným tvarem terénu. Toky dělíme do několika řádů. Řád toku udává číslo počtu posloupných zaústění do moře. Hydrologické pořadí toku spočívá v řazení toků postupně od pramene po proudu, a to od toku nejnižšího řádu k nejvyššímu. Tok nejvyššího řádu v daném povodí je nazýván hlavním tokem pro dané povodí. Spolu se všemi přítoky tvoří říční soustavu, která nadále vytváří v daném povodí říční síť. Oblast, ze které odtéká povrchově voda do moře, se nazývá úmoří (Sommer, 1985).

Hustota říční sítě  $r$  je určena podle podílu všech toků ve vybraném povodí ( $\Sigma L$ ) a rozlohy povodí (Hrádek a kol., 2008).

$$r = \frac{\Sigma L}{F} \text{ [km} \cdot \text{km}^{-2}] \quad (1.1)$$

### 3.1.3 Typologie vodních toků

Princip a východiska typologie

Návrh vymezených typů útvarů povrchových vod respektuje základní východiska daná platnou legislativou, zejména rámcovou směrnicí 2000/60/ES. Parametry typologie vodních toků byly navrženy tak, aby respektovaly požadavky Rámcové směrnice a zároveň umožňovaly vyjádřit specifika variability přírodních poměrů prostředí ČR a měly obecnou vypovídací hodnotu. Typologie vodních toků je tak podle Strahlera založena na kombinaci čtyř parametrů: úmoří, nadmořská výška, geologické podloží a řád toku (Langhammer, 2009).

Parametr	Počet kategorií	Kategorie
Úmoří	3	Severní moře Baltské moře Středozevní moře
Nadmořská výška	4	< 200 m n.m. 200 – 500 500 – 800 800 – a více
Geologie	2	Krystalinikum a vulkanity Pískovce, jílovce, kvartér
Řád toku dle Strahlera	3	Potoky (řád 1-3) Říčky (řád 4-6) Řeky (řád 7-9)

Tabulka č. 1 Výsledné kategorie typologie toků a vodních útvarů (zdroj: <http://www.dibavod.cz>)

### 3.1.4 Geometrické charakteristiky povodí

Délka hlavního toku  $L_{HT}$  [km] – délka toku od počátečního pramene až k soutoku s tokem o řád vyšší.

Délka údolnice  $L_U$  [km] – délka hlavního toku, která je prodloužena až na rozvodnici.

Délka rozvodnice  $R$  [km] – vyznačuje v povodí obvod.

Velikost plochy povodí  $F$  [km<sup>2</sup>] – určena z map ve vhodném měřítku planimetrováním. Definiční norma pro plochu povodí zní jako plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny. Určí se pro levou a pravou stranu zpravidla samostatně. Povodí rozděluje údolnice (Kemel, 1996).

Součinitel asymetrie povodí  $a[-]$  – nám udává rozdíl asymetrie mezi svahy nalevo a napravo od hlavního toku:

$$a = \frac{F_L - F_P}{F_L + F_P} = \frac{F_L - F_P}{F} \quad (1.2)$$

$F_L$  - plocha od hlavního toku vlevo [m<sup>2</sup>]

$F_P$  - plocha od hlavního povodí vpravo [m<sup>2</sup>]

$F$  - celková plocha povodí [m<sup>2</sup>]

Tvar povodí patří mezi charakteristiky, které ovlivňují čas, za který se soustředí voda z celkové plochy povodí do uzávěrového profilu. Nejčastěji používanou charakteristikou tvaru povodí je součinitel tvaru povodí  $\alpha$ , který vyjadřuje poměr mezi šířkou povodí  $B$  [m] a délkou údolnice  $L_U$  [m] :

$$\alpha = \frac{B}{L_U} \quad (1.3)$$

Střední šířka povodí  $B$ :

$$B = \frac{F}{L_U} \quad (1.4)$$

Dále vyjádříme  $\alpha$  z rovnic:

$$\alpha = \frac{F}{L_U^2} \quad (1.5)$$

Definice je navržena z idealizovaného obdélníkového tvaru. Protože povodí mají rozmanitý tvar, je vhodné zvolit geometrický obrazec s vhodnými rozměry z definovaného tvaru povodí podle rovnice (Hrádek a kol., 2008).

Na základě zjištěných a vypočítaných hodnot lze charakterizovat povodí. Charakteristika je také závislá na velikosti plochy povodí.

Povodí:	$P < 50 \text{ km}^2$	$P > 50 \text{ km}^2$
protáhlé	$\alpha < 0,24$	$\alpha < 0,18$
přechodný typ	$0,24 < \alpha < 0,26$	$0,18 < \alpha < 0,2$
vějířovité	$\alpha > 0,26$	$\alpha > 0,2$

Tabulka č. 2 Charakteristika (zdroj: <http://is.muni.cz>)

Mezi další číselná hodnocení patří koeficient souměrnosti povodí ( $\mathbf{K}_s$ ). Posuzuje plochu pravé části vztaženou na levou část a nabývá hodnot 0 – 1. Větší hodnota charakterizuje větší asymetrii povodí.

$$K_s = \frac{|F_p - F_l|}{F} \quad (1.6)$$

Další charakteristikou hodnotící tvar povodí je Gravellův koeficient a také koeficient protáhlosti povodí.

**Gravellův koeficient** ( $\mathbf{K}_G$ ) stanovuje kruhovitost povodí případně míru protáhlosti. Vypočítá se poměrem délky rozvodnice ( $\mathbf{L}_R$ ) k obvodu kruhu o stejné ploše, jako je plocha povodí ( $\mathbf{F}$ ). Hodnoty koeficientu jsou rovny 1, nebo vyšší. Čím více se tvar povodí blíží tvaru kruhu, tím je  $\mathbf{K}_G$  blíže 1.

$$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{F \cdot \pi}} \quad (1.7)$$



Odvození vztahu:

$$\begin{aligned}o &= 2 \cdot \pi \cdot r \\F_2 = F_1 &= \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \\o &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F \cdot \pi^2}{\pi}} \\o &= 2\sqrt{F \cdot \pi}\end{aligned}$$

**Průměrný sklon povrchu povodí (I)** určuje sklonové poměry. Přesnější výpočet zohledňuje výškovou vzdálenost vrstevnic (**h**), součet délek vrstevnic (**l**) a plochu povodí (v km<sup>2</sup>). Vypočítá se podle vztahu:

$$I = \frac{h\Sigma l}{F} \quad (1.8)$$

Protože je však tento výpočet pro ruční provedení velmi náročný, je možno ho nahradit méně přesným výpočtem:

$$I = \frac{h_{max} - h_{min}}{F} \quad (1.9)$$

**h<sub>max</sub>** je nejvyšší a **h<sub>min</sub>** nejnižší kóta povodí.

**Sklon vodního toku** vyjadřuje rozdíl nadmořských výšek dvou bodů sledovaného úseku vodního toku. Největšího spádu dosahují vodní úseky v místech překonání skalních stupňů, kde se nejčastěji vyskytují vodopády. Podílem sklonu toku a vzdáleností mezi sledovanými body dostaneme sklon tohoto úseku (Hrádek a kol., 2008).

**Průměrná nadmořská výška (H)** je jednou ze základních geomorfologických charakteristik. Lze ji určit graficky z hypsografické křivky nebo na základě vhodného mapového podkladu vypočítat podle vzorce:

$$H = 0,5 \cdot \Sigma \frac{F_i}{F} \cdot (H_i - H_{i-1}) \quad (1.10)$$

$F_i$  je plocha povodí ohraničená vrstevnicemi  $H_i$  až  $H_{i-1}$ .

### 3.1.5 Zeměpisná poloha povodí

Klimatické poměry v povodí jsou dány zeměpisnou polohou, která výrazně ovlivňuje i hydrologické poměry. Určuje se zeměpisnými souřadnicemi, nejčastěji soustavou S-JTSK, a ty vyznačují, kde se povodí nachází. Významné geomorfologické celky často vyznačují polohu pro snadnější orientaci a větší přehlednost (Kemel, 1996).

### 3.1.6 Výškové poměry povodí

Hypsografická křivka znázorňuje nadmořské výšky v povodí, udává závislost mezi plochou povodí a vybranou nadmořskou výškou. Možností je také vytvoření digitálního modelu terénu pomocí vybraných vstupních dat a příslušného softwaru, který je k tomu určen (např.: ArcGis). V každém příslušném řešení je možno odečíst nadmořské výšky s minimální a maximální hodnotou.

Průměrnou nadmořskou výšku povodí  $H$  [m n.m.] získáme obdobným způsobem z hypsografické křivky, případně je možno využít software pro to určený.

### 3.1.7 Sklonové poměry povodí

Absolutní spád povodí  $\Delta H$  [m] udává pouze informativní charakter a stanovuje rozdíl mezi minimální a maximální nadmořskou výškou v povodí.

$$\Delta H = H_{max} - H_{min} [m] \quad (1.11)$$

Střední sklon svahů  $I_{sv}$  [%] se určuje z důvodu rozličných sklonových poměrů v povodí. Běžně je vyjádřen za pomoci zjednodušeného vztahu. Předpokladem pro lepší výsledky je důležité výpočet provést pomocí vhodného softwaru, nebo využít jeden ze vztahů dle Herbsta.

Zjednodušený vztah pro výpočet středního sklonu svahů:

$$I_{sv} = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{F}} \cdot 100 [\%]$$

(1.12)

<b>H<sub>max</sub></b>	maximální nadmořská výška v povodí	[m n.m.]
<b>H<sub>min</sub></b>	minimální nadmořská výška v povodí	[m n.m.]
<b>F</b>	plocha povodí	[m <sup>2</sup> ]

Sklon svahů dle Herbsta pro přesnější způsob:

♦ pro volené  $\Delta h$

$$I_{sv} = \frac{\Sigma(l_{si} \cdot \Delta h)}{F} \cdot 100 [\%]$$

(1.13)

♦ pro konstantní  $\Delta h$

$$I_{sv} = \frac{\Delta h \cdot \Sigma l_{si}}{F} \cdot 100 [\%]$$

(1.14)

<b><math>\Delta h</math></b>	volené výškový interval mezi vrstevnicemi	[m <sup>2</sup> ]
<b><math>l_{si}</math></b>	průměrná délka vrstevnice v i - tém intervalu	[m]
<b>F</b>	plocha povodí	[m <sup>2</sup> ]

(Hrádek a kol., 2008)

*Průměrný sklon údolnice  $I_u$  [-]* je významný hlavně pro malá a velmi malá povodí, po případném vynásobení stem bude uveden v [%].

$$l_u = \frac{H_{max,u} - H_{min,u}}{L_u}$$

(1.15)

$H_{\max}$	maximální nadmořská výška údolnice	[m n.m.]
$H_{\min}$	minimální nadmořská výška údolnice	[m n.m.]

(Hrádek a kol., 2008)

### 3.1.8 Geologické a půdní vlastnosti povodí

Skladba terénu je významně ovlivněna geologickými poměry, zároveň záleží i na složení půdního profilu terénu a taktéž na rychlosti zvětrávání a propustností horninových vrstev. Tímto je ovlivněn objem vody, která se vsakuje do půdního profilu a spodních horizontů podloží. Tím je i nepřímo ovlivněn odtokový proces v povodí. Z těchto zdrojů jsou zásobovány toky v okolních přilehlých oblastech. Na geologických poměrech záleží hladina podzemních vod, která je tímto velmi ovlivněna, a celková zásoba vody v oblasti. Podle propustnosti vrstev dochází ke kulminaci průtoků. Pokud se v zájmové oblasti nacházejí horniny a podloží s větší propustností (např.: písky, štěrkopísky, štěrky), dochází při výraznějších srážkách ke snížení kulminačních průtoků, naopak v období sucha disponují vyššími minimálními průtoky na rozdíl od málo propustných podloží (Sommer, 1985; Kemel, 1996).

Hydropedologický průzkum nám zajistí zjištění půdních poměrů jako je půdní druh a vlhkost či struktura. Možností je také použití velmi podrobných pedologických map území. Půdní poměry mají zásadní vliv na intenzitu a velikost infiltrace do podloží. Na této vlastnosti je závislá velikost a rozložení hypotermického i povrchového odtoku (Sommer, 1985).

Skupiny hornin podle stupně propustnosti rozdělujeme na tři základní skupiny propustnosti. Jsou to propustné horniny, polopropustné horniny a nepropustné horniny. Rozdělení podle skupin:

#### 1) Propustné horniny:

- ◆ úlomkové sedimenty a některé celistvé i pórovité vyvřeliny, zkrasovatělé horniny, rozrušené horniny,
- ◆ fluvální sedimenty kvartéru: diluviální, aluviální a preuviální náplavy,
- ◆ sedimenty eolitu: nepropustné sedimenty s vložkou písku, případně štěrku,
- ◆ vápence a dolomity, jež jsou součástí rozrušené a zkrasovatělé karbanické horniny.

2) Polopropustné horniny:

- ♦ skupiny s menšími rozměry jako jsou hlinité písky, rašeliny, pískovce, spraše, najemno rozrušené vápence a slepenec.

2) Nepropustné horniny:

- ♦ jsou to zpravidla celistvé horniny, které nebyly narušeny, jako je žula, porfyr, diabas, čedič břidlice krystalické a jílovité, jíl, slín a nerozrušený vápenec.

(Hrádek a kol., 2008)

### 3.1.9 Vegetační pokryv povodí

Vegetační kryt je nedílnou součástí povodí, kde značně ovlivňuje režimy průtoku a taktéž odtoku vod z povodí. Evapotranspirace ovlivňuje výpar vody z rostlin, intercepce nám urychluje částečné množství spadlých srážek na povodí a taktéž působí na rychlost plošného odtoku v povodí, čímž je ovlivněno rozrušování svahů (abraze). Vegetační pokryv může mít kladný, ale i negativní charakter, záleží na druhovém složení vegetace na území. Druhovou skladbu zjišťujeme z vegetačních map. Zastoupení a umístění ploch lesů, polí, luk nebo urbanizované zástavby získáme z topografických, fenologických a lesnických map. Nejčastěji se udává druhový pokryv v procentech, která jsou vztažena na celkovou plochu povodí. Často je k tomu použit specializovaný software.

Soustavy lesů naplňují důležitou vegetační úlohu, která hraje významnou roli ve vláhové bilanci území, protože odtok vody si tím drží vyrovnaný stav. Různá povodí jsou porovnávána podle údajů o míře zalesnění nebo koeficientu lesnatosti **K**, jehož definice zní jako podíl všech zalesněných ploch  $\Sigma P_1$  na povodí ku celkové ploše povodí **F**.

$$K = \frac{\Sigma P_l}{F} \cdot 100[\%]$$

(1.16)

Intercepce:

$$I = A + E$$

(1.17)

**I** intercepce – většinou je její velikost je vyjádřena v [mm],

**A** voda, jež je zadržena vegetací a předměty,

E vypařená voda z předmětů a listových ploch.

Nejdůležitější vlastnosti lesního vegetačního porostu:

- ◆ retenční schopnost lesa,
- ◆ akumulační schopnost lesa,
- ◆ zvyšování intenzity infiltrace,
- ◆ intercepce.

(Sommer, 1985; Hrádek a kol., 2008)

### **3.1.10 Akumulace vody v nádržích, povrchových depresích a bažinách**

Mikroklimatické poměry a především velikost a průběh povrchového odtoku je ovlivněn akumulovanou vodou v nádržích, bažinách, povrchových sníženinách (deprese) a jezerech.

Povrchovými depresemi se rozumí rozrušení zemského povrchu, které nabývá různých plošných tvarů o rozličném objemu, jako jsou na příklad brázdy či prohlubně. Během dešťových srážek se v nich zachycuje spadlá voda, vsakuje se do půdy a po ukončení srážek se začíná odpařovat. Zadržovací schopnost, kterou mají povrchové deprese, je ovlivněna sklonem svahů a charakterem povrchu. K výrazně větší akumulaci dochází, pokud jsou na svahu orné brázdy, které byly vedeny po vrstevnicích (Broža a kol., 1998).

Nádrž je uměle vytvořený prostor pro akumulaci vody o omezeném množství, která je později využívána. Může sloužit k zachycení či zmírnění povodňových průtoků. Vodní nádrže mohou mít jeden zásadní účel, nebo i více funkcí, zpravidla však ale dochází ke kombinaci několika funkcí (např. rekreační, rybochovná, ochranná, záchytná, rekultivační atd.). Nádrže jsou dále děleny podle dotace vody. Dělíme je na průtočné a neprůtočné. Neprůtočná nádrž slouží k částečnému zadržování povrchových odtoků, tím je zmenšeno množství vody přiváděné do příslušného profilu toku. Tyto nádrže jsou závislé na atmosférických srážkách, proto jsou také často nazývány nebeské. Průtočné nádrže mají svůj vlastní přítok a jsou schopné regulovat odtok. Jejich hlavní nevýhodou ale je, že trpí zanášením sedimenty, které přináší tok. Regulační schopnost nádrže záleží na zvoleném umístění na toku. Větší regulační schopnost je dosažena v dolních částech toku,

protože je do ní sváděna voda z rozsáhlejší plochy území (Broža a kol., 1998; Hrádek a kol., 2008).

Součinitel jezernatosti **j** vyjadřuje plochy nádrží a jezer v povodí.

$$j = \frac{F_N}{F}$$

(1.18)

**F<sub>N</sub>** součet zatopených ploch nádrží a jezer v povodí

**F** celková plocha povodí

(Hrádek a kol., 2008)

V některých povodích se taktéž nacházejí bažiny, které se vyznačují zpravidla velkou akumulací vody z atmosférických srážek. Výpar bývá větší než z volné hladiny, a to vzhledem ke své ploše. Součinitel bažinatosti získáme obdobně, když použijeme rovnice (1.18) určené pro nádrže a jezera, ve kterých jen nahradíme plochou bažin v povodí ku celkové ploše povodí (Kemel, 1996).

## 3.2 Empirické vzorce

V odborné literatuře je publikováno značné množství empirických vzorců pro výpočet maximálních průtoků. Pro výpočet je vhodné zvolit vzorec s omezujícími předpoklady (regionální oblast, dostupnost podkladů k výpočtu, velikost povodí). Přesnost výpočtu je limitována kvalitou podkladů.

Velikost povodí je velmi často rozhodujícím faktorem. Je důležité rozlišovat velikost povodí podle velikosti plochy na: velká, malá a velmi malá. Za malá povodí lze považovat taková povodí, na nichž je maximální odtok vyvolán přívalovým deštěm.

### 3.2.1 Empirické oblastní vzorce

Vycházejí z odtokových charakteristik povodí. Čím větší je plocha, tím menší maximální specifický průtok.

$$Q_N = A \cdot F^{1-n} \quad (2.1)$$

$$q_N = \frac{Q_N}{F} = A \cdot F^{-n} \quad (2.2)$$

$Q_N$	maximální průtok	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$q_N$	maximální specifický průtok	$[\text{m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{km}^{-2}]$
$F$	plocha povodí	$[\text{km}^2]$
$A, n$	oblastní parametry	$[-]$

(Hrádek a kol., 2008)



### 3.2.2 Empirické objemové vzorce

Umožňují výpočet maximálního průtoku dle znalosti objemu a tvaru povodňové vlny.

Sokolovského vzorec:

$$Q_N = \frac{k \cdot H_{s,N} \cdot \varphi \cdot F}{t_k} \cdot f \quad (2.3)$$

$Q_N$	maximální N-letý průtok
$H_{s,N}$	výška výpočtu deště doby trvání $t_d$ a opakování $N$
$\Phi$	objemový součinitel odtoku
$F$	plocha povodí
$t_k$	doba koncentrace
$f$	= 0,6 součinitel tvaru
$k$	= 0,26 rozměrový součinitel

Čerkašinův vzorec

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \varphi \cdot v_s^{\frac{3}{2}} \cdot F}{p \cdot L_u^{\frac{2}{3}}} \quad (2.4)$$

$\varphi$	objemový součinitel odtoku	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$v_s$	střední rychlost dobíhání vody v povodí	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
$F$	plocha povodí	$[\text{km}^2]$
$p$	součinitel vyjadřující vliv tvaru povodí na hodnotu $Q_{100}$	$[-]$
$L_u$	délka údolnice	$[\text{km}]$

(Hrádek a kol., 2008)

### 3.2.3 Empirický vzorec intenzivního typu

Dříve se používal pro dimenzování stokových kanalizačních sítí. Aby mohl být aplikován na přírodní povodí, bylo by nezbytné ho upravit.

$$Q_N = k \cdot i_n \cdot C_n \cdot F \quad (2.5)$$

- Q<sub>N</sub>** kulminační průtok  
**F** plocha povodí  
**i<sub>N</sub>** intenzita deště o době trvání t<sub>d</sub> a době opakování  
**C<sub>n</sub>** vrcholový součinitel odtoku  
**k** rozměrový součinitel (k=0,28)  
 $i_{100} = 14,5 \cdot t_d^{-2/3}$   
**t<sub>d</sub>** doba trvání deště

(Hrádek a kol., 2008)

### 3.3 Úprava vodních toků

Tok je hlavní jednotkou ve vodohospodářství a nedílnou organickou součástí krajiny. Slouží jako krajinotvorný činitel a plní nezbytnou funkci recipientu povrchového a hypotermického odtoku. V okolí toků je ve větší části soustředěna fauna i flora, najdeme zde jejich větší druhovou skladbu. I lidská společenství a jejich sídla se od nepaměti vždy soustřeďovala k vodním tokům. Krajina chudší na vodní toky a vodu má celkově menší rozmanitost druhové skladby. Vodní tok byl také odpradáвна zdrojem energie, která byla využívána ve vodních mlýnech a nebo vodních hamrech. Z obchodních důvodů byl vodní tok zároveň využíván pro plavbu lodí, či splavování dřeva. Umožňoval lidem částečnou základní hygienu, poskytoval dostatek vláhy pro plodiny a zemědělská zvířata, ale i obživu z rybolovu. V současnosti je vodní tok nezbytný pro fungování velkého množství průmyslu. Okolo něho se soustřeďují papírny, chemické závody, potravinářské závody, budují se na něm vodní elektrárny a v energetice se využívá pro chlazení výkonných elektráren (např. jaderná elektrárna Temelín). Vodní tok ale neposkytuje lidem a krajině pouze všechny tyto výhody, které jsou s tokem spojeny, ale při případném zvýšení průtoků a záplav přináší lidem i okolním přilehlým oblastem ohrožení v podobě poškození krajiny, finanční ztráty na majetku a případně i ztráty na lidských životech. V méně vyspělých zemích dochází nejen k velkým škodám, ale i k šíření infekčních nemocí, které způsobuje bodavý hmyz a zárodky některých infekčních bakterií.

Proto základním požadavkem na vodní tok je přijatelný režim průtoku, který se dá částečně korigovat, následuje stabilita koryta v podélném řezu a půdorysu, přístup a také doprava. Z důvodu nevyhovujících podmínek či jejich úplného nesplnění dochází k úpravám na toku. Cílem každé úpravy je zvýšení užitečnosti toku, omezení negativních vlivů a ničivých účinků, použitelnosti pro rekreační účely či využití splavnosti. Úpravy se provádějí za pomoci opatření biologických, technických a nebo kombinací obou dvou variant. Nejčastějším biologickým opatřením je opevnění svahu vybranou a vhodně zvolenou vegetací, která po vysazení a zakořenění rostlin zvyšuje odolnost svahu. Technickými opatřeními se rozumí úpravy příčného a podélného tvaru koryta, opevnění nábrežních zdí, případně celého profilu, sklon dna a opatření proti negativním účinkům vymílání. Za určitých podmínek jsou navržena zcela nová koryta a ta následně

vybudována. Biotechnická opatření jsou nejméně náročná na zásah do životního prostředí v okolí toku (Patočka a kol., 1989).

Vhodné opatření na úpravu toku se vybírá podle účelu, který by měl tok plnit. Úprava se provádí z rozličných důvodů, jako jsou: odstranění hygienických závad, úprava hladiny podzemních vod v blízkém okolí, odstranění záplav a usměrnění toku, umožnění odběrů vody pro hospodářské účely, přítoků, dešťové kanalizace, odpadů, odvodňovacích zařízení, rekreační účely v okolí toku, případně říční plavba. Při úpravě je nahlíženo na řešení problému s odtokovými poměry v údolní nivě, trasu toku, niveletu dna, podélný sklon, příčný profil, objekty na toku, opevnění koryta a jiné (Milerski a kol., 2002).

### **3.3.1 Opevnění dna a břehů na tocích**

Pro zajištění stability a odolnosti koryta se navrhuje opevnění, protože je žádoucí, aby bylo koryto odolné proti chemickým a mechanickým účinkům vody, pohybu splaveného materiálu, ledu, či jiných předmětů cizího původu. Opevnění se provádí na úseku, který tyto podmínky nesplňuje a kde není zajištěna dostatečná odolnost koryta. Volí se přiměřené opevnění vzhledem ke krajině. Hlavním aspektem jsou finanční náklady, které hrají nezbytnou roli nejen ve výstavbě, ale i v udržování provozuschopnosti stavby. Podle toho jsou zvoleny vhodné materiály na výstavbu, které musí zohlednit začlenění stavby v krajině, splňovat podmínky stability, odolnosti a nesmí ohrožovat faunu a floru v dané lokalitě.

#### **Opevnění dna**

Opevnění dna se nevyskytuje až tak moc často, navrhuje se převážně jen ve vybraných úsecích, jako jsou mostní konstrukce, především okolo pilířů, vyústění odpadů, v urbanizovaném území, případně v jiných výjimečných situacích. Dlouhé úseky opevnění jsou budovány v silně urbanizovaném území a v oblastech, kde je zapotřebí provést průtok s co nejvyšší účinností, aby bylo s co nejmenšími ztrátami odstraněno výrazné tření a nežádoucí překážky.

V dnešní době je nejběžnějším způsobem použití betonové dlažby, která se používá z důvodu nevelké náročnosti na zručnost, dále bývá často použita dlažba z lomového kamene, která je náročnější na manuální práci a tím pádem nákladnější.

Nejčastěji je toto opevnění vidět ve městech a horských úsecích toku, kde je zapotřebí minimalizovat drsnost. Začátek opevnění a jeho konec musí být náležitě ukotveny jak podélně tak i příčně, aby nedošlo k nežádoucímu poškození vlivem síly vody. Další variantou opevnění může být kamenný pohoz a zához.

***Kamenný pohoz*** je běžně využit v extravilánu, kde úprava původního materiálu neodpovídá dostatečnosti z hlediska odolnosti.

***Kamenný zához*** je využit jako prvek, který reguluje přechod mezi uměle vytvořeným opevněním a původním přirozeným materiálem koryta. Často slouží jako opevnění u stupňů, jezů a jiných objektů na toku, u kterých je toto použití žádoucí (Thoř, 1981; Patočka a kol., 1989)

### **Opevnění břehů a svahů**

Břehy a svahy jsou opevňovány z důvodu ochrany před negativními účinky větrné a vodní eroze a rozrušováním povrchu živočichy a lidskou činností. Rozrušování břehů vodou je způsobeno podzemní vodou vytékající z břehových svahů, vodou ze spadlých srážek a především vodním proudem toku, který má výraznou vymílací schopnost. Z těchto důvodů se musí zvolit vhodný materiál pro opevnění a posoudit klady a nevýhody jeho použití v oblasti. Většinou se volí mezi vegetačním, a nebo nevegetačním opevněním, případně jejich kombinací (Raplík a kol., 1989).

### **Vegetační opevnění**

***Travní opevnění*** je nejrozšířenějším vegetačním opevněním z důvodu jeho rozšířenosti a všudypřítomnosti. Porost je založen buď klasickým základním osetím, drnováním, položením travního koberce, či hydroosevem, při kterém je travní semeno stříkáno na strmý svah a jde většinou o kombinaci vody, travního semene a hnojiva pro rychlejší uchycení porostu. Travní opevnění je využito především nad hladinou vody, má využití na svahu hrází jak návodního svahu tak i vzdušného.

***Opevnění vrbovým porostem*** je výrazně odolnější než předešlý postup. Kořenový systém vrby je velmi bohatý a účinně zpevňuje nejen povrch svahu, a proto se už od dávných časů vrby vyskytují v okolí rybníků. Hlavní účel plní na konkávních březích toku, které jsou nárazové. Také je možné využít vrbové řízky do záhozů, pohozů a rovnanin, kde oživují nevegetační opevnění. U vrbového opatření ale vlivem růstu kořenového systému

dochází postupem času k zúžení a omezení průtočného profilu. Proto je nezbytné dbát na pravidelnou údržbu, případné kácení a znovu vysazení. Nejpoužívanějším druhem na osázení toku jsou vrby: košíkářka, nachová, popelavá, červená a americká (Raplík a kol., 1989).

*Vrbové rohože* jsou vyráběny splétáním nevětvených prutů o průměrné tloušťce jeden až dva cm za pomoci stroje. Rohož je splétána a balena, po přepravě na místo určení je rohož rozbalena na urovnaném svahu a upevňuje se pomocí kolíků. Vše je zakryto humózní zeminou a výšce tři cm. Porost zhoustne a nedochází k výraznému vzrůstání, tudíž není u tohoto druhu opevnění častá údržba (Patočka a kol., 1989)

*Zápletové plůtky* jsou tvořeny kůly a zajišťují paty svahů. Jsou od sebe vzdáleny zhruba 0,6 m. Mezi takto vzdálenými kůly se proplétají pruty z různých dřevin, které jsou ohebné, ale upřednostňují se především pruty vrbové. Podle výšky profilu volíme počet zbudovaných plůtků v řadách nad sebou.

*Lat'ové plůtky* tvoří latě, které jsou umístěny postupně do svahu v řadě nad sebou. Aby bylo zajištěno, že nedojde k posunutí latí, jsou připevněny ke kůlům. Rozstup mezi latěmi je závislý na strmosti svahu většinou je mezi 2 – 4 m. Nejčastěji je mezi nimi umístěna vrbová krytina o mocnosti okolo 8 cm a poté je na ni nanesena zhruba 5 cm mocná vrstva humusové zeminy (Thoř, 1981).

*Haťové povázky a haťové válečky* jsou drátem svázané vrbové pruty. Samotné svazky dosahují průměru okolo 12 cm a slouží k vázání haťových konstrukcí, ale mohou se také využít na povázkové rošty. Válečky konstrukčně odpovídají povázkám, ale mají větší průměr mezi 20-100 cm. Většinou se tímto prvkem zajišťuje pata svahu, kde jsou přivázány k pilotám, případně zajištěny pomocí kůlů. Nahrazují plůtky nebo mohou být součástí haťových staveb (Skatula, 1960).

### **Nevegetační opevnění**

*Pohoz* je druh nevegetačního opatření, které je poddajné, proto by měl být upřednostňován před ostatními variantami tohoto druhu. Kamenný pohoz má na svahu, na kterém je použit, maximální povolený sklon 1:2,5.

*Zához* patří k velmi odolným opevněním, protože je zbudován z lomového kamene o přibližné velikosti nejméně 30 cm, nebo je budován také z betonových bloků. Hojně se používá ke zpevnění břehů, které jsou ohroženy erozí. Také se jím zajišťují patky dlážděných svahů (Skatula, 1960).

**Kamenná dlažba** má podobné využití, jako když se opevňuje dno. Používá se tedy v blízkosti různých objektů.

**Kamenná rovnanina** je provedena z neopracovaných kamenů a je taktéž použita v okolí objektů na namáhaných úsecích (Kovář a kol., 2002).

**Gabiony** neboli drátokamenné konstrukce jsou spletené nebo svařené dráty, které jsou následně vyplněny kamenem či štěrkem. Často jsou viděny kolem silničních komunikací jako opěrné zdi, slouží také k opevnění koryt a spádových stupňů (Raplík a kol., 1989).

**Ochranné textilie a sítě** se nejčastěji používají v kombinaci s kamenivem nebo travním porostem. Slouží jako dělící vrstva mezi různými druhy použitých materiálů. Vyrábějí se především z plastů (Patočka a kol., 1989).

**Nábřežní zdi** jsou nejvíce nákladným opevněním z hlediska finančních prostředků. Výstavba je především prováděna v urbanizovaném území, ve stísněném prostředí, kde není vhodné rozšiřování vodního toku, a také tam, kde je břeh neúměrně zatížen vodním proudem. V příčném profilu mají především lichoběžníkový tvar a jsou bezpečně ukotveny a usazeny na základové patce, která je vhodně a dostatečně naddimenzovaná. Pro výstavbu nábřežních zdí lze volit rozličné spektrum materiálů, jako jsou opracované kameny spojené betonem, prefabrikáty, které jsou předem vyrobeny ve vhodných rozměrech, prostý beton či železobeton. V urbanizovaném území je betonová zeď obložena kamenem z estetických důvodů (Raplík a kol., 1989; Kovář a kol., 2002).

### **Kombinovaná opevnění**

Při tomto druhu opevnění dochází ke kombinaci vegetačního a nevegetačního opevnění, které má za snahu spojit výhody zmíněných opevnění a potlačit jejich negativní účinky. Nevegetační opevnění je oživeno například zasetím travní směsí do polovegetačních dlaždic (Kovář a kol., 2002).

**Kamenné pohozy** jsou běžně kombinovány s travním osetím, či řízky z vrboví.

**Kamenné záhozy** se oživují vrbovým proutím, které dává přírodnější vzhled.

**Polovegetační tvarovky** jsou použity v litorálním pásmu koryta pod úrovní travního porostu. Do otvorů v tvarovkách je umístěna vhodná skladba travní vegetace, která má za úkol oživení (Patočka a kol., 1989).

## 3.4 Objekty na vodních tocích

Na vodních tocích se vyskytují objekty různého charakteru, které mají svůj účel provedení, např. zajišťují stabilitu dna, zajišťují přístup aj.

### 3.4.1 Objekty zajišťující stabilní dno

Tyto objekty brání prohlubování koryta, stabilizují niveletu dna. Jsou budovány napříč průtočným profilem tak, aby zachytily splaveniny a optimalizovaly podélný sklon toku.

**Pásy** se nacházejí na úrovni dna, kde zabraňují erozi. Rozdělují dno na několik kratších úseků a poskytují oporu splaveninám. Nejčastěji jsou vyhotoveny z betonu, dřeva, kamenného zdiva, drátokamene (gabionu), kamenné rovnaniny.

**Prahy** na rozdíl od pásů vystupují nade dna do maximální výšky 0,3 m. Není zde potřeba stavět vývar, pokud je opevněné dopadiště. Práh je pevně zavázán po obou stranách do břehu, aby pod ním neprotékala voda, protože tento jev je nežádoucí. Na zhotovení je použit stejný materiál jako u předchozích pásů. Dopadiště je nejčastěji opevněno kamením, dřevem a klestem (Kovář a kol., 2002).

### 3.4.2 Spádové objekty

Jedná se o objekty, jež jsou prostředkem pro vyrovnání podélného sklonu dna, či jeho snížení. Rozdělujeme je na stupně ve dně, skluzy a balvanité skluzy.

**Stupeň** je přelivný objekt příčného tvaru, který pomáhá zajistit překonání v rozdílnosti výšek dna a zmenšuje jeho podélný sklon. Jejich výška je vyšší než 0,3 m a nejsou opatřeny záchytným prostorem. Konstrukčně jsou zavázány do břehu tak hluboko, aby okolo tělesa nepronikala žádná voda, neboť to je nežádoucí účinek. Vzdušné stěny mají navrhovaný sklon 5:1 až 10:1, zatímco návodní strana stupně je svislá. Podle zvoleného materiálu dělíme stupně na několik druhů, jako jsou dřevěné, betonové, zděné, kamenné, drátokamenné, prefabrikované, kombinované či složené z více různých materiálů. U betonových a zděných stupňů se ponechávají potřebné otvory o vhodném rozměru k odvádění vody z návodní strany (Patočka a kol., 1989; Kovář a kol., 2002).



Při přepadání přes přelivnou hranu vzniká značné množství kinetické energie, která musí být utlumena, proto jsou stupně opatřeny dopadištěm, aby nedocházelo k rozrušování a vymílání dna. Podle charakteru proudění je toto řešeno buď vývarem a nebo opevněným spadištěm. Nejmenší hloubka pro vývar je 0,3 m. Stabilizační práh je zpravidla zbudován na konci dopadiště. Aby bylo dosaženo vysoké drsnosti a tím i většího útlumu, bývá dopadiště opevněno u dna kamennou dlažbou, kamennou rovnaninou nebo kamenným záhozem. Kamennou dlažbou jsou většinou opevněny břehy nad dopadištěm.

**Skluz** je příčný objekt, přes který voda nepřepadá, ale dochází ke skluzu tekoucí vody po šikmé rovině, protože voda není oddělena od povrchu. Pro základ skluzu se používá beton a vrchní skluzová plocha je opevněna kamennou dlažbou s cementovou maltou, stejně jako jsou i břehy. Povrch skluzu má být opatřen výstupky, které zajišťují vyšší stupeň drsnosti příslušného povrchu a to z důvodu utlumení kinetické energie, aby nevznikla případná škoda vlivem vysoké energie proudící vody.

**Balvanité skluzy** dotvářejí přírodní vzhled úpravy toku. Byly odvozeny z přírodně vzniklých větších sklonů dna. Jedná se o kratší úseky koryta s výrazně vyšším sklonem dna a pro jeho opevnění byly zvoleny velké balvany. K útlumu kinetické energie zde dochází pomocí skluzové plochy, díky zvlněnému vodnímu skoku a také ve výmolu pod skluzem. Balvanité skluzy jsou vybudovány většinou z lomového kamene, který je skládán v jedné vrstvě, nebo má volné uložení v několika vrstvách (Raplík a kol., 1989; Kovář a kol., 2002).

### 3.4.3 Objekty zajišťující přístup

Přístupy k hladině vodních toků jsou převážně stavěny v intravilánu měst a obcí, slouží především k odběru vody a jejímu následnému využití. Zpravidla jsou stavěny tam, kde není možný přístup přes opevnění nábrežních břehů a svahů. Řadí se sem schodiště pro pěší, rampy pro pěší a vozidla a náplavky.

**Schodiště** by nemělo přesahovat šířku větší jak 80 cm. Zhotovení schodiště nesmí bránit volnému průtoku vody profilem koryta a je vyhotoveno ze stupňů a schodnic, které se zapouštějí do nábrežního svahu.

**Náplavka** je plošina při břehu řeky o délce až 30m a šířce mezi cca 10-15 m. Mají funkci překladišť při nákladní říční dopravě, fungují jako přístup k přivozům přes tok a mohou mít i rekreační účel v urbanizovaném území.

**Rampy** slouží k propojení náplavky s pozemní účelovou komunikací města. Jsou navrženy rovnoběžně s proudnicí toku, neměly by zasahovat do průtočného profilu a jsou opevněny dlažbou s maximálním sklonem 1:8 (Thoř, 1981).

### 3.4.4 Přehrážky

Jsou zbudovány převážně na horních částech toku, kde je bystřinný charakter nebo na úsecích s tímto charakterem. Jsou vystavěny nad úrovní dna jako příčný objekt s maximální dosahující výškou do 4 m. Slouží k zachycení splavenin v toku, proto nad přehrážkou je zádržný prostor. Jsou opatřeny otvory o vhodném rozměru v tělese stavby a vybaveny přelivem. Rozlišujeme retenční a konsolidační přepážky, to podle jejich funkce a účelu. Retenční přepážky nadržují vodu a taktéž zadržují plaveniny, které jsou vodou přinášeny. Budovány jsou nad městy a obcemi a také nad souvislou úpravou. Konsolidační přehrážky mají chránit dno toku proti vodní erozi v místě stavby, taktéž zachycují naplaveniny a slouží jako podpora objektů umístěným nad nimi. Materiálem pro výstavbu je kámen, beton, železobeton, drátokámen (gabion) a prefabrikát (Skatula, 1960; Kovář a kol., 2002).

### 3.4.5 Vzduvací vodní díla

**Jezy** jsou vzduvací příčné stavby trvale zvyšující hladinu vodního toku. Jezy se odlišují od přehrad především tím, že jimi vytvořená nádrž má velmi malý objem, v určitých případech skoro zanedbatelný a není jejich hlavním účelem. Nejdůležitější funkcí jezů je vzduť hladiny a trvalé udržení její výšky. Zajišťují dostatečnou hloubku pro plavbu lodí, možnost odběru vody, také vyrovnávají spád dna, a proto rychleji tekoucí voda může být využita i pro svůj energetický potenciál. Jezy se dělí podle konstrukčních typů na pevné a pohyblivé jezy. Jezy se stabilní přelivnou hranou, která je nepohyblivá, jsou pevné jezy. Pohyblivé jezy mají regulovatelnou výšku hladiny díky vybavení hradicemi tělesy a uzávěry. Dále je vybudována přelivná plocha a podjezí s vývarem a rozličnými rozrážeci. Práh nebo kamenný zához ukončuje podjezí. Jez by měl být taktéž vybaven rybím přechodem, který usnadňuje překonávání vzduvacího objektu živočichům žijícím v toku, převážně rybám (Broža a kol., 1998; Milerski a kol., 2002).

## **Pevné jezy**

*Dřevěné jezy* jsou konstrukčně nejstarší, jejich životnost není příliš vysoká, záleží na druhu použitého dřeva. Proto se dnes používají jen jako dočasné stavby. Srubové jezy mají dřevěnou kostru, která je vyplněna lomovým kamenem. Dále existují dřevěné jezy s výplní nebo jednoduchou hradicí stěnou.

*Kamenné jezy* jsou konstrukčně nenáročné, jsou vyztuženy pilotami, nebo štetovou stěnou, ale nemusí to být pravidlem.

*Betonové a zděné jezy* jsou jezové konstrukce s nejhodnějším zastoupením. Přelivná hrana je zpevněna kamennou dlažbou z opracovaného kamene. Nejčastěji se vyskytují jezy s příčným profilem proudnicového tvaru přelivné plochy. V minulosti se stavěly jezy strmé, které se ovšem neosvědčily pro své nedostatky (Broža a kol., 1998).

## **Pohyblivé jezy**

Pokloповé jezy jsou nejrozšířenější pohyblivé jezy, a to pro svoji jednoduchost. Hradicí konstrukce, jenž je pohyblivá, je většinou deskovitého tvaru. Tento poklop se otáčí kolem vodorovné osy, která je umístěna zvoleným způsobem buď na spodní stavbě, nad spodní stavbou a nebo nad vzdušnou hladinou vody. Nejběžnější typ pokloповého jezu je jez s klapkou, což je konstrukčně typ s osou na spodní hraně. Strojní mechanismus a táhla ovládají klapku (Milerski a kol., 2002).

*Stavidlové jezy* mají hradicí konstrukci vytvořenou ze stavidla nebo stavidel. Pilíře jsou osazeny drážkami, ve kterých se při manipulaci pohybuje hradicí stěna ve svislém směru. Použita jsou jednoduchá, nebo dvoudílná stavidla, kterými jde lépe ovládat režim proudění v okolí jezu. K regulaci dochází přepadem, výtokem nebo kombinací zmíněnými způsoby (Thoř, 1981).

*Segmentové jezy* se vyznačují hradicími poli vyrobenými z oceli (segmenty). Pohybují se okolo osy, která leží mimo hradicí stěnu v pilířích. Hlavní nosníky přenášejí vodní zatížení a samotnou váhu segmentové konstrukce přes ramena, která jsou ukončena čepy, až na opěrný blok na pilíři. Segmenty pro běžné používání jsou spustné, zdvižné, dvoudílné a segmenty s klapkou pro jemnou regulaci (Milerski a kol., 2002).

*Válcové jezy* jsou osazeny pohyblivým válcem z oceli, který je odvalován ozubenými kolejkami, které mají usazení v drážkách jezových pilířů. Konstrukce je velmi tuhá, při uvažovaném návrhu jezu pro Českou republiku se již tento typ neuplatňuje.

**Hydrostatické jezy** vyznačuje hydrostatický uzávěr. Využívá se v nich hydrostatických sil, které působí v tlačné komoře jezu, na jejichž základě se pohybují. Hydrostatický uzávěr je zvedán přetlakem horní vody, která je propojena kanálem do tlačné komory. Pokud se tento kanál uzavře a dojde k otevření druhého kanálu, který spojuje tlačnou komoru s dolní vodou, poklesne tlak v tlačné komoře a dojde ke sklápění hradicího tělesa. Pohyby jezu jsou tedy řízeny jen otevíráním a uzavíráním příslušných kanálů. Proto tyto jezy mají většinou automatické ovládání. Konstrukční rozdělení takovýchto jezů se dělí na tabulové, pokloповé, segmentové a sektorové (Thoř, 1981; Milerski a kol., 2002).

**Vakové jezy** jsou nejméně finančně náročný typ pohyblivého jezu. Použití nacházejí v místech, kde není zapotřebí velké výšky vzduší. Základní částí konstrukce je vak z nepropustné textilie, většinou pogumovaný. Ke spodní stavbě jezu je tento vak náležitě přikotven. Vak je plněn mírným přetlakem vody, zhruba o velikosti 1,5 násobku zadržované výšky. Nevýhoda tohoto jezu je snadné poškození unášenými předměty, vandalismem a nebo postupným obroušením splaveninami (Broža a kol., 1998).

## **Hráze**

**Ochranné hráze** chrání proti povodním. Jejich příčný profil je lichoběžníkového typu. Výstavba se provádí především v rovinných oblastech, kde může dojít k vyběžení blízkého toku, čímž vzniká jisté nebezpečí zátopy. Tyto stavby nejsou dlouhodobě zatěžovány vodou na rozdíl od ostatních vzdouvacích staveb. Ochranné hráze primárně chrání menší území a jsou uzavřené. Ochraňují menší obce, města, prostory různých provozů nebo významné stavby, které by mohly být ohroženy. Značnou nevýhodou takovýchto hrází může být nedostatečný přístup k únikovým komunikacím. Ochranná hráz musí být opatřena výpustným zařízením (požerák, stavidla) pro případné včasné vypuštění povodňové vody, která se akumulovala v prostoru chráněného hrází, aby nedošlo k provalení hráze, což by způsobilo velmi výrazné škody (Raplík a kol., 1989).

**Inundační hráze** nejsou uzavřené, jinak mají podobné provedení jako ochranné hráze. Výstavba probíhá především podél toku v inundačních zónách. Jejich primárním úkolem je omezit plochu záplavového území tím, že zabrání rozliti vodního toku. Dosahují délky až několika stovek kilometrů a jsou poměrně nízké. Na výstavbu je zpravidla použit materiál, který se v dané lokalitě vyskytuje.

*Boční ochranné hráze* ochraňují stavbu v místech, kde není možné vybudovat ochrannou hráz, jež by byla uzavřená. Nejčastěji se budují u nějakého svahu a dobudují se zbylé ochranné stěny podle potřeby, aby ochránily potřebný majetek (Thoř, 1981).

*Obvodové a vedlejší hráze* se staví zpravidla jako doplňkové hráze při výstavbě přehrad. Dají se považovat za liniové stavby, používají se při výstavbě umělých nádrží. Vedlejší hráz je zapotřebí vystavět tam, kde výšku bočního údolí přesáhne hladina nově navrhované nádrže (Broža a kol., 1998).

### **Přehrady**

Přehrady vytvářejí vodní nádrže, jelikož napříč údolí vzdouvají vodu nad původní stav. Přehrady se staví z rozličných důvodů a mají za úkol zadržovat vodu pro pozdější vodohospodářské využití, zabránit povodním zachycením vody v retenčním prostoru nebo vytvořit dostatečně velký spád pro energetické účely. Mají mnoho kladných vlivů, ale jsou tu i patřičná negativa. Výrazně narušují původní prostředí v místech, kde byly přehrady či nádrže vybudovány. To má nevratné následky na místní faunu a floru, protože dochází k druhovým změnám v lokalitě, je ovlivněno klima v okolí (změna teploty, vlhkost, tvorba mlhy). Téměř většina vodních nádrží je budována a později využívána jako víceúčelové vodní dílo. Při navrhování vhodného typu přehrady musíme posoudit mnoho aspektů v dané lokalitě. Dělají se geologické průzkumy, posuzují se geomorfologické podmínky, výška nadržení, účel nádrže, dostupnost materiálu v lokalitě, případně jeho transport, bezpečnost či časová náročnost provedení stavby. Přehrady dělíme nejčastěji podle konstrukce a statického působení nebo podle stavební hmoty, která převažuje (Broža a kol., 1998).

### **Členění přehrad podle stavebních hmot:**

#### **Z místního materiálu:**

Na tyto přehrady se využívá materiál, který se v dané lokalitě nachází. Jako jsou zeminy, šterky, kamení a balvany. Všechny materiál musí splňovat patřičné fyzikální, chemické, geotechnické a mechanické vlastnosti. Přehrady jsou zpravidla budovány hrázi, která má návodní stěnu a vzdušní stabilizační část (těleso hráze), ochrannými prvky, drenáží a těsněním (zemním, asfaltobetonovým, plastovou folií, betonovým, železobetonovým) (Broža a kol., 1998).

**Zemní přehrad**y využívají pro svoji výstavbu zeminu, jež se těží poblíž staveniště. U zeminy musí být provedena laboratorní zkouška na zhutnění zeminy a propustnost, nadále se posoudí vhodnost použití pro výstavbu. Pokud zemina nevyhověla zkoušce propustnosti, je nezbytné opatřit hráz těsněním.

**Kamenité přehrad**y jsou vždy opatřeny vhodným těsnícím materiálem. Na výstavbu je použit lomový kámen, který je velmi odolný a pevný. Většinou jsou tyto přehrad y postaveny výlučně z kamene bez použití pojiva. Při použití velkých kamenů se nazývají balvanité přehrad y.

**Směšené přehrad**y jsou dosaženy kombinací předešlých dvou typů, jde o spojení kamenité konstrukce a zemního náspu (Thoř, 1981; Broža a kol., 1998).

#### **Přehrad y z umělých materiálů:**

**Přehrad y zděné z lomového** zdiva se pro svoji náročnost na výstavbu a finanční náklady přestaly v České republice budovat už začátkem druhé světové války. Na stavbu byl použit velmi kvalitní lomový kámen vhodného tvaru, který se vyzdíval do spojovacího materiálu. Kámen musel být dostatečně pevný, nezávětralý a především mrazuvzdorný, aby nedošlo k nenávratným škodám. Tyto přehrad y patří mezi nejestetičtější vodní díla vůbec (např.: vodní nádrž Les Království, Seč) (Broža, 2005).

**Betonové přehrad**y jsou v současnosti nejrozšířenějším druhem vodních přehrad a taktéž dosahují největších výšek a gigantických rozměrů (např.: Tři soutěsky – Čína, Itaipú – Brazílie/Paraguay). Na výstavbu je použito značné množství mechanizace, které umožňuje snížení finančních nákladů a zkracuje časovou náročnost výstavby na nezbytné minimum. Výstavba z válcového betonu je mnohem rychlejší a méně náročná než klasická metoda. Nevznikají zde dilatační spáry, které by bylo potřeba těsnit. Přehradní těleso je celistvé ve všech směrech (Broža, 2005).

#### **Členění přehrad dle konstrukce:**

**Přehrad y s tížným účinkem** využívají zemskou gravitaci, jejíž pomocí odolávají vzniklým tlakovým silám vyvolaných tlakovým účinkem vody. Používají pouze vlastní váhu. Tyto síly jsou následně přeneseny do podloží přehrad y.

**Přehrad y klenbové** přenášejí zatížení do svahů břehů, v níž je zakotvena, určitá část je taktéž překonána tížným účinkem přehrad y. Velmi známá je Hooverova přehrada

ve Spojených státech amerických, která ve své době byla nejvyšší přehradou a jež využívá klenbové konstrukce.

*Přehrady členěné* mají konstrukci, kterou lze rozdělit na jednotlivé prvky s různou funkčností. Desky, kupole nebo klenby jsou většinou hradicími prvky. Hradicí stěna přenáší vodní zatížení na pilíře, ty následně přenesou zatížení do podloží.

*Přehrady zvláštní konstrukce*, jedná se u nich většinou o nějakou úpravu výše zmíněných přehrad. Konstrukce je doplněna dalšími úpravami navíc či úpravou stavebního materiálu. Samozřejmostí je, že se tyto konstrukce rozličně prolínají a navzájem kombinují (Thoř, 1981; Broža a kol., 1998).

### **3.4.6 Soustřed'ovací stavby**

Soustřed'ovací stavby se budují na tocích s nestálým korytem a velkým pohybem splavenin. Při návrhu výšky koruny se zohledňuje velikost průtoku, při kterém dochází k pohybu splavenin. Při návrhu musí být taktéž zohledněn fakt, že koruna musí být níže, než hladina velké vody. Primárně řeší problém, jak mají zajistit usazení splavenin na vyhovujícím místě a jak zmírnit unášecí schopnost proudu vody. Tyto stavby dělíme na podélné a příčné (Broža a kol., 1998).

*Podélné* stavby mají hrázový charakter a jsou liniově vedeny v novém břehu. Prostor mezi stavbou a starým břehem je osázen přepážkami a dochází k postupnému zanášení. Nakonec dojde k vytvoření zcela nového břehu.

*Příčné* soustřed'ovací stavby vycházejí z původního břehu a končí s úrovní nového břehu. Řadí se sem hlavně výhony, které usměrňují průtok do středu koryta (Thoř, 1981).

### **3.4.7 Křížení toku s komunikacemi**

*Mosty* jsou stavěny k překlenutí vodních toků. V návrhu a konstrukčním řešení je zohledněn určitý navrhovaný průtok. Návrhový průtok je určitá hodnota maximální vodní hladiny toku. Od této hladiny musí být spodní hrana mostní konstrukce v minimální výšce 0,5 m. Mělo by být vhodně zvoleno umístění mostních pilířů, aby nedocházelo k vymílání jejich základů, proto by se neměly nacházet v proudnici toku. Žádoucí rovněž je, aby úhel křížení mezi mostní konstrukcí a tokem byl větší než 60° (Thoř, 1981).

## 4. Metodika

Bakalářská práce byla vypracována za pomoci kancelářského balíku MS Office 2010 (Word, Excel) od společnosti Microsoft. Dalším použitým softwarovým programem byl ArcGIS 10.2.1 od americké společnosti Esri, ve kterém byl zpracován digitální model terénu a povodí a zároveň v něm byly vyhotoveny mapové přílohy k bakalářské práci. Následně byl použit program DesQ – Max Q pro výpočet  $Q_{100}$  v uzávěrovém profilu zájmového území.

### 4.1 Stanovení stoletého průtoku $Q_{100}$ za pomoci matematického modelu a empirického vzorce dle Čerkašina

Za pomoci programu DesQ byl vytvořen matematický model pro výpočet stoletého průtoku  $Q_{100}$  v uzávěrovém profilu. Program byl zapůjčen vedoucím práce výhradně pro účel zpracování bakalářské práce. Nejprve bylo zapotřebí nadefinovat vstupní parametry, aby mohl být proveden výpočet  $Q_{100}$ . Zvolenou srážkovou stanicí byla stanice v Dobrušce, pomocí které byl zjištěn srážkový úhrn. V digitálním modelu terénu byla zhotovena údolnice a následně změřena její celková délka a taktéž sklon, velikost plochy pravého a levého svahu a jejich průměrný sklon. U obou svahů bylo nezbytné určit hodnotu CN křivek a součinitel drsnosti plochy. Hydrologické podmínky lesa a využití půdy v krajině nám určily součinitel drsnosti. Hlavní půdní jednotka (HPJ) a způsob využití půd v krajině nám dovolily na jejich základě spočítání hodnot CN křivek. Zvolen byl typ číslo dva pro CN křivky (vodou středně nasycená aktivní půdní zóna). Důsledkem je zjištění průtoků s pravidelnou dobou opakování  $N = 5, 10, 20, 50$  a  $100$ . Všechny výstupy z tohoto programu jsou uveřejněny v příloze č.7.

Pro porovnání výsledku byl ještě proveden výpočet za pomoci empirického vzorce dle Čerkašina.



## **4.2 Terénní průzkum zájmové lokality**

Velmi důležitou součástí vypracování bakalářské práce byl terénní průzkum zájmové lokality v okolí města Dobruška a přilehlých obcí. Z důvodu důkladného seznámení s lokalitou bylo podniknuto několik pozorování. Zde bylo především zkoumáno opevnění koryta toku Brtva a výskyt objektů, které se na toku nacházejí nebo ho kříží. Během řady pozorování byla rovněž pořízena fotodokumentace toku a objektů. Fotodokumentace je součástí přílohy č.9.

## **4.3 Vytvoření digitálního modelu terénu**

Digitální model byl vytvořen softwarovým vybavením ArcGIS 10.2.1 od americké společnosti Esri. Základní data pro zhotovení modelu byla poskytnuta Českým zeměměřičským úřadem (ČÚZK). Byla použita sada vrstevnic ZABAGED – výškopis 3D vrstevnice. Tato sada byla poskytnuta zdarma, výhradně pro studijní účely a zpracování práce. Od Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka byla získána vrstva vodních toků na celém území České republiky. Tato vrstva je veřejně přístupná na serveru DIBAVOD. Dále bylo nahráno ortofoto území z GIS serverů, konkrétně <http://geoportal.gov.cz>. Všechny podkladové vrstvy byly převedeny do souřadnicového systému S – JTSK. Byla rovněž nahrána vrstva povodí z portálu <http://heis.vuv.cz/>. Po oříznutí zájmového území byly v program ArcGIS vytvořeny mapové podklady pro povodí. DTM – výškový model terénu (Příloha č.1). Slope, jenž nám umožnil model sklonů v povodí (Příloha č.2). (Příloha č.3) je funkce, která zajistila model orientace ke světovým stranám. Pomocí dotazu na uzávěrový profil byla zjištěna souřadnice profilu v systému S- JTSK.

## 5. Vlastní práce a výsledky

### 5.1 Charakteristika zájmového území

Z obrazové přílohy č. 1 je zřejmé, že se vybraná lokalita nachází v Královéhradeckém kraji, severovýchodně od krajského města Hradce Králové a patří do okresu Rychnov nad Kněžnou. Geografická poloha města Dobruška je určena souřadnicemi  $50^{\circ}17'20,3''$  severní zeměpisné šířky a  $16^{\circ}09'25,9''$  východní zeměpisné délky (souřadnicový systém WGS – 84)



Obrázek č. 1 Zájmová lokalita (<http://geoportal.gov.cz>)

Zájmové území je určeno rozvodnicí Brtevského a Bačetínského potoka. Řešené území je znázorněno v obrazové příloze č. 2



Obrázek č. 2 Detail zájmové lokality (<http://geoportal.gov.cz>)

Dobruškou protékají dva potoky. Lidově „Zlatý potok“ s oficiálním názvem Dědina, pramenící v Orlických horách nad Sedloňovem, protéká celou řadou vesnic, které historicky patří do spádové oblasti města Dobrušky. V minulosti právě podél tohoto vodního toku vedly komunikace spojující město s okolními vesnicemi. Druhým potokem je Brtva pramenící pod Bačetínem. Pod Dobruškou, v Pulicích, se vlévá do Zlatého potoka a pokračuje k Českému Meziříčí. U Třebechovic pod Orebem se vlévá do Orlice.

## 5.2 Povodí Brtevského potoka

### 5.2.1 Popis povodí

Brtevský potok je pravostranným přítokem Dědiny, lidově nazývaným jako „Zlatý potok“. Pramení v nadmořské výšce 460 m n.m. u obce Bačetín, který se nachází blízko Orlických hor severovýchodně od města Dobrušky. Dále jsou poblíž vesnice Sudín, Miškov, Domašín, Val, Křovice. Pramen potoka vzniká mezi poli soutokem několika nepatrných pramínků, které vytékají z polních svahů. Tok má dva levostranné přítoky, jeden tok je malého charakteru a není ani pojmenován v mapových podkladech, druhým tokem je Bačetínský potok, který pramení nad zmíněnou obcí Bačetín.

Tok pomalu vytéká z polí a začíná si tvořit svoje koryto, které je ze začátku velmi malé, až přehlédnutelné. Poté protéká nezastavěnou krajinou mezi poli a jeho břeh lemují křoviny, případně měkké dřeviny. Po několika metrech se dostává do místního lesíka, který má převážně listnaté zastoupení. Zhruba po kilometru vtéká do uměle vytvořené nádrže, která byla zbudována pro udržení místní biodiverzity. Jedná se o malou vodní nádrž, která je převážně zarostlá vodními travinami a jejíž břeh lemuje hustý rákos. Poté vtéká znovu do místního lesíka, ale zde už převažují dřeviny jehličnatého původu. V lesíku dochází k prvnímu křížení s víceúčelovou pozemní komunikací, která spojuje dvě sousední vsíky. Křížení je provedeno malým mostkem. Poté obtéká menší obec Domašín v její severní části.

Následně podtéká státní silnici třetí třídy s číselným označením 309 a přitéká do vesnice Val. Na vtoku do vesnice je postaven starý mlýn, který tohoto toku využíval pro svoje účely. Mlýn je dnes nefunkční a slouží k rekreačním účelům. Za mlýnem přitéká Bačetínský potok, jenž je levostranným přítokem Brtevského potoka.

Tok pokračuje rovným korytem až na křížení se státní komunikací třetí třídy číslo 298. Zde podtéká most a za mostem je uměle zbudovaná soukromá obtočná nádrž, jež Brtevský potok dotuje. Tok se dostává na území obce Křovice, kde teče rovinatým terénem obklopeným z obou stran svahy. Po protečení menšího lesíka se dostává na místní splav. Zde začíná výrazněji zabydlená část obce, a proto jsou tu opevněny břehové stěny. Tok je usměrněn v opevněném korytě až do křížení s místním obecním mostem. Za tímto mostem je opevnění výrazně poničeno, až je nakonec zcela vynecháno.

Do katastrálního území města Dobrušky tok vstupuje v místech, kde podtéká státní silnici s číselným označením 14. Poté protéká okolo bývalého městského pivovaru, kde si zanechává svoje přírodní koryto, ale je zde i uměle vybudované koryto, které mělo sloužit k přivádění vody do pivovaru. Umělý přivaděč v současnosti ale nenachází své využití. Poté Brtva protéká dále městskou částí opevněným korytem. V jedné části je zaústěn pod zem, protože se nad tokem se nachází místní víceúčelová komunikace a zastavěná obytná část. Zhruba po 200 m znova vyústuje do otevřeného opevněného koryta. Pokračuje městskou částí dále a za Podorlickým vzdělávacím centrem se vlévá do toku Dědina, jehož je levostranným přítokem.

Průtočná kapacita koryta je vcelku dobře nadimenzována k odvádění průtoků z tání sněhu a prudkých přívalových dešťů. Samozřejmě vlivem nepříznivých faktorů může dojít k vyběžení koryta a ohrožení několika staveb v okolí toku, většinou dojde ale jen k mírným škodám. Při vysokém průtoku hrozí zacpání profilu splavenými větvemi, případně vznikem ledových ker a jejich následnému nashromáždění a vytvoření ledové bariéry. Vzhledem k velikosti dosahovaných průtoků to je velmi nepravděpodobné.

## 5.2.2 Geologické a půdní poměry v povodí

Město Dobruška a jeho přilehlé okolí leží v malebném podhůří Orlických hor. Z geomorfologického hlediska je území součástí Hercynského systému vrásnění a je subprovincií Orlického podhůří. Podle údajů uveřejněných na geologických mapách je jižní část zájmového území součástí české křídové pánve. Vyskytují se zde zpevněné sedimenty z období křídý jako je slínovec či vápenec a na tomto podloží stojí celé město. Většinu povodí zaujímají mezoické písčité slínovce až jílovce spongilitické, místy silicifikované (opuky). Tyto sedimenty se vytvářely v orlicko-žďárském vývoji. Nejmenší plochu v povodí zabírají horniny paleozoika až proterozoika, konkrétněji neoproterozoikum, spodní paleozoikum. Je zde zastoupen fylit v regionu orlicko-sněžnické krystalnikum (<http://mapy.geology.cz>, 2014).

Z pedologického hlediska se v zájmové části vyskytují kambizemě, pseudogleje, gleje a pararendziny (<http://geoportal.gov.cz>, 2014).

**Pseudoglej:** typ půdy, jež je rozšířena po celém území České republiky. Vzniká tam, kde je periodický opak převlhčení a vysoušení půdního profilu, vznik především v terénních depresích a v záplavových územích.

**Kambizem:** nejrozšířenější půdní typ na území české republiky, dříve se nazýval lesní půdou (hnědou). Je zastoupena v členitém terénu, nachází se ve svažitéch podmínkách.

**Pararedzina:** půdní typ s písčným a zrnitým humézním horizontem, který je typický ostrým přechodem do silikátové mateční horniny, jež obsahuje uhličitán vápenatý v určitém poměru.

**Glej:** půdy, které se vyvíjejí pod vlivem vysoké hladiny vody. Vlivem redukovanými sloučeninami železa má modré až zelené zabarvení, také má typický zápach v důsledku anaerobních pochodů (Nypl a kol., 1992).

### 5.2.3 Popis Brtevského potoka a objektů

Veškerá fotodokumentace se nachází v příloze č. 9

Staničení objektů je orientačně odměřeno z mapové předlohy portálu [www.heis.cz](http://www.heis.cz) a pomocí softwaru ArcGIS 10.2.1)

#### ř. km 8550 – 3,362

Od počátku pramene teče potok ve volném profilu, obklopují ho zde zemědělsky obhospodařované pozemky a louky. Koryto je nepravidelného velmi úzkého tvaru s rozbahněným dnem. V 7,505 ř. km se vyskytuje malá vodní nádrž. Nádrž má bahnitě dno, je silně obrostlá vysokými vodními travinami. Potok zde vtéká do místního lesíku, kde podél jeho toku jsou listnaté stromy. V 6,931 ř. km je zbudován propustek pod místní komunikací, která spojuje dvě oddělené obce. Dále pokračuje potok korytem, které protéká lesíkem. V 3,664 ř. km podtéká potok most, na kterém je státní komunikace třetí třídy, čísla 309. V 3,430 ř. km u bývalého mlýna je dřevěný stupeň. Soutok Bačetínského a Brtevského potoka je v 3,362 ř. km.

#### ř. km 3,362 -1,989

Trasa toku pokračuje zpevněným korytem. V 3,197 podtéká státní komunikaci třetí třídy s typovým označením 298, tok je zde přemostěn. V 3,124 je zbudována soukromá malá vodní nádrž s obtočnou hrází. V 3,094 je dřevěný stupeň. V 2,972 je silniční most v obci Křovice, který spojuje státní silnici s obcí. Na 2,466 ř. km se v místním lesíku

lesnatého typu nachází lávka pro pěší. V 2,355 ř. km a 2,300 ř. km jsou zbudovány kamenné stupně, které přivádějí tok do nově opevněného koryta v obci Křovice. V 2,209 je silniční most s místní komunikací. Most byl postaven v roce 2003. Za mostem tok pokračuje korytem s porušeným opevněním v nevyhovujícím stavu, až je koryto zcela neopevněno. V 1,989 tok podtéká nadúrovňovou komunikaci první třídy typového označení číslo 14.

#### **ř. km 1,989-0**

Před vtokem do města pokračuje nezpevněným korytem místem, kde je široká louka pro případné rozvodnění velké vody. V 1,862 ř. km je kamenný stupeň a tok pokračuje do města Dobrušky. V 1,462 ř. km tok podtéká most v místním parčíku a zhruba dalších 150 m je pod povrchem, následně dále pokračuje otevřeným zpevněným korytem. V 1,114 ř. km tok křížuje místní komunikaci, což je vyřešeno přemostěním toku. Dále pokračuje městským opevněným korytem a na 0,416 ř. km je znovu přemostěn obecní komunikací. Poté pokračuje už nezpevněným korytem za Podorlickým vzdělávacím centrem. Brtevský potok ústí do Dědiny v 26,743 ř. km.

## 5.3 Zpracování povodí Brtevského potoka

### 5.3.1 Identifikace povodí

Číslo hydrologického pořadí dle webového serveru <http://heis.vuv.cz>.

- 1-02-03-0180-0-00 úsek od pramene Brtevského potoka po soutok s Bačetínským potokem  
1-02-03-0190-0-00 Bačetínský potok  
1-02-03-0200-0-00 úsek Brtevského potoka po soutok s Dědinou

### 5.3.2 Geometrická charakteristika povodí

Pro výsledné výpočty byl využit digitální model terénu.

Délka hlavního toku  $L_{HT}$ :  $L_{HT} = 8,550$  km

Délka údolnice  $L_U$ :  $L_U = 9,07$  km

Délka rozvodnice  $R$ :  $R = 22,95$  km

Plocha povodí  $F$ :  $F = 17,059$  km<sup>2</sup>;  $FP = 14,092$ ;  $FL = 2,967$

Součinitel asymetrie  $\alpha$  (1.2):  $\alpha = \frac{F_L - F_P}{F} = \frac{|2,967 - 14,092|}{17,059} = 0,648$

Součinitel tvaru povodí  $\alpha$  (1.3):  $\alpha = \frac{F}{L_U^2} = \frac{17,059}{9,07^2} = 0,207$

Střední šířka povodí  $B$  (1.4):  $B = \frac{F}{L_U} = \frac{17,059}{9,07} = 1,88$  km

#### 5.3.2.1 Výškové poměry

- ◆ Max. nadmořská výška: 546 m n.m.
- ◆ Min. nadmořská výška: 278 m n.m.
- ◆ Max. výška údolnice: 511 m n.m.
- ◆ Mini. výška údolnice: 278 m n.m.

### 5.3.3 Sklonové poměry

Absolutní spád povodí  $\Delta H$  (1.11):  $\Delta H = H_{max} - H_{min} = 546 - 278 = 268$  m



Střední sklon svahů **I<sub>sv</sub>** (1.12): 
$$I_{sv} = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{F}} \cdot 100 = \frac{546 - 278}{\sqrt{17059000}} \cdot 100 = 6,49\%$$

**I<sub>sv1</sub>**: 
$$I_{sv1} = \frac{546 - 278}{\sqrt{14092000}} \cdot 100 = 7,14\%$$

**I<sub>sv2</sub>**: 
$$I_{sv2} = \frac{511 - 278}{\sqrt{2967000}} \cdot 100 = 13,53\%$$

Průměrný sklon údolnice **I<sub>u</sub>** (1.15): 
$$I_u = \frac{H_{max,u} - H_{min,u}}{L_u} \cdot 100 = \frac{511 - 278}{9070} \cdot 100 = 2,57\%$$

### 5.3.4 Ostatní charakteristiky

Hustota říční sítě **r** (1.1): 
$$r = \frac{\Sigma L}{F} = \frac{20,376}{17,059} = 1,194 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$$

Míra zalesněnosti povodí **K** (1.16): 
$$K = \frac{\Sigma P_l}{F} \cdot 100 = \frac{1,89}{17,353} \cdot 100 = 10,89\%$$

Souřadnice uzávěrového profilu v S-JTSK:

-617, 765

-1 035,670

## 5.4 Určení stoletého průtoku matematickým modelem

### 5.4.1 Hodnoty N – letých průtoků stanovené pomocí programu DesQ

N - leté průtoky	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	4,34	6,84	10,1	14,8	19,1

Tabulka č. 3 N-leté průtoky stanovené matematickým modelem

(Kompletní údaje výstupu pro Q<sub>100</sub> jsou uvedeny v příloze č.7)

### 5.4.2 Hodnoty N – letých průtoků poskytnutých Českým hydrometeorologickým úřadem (ČHMU)

N - leté průtoky	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	4,21	6,17	9,53	14	19,6

Tabulka č. 4 N-leté průtoky poskytnuté ČHMU v Hradci Králové

### 5.4.3 Čerkašínův vzorec

Dosazení do rovnice (2.4)

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \varphi \cdot v_s^{\frac{3}{2}} \cdot F}{p \cdot L_u^{\frac{2}{3}}} = \frac{24,7 \cdot 0,3 \cdot 1,2^{\frac{2}{3}}}{1,65 \cdot 9,07^{\frac{2}{3}}} = 19,891 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

## 6. Závěr

V bakalářské práci byly popsány základní hydrologické charakteristiky vodních toků a povodí. Následně byly aplikovány na konkrétní povodí Brtevského potoka. Například pro tvar povodí Brtevského potoka byla hodnota součinitele tvaru povodí  $\alpha = 0,207$ , z čehož jde odvodit, že se jedná o protáhlé povodí. Tvar povodí má výrazný vliv na dobu, za kterou se dostane voda z nejvzdálenějšího místa povodí do uzávěrového profilu povodí. Podle vzdálenosti mezi uzávěrovým profilem a nejvzdálenějším místem povodí se určuje náchylnost na vznik povodňové vlny za nepříznivých klimatických podmínek. Čím je tato vzdálenost menší, tím je povodí náchylnější na nebezpečnou povodňovou vlnu. Voda se rychleji koncentruje a vzniká nebezpečný povrchový odtok. Díky své protáhlosti není povodí Brtevského potoka až tak náchylné na bleskové povodně, protože aby nastaly, byly by zapotřebí velmi intenzivní srážky. Hlavně díky technickému opatření je koryto schopno pojmout stoletou vodu bez větších vedlejších škod na majetku. Nejpodstatnější ochranou pro město Dobruška je opevněné koryto v intravilánu města, které urychluje průtok profilem. Pro sousední vesnici Křovice bylo zbudováno v roce 2013 nové opevnění koryta a v roce 2003 byl postaven nový most pro místní komunikaci s dostatečným nadimenzováním, aby nedocházelo k zadržování vody v průtočném profilu před mostem. Na základě odtokových CN křivek za pomoci programu DesQ byl stanoven stoletý průtok v uzávěrovém profilu  $Q_{100} = 19,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pro povodí Brtevského potoka uvádí Český hydrometeorologický úřad (ČHMU) hodnotu  $Q_{100} = 19,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pro ověření byl ještě proveden výpočet dle Čerkašinoва empirického vzorce, kde hodnota dostahuje  $Q_{100} = 19,891 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Všechny uvedené průtoky jsou si navzájem podobné. Od průtoku uváděným ČHMU jsou v procentuální odchylce do 3%, což se dá považovat za velmi přesný výsledek. Tato rozdílnost může být způsobena použitím rozdílné metody a nebo ne zcela přesným odečtením dat.

Upravené koryto a objekty na Brtevském potoku v zastavěné části města Dobrušky a vesnicích, jimiž tok prochází, jsou dimenzovány na průchod stoleté vody. Musíme však zohlednit fakt, že vlivem nepříznivých podmínek se může sejít více nepříznivých faktorů, během kterých protéká větší množství vody. Nejkritičtějším obdobím bývá přelom v jarních měsících, kdy dochází k tání sněhu a mohou se objevovat vytrvalé intenzivní deště, které ve spojení s tající pokrývkou mohou zapříčinit vybrežení koryta. V letních

měsících může nastat blesková povodeň vlivem vysoké intenzity lokálních srážek na povodí. Při rozlité toku v zastavěné oblasti nedojde až tak k velkým škodám.

Bakalářská práce shrnuje a popisuje provedená opatření na Brtevském potoce v Dobrušce a přilehlém okolí. Práce může být použita jako podklad pro případné další zkoumání území, ale také může posloužit jako zdroj informací řešené lokality.

## 7. Použité zdroje a literatura

BROŽA, V. 2005. *Přehrady Čech, Moravy a Slezka*. Liberec : Knihy 555, ISBN 80-86660-11-7.

BROŽA, V., ČIHÁK, F. a SATRAPA, L. 1998. *Hydrotechnické stavby*. První vydání. Praha : Český svaz stavebních inženýrů, 1998. ISBN 80-902460-5-2.

DUB, O. a NĚMEC, J. 1969. *Hydrologie*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1969. ISBN 07-711-69.

HRÁDEK, F a KUŘÍK, P. 2008. *Hydrologie*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1744-4.

Hydroekologický Informační Systém VÚV T. G. Masaryka, 2014, online: <http://heis.vuv.cz/>. cit 6. 3. 2014

KEMEL, M. 1996. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01456-8.

KOVÁŘ, P a KŘOVÁK, F. 2002. *Hrazení bystřin*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2002. ISBN 80-213-0888-5.

KUTÍLEK, M. 1963. *Vodohospodářská pedologie*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1963.

LANGHAMMER, J. 2009. Vymezení typů vodních toků. *www.dibavod.cz*. [Online] 2009. [http://www.dibavod.cz/data/vymezeni\\_typu\\_vt.pdf?PHPSESSID=b32f83c256d387bb29c](http://www.dibavod.cz/data/vymezeni_typu_vt.pdf?PHPSESSID=b32f83c256d387bb29c).

Česká geologická služba 2014, online: <http://mapy.geology.cz/> cit. 11. 3. 2014  
[http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50zj&y=616800&x=1035900&r=5000&s=1&legselect=0](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=616800&x=1035900&r=5000&s=1&legselect=0).

MILERSKI, R, MIČÍN, J a VESELÝ, J. 2002. *Vodní stavby*. Brno : CERM, 2002. ISBN 80-214-2896-1.

Národní geoportál INSPIRIE, 2014, online: <http://geoportal.gov.cz>. cit. 7. 3.2014

NYPL, V a KURÁŽ, V. 1992. *Hydrologie a pedologie*. Praha : VŠCHT, 1992. ISBN 8070801522.

NYPL, V. 1992. *Hydrologie a pedologie*. Praha : VŠCHT, 1992. ISBN 80-7080-152-2.

Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T. G. Masaryka, 2014, online: <http://dibavod.cz/>. cit. 20. 3. 1014

PATOČKA, C a MACURA, L. 1989. *Úprava toků*. Praha : SNTL Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 04-735-89.

PLECHÁČ, V. 1999. *Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1999.

RAPLÍK, M, VÝBORA, P a MAREŠ, K. 1989. *Úprava tokov*. Bratislava : ALFA Vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1989. ISBN 80-05-00128-2.

SCHARFFENBERG W. A. a FLEMING M. J., 2010: Hydrologic Modeling Systém HEC-HMS User's manual U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center - HEC, Davis. CA.

SKATULA, L. 1960. *Hrazení bystřin a strží*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1960.

SOMMER, M. 1985. *Hydrologie*. Praha : SNTL Nakladatelství technické literatury, 1985.

THOŘ, Z. 1981. *Vodohospodářské stavby*. Praha : SNTL Nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 04-817-81.

ZUNA, J. 2008. *Hrazení bystřin*. Praha : ČVUT v Praze Stavební fakulta, 2008. ISBN 978-80-01-04010-2.

## **8. Seznam příloh**

Příloha č. 1: **DTM – výškový model terénu pro povodí Brtevského potoka**

Příloha č. 2: **Slope – sklonové poměry pro povodí Brtevského potoka**

Příloha č. 3: **Orientace svahů pro povodí Brtevského potoka**

Příloha č. 4: **Pedologické podmínky pro povodí Brtevského potoka**

Příloha č. 5: **Geologické podmínky pro povodí Brtevského potoka**

Příloha č. 6: **Záplavové území  $Q_{100}$  ve městě Dobruška**

Příloha č. 7: **Výstup programu DesQ – MaxQ 5.2**

Příloha č. 8: **Psaný podélný profil objektů na Brtevském potoce**

Příloha č. 9: **Fotodokumentace objektů na Brtevském potoce**