

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ**



OBOR ÚZEMNÍ TECHNICKÁ A SPRÁVNÍ SLUŽBA V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

**HYDROLOGICKÁ STUDIE POVODÍ VODNÍHO TOKU
ROKYTKA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph. D.

Bakalant: Andrea Kalivodová

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Andrea Kalivodová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hydrologická studie povodí vodního toku Rokytka

Název anglicky

Hydrological study of Rokytka water flow basin

Cíle práce

Vymezení lokality – poloha povodí, expozice a řád vodního toku

Odvození hydrologických charakteristik povodí

Stanovení maximálních N-letých průtoků pomocí empirických vzorců

Stanovení maximálních N-letých průtoků pomocí matematického modelu DesQ-MaxQ.

Metodika

1) Úvod

2) Odvození charakteristik povodí

3) Výpočet N-letých průtoků pomocí empirických vzorců a matematického modelu DesQ-MaxQ

4) Diskuze a závěr

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran + přílohy

Klíčová slova

Maximální odtok, N-letý průtok, DesQ-MaxQ, hydrologický model

Doporučené zdroje informací

HRÁDEK, F. – KUŘÍK, P. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.

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

MATĚJKOVÁ, D. J. *Hydrologie a hydroopedologie*. 2020

PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R. – FRAJER, J. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. Olomouc: Univerzita

Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.

STARÝ, M. *Hydrologie*. Brno: Vysoké učení technické, 2005.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Radka Rouba, Ph. D. Všechny literární a ostatní prameny použité při vytváření práce jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Praze dne 30.3.2023

.....

Andrea Kalivodová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala především vedoucímu mé práce Ing. Radku Roubovi, Ph. D., za vedení bakalářské práce, pomoc a cenné rady při zpracování. Dále bych chtěla poděkovat celé mé rodině a přátelům za psychickou podporu a motivaci při psaní práce.

Abstrakt

Hydrologické studie a údaje z nich získané lze využít ve většině hospodářských odvětvích, například pro protipovodňová opatření, protierozní ochranu, pro dimenzování vodohospodářských staveb, úpravy vodního toku nebo zásobování a čištění vod. Tato bakalářská práce se zabývá hydrologickou studií vodního toku Rokytka. Ta pramení na louce v okrese Praha-Východ v obci Tehovec a ústí jako pravý přítok Vltavy v Pražské Libni. Jde o tok se soustavou několika rybníků. V této hydrologické studii zjišťujeme hydrologické charakteristiky povodí a jejich vliv na odtokový proces, tvoříme digitální model terénu. Zaměřujeme se také na výpočet N-letých průtoků pomocí empirických vzorců a matematického modelu DesQ-MaxQ.

Klíčová slova: Maximální odtok, N-letý průtok, DesQ-MaxQ, hydrologický model

Abstract

These hydrological studies and their findings can be used in almost all branches of economy, for example for flood control, erosion protection, for the dimensions of any kind of water based structure, for the adjustments of river flow or for the cleaning and supply of water. This bachelor's thesis focuses on the hydrological study of the watercourse of Rokytka. It springs at the meadow in the Prague-East district in the village of Tehovec and flows as a right affluent into the Vltava river in Prague's Libeň district. It is a stream consisting of a few ponds. In this hydrological study, we detect the hydrological characteristic of the basin and their influence on the draining process, as well as create digital terrain model. We also focus on N-th-year flow calculations using empirical formulas and the mathematical model DesQ-MaxQ.

Key words: Maximum outflow, N-th-year flow, DesQ-MaxQ, hydrological model

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Metodika	11
TEORETICKÁ ČÁST		12
3	Charakteristika povodí	12
3.1	Morfologické a morfometrické charakteristiky	14
3.2	Geometrické a orografické charakteristiky povodí	14
3.3	Srážko-odtokové poměry povodí	18
4	Hydrologické podklady	20
4.1	Základní hydrologické údaje	20
4.2	Hydrologická a klimatologická data.....	21
5	Stanovení maximálních N-letých průtoků na malých povodích	23
5.1	Empirické vzorce.....	23
5.1.1	Oblastní (regionální) vzorce.....	23
5.1.2	Objemové vzorce	24
5.1.3	Vzorce intenzivního typu	27
5.2	Metoda čísel odtokových křivek (CN)	29
5.3	Hydrologické modely	31
PRAKTICKÁ ČÁST		32
6	Vymezení řešeného území	32
6.1	Historie a současnost	32
6.2	Říční síť	33
6.3	Geografická poloha	34
6.4	Geometrické a orografické charakteristiky	37
6.5	Geomorfologické podmínky	38
6.6	Geologické a pedologické podmínky	39
6.7	Klimatické podmínky	42

6.8	Hydrologické podmínky	43
6.9	Přírodní podmínky	45
6.10	Kvalita vod	46
7	Výpočet N-letých průtoků	48
7.1	Pomocí empirických vzorců	48
7.2	Pomocí hydrologického modelu DesQ – MaxQ	48
8	Diskuze a závěr	51
9	Seznam literatury	53
10	Přílohy	58

1 Úvod

Hydrologické studie u malých vodních toků mají veliký význam zejména proto, že u nich není prováděno kontinuální monitorování hydrologického režimu, jako je tomu u větších toků. Jelikož pak není možné využívat přímé statistické vyhodnocení, hydrologické studie mohou přinést důležité informace pro následná opatření týkající se dvou extrémů – povodní a sucha.

Právě povodně představují pro obyvatelstvo v záplavových oblastech veliké nebezpečí, které je eliminováno budováním protipovodňových opatření, nebo také přírodě blízkým opatření. Přírodě blízká opatření jsou pak úspěšně využívána pro zadržování vody v krajině a omezování dopadů sucha.

Před návrhem protipovodňových opatření, přírodě blízkých opatření či opatřením pro zadržování vody v krajině je vždy důležité znát dané povodí a jeho parametry. Z tohoto důvodu jsou zejména pro malé toky zpracovávány hydrologické studie, prostřednictvím kterých je možné řešené území detailně analyzovat. Na základě provedené analýzy je pak možné navrhnout efektivní opatření, které bude chránit obyvatele, majetek a také samotnou krajinu před nepříznivými účinky sucha či povodní.

Předmětem zpracovávané práce je hydrologická studie malého vodního toku. Konkrétně se jedná o vodní tok Rokytka, který protéká Prahou a také malou částí ve Středočeském kraji.

Zpracovávané téma bylo rozděleno na dva větší celky, a to část teoretickou a část praktickou. V teoretické části byla provedena literární rešerše zaměřující se na charakteristiky povodí, určování maximálních N-letých průtoků, hydrologické podklady potřebné pro výpočet. V praktické části pak byla popsána metodika jejího zpracování, bylo charakterizováno předmětné území, včetně hydrologických charakteristik. Byly stanoveny maximální N-leté průtoky a dosažené výsledky budou porovnány s údaji Českého hydrometeorologického ústavu.

Pro zpracování zadaného tématu byla využita česká i zahraniční literatura a odborné články. Data pro výpočet byla použita z veřejně dostupných zdrojů,

především data Českého hydrometeorologického ústavu a dále pak také data správců povodí.

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je:

- Vymezení lokality – poloha povodí, expozice a řád vodního toku
- Odvození hydrologických charakteristik povodí
- Stanovení maximálních N-letých průtoků pomocí empirických vzorců
- Stanovení maximálních N-letých průtoků pomocí matematického modelu DesQ–MaxQ.

2 Metodika

Nejprve došlo k vyhledání a prostudování odborné literatury k této bakalářské práci. Díky literatuře a dalším podkladům byly získány charakteristiky, které jsou uvedeny v teoretické části práce. Poté následoval terénní průzkum zkoumaného vodního toku. Byla také pořízena fotodokumentace.

Veškerá data použitá v této bakalářské práci jsou volně dostupná v literatuře nebo na webových stránkách příslušných úřadů.

Pro odvození hydrologických charakteristik a jejich výpočet byl použit program ArcGIS® 10.7.1. Zároveň byl pomocí tohoto softwaru vytvořen digitální model reliéfu terénu. Vstupní data vodních toků byla získána z webových stránek Výzkumného vodohospodářského ústavu T. G. Masaryka – projekt DIBAVOD, která jsou volně přístupná. Dále byla použita data ArcČR 500.

Díky zjištěným charakteristikám bylo možné vypočítat N-leté průtoky. Ty byly stanoveny dvěma metodami. Nejprve proběhl výpočet pomocí empirických vzorců, konkrétně vzorců oblastních a nejčastěji v České republice používaných objemových. Jako další metoda ke zjištění N-letých průtoků byl použit matematický model DesQ-MaxQ. Výsledky byly uvedeny a porovnány s daty z Českého hydrometeorologického ústavu v závěrečné diskuzi.

TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části budou shrnuta teoretická východiska zpracovávaného tématu. Nejprve budou popsány charakteristiky povodí, jako jsou morfologické, morfometrické, geometrické a orografické charakteristiky povodí a srážkovo-odtokové poměry povodí. Následně bude popsáno vymezení povodí, jeho plocha, střední šířka, tvar a výškopisné poměry povodí. Budou také uvedeny potřebné hydrologické bilance. Ve další části budou charakterizovány hydrologické podklady, jako jsou základní hydrologické údaje, hydrologická a klimatologická data a dále pak mapové podklady a jejich zdroje. Poslední kapitola se zaměřuje na popis stanovení maximálních N-letých průtoků.

3 Charakteristika povodí

Pavelková Chmelová a Frajer (2013) uvádí, že povodí je základní prostorovou jednotkou hydrologie a vodní toky jsou jeho páteří. Povodí je tvořeno povrchovými vodními útvary, které tvoří hydrografickou síť. Do této hydrografické sítě pak spadají veškeré řeky, potoky, jezera a rybníky, které se v ploše daného povodí vyskytují. Jako vodní tok Pavelková Chmelová a Frajer (2013) označují proud soustředěného toku vody po zemském povrchu, který je prostorově ohraničen dnem a břehy. Hlavní tok spolu s přítoky pak tvoří říční soustavu, v rámci které je odváděna voda z příslušného území, které je také nazýváno povodí. (Matějková, 2020)

Pro klasifikaci povodí je využívána škála pěti tříd, přičemž jsou jednotlivá povodí zařazována podle tvaru povodí, hustoty říční sítě, průměrného čísla odtokové křivky, specifické maximální délky odtokové dráhy a také podle průměrné délky dráhy povrchového odtoku. V jednotlivých třídách jsou pak ta povodí, které mají blízké charakteristiky, podle kterých je lze snadno popsat. (Kavka a kol., 2018) Níže jsou uvedeny charakteristiky pro jednotlivé třídy povodí.

Tabulka 1 – Absolutní průměrné hodnoty charakteristik výsledných tříd

Třída povodí	CN II	α	HRS	Lmax	OFLen.mean
TR1	70,7	0,486	1,32	747	120
TR2	74,7	0,271	1,69	935	100

TR3	57,7	0,322	2,59	867	118
TR4	74,4	0,264	0,98	839	136
TR5	59,7	0,370	1,45	801	208

Zdroj: Kavka a kol. (2018)

Uspořádání říční sítě může mít podle Jedličky a Mentlíka (2003) dvě základní prostorové orientace: stromovitou síť (např. síť údolnic nebo rozvodnic) a mřížkovou síť. Matějková (2020) vymezuje tři možné druhy uspořádání říční sítě, a to stromkovitou, perovitou a vějířovitou. Pavelková Chmelová a Frajer (2013) pak podle uspořádání toků v povodí rozdělují říční sítě do následujících šesti skupin:

- stromovitá říční síť,
- asymetrická říční síť,
- vějířovitá říční síť,
- radiální říční síť,
- anulární říční síť,
- mřížkovitá (pravoúhlá) říční síť.

Pro výpočet hustoty říční sítě je možné využít vztah podle Hrádka a Kuřika (2008):

$$r = \frac{\sum L_T}{F}$$

r	hustota říční sítě [km/km ²]	<i>(rovnice č. 1)</i>
$\sum L_T$	celková délka toků v povodí [m]	
F	plocha povodí [km ²]	

Pro vyhodnocení je pak používána tabulka dle Herbera a Sudy (1994) in: Pavelková Chmelová a Frajer (2013), která je uvedena níže.

Tabulka 2 – Hustota říční sítě podle Herbera a Sudy (1994)

Hodnota r	Slovní označení hustoty říční sítě
$\leq 0,3$	velmi nízká
0,31 – 0,50	nízká
0,51 – 0,70	střední
0,71 – 1,10	vysoká
$1,11 \leq$	velmi vysoká

Zdroj: Pavelková Chmelová a Frajer (2013)

3.1 Morfologické a morfometrické charakteristiky

Mezi morfologické a morfometrické charakteristiky vodních toků je možné zařadit řád vodního toku, délku vodního toku, jeho stupeň vývoje, průměrný sklon a také spádovou křivku. Řád vodního toku je číslo posloupnosti jeho zaústění do moře nebo bezodtokové pánve. (Pavlíková, 2013)

Podle způsobu odvození řádu vodního toku je možné rozlišovat dva typy řádovosti, a to řádovost absolutní a řádovost relativní. Mezi nejznámější klasifikace, pomocí kterých lze určovat řád vodního toku je řazena Gravellova, Strahlerova, Shrevova a Hortonova klasifikace. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

Délka vodního toku je podle Matějkové (2020) určena vzdáleností ústí toku od jeho pramene, přičemž tato délka je měřena ke střednici. Ruda (2014) uvádí, že pro určené délky vodního toku se vychází ze střednice, která je vytvořena půdorysným obrazem řeky. Tok se neustále vyvíjí, proto délka toku ani staničení nejsou charakteristiky neměnné. (Matějková, 2020)

Stupeň vývoje vodního toku definuje Matějková (2020) jako poměr délky spojnice počátečního a koncového profilu daného toku k jeho skutečné délce. Čím vyšší je hodnota stupně vývoje vodního toku, tím vyšší vykazuje daný vodní tok křivolakost. (Ruda, 2014)

3.2 Geometrické a orografické charakteristiky povodí

Mezi geometrické vlastnosti povodí lze zařadit plochu povodí, jeho střední šířku, délku rozvodnice, délku povodí, jeho tvar, výškopisné rozměry či jezernatost. Za orografické charakteristiky je možné považovat především výškové a sklonové poměry, které ovlivňují hlavně meteorologické a klimatologické vlastnosti, ale i na odtok vody z povodí.

Plocha povodí F

Plochu povodí lze určit z vhodného mapového podkladu a je určena půdorysným průmětem povodí do vodorovné roviny. Velikost plochy povodí pak lze udávat v kilometrech čtverečních, nebo také v hektarech. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013) Matějková (2020) uvádí, že plocha povodí poukazuje na významnost toku, který dané povodí odvodňuje.

Střední šířka povodí B

Střední šířka povodí je přímo úměrná ploše povodí a nepřímo úměrná délce vodního toku. Střední šířku povodí lze určit pomocí vztahu, který uvádí Hrádek a Kuřík (2008):

$$B = \frac{F}{L_U}$$

(rovnice č. 2)

B střední šířka povodí [km]

F plocha povodí [km²]

L_U délka údolnice [km]

Rozvodnice

Rozvodnice, někdy také označována jako rozvodní čára ohraničuje dané povodí a vymezuje tak hranici mezi dvěma sousedními povodími. Tato rozvodnice probíhá zpravidla přes hřebeny a sedla. Její délka pak odpovídá obvodu daného povodí. Jako délka povodí je pak označována vzdálenost od ústí vodního toku k nejzazšímu bodu povodí. (Ruda, 2014)

Tvar povodí α

Na tvorbu průtoků po dešti či tání sněhu má vliv tvar povodí. Nejpoužívanější charakteristikou tvaru povodí je součinitel tvaru povodí α , který vyjadřuje poměr mezi střední šířkou povodí a délkou údolnice. Tento vztah vychází z idealizovaného tvaru povodí na obdélník. Obecně lze součinitel tvaru povodí definovat jako podíl plochy povodí a druhé mocniny délky údolnice. (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$\alpha = \frac{B}{L_U} = \frac{F}{L_U \cdot L_U} = \frac{F}{L_U^2}$$

(rovnice č. 3)

α součinitel tvaru povodí [-]

B střední šířka povodí [km]

L_U délka údolnice [km]

F plocha povodí [km²]

Výsledný tvar povodí je pak možné porovnat podle následující tabulky a určit jeho tvar, který může být protáhlý, přechodný, nebo vějířovitý. Pro porovnání jsou odlišné hodnoty pro povodí do 50 km² a pro povodí větší.

Tabulka 3 – Určení tvaru povodí

Tvar povodí	Plocha povodí menší než 50 km ²	Plocha povodí větší než 50 km ²
protáhlý	< 0,24	< 0,18
přechodný	0,24 – 0,26	0,18 – 0,20
vějířovitý	> 0,26	> 0,20

Zdroj: Pavelková Chmelová a Frajer (2013)

Součinitel asymetrie povodí a

Součinitel asymetrie určuje, jak je levá a pravá plocha asymetrická k celkové ploše povodí. (Kovář, 1990)

Míru asymetrie povodí vyjadřuje součinitel asymetrie a (Hrádek & Kuřík, 2008):

$$a = \frac{F_L - F_P}{F_L + F_P} = \frac{F_L - F_P}{F} \quad (\text{rovnice č. 4})$$

F_L plocha povodí vlevo od hlavního toku [km²]

F_P plocha povodí vpravo od hlavního toku [km²]

F celková plocha povodí [km²]

Střední sklon povodí I_{sv}

Výškopisné poměry povodí jsou dány průměrnou nadmořskou výškou a středním sklonem povrchu povodí. Pro výpočet středního sklonu povodí je možné použít dva vztahy. (Ruda, 2014) Nejpřesněji jej lze stanovit vztahem dle Herbsta. (Hrádek a Kuřík, 2008):

- Při $\Delta h = \text{konst.}$

$$I_{sv} = \frac{\Delta h \sum l_{si}}{F} \cdot 100$$

- Při různé volbě Δh

$$I_{sv} = \frac{\Sigma(l_{sv} \cdot \Delta h)}{F} \cdot 100 \quad (\text{rovnice č. 6})$$

$I_{sv} \dots$	střední sklon svahů v povodí [%]
$\Delta h \dots$	výškový interval mezi vrstevnicemi [m]
$l_{si} \dots$	průměrná délka vrstevnic v i-tém intervalu [km]
$F \dots$	plocha povodí [km ²]

Druhý vztah pro výpočet středního sklonu povodí je sice méně přesný, ale pro samotný výpočet jednodušší (Hrádek a Kuřík, 2008):

$$I_{sv} = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{F}} \cdot 100 \quad (\text{rovnice č. 7})$$

$I_{sv} \dots$	průměrný sklon povrchu povodí [%]
$H_{max} \dots$	maximální nadmořská výška povodí [m]
$H_{min} \dots$	minimální nadmořská výška povodí [m]
$F \dots$	plocha povodí [m ²]

Průměrný sklon údolnice I_U

Tato charakteristika je u malých a velmi malých povodí významným ukazatelem sklonových poměrů. Lze ji vypočítat vzorcem dle Hrádka Kuříka (2008):

$$I_U = \frac{H_{max,u} - H_{min,u}}{L_U} \cdot 100 \quad (\text{rovnice č. 8})$$

$H_{max,u} \dots$	maximální nadmořská výška údolnice [m]
$H_{min,u} \dots$	minimální nadmořská výška údolnice [m]
$L_U \dots$	délka údolnice [m]
$I_U \dots$	průměrný sklon údolnice [%]

Jezernatost j

Na odtokový proces má také vliv množství a plocha jezer. Tento vliv je možné popsat součinitelem jezernatosti, který je možné podle Hrádka a Kuříka (2008) určit na základě vztahu:

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

- $j \dots$ součinitel jezernatosti [-]
- $F_N \dots$ součet zatopených ploch jezer a nádrží v povodí [km²]
- $F \dots$ plocha povodí [km²]

3.3 Srážko-odtokové poměry povodí

V období srážek i v období sucha odtéká daným povodím určité množství vody. Tato voda odtéká trvalou říční sítí, která je tvořena řekami a potoky. Pro měření množství odtoku dané říční sítě je používán průtok, který charakterizuje množství vody, které proteče daným průřezem za jednu sekundu. (Starý, 2005)

Z hlediska klasifikace je možné podle Starého (2005) průtok rozdělit na několik druhů:

- přirozený průtok
- ovlivněný průtok
- setrvalý průtok
- nalepšený průtok
- průměrný průtok

Odtokové poměry povodí charakterizují přímého odtoku z konkrétního povodí v jeho uzávěrovém profilu. (Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2016) Přímý odtok je ovlivněn nejen intenzitou a množstvím srážek, ale také typem půdy, pokryvem povrchu, způsobem využití území, sklonem či nasycením. (Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2016) Velikosti infiltrace pro jednotlivé půdní druhy a typy vegetace jsou uvedeny v následujících dvou tabulkách.

Tabulka 4 – Velikost infiltrace v závislosti na typu vegetace

Vegetace	Velikost infiltrace
Lesní porost	100-200 mm/h
Trvalý travní porost	10-70 mm/h
Půda bez vegetace	0-4 mm/h

Zdroj: Pavelková Chmelová a Frajer (2013)

Tabulka 5 – Velikost infiltrace v závislosti na půdním druhu a vegetačním krytu

Půdní druh	Velikost infiltrace	
	s vegetačním krytem	bez vegetačního krytu
hlinito-písčítá	50 mm/h	25 mm/h
písčito-hlinitá	25 mm/h	13 mm/h
hlinitá	15 mm/h	8 mm/h
jílovito-hlinitá	5 mm/h	3 mm/h

Zdroj: Pavelková Chmelová a Frajer (2013)

4 Hydrologické podklady

Mezi základní hydrologické podklady lze zařadit charakteristiky povodí, které byly uvedeny v předcházejících částech práce, jako je plocha povodí, průtok a další charakteristiky. Důležitými podklady jsou také informace o úhrnu srážek, průměrných ročních průtocích. Tyto podklady jsou dostupné na portálu Českého hydrometeorologického ústavu a také na portálech jednotlivých povodí.

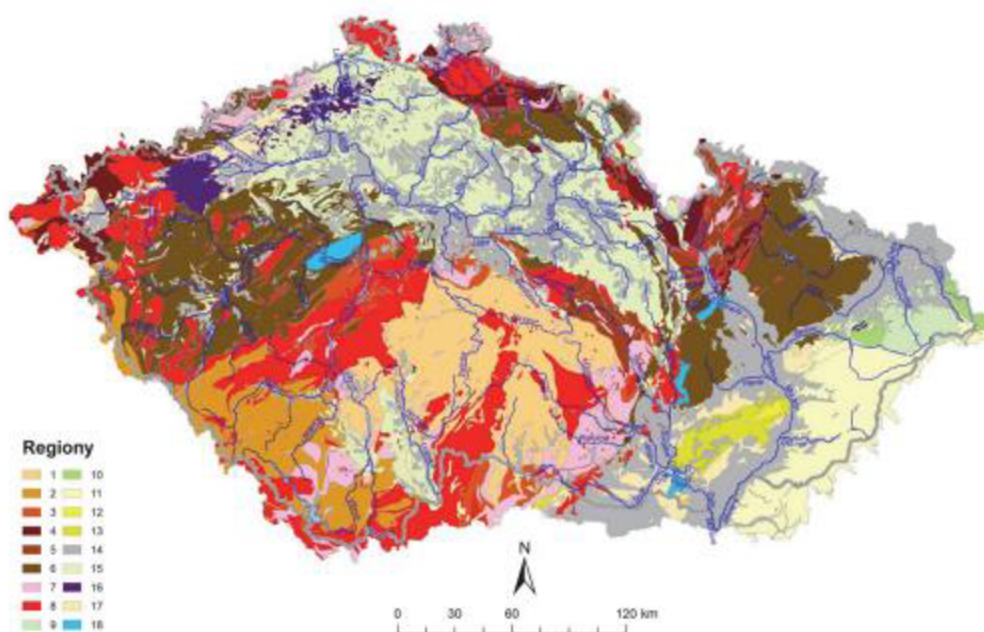
4.1 Základní hydrologické údaje

Mezi základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod patří (Šercl a Kukla, 2016):

- plocha povodí,
- dlouhodobá roční výška srážek na povodí,
- dlouhodobý průměrný průtok,
- M-denní průtoky,
- N-leté průtoky.

Regresní koeficienty jsou definovány pro jednotlivé geologické rajony podle následujícího obrázku.

Obrázek 1 – Geologické členění použité pro regionalizaci vztahů



Klíčovými N-letými průtoky jsou N-letý maximální průtok a N-letý minimální průtok. N-letý minimální průtok je nejmenší průměrný denní průtok, který je dosažen nebo nedostoupen průměrně jednou za N let (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013), N-letý maximální průtok je pak největší (kulminační) průtok povodňové vlny, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N let (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013). Určení N-letých průtoků je možné v závislosti na délce pozorování rozdělit do tří skupin:

- u toků s pozorováním stavů (průtoků) s dostatečně dlouhou řadou pozorování,
- u toků s pozorováním stavů (průtoků) s krátkou řadou pozorování,
- u toků bez pozorování (téměř všechna malá povodí (Starý, 2005)

4.2 Hydrologická a klimatologická data

Hydrologická a vodohospodářská data jsou veřejně prezentována na základě zákona 254/21 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Na základě tohoto zákona a navazujících legislativních předpisů jsou data prezentována v hydroekologickém informačním systému a vodohospodářském informačním portále. Tyto portály jsou provozovány Ministerstvem životního prostředí ČR a Ministerstvem zemědělství ČR a jsou spravovány Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G. Masaryka (VÚV), Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), státními podniky Povodí a Zemědělskou vodohospodářskou správou (ZVHS). (Daňhelka, 2008)

Na těchto portálech je dostupné:

- vymezení hydrogeologických rajonů
- vymezení vodních útvarů
- stav vodních útvarů
- ochranná pásma vodních zdrojů
- informace o záplavových územích
- hodnocení povodní aj. (Daňhelka, 2008)

Klimatologická data jsou dostupné na portálu Českého hydrometeorologického ústavu. Zveřejňovány jsou denní i měsíční data, a to pro průměrnou, maximální a minimální teplotu vzduchu, průměrnou relativní vlhkost vzduchu, úhrn srážek, výšku

nově napadlého sněhu a výšku sněhové pokrývky, úhrn doby trvání slunečního svitu, tlak vzduchu, průměrnou a maximální rychlost větru.

5 Stanovení maximálních N-letých průtoků na malých povodích

N-letý průtok lze podle Hrádka a Kuřika (2008) definovat jako maximální kulminační průtok povodňové vlny, který je dosažen či překročen v dlouhodobém průměru jedenkrát za N let. Tento N-letý průtok se značí jako Q_N a vyjadřuje se v $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$. Vztah mezi kulminačním průtokem a průměrnou dobou opakování vyjadřuje čára opakování velkých vod. Hodnoty pro tyto průtoky se odvozují z čáry překročení maximálních ročních průtoků zjišťují se pro $N = 1, 2, 5, 10, 20, 50$ a 100 let.

Povodí se dle velikosti povodí dělí na velmi malá, malá a velká. Do povodí malých a velmi malých patří ta, která mají málo rozvinutou říční síť a největší průtoky jsou vyvolané přívalovými dešti. Hranice mezi kategoriemi se obvykle uvádí podle maximální plochy, které může být zasažena deštěm. Rozdíl mezi malým a velkým povodím se udává mezi 30 až 250 km^2 a mezi malým a velmi malým obvykle 5 km^2 . (Hrádek a Kuřík, 2008)

Stanovení maximálních N-letých průtoků na malých povodích je možné několika způsoby.

5.1 Empirické vzorce

5.1.1 Oblastní (regionální) vzorce

Tyto vzorce vyjadřují skutečnost, že v oblastech, ve kterých jsou podobné hydrologické charakteristiky, se s narůstající plochou daného povodí zmenšují hodnoty maximálního specifického průtoky podle exponenciální závislosti. (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$Q_N = A \cdot F^{1-n} \quad (\text{rovnice č. 10})$$

$$q_N = \frac{Q_N}{F} = A \cdot F^{-n} \quad (\text{rovnice č. 11})$$

Q_N ... maximální průtok $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

q_N ... maximální specifický průtok $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}]$

F ... plocha povodí $[\text{km}^2]$

A, n ...regionální parametry [-]

Pro kategorii velmi malých a malých povodí

$$Q_N = A \cdot (F + c)^{1-n} \quad (\text{rovnice č. 12})$$

C ...opravný součinitel

Parametry A, n byly odvozeny pouze pro vybrané oblasti. Pro platnost parametrů A, c je vhodná doba opakování $N = 100$ let, byly odvozeny pouze pro velká povodí. (Hrádek a Kuřík, 2008)

5.1.2 Objemové vzorce

Dle objemových vzorců je možné podle odhadu objemu povodňové vlny a tvaru hydrogramu vypočítat kulminační průtok. Tvar povodňové vlny bývá zobrazován ve tvaru trojúhelníka, díky kterému lze spočítat objem odtoku. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Obecný tvar objemového vzorce:

$$Q_N = k \cdot \frac{2\varphi \cdot i_N \cdot t_d}{t_c} \quad (\text{rovnice č. 13})$$

k ... Rozměrový součinitel [-]

φ ... Objemový součinitel [-]

i_N ... Náhradní intenzita výpočtového deště zvolené doby opakování a trvání [mm.min⁻¹]

t_c ... Celková doba trvání povodňové vlny [h]

t_d ... Doba trvání výpočtového deště [h]

Q_N ... Maximální průtok [m³.s⁻¹]

Vyskytuje se spousta obměn vzorců podle různých autorů, upraveny jsou metodikou odvození hodnot parametrů a zavedením doplňujících parametrů. Mezi nejpoužívanější vzorce v České republice patří vzorce Sokolovského a Čerkašina. (Hrádek a Kuřík, 2008).

Vzorec Sokolovského:

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

(rovnice č. 14)

Q_N ... maximální N-letý průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

$H_{s,N}$... výška výpočtového deště, doby trvání t_d a doby opakování N [mm]

φ ... objemový součinitel odtoku [-]

F ... plocha povodí [km^2]

t_k ... doba koncentrace [h]

f ... součinitel tvaru povodňové vlny [-]

$f = n_h = 0,6$

$k = 0,28$... rozměrový součinitel

Odvození hodnot parametrů vzorce (Hrádek a Kuřík, 2008):

- Doba koncentrace t_k

$$t_k = \frac{L}{3,6 \cdot v}$$

(rovnice č. 15)

L ... délka údolnice [km]

v ... průměrná rychlost stékání vody v povodí [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] viz tabulka č. 6

Tabulka 6 – Doporučené hodnoty rychlosti v

Charakter povodí	rovinné	slabě členité	kopcovité	podhorské	horské
	střední sklon svahu [%]				
	0,5	2	5	10	30
močálovitě	0,07	0,15	0,3	-	-
zalesněné	0,12	0,2	0,5	0,8	1,2
Travnaté pastviny	0,2	0,5	0,8	1,2	2,0
pozvolné údolí	0,4	0,7	1,0	1,6	2,5
strmé údolí	-	-	1,2	2,2	4,0
skalnaté prudké svahy	-	-	-	3,0	5,0

Zdroj: Dub a Němec (1969)

- Doba trvání výpočtového deště t_d

$$t_d = t_k (t_k - 1)^{-0,20}$$

(rovnice č. 16)

- Výška výpočtového deště $H_{s,N}$

Je odvozen pro dobu trvání výpočtového deště t_d , lze tak učinit několika metodami např. dle vzorce Němce, metodou redukce maximálních 1 – denních úhrnů srážek nebo dle vzorce Čerkašina: (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$H_{s,N} = 14,5 \cdot t_d^{\frac{1}{3}} \quad (\text{rovnice č. 17})$$

- Objemový součinitel odtoku φ
Tento parametr je odvoditelný z metody CN, z mapy izolinií či výpočtem ze známé velikosti infiltrace V_T a celkové retence povodí (viz vzorce intenzivního typu). (Hrádek a Kuřík, 2008)

Vzorec Čerkašina:

Pro stanovení maximálního průtoku pomocí tohoto vzorec není nutné stanovení hodnot návrhového deště. Je vhodný pro oblasti Čech a Moravy, do velikosti plochy povodí 300 km². (Hrádek a Kuřík, 2008).

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \varphi \cdot v_s^{\frac{2}{3}} \cdot F}{p \cdot L_u^{\frac{2}{3}}} \quad (\text{rovnice č. 18})$$

Q_{100} maximální průtok s průměrnou dobou opakování 1 x 100 let [m³.s⁻¹]

φ objemový součinitel odtoku [-]

v_s střední rychlost dobíhání vody v povodí [m.s⁻¹]

F plocha povodí [km²]

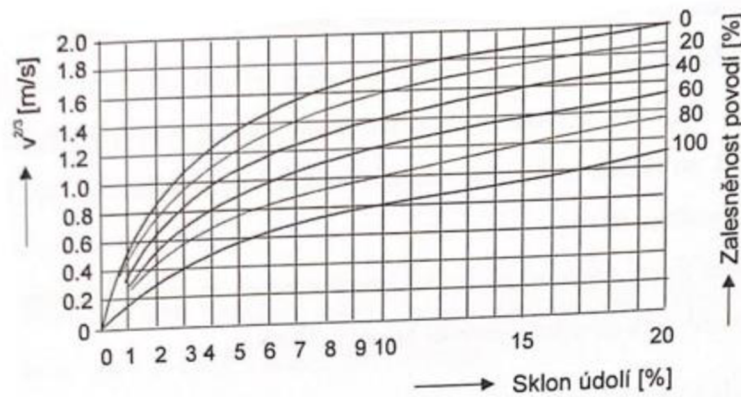
p součinitel vyjadřující vliv tvaru povodí na hodnotu Q_{100} [-]

L_u délka údolnice [km]

Odvození hodnot parametrů vzorce (Hrádek a Kuřík, 2008):

- Průměrná rychlost dobíhání vody v povodí v_s :
Hodnotu průměrné rychlosti je možné odečíst je možné odečíst z grafu na obr. č. 2. Hodnota závisí na míře zalesnění a na průměrném sklonu údolí. Průměrné rychlost, uvedené v grafu, jsou poměrně vysoké, proto se dají použít pro větší povodí. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Obrázek 2 – Průměrná rychlost dobíhání vody v povodí

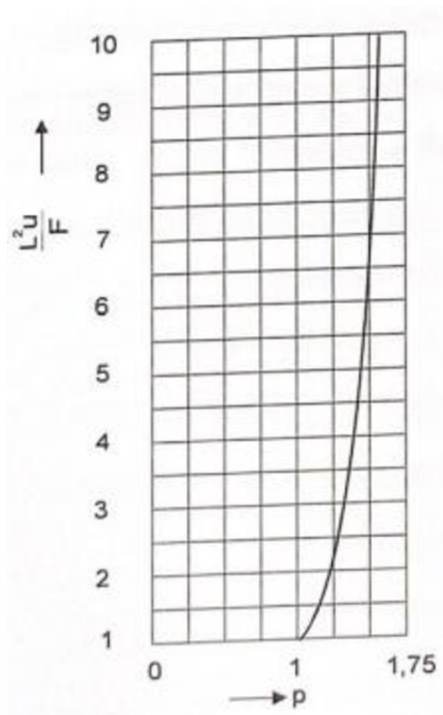


Zdroj: Hrádek a Kuřík (2008)

- Koeficient tvaru povodí p :

Udává vliv tvaru povodí na Q_{100} a je závislý na součiniteli tvaru povodí, který je možné vyjádřit podílem $\frac{L^2_U}{F}$. Hodnoty se opět dají vyčíst z grafu na obr. č. 3. (Hrádek a Kuřík, 2008).

Obrázek 3 – Vliv tvaru povodí na Q_{100}



Zdroj: Hrádek a Kuřík (2008)

5.1.3 Vzorce intenzivního typu

Vzorce se dříve používaly ve vodohospodářství při návrhu stokových kanalizačních sítí. (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$Q_N = k \cdot i_N \cdot C_n \cdot F$$

(rovnice č. 19)

Q_N ... N-letý maximální průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

i_N ... náhradní intenzita výpočtového deště zvolené doby trvání a periodicity [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

F ... plocha povodí [km^2]

C_n ... vrcholový součinitel odtoku [-]

k ... rozměrový součinitel, $k = 16,67$

Hodnoty součinitele C_n byly stanoveny Vyhláškou ministerstva techniky roce 1950 a jsou uvedené v následující tabulce č. 7.

Tabulka 7 – Odtokový součinitel C_n

Číslo	Způsob zastavění a druh pozemku, příp. druh úpravy povrchu	Konfigurace území (průměrný sklon svahů)		
		do 1%	1-5%	nad 5%
I	Zastavěné plochy (střechy)	0,90	0,90	0,90
II	Asfaltové a betonové vozovky, dlažby se zálivkou spár	0,70	0,80	0,90
III	Obyčejné dlažby (pískové spáry)	0,50	0,60	0,70
IV	Štěrkové silnice, dlažba ze štěrkového kamene	0,30	0,40	0,50
V	Nezastavěné plochy	0,20	0,25	0,30
VI	Hřbitovy, sady, hřiště	0,10	0,15	0,20
VII	Zelené pásy, pole, louky	0,05	0,10	0,15
VIII	Lesy	0,00	0,05	0,10

Poznámka: V tabulce uvedení odtokový součinitelé mají platnost pro půdu střední propustnosti. U propustné půdy (písek) se zmenšují o 10 %, při nepropustné (jíl, skála) se zvyšují o 10 %.

Zdroj: Hrádek a Kuřík (2008)

Objemový součinitel odtoku se dá odvodit dle metody CN nebo výpočtem: (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$\varphi = \frac{H_{s,N} - V_T - R}{H_{s,N}}$$

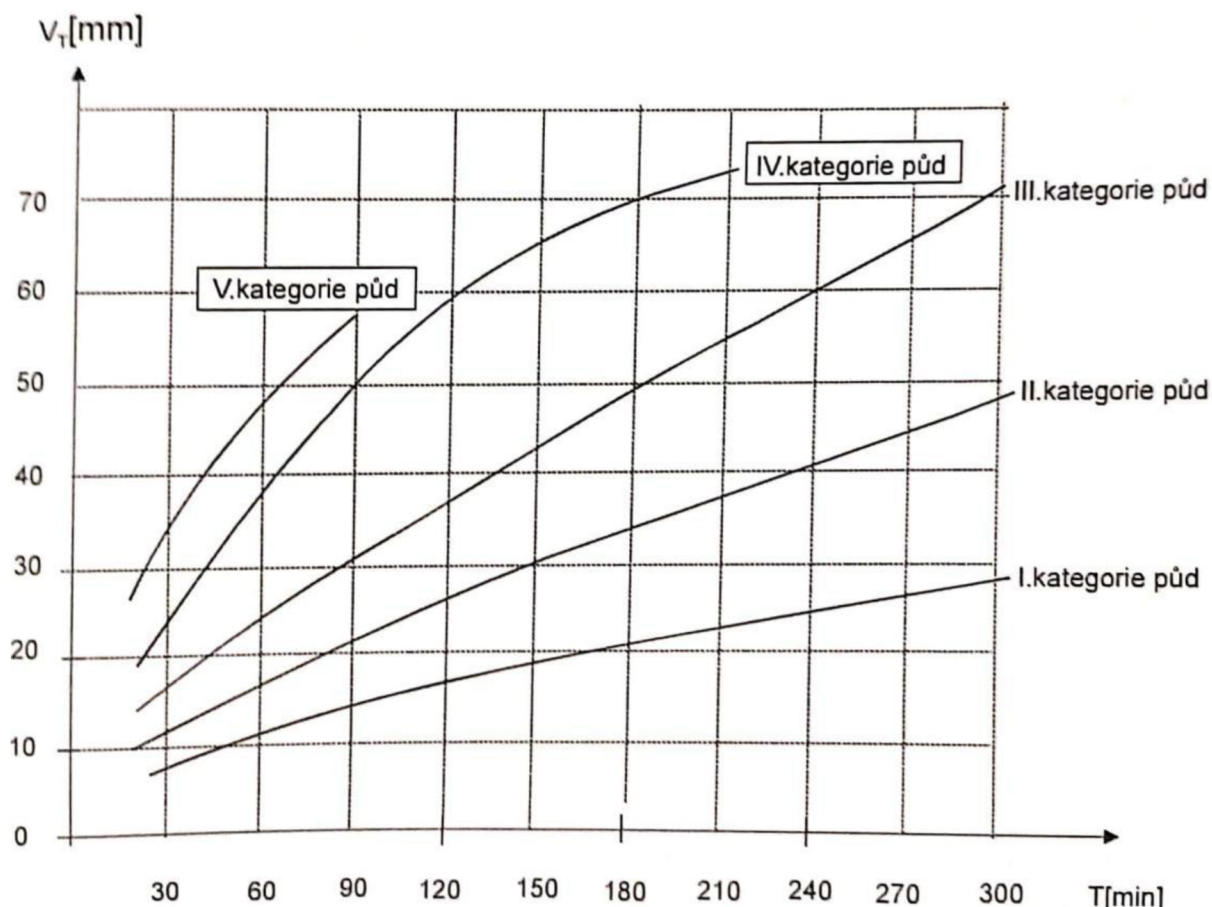
(rovnice č. 20)

$H_{s,N}$... Výška výpočtového deště doby trvání t_d a doby opakování N , $H_{s,N} = t_d \cdot i_N$ [mm]

V_T ... Velikost infiltrace za dobu trvání $T = t_d$, na základě z Obr. č. 4 [mm]

R ... Celková retence povodí [mm]

Obrázek 4 – Velikost infiltrace dle Armanda



Zdroj: Hrádek a Kuřík (2008)

5.2 Metoda čísel odtokových křivek (CN)

CN metoda byla vytvořena Službou pro ochranu ochranu půd ve Spojených státech amerických. Využívá se pro odvození objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku na zemědělsky a lesnický využívaných povodích, je možné ji využít i v urbanizovaných oblastech, zejména do velikosti plochy povodí 5 km². Metoda CN zohledňuje čtyři základní charakteristiky závislosti retence povodí. Mezi ně se řadí hydrologické vlastnosti půdy (infiltrační schopnosti), počáteční stav nasycenosti půdy, způsob využívání půdy (pěstované zemědělské plodiny, druh porostu, zastavění ploch) a v neposlední řadě ovlivnění infiltrace vegetačním pokryvem (hydrologické podmínky). (Hrádek a Kuřík, 2008)

$$H_o = \frac{(H_d - R_1)^2}{H_d + R_p - R_1} \quad (\text{rovnice č. 21})$$

$$R_p = 25,4 \cdot \left[\frac{1000}{CN} - 10 \right] \quad (\text{rovnice č. 22})$$

$$R_1 = 0,20 \cdot R_p \quad (\text{rovnice č. 23})$$

H_o ...výška přímého odtoku [mm]

H_d ...výška výpočtového deště [mm]

R_p ...potenciální retence povodí [mm]

R_1 ...retence povodí v bezodtokové fázi [mm]

CN ...číslo odtokové křivky

$$O = 1000 \cdot H_o \cdot F \quad (\text{rovnice č. 24})$$

F ...plocha povodí [km²]

O ...objem odtoku [m³]

Průměrnou hodnotu úhrnu návrhového deště je možné získat ze zpracovaných N-letých jednodenních srážkových úhrnů, které se blíží hodnotám nám potřebným. (Janeček, 2008)

Čísla odtokových křivek lze určit podle: (Janeček, 2008)

- Hydrologických vlastností půdy
Jsou rozděleny do čtyř tříd (A, B, C, D) podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém syčení. Ke kategorizaci půd se využívá 2. a 3. číslici 5-ti místného kódu BPEJ v tabulce č. 8. (Janeček, 2008)

Tabulka 8 – Hydrologické skupiny půd

Hydrologická Skupina	Charakteristika hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

Zdroj: Janeček (2008)

- Vlhkosti půdy

Získává se na základně 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek (index předchozích srážek IPS) a dělí se do 3 stupňů. IPS I odpovídá minimálnímu obsahu vody v půdě, který je stále vhodný pro orbu a obdělávání. IPS II se uvažuje pro návrhové účely (půda je vodou středně nasycena). IPS III je půda přesycená z předcházejících dešťů. (Janeček, 2008)

- Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. (Janeček, 2008)

Tabulka 9 – Skupiny předchozích vláhových podmínek

Skupina PVP	Celkový úhrn předchozích srážek v [mm] za 5 dnů v období	
	mimovegetačním	vegetačním
I	< 13	< 36
II	13 - 18	36 - 53
III	> 28	> 53

Zdroj: Janeček (2008)

5.3 Hydrologické modely

Pro odvození velikosti N-letých průtoků se dá využít několik matematických hydrologických modelů. Modely jsou založeny na základních fyzikálních principech, které mohou být ovlivněny různorodostí okolních podmínek. (Hrádek a Kuřík, 2001)

Hydrologický model DesQ - MaxQ byl odvozen pomocí hydrologicko-hydraulických závislostí procesu svahového odtoku a metodiky řešení maximálního odtoku v údolnici. Model DesQ funguje v závislosti na odvození charakteristik maximálního odtoku z povodí, který byl vyvolán přívalovými dešti. DesQ je založen na principu CN – křivek a máme 3 různé varianty výpočtu. (Hrádek a Kuřík, 2001)

- Varianta I – maximální průtok vyvolaný deštěm kritické doby trvání.
- Varianta II – maximální průtok při zadané době trvání deště a době opakování deště.
- Varianta III – maximální průtok při zadané době trvání deště a intenzitě deště.

PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části budou stanoveny maximální N-leté průtoky vybraného profilu vodního toku. Nejprve bude popsána metodika zpracování praktické části, následně bude vymezeno řešené území. V rámci charakteristiky povodí Rokytky bude specifikována geografická poloha, geomorfologické podmínky, charakteristika území, geologické a pedologické podmínky, klimatické a hydrologické podmínky, přírodní podmínky, kvalita vod a také další hydrologické charakteristiky. V poslední kapitole praktické části pak budou stanoveny maximální N-leté průtoky pro zvolený profil vodního toku.

6 Vymezení řešeného území

6.1 Historie a současnost

Pramen vodního toku Rokytky se nachází jihozápadně od Tehovce, u osady Vojkov se do něj vlévá Bublavý potok a dále pak bezejmenný potůček. Do Rokytky se vlévá několik potoků a na ní se nachází menší nádrže, které mají místní význam. Nejvýznamnějšími rybníky v povodí jsou Kyjský rybník a Počernický rybník. Rokytky se vlévá do Vltavy, a to u Libeňského ostrova. (Magistrát hl. m. Prahy, 2013)

Oblast povodí Rokytky byla v blízkosti Dolních Počernic osídlena pravděpodobně již od pravěku, Martiš a kol.(2006) uvádí, že toto osídlení bylo zejména na severní straně proudu v blízkosti Počernického rybníku. V těchto místech byla v době kamenné asi 4000 př. n. l. založena osada, kterou chránilo špičaté oplocení. V pozdějších dobách se obyvatelé scházeli blíže k Rokytky a zanechali stopy své existence u břehu rybníka a zejména při severozápadním okraji obce v místě bývalého pískového lomu na mírně vyvýšeném okraji mezi soutokem Rokytky a Chvalského potoka. (Martiš a kol., 2006)

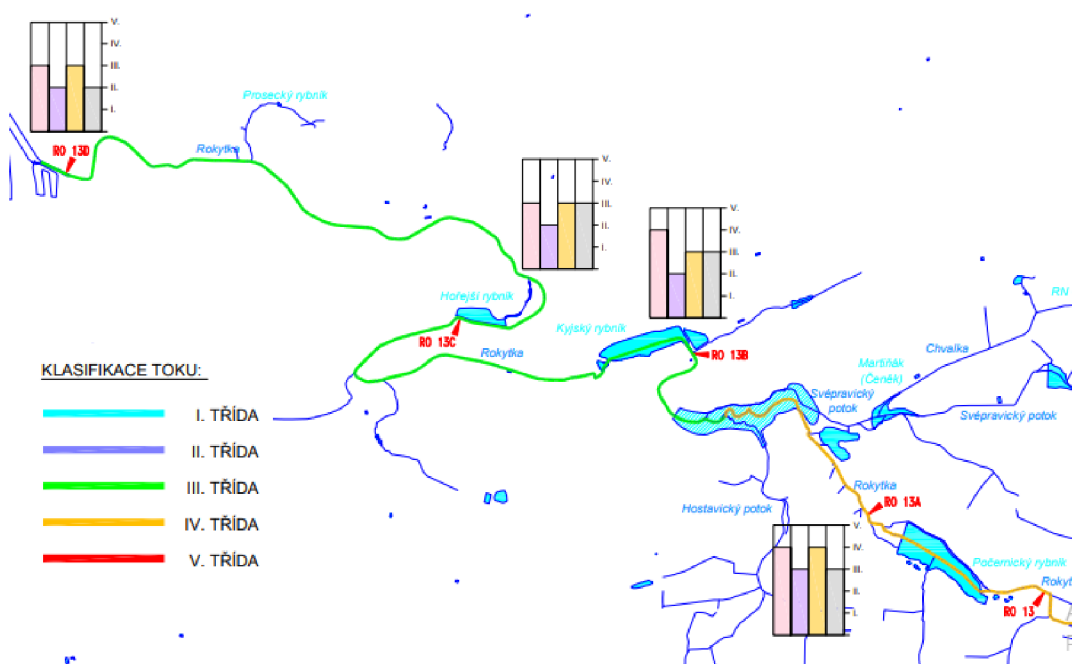
Rokytky protéká chráněnými územími a také řadou rybníků. Blízké okolí přitom prošlo několika významnými změnami, které souvisely především s rozvojem průmyslu. V minulosti byla vodní síla Rokytky využívána například k pohonu mlýnů (např. Löwitův mlýn, Kejřův mlýn, Kyjský mlýn či Počernický mlýn). Jeden

z největších zásahů na vodním toku proběhl na začátku 20. století, kdy došlo k napřímení, prohloubení a opevnění jejího koryta od Libně po Hloubětín. (Pražská příroda, 2023c) Významnou proměnou prošla Rokytky také v 70. letech. V současnosti se Odbor ochrany prostředí Magistrátu hl. města Prahy se snaží tyto zásahy napravit, uvést Rokytku do stavu blízkého přirozenému vodnímu toku, mimo jiné také za přispění finančních prostředků z fondů Evropské unie. (Pražská příroda, 2023c)

6.2 Říční síť

Povodí Rokytky je možné z hlediska zařazení do tříd rozdělit do dvou úseků. Pomyslným předělem je pak přítok Hostavického potoka. Od soutoku Běchovického a Říčanského potoka až po zmiňované ústí Hostavického potoka spadá povodí Rokytky do IV. třídy, od ústí Hostavického potoka na Rokytkce až po její ústí do Vltavy je pak povodí Rokytky řazeno do III. třídy povodí. Na následujícím obrázku je grafické zobrazení klasifikace roku podle výsledné třídy povodí.

Obrázek 5 – Klasifikace toku Rokytky podle výsledné třídy povodí



Zdroj: Pražská příroda (2008)

Hustota říční sítě je určena poměrem délky všech toků povodí k ploše povodí. V následující tabulce jsou pro jednotlivá dílčí povodí uvedeny délky hlavního toku, celková délka toků dílčího povodí a také hustota říční sítě. Uvedené údaje jsou pro

jednotlivá povodí IV. řádu dle rozdělení Českého hydrometeorologického ústavu (2023e).

Tabulka 10 – Výpočet hustoty říční sítě dílčích povodí Rokytky

Vodní tok	délka hlavního toku	celková délka toků zkoumaného území	plocha povodí
Běchovický potok	5,2 km	16,12 km	14,9 km ²
Říčanský potok	21,0 km	46,20 km	38,0 km ²
Hostavický potok	5,8 km	17,63 km	8,0 km ²
Svépravický potok	6,8 km	14,96 km	10,8 km ²
Rokytka	37,5 km	97,50 km	140,4 km ²

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat Českého hydrometeorologického ústavu (2023e)

Tabulka 11 – Výpočet hustoty říční sítě Rokytky

Hustota říční sítě	
<i>r</i>	0,694 km/km ²

Zdroj: vlastní zpracování (2023)

- Hydrologické pořadí toku: 1-12-01-0350-0-00

Vyhodnocení hustoty říční sítě je provedeno podle tabulky dle Herbera a Sudy (1994) in: Pavelková Chmelová a Frajer (2013), která byla uvedena v teoretické části práce. Dle tohoto vyhodnocení je hustota říční sítě povodí Rokytky střední.

6.3 Geografická poloha

Povodí Rokytky se nachází z větší části na územní hlavního města Prahy. Rokytka pramení v blízkosti obce Tehovec a dále prochází obcí Říčany (část Nedvězí u Říčan) a dále pak městskými částmi Královice, Hájek u Uhříněvsi, Koloděje, Běchovice, Dolní Počernice, Kyje, Hloubětín, Hrdlořezy, Vysočany a Libeň. Povodí Rokytky sousedí z východní strany s povodím Výmoly, Sibřinského potoka, ze severovýchodní strany s povodím Běchovického potoka, ze severní strany s povodím Svépravického potoka, Vnošského potoka, Mratínského potoka. Ze západní strany s povodím Vltavy, z jihozápadní strany s povodím Botiče, z jižní strany pak s povodím Hostavického, Říčanského potoka a Mnichovky.

Přítoky vodního toku Rokytka, včetně orientace daného přítoku a kilometru soutoku, jsou uvedeny v následující tabulce.

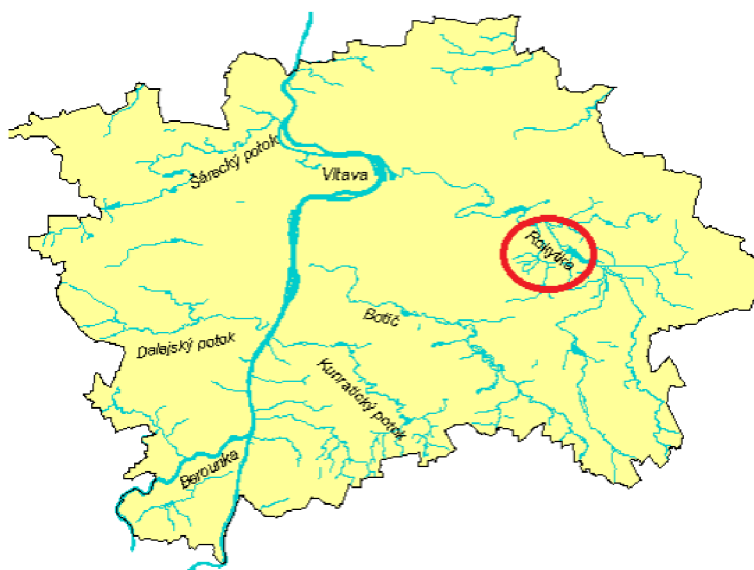
Tabulka 12 – Přítoky vodního toku Rokytka

Přítok	Orientace	Km soutoku	Přítok	Orientace	Km soutoku
Prosecký	pravostranný	2,3	Vackovský	levostranný	7,8
Malá Rokytka	levostranný	8,1	Bezejmenný	pravostranný	11,0
Hostavický	levostranný	12,6	Svépravický	pravostranný	13,1
Říčanský	levostranný	16,3	Běchovický	pravostranný	17,0
Křenický	pravostranný	26,3	Pacovský	pravostranný	29,5
Lada	levostranný	35,7	Bublavský	levostranný	36,7

Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy (2013)

Rokytka je pravostranným přítokem Vltavy. Spolu s Botičem jsou pak podle Hnaťukové (2011) největšími přítoky Vltavy na území hlavního města Prahy. Poloha vodního toku je uvedena na následujícím obrázku.

Obrázek 6 – Poloha vodního toku Rokytky



Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy (2013)

Předmětné území je převážně rovinné až pahorkatinné, jeho nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 181 m n.m. – 485 m n.m. Povodí je charakteristické převažující zástavbou, jeho velká část se nachází na území hlavního města Prahy.

Povodí Rokytka se překrývá s přírodními parky a také s evropsky významnou lokalitou Blatov a Xaverovský háj. Tato evropsky významná lokalita s kódem CZ0110142 o rozloze cca 213 ha se nachází v západní části velkého lesního celku mezi městskými částmi Horní Počernice a Klánovice na východním okraji Prahy. Předmětem ochrany jsou bezkolencové louky na vápnitých, rašelinných nebo hlinito-jílovitých půdách (*Molinion caeruleae*), dubohabřiny asociace Galio-Carpinetum, staré acidofilní doubravy s *dubem letním* (*Quercus robur*) na písčitých pláních. (Agentura ochrany přírody a krajiny, 2023)

Přehled přírodních parků, které se překrývají s povodím Rokytka, včetně jejich rozlohy a roku vyhlášení jsou uvedeny v následující tabulce.

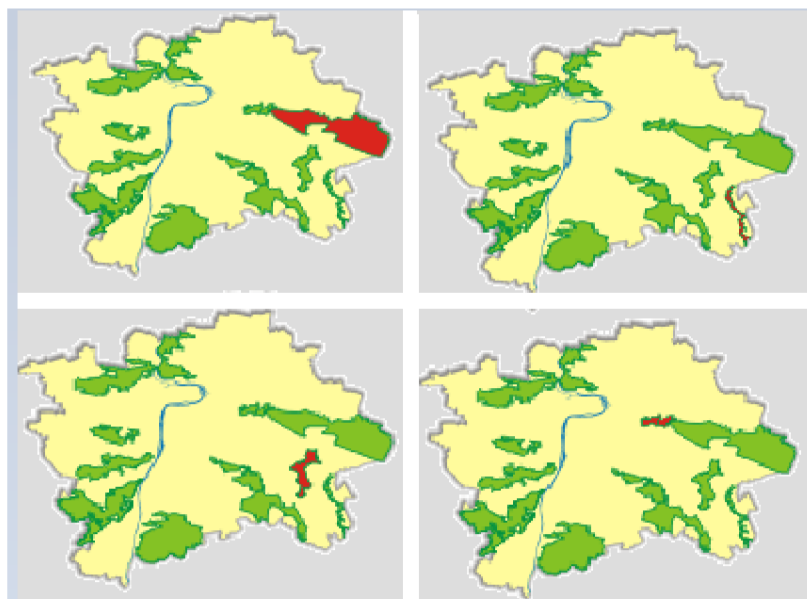
Tabulka 13 – Přírodní Parky, povodí Rokytka

Přírodní park	Rozloha [ha]	Vyhlášeno
Přírodní park Klánovice-Čihadla	2 222,80	1991
Přírodní park Rokytka	1 005,00	1990
Přírodní park Říčanka	407,70	1984
Přírodní park Smetanka	150,10	2009

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Portálu životního prostředí hlavního města Prahy (2023)

Orientační poloha těchto přírodních parků v rámci hlavního města Prahy je uveden na následujícím obrázku.

Obrázek 7 – Poloha přírodních parků, Povodí Rokytka



Zdroj: Portál životního prostředí hlavního města Prahy (2023) – Přírodní park Klánovice-Čihadla (vlevo nahoře), Přírodní park Rokytka (vpravo nahoře), Přírodní park Říčanka (vlevo dole) a Přírodní park Smetanka (vpravo dole)

6.4 Geometrické a orografické charakteristiky

Geometrické charakteristiky byly zjištěny v softwaru ArcGIS a zbylé parametry byly dopočítány podle vzorců v kapitole 3.2. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 14.

Tabulka 14 – Geometrické charakteristiky

Geometrické charakteristiky	
Plocha povodí F	140,363 km
Plocha levého svahu F_L	78,492 km
Plocha pravého svahu F_P	61,871 km
Délka údolnice I_U	38,463 km
Délka hlavního toku L_H	37,186 km
Střední šířka povodí B	3,649 km
Součinitel tvaru povodí α	0,0949
Míra asymetrie povodí a	0,118

Zdroj: vlastní zpracování (2023)

Součinitel tvaru povodí má hodnotu 0,0949 a udává tedy, že tvar povodí je protáhlý. Součinitel asymetrie povodí se pohybuje mezi hodnotami 1 a -1. Čím blíže by byla hodnota ke krajním hodnotám, tím větší asymetrii povodí by to znamenalo. Výsledná hodnota součinitele je 0,118, což značí mírně větší levý svah.

Orografické charakteristiky byly rovněž zjištěny pomocí softwaru ArcGIS vytvořením digitálního modelu reliéfu terénu. Další hodnoty byly spočítány na základě vzorců z kapitoly 3.2.

Tabulka 15 – Orografické charakteristiky

Orografické charakteristiky	
Maximální nadmořská výška H_{max}	485 m n.m.
Minimální nadmořská výška H_{min}	181 m n.m.
Průměrná nadmořská výška H_P	288,1 m n.m.
Nadmořská výška uzávěrového profilu $H_{max,u}$	181 m n.m.
Maximální výška údolnice	480 m n.m.
Střední sklon povodí I_{sv}	2,57 %
Průměrný sklon údolnice I_u	0,78 %
Sklon levého svahu I_L	3,43 %
Sklon pravého svahu I_P	3,80 %

Zdroj: vlastní zpracování (2023)

6.5 Geomorfologické podmínky

Povodí Rokytky se nachází na území hlavního města Prahy a částečně ve Středočeském kraji. Sledované území je řazeno do provincie Česká vysočina, která se skládá z šesti soustav, a to Šumavské, Českomoravské, Krušnohorské, Krkonošsko-jesenické, Poberounské, poslední soustavou je pak Česká tabule. (Bína a Demek, 2012) Na následujícím obrázku je uvedeno členění Poberounské soustavy, do které spadá i povodí Rokytky.

Obrázek 8 – Členění Poberounské soustavy



Zdroj: Bína a Demek (2012)

Plochu povodí je možné zařadit do dvou geomorfologických celků, kterými jsou Pražská plošina a Kladenská tabule, které se nachází v severovýchodní části Poberouňské soustavy. Přehled geomorfologických charakteristik uvádí následující tabulka.

Tabulka 16 – Geomorfologické charakteristiky povodí Rokytky

Provincie	Česká Vysočina
Soustava	Poberouňská soustava
Podsoustava	Brdská podsoustava
Geomorfologický celek	Pražská plošina
	Kladenská tabule

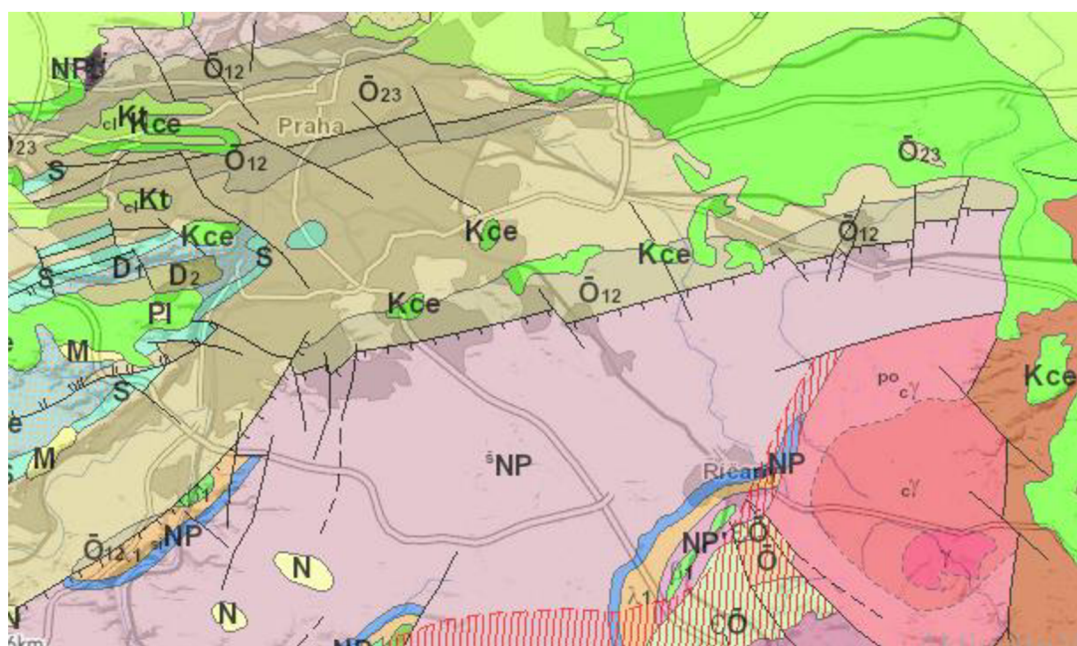
Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Bína a Demek (2012)

6.6 Geologické a pedologické podmínky

Martiš a kol. (2006) uvádí, že nivu potoku Rokytky tvoří kvartérní uloženiny, převážně jílovo-písčité naplaveniny, podloží tvoří sedimenty svrchního ordovíku. Doba sedimentace se přitom vyznačovala poměrným nedostatkem kyslíku, což se odrazilo na nalezené fauně. V blízkých oblastech byly nalezeny druhy *Aegiromena anquilina*; trilobiti jsou zde zastoupeny rody *Marrolithus*, *Dalmanitina*, *Selenopeltis* a další; najdeme i mlže, *ostracods* a *hyolitha*. (Martiš a kol., 2006)

V rámci povodí Rokytky lze vymezit několik geologických oddělení a útvarů. Pramen a počátky toku jsou řazeny do oddělení variských intruziv, přes Říčany prochází zlomová linie, za kterou se nacházejí horniny neoproteozoika, zejména břidlice, droby a podřadně také slepecne. V blízkosti Hájku u Uhřetěvsi probíhá další zlomová linie, od tohoto místa až po ústí toku se nacházejí horniny Paleozoika, konkrétně středního – svrchního Ordoviku (břidlice, prachovce, pískovce, vložky bazaltů), a spodního – středního Ordoviku (břidlice, prachovce, pískovce, křemence, silicity a buližníky). Výřez geologické mapy je uveden na následujícím obrázku.

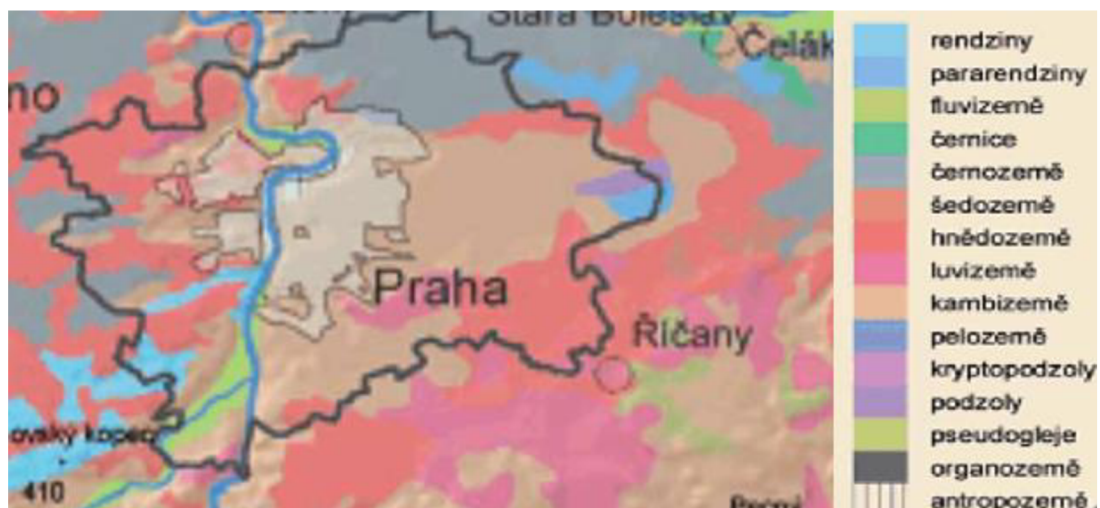
Obrázek 9 – Geologická mapa



Zdroj: Česká geologická služba (2023) – NP – Neoproteozoikum, O – Paleozoikum – Ordovik

Pro oblast povodí Rokytky jsou podle mapy půdních typů ministerstva životního prostředí ČR (2023) charakteristické především šedozemě a hnědozemě, okrajově také luvizemě v oblasti u pramene toku. Ve střední části povodí jsou pak především kambizemě, v oblasti u ústí toku je pak souvislá zástavba, předpokládá se však také přítomnost kambizemě. Výřez mapy půdních typů je předmětem následujícího obrázku.

Obrázek 10 – Výřez mapy půdních typů



Zdroj: Ministerstvo životního prostředí ČR (2023)

V povodí Rokytky jsou půdy hojně zastoupené skupinou luvisoly, reprezentované půdními typy luvizem a hnědozem. Následuje půdní skupina kambisoly, zastoupená kambizemí. Na části území Prahy se nacházejí pouze zastavěné urbální oblasti.

- Luvizem

Stejně jako u hnědozemí, je i u luvizemí illimerizace hlavním půdotvorným procesem. Vznikají také v rovinném nebo mírně zvlněném reliéfu z prachovic, polygenetických hlín a z lehčích, eolitickým materiálem obohacených substrátů. (<https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>) Jsou zařazeny mezi středně těžké půdy. Vzhledem k nízkému obsahu skeletu se dají využít k zemědělství, avšak mají nižší kvalitu než hnědozemě. (Pavlů, 2018)

- Hnědozem

Hnědozemě vznikly v rovinném nebo mírně zvlněném reliéfu ze spraší, prachovic a polygenetických hlín, zejména pod listnatými lesy. Řadí se mezi středně těžké až těžší půdy a díky svým velmi příznivým fyzikálním vlastnostem a dostatkem humusu se dají považovat jako velmi hodnotné zemědělské půdy. Vznikaly půdotvorným procesem illimerizací, při které vrchní část profilu přichází o jílnaté části, které jsou díky zasakující vodě přemístěny do hlubších půdních horizontů. (Kutílek a kol., 2004)

- Kambizem

Kambizemě spadají do skupiny hnědých půd. U nás jsou nejrozšířenějším půdním typem, mívají střední až nižší kvalitu, proto se dají využít k pěstování brambor a obilovin. Vznikají hlavně ve svažitých podmínkách pahorkatin,

vrchovin a hornatin (hlavně pod listnatými lesy), v rovinách pak v menší míře. Hlavním půdotvorným procesem vzniku je intenzivní zvětrávání, při kterém se uvolňují hydráty Fe₂O₃. (Kutílek a kol., 2004)

6.7 Klimatické podmínky

Povodí Rokytky se nachází z větší části na území hlavního města Prahy, ve které je v porovnání s Českou republikou vyšší průměrná teplota a nižší úhrn srážek. V Praze se nacházejí celkem čtyři profesionální stanice evidované Českým hydrometeorologickým ústavem, a to v Ruzyni, Karlově, Libuši a Kbelech. V následující tabulce jsou uvedeny územní teploty v Praze a Středočeském kraji ve srovnání s údaji za celou Českou republiku. Uvedeny jsou teploty vzduchu, dlouhodobý normál teploty vzduchu a odchylka od normálu.

Tabulka 17 – Územní teploty v roce 2022

Měsíc	Teplota vzduchu [°C]		Dlouhodobý normál teploty vzduchu [°C]		Odchylka od normálu [°C]	
	Praha	ČR	Praha	ČR	Praha	ČR
I.	1,6	0,6	-0,6	-1,4	2,2	2,0
II.	3,9	2,8	0,4	-0,4	3,5	3,2
III.	4,0	3,1	4	3,2	0,0	-0,1
IV.	7,1	6,4	9,2	8,5	-2,1	-2,1
V.	15,1	14,3	13,8	13,1	1,3	1,2
VI.	19,5	18,7	17,2	16,5	2,3	2,2
VII.	19,2	18,6	19	18,3	0,2	0,3
VIII.	19,7	19,1	18,6	17,9	1,1	1,2
IX.	12,7	12	13,7	13	-1,0	-1,0
X.	11,1	10,7	8,7	8,2	2,4	2,5
XI.	4,5	4,1	4	3,5	0,5	0,6
XII.	1,1	0,3	0,4	-0,4	0,7	0,7

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav (2023g)

Z výše uvedené tabulky je patrné, že v roce 2022 byly průměrné teploty v jednotlivých měsících vyšší, než je průměr v České republice. Odchylka od dlouhodobého normálu je však pro Prahu i pro celou Českou republiku přibližně stejný.

Následující tabulka uvádí průměrné úhrny srážek v jednotlivých měsících pro Prahu a pro celou Českou republiku. Uveden je také dlouhodobý srážkový normál a procentuální vyjádření úhrnu srážek oproti normálu.

Tabulka 18 – Územní srážky v roce 2022

Měsíc	Úhrn srážek [mm]		Dlouhodobý srážkový normál [°C]		Úhrn srážek v % normálu [%]	
	Praha	ČR	Praha	ČR	Praha	ČR
I.	31	40	33	44	94	91
II.	20	38	28	37	71	103
III.	15	16	38	46	39	35
IV.	38	42	31	39	123	108
V.	38	50	64	70	59	71
VI.	132	101	77	82	171	123
VII.	57	63	79	89	72	71
VIII.	99	91	72	78	138	117
IX.	68	81	48	60	142	135
X.	23	23	41	49	56	47
XI.	44	35	36	45	122	78
XII.	47	50	36	46	131	109

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav (2023f)

Průměrné úhrny srážek v jednotlivých měsících byly v roce 2022 nižší, než je průměr v České republice, nižší je také dlouhodobý srážkový normál. Větší rozdíly jsou také patrné v procentuálním vyjádření úhrnu srážek oproti normálu.

6.8 Hydrologické podmínky

Na vodním toku Rokytky jsou provozovány celkem tři stanice, ve kterých probíhá měření, a to ve stanici Praha – Libeň, Praha – Kyjský rybník a Praha – Vysočany. (Český hydrometeorologický ústav, 2023a) Základní charakteristiky a limity pro stupně povodňové aktivity jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 19 – Stanice na vodním toku Rokytky a limity pro stupně povodňové aktivity

Stanice		Praha – Libeň	Praha – Kyjský rybník	Praha – Vysočany	
Staničení		0,2	10,2	2,8	
Nula vodočtu [m n. m.]		180,58	211,45	190,52	
Plocha povodí [km ²]		137,359	115,461	130,1233	
Procento plochy povodí toku		97,9	82,1	91,6	
Průměrný roční stav [cm]		27	32	14	
Průměrný roční průtok [m ³ s ⁻¹]		0,543	0,28	0,502	
Stupně povodňové aktivity	Sucho	[cm]	13	20	7
		[m ³ s ⁻¹]	0,097	-	-
	1. SPA (bdělost)	[cm]	-	120	85
		[m ³ s ⁻¹]	-	8,82	7,06
	2. SPA (pohotovost)	[cm]	-	150	130
		[m ³ s ⁻¹]	-	12,9	16,2
	3. SPA (ohrožení)	[cm]	-	200	160
		[m ³ s ⁻¹]	-	20,6	236
	3. SPA (extrémní povodeň)	[cm]	188	290	277
		[m ³ s ⁻¹]	44,8	-	-

Zdroj: (Český hydrometeorologický ústav, 2023b, 2023c, 2023d)

Ve stanicích Praha – Libeň, Praha – Kyjský rybník a Praha – Vysočany jsou určeny hodnoty N-letých průtoků, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 20 – N-leté průtoky [m³s⁻¹]

Stanice	Staničení [km]	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Praha – Libeň	0,2	7,64	18,1	24,3	44,8	56,3

Praha – Kyjský rybník	10,2	2,7	11,6	17,5	37,8	50,0
Praha – Vysočany	2,8	7,29	17,6	23,8	42,9	53,3

Zdroj: (Český hydrometeorologický ústav, 2023b, 2023c, 2023d)

V povodí se nachází několik nezanedbatelných vodních ploch. Jedná se o Hořejší rybník, Kyjský rybník, SN Čihadla, rybník v Pískovně, Velký Počernický rybník, Polfikův rybník. Jednotlivé plochy jsou uvedeny v následující tabulce. Pro výpočet jezernatosti bude nejprve proveden výpočet celkové vodní plochy nádrží, které se v daném povodí nacházejí.

Tabulka 21 – Vodní plochy v povodí Rokytky

Název vodní plochy	ČHDP	Celková plocha
Hořejší rybník	1–12–01–034	40 570 m ²
Kyjský rybník	1–12–01–034	144 917 m ²
SN Čihadla	1–12–01–020	391 650 m ²
Rybník v Pískovně	-	25 000 m ³
Velký Počernický rybník	-	194 000 m ²
Polfikův rybník	1–12–01–034	1 940 m ²
Celkem		773 137 m ² = 0,77 km ²

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat Pražská příroda (2023d)

Jezernatost povodí je tedy:

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

$$j = \frac{0,77}{140,363}$$

$$j = 5,49 \cdot 10^{-3}$$

6.9 Přírodní podmínky

Rozmanitost bezobratlých živočichů v Rokytce je poměrně nízká, avšak některé úseky vykazují vyšší diverzitu. Jedná se zejména o úseky, ve kterých má řeka nízkou

rychlost průtoku bez meandrování a koryto řeky je pokryto jílem či pískem. S vyšší diverzitou bezobratlých je možné se setkat především u přepadů s profilem s jíly či písiky, které poskytují vhodnější stanoviště pro bezobratlé. (Caletková, 2012)

V blízkosti Rokytky, v městském rybníku propojeném kanalizací s daným tokem byl pozorován například *rak mramorovaný* (*Procambarus fallax f. virginalis*), který je jeden z nepůvodních druhů, který se podle Patoky a kol. (2016) rozmnožuje partenogeneticky a nedávno byl ověřen jako přenašeč patogenu račího moru.

Nad Hořejším rybníkem bylo zjištěno deset druhů ryb, přičemž nepočetnější je podle Bouše (nedatováno) *hrouzek obecný* (*Gobio gobio*), *plotice obecná* (*Rutilus rutilus*), *jelec tloušť* (*Squalius cephalus*) a *cejn velký* (*Abramis brama*).

V rámci měření kvality vody a stavu společenstev vodních bezobratlých bylo zjištěno nad Hořejším rybníkem celkem 3902 jedinců v 49 taxonech, které spadají do 24 čeledí. V měření pod Hořejším rybníkem bylo zjištěno 8432 jedinců v 51 taxonech, které spadají rovněž do 24 čeledí. (Kožený a kol., 2021)

6.10 Kvalita vod

Nabelková a kol. (2012) uvádí, že městské toky jsou ovlivněny mnoha typy antropogenních aktivit, přičemž silniční doprava hraje jednu z nejdůležitějších rolí. Je to především z toho důvodu, že je kvalita vody ovlivňována zejména kontaminací ovzduší a emisemi v blízkosti silnic či dálnic. Negativními indikovanými látkami jsou pak zejména sloučeniny dusíku, jako jsou dusitany, dusičnany či čpavek. (Nabelková a kol., 2012) Dalším zdrojem znečištění pak může být zemědělská činnost či mísení s odpadními vodami. V horní oblasti toku Rokytky je podle Hnatůkové (2011) zdrojem znečištění především zemědělská činnost a činnost urbanizované oblasti, tok je ovlivněn odpadními vodami tiskařského, elektrotechnického, chemického a strojírenského průmyslu.

Jednu z nejnebezpečnějších skupin znečišťujících látek, které se mohou dostat do vodního toku jsou pak těžké kovy. Těžké kovy jsou přítomny zejména v sedimentech v tocích, které jsou ovlivněny vypouštěním dešťových vod v městských oblastech. Přítomnost těžkých kovů pak lze detekovat v organismech, kde jsou ve vyšších koncentracích než v jiných částech toku mimo městskou oblast. (Komínková a Nabelková, 2007) Ve sladkovodních ekosystémech městských potoků byly podle

Komínkové a Nabelkové (2006) jako nejvýznamnější nebezpečné kovy stanoveny měď, zinek a olovo. Přestože jsou koncentrace těchto kovů ve vodě velmi nízké (často pod detekčním limitem analytického zařízení), byly koncentrace v sedimentech zjištěny v rizikových úrovních především na odběrových místech ovlivněných průmyslem a těžkou dopravou. Koncentrace celkových extrahovaných těžkých kovů v mg/kg stanovila Hnaťuková a kol. (2009) v rozmezí 0,2-3,2 mg/kg (Cd – kadmium), 20,2-61,7 mg/kg (Cr – chrom), 16,3-135,2 mg/kg (Cu – měď), 17,8-42,5 mg/kg (Ni – nikl), 20,2-114,8 mg/kg (Pb – olovo) a 79,4-446,3 mg/kg (Zn – zinek).

Ekologický stav vodního toku Rokytky je monitorován v reprezentativních profilech státním podnikem Povodí Vltavy. Co do obsahu fosforečnanů a dalších látek, je stav Rokytky označován jako střední až horší. (Kožený a kol., 2021) V následující tabulce je uvedeno vyhodnocení fyzikálně-chemických a chemických parametrů kvality vody.

Tabulka 22 – Kvalita vody

Charakteristika	Charakteristická hodnota		
	Maximum	Medián	Minimum
BSK₅ [mg/l]	-	5,4	-
N_{amon.} [mg/l]	-	0,16	-
N-NO₃⁻ [mg/l]	5,3	2,3	-
P_{celk.} [mg/l]	-	0,243	-
Teplota vody [°C]	23,8	15,4	-
pH [-]	9,0	-	7,8
O₂ nasycení [%]	120	-	67

Zdroj: Kožený a kol. (2021)

Z hlediska biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅), amoniakálního dusíku (N_{amon.}), celkového obsahu fosforu (P_{celk.}), teploty vody a pH jsou hodnoty střední až horší. Z hlediska dusičnanového dusíku (N-NO₃⁻) a nasycení kyslíkem jsou pak hodnoty dobré

7 Výpočet N-letých průtoků

7.1 Pomocí empirických vzorců

Oblastní vzorce

Parametry: $A = 4,4$

$$n = 0,38$$

Maximální průtok: $Q_N = 94,354 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Specifický maximální průtok: $0,675 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$

Objemové vzorce

- Dle Sokolovského

Objemový součinitel odtoku (z mapy izolinií): $\varphi = 0,4$

Průměrný rychlost stékání vody v povodí: $v = 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Doba koncentrace: $t_k = 15,26 \text{ h}$

Doba trvání výpočtového deště: $t_d = 8,68 \text{ h} = 520,8 \text{ min}$

Výška výpočtového deště: $H_{s,N} = 116,6 \text{ mm}$

Maximální průtok: $Q_N = 72,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

- Dle Čerkašina

Objemový součinitel odtoku (z mapy izolinií): $\varphi = 0,4$

Střední rychlost dobíhání vody v povodí: $v_s = 0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Součinitel vlivu tvaru povodí na Q_{100} : $p = 1,58$

Maximální průtok: $Q_{100} = 67,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

7.2 Pomocí hydrologického modelu DesQ – MaxQ

Hodnota maximálních průtoků Q_N byla zjištěna pomocí softwaru DesQ ve verzi 5.2. Pro výpočet jsem vybrala variantu I. Tato varianta počítá maximální N-letý průtok

na základě 1-denních maximálních srážkových úhrnů po kritickou dobu trvání. Hodnoty byly odvozeny přímo softwarem pro stanici Praha – Libeň, která se nachází přímo v povodí. Pro oba svahy bylo nutné stanovit číslo odtokové křivky CN. Určení čísla CN křivek bylo provedeno na základě hlavní půdní jednotky z čísla BPEJ a pokryvu krajiny. Další vstupní parametry byly získány z přechozích výpočtů a dat ze softwaru ArcGIS.

Tabulka 23 – Vstupní hodnoty

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	140,36			[km ²]
F _s	plocha svahu		78,49	61,87	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		3,4	3,8	[%]
γ	drsnotní charakteristika		9,4	8,96	[sec]
L _u	délka údolnice	38,46			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	0,78			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		77	76,3	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	61,3			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71,2			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83,3			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92,8			[mm]

Zdroj: vlastní zpracování v DesQ-MaxQ

Výsledné hodnoty pro maximální N-leté průtoky a objemy povodňových vln jsou uvedeny v následující tabulce č. 24.

Tabulka 24 – Výsledné hodnoty

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q _N	25,6	45	70,8	108	143	[m ³ .s ⁻¹]
W _{PVT}	1,93	2,56	3,21	3,97	4,57	[10 ⁶ .m ³]

$W_{PVT,1d}$	2,88	3,62	4,26	4,9	5,44	$[10^6.m^3]$
--------------	------	------	------	-----	------	--------------

Zdroj: vlastní zpracování v DesQ-MaxQ

8 Diskuze a závěr

Při zpracování této bakalářské práce bylo jako první nutné popsání a odvození charakteristik povodí vodního toku Rokytka. Charakteristiky byly především získány v softwaru ArcGIS, byl ale nutný i terénní průzkum. Zbylé parametry byly vypočítány na základě rovnic v kapitole 3. Díky všem těmto charakteristikám bylo možné provést výpočty N-letých průtoků. V této práci bylo použito více metod výpočtů – pomocí několika empirických vzorců, ale i pomocí matematického modelu DesQ-MaxQ. Porovnání vypočítaných stoletých průtoků s daty z ČHMÚ je možné v následující tabulce č 25.

Tabulka 25 – Porovnání výsledků

Metoda	Q_{100} [m ³ .s ⁻¹]	Chyba [%]
ČHMÚ	56,3	0
Vzorec oblastní	94,35	+67,58
Vzorec dle Sokolovského	72,07	+28,01
Vzorec dle Čerkašina	67,35	+19,62
DesQ-MaxQ	143	+153,99

Zdroj: vlastní zpracování

Největší chybovost se očekávala u oblastního vzorce, jelikož jeho použití je vhodné hlavně pro velká povodí, nikoliv pro malá a velmi malá. Také vychází z nejméně parametrů. Pro jeho přesnější výpočet by bylo nutné znát hodnotu parametru c .

Objemové vzorce (dle Sokolovského a Čerkašina) mohou být také nepřesné, jelikož hodnota odtokového součinitele byla vyčtena z mapy izolinií ČR, a proto může být pro malá povodí odchýlena.

Nejpřesnější metodou měl být matematický model DesQ-MaxQ, protože počítá s půdními podmínkami, vegetačním pokryvem i úhrny srážek. Překvapivě v této studii vyšel s největší odchylkou. Pravděpodobně se tak stalo kvůli číslu CN, na které je model velmi citlivý. Při terénním průzkumu došlo nejspíše k chybnému vyhodnocení parametrů pro číslo CN, tím byla zvýšena jeho hodnota a způsobilo vyšší průtoky. Ke snížení chybovosti by byl potřebný náročnější terénní průzkum spolu s detailnějšími

informacemi a stavu podloží a půdy a konkrétních osevních postupech. V tabulce č. 26 jsou uvedeny hodnoty z modelu a hodnoty naměřené ČHMÚ.

Tabulka 26 – Porovnání dat ČHMÚ a DesQ-MaxQ

	Q_1 [m ³ .s ⁻¹]	Q_5 [m ³ .s ⁻¹]	Q_{10} [m ³ .s ⁻¹]	Q_{20} [m ³ .s ⁻¹]	Q_{50} [m ³ .s ⁻¹]	Q_{100} [m ³ .s ⁻¹]
ČHMÚ	7,64	18,1	24,3	-	44,8	56,3
DesQ- MaxQ	-	25,6	45	70,8	108	143

Zdroj: vlastní zpracování

V rámci provedené hydrologické studie vodního toku Rokytka byly shrnuty teoretické poznatky vztahující se k řešení problematice. Dále pak byly odvozeny vybrané hydrologické charakteristiky povodí a pro vybraný profil byly stanoveny maximální N-leté průtoky, které jsou zhodnocené v diskuzi. Tímto byly naplněny stanovené cíle práce.

Tato bakalářská práce může v budoucnu sloužit jako vhodný zdroj informací při návrhu úprav Rokytky, při dimenzování protierozní ochrany nebo protipovodňových opatření.

9 Seznam literatury

1. Agentura ochrany přírody a krajiny. *CZ0110142 Blatov a Xaverovský háj*. [online]. 2023. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://natura2000.cz/Lokalita/Pruvodka/?id=1&grid=Fn1h56O>
2. BÍNA, Jan a Jaromír DEMEK. *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Praha: Academia, 2012. Průvodce (Academia). ISBN 978-80-200-2026-0.
3. BOUŠE, Eduard, a kol. *Habitatové preference ryb v revitalizovaných pražských potocích*. [online] Nedatováno. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/PolRustu1VodaProPrahuPotoky/docvysledky/e4_rk_habitatove_preference_prispevek.pdf
4. CALETKOVA, Jana. Determination of Ecological Flow for Macroinvertebrate Communities in Streams Affected by Urban Drainage – Case Study of Prague. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal* [online]. 2012, 5(1), 56-64 [cit. 2023-02-03]. ISSN 18750400. Dostupné z: doi:10.2174/1875040001205010056
5. Česká geologická služba. *Geovědní mapy 1:500 000*. [online]. 2023. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr500/>
6. Česká pedologická společnost, 2020: *Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR*, online: <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/>
7. Český hydrometeorologický ústav. *Aktuální informace hydrologické předpovědní služby*. [online]. 2023a. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_oplist.php?fkat=ACTHQ&fkraj=&fpob=&fdp=&sort=1&sort_type=asc&startpage=8
8. Český hydrometeorologický ústav. *Hydrologická ročenka České republiky ...: Hydrological yearbook of the Czech Republic*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2015. ISBN 978-80-87577-57-8. ISSN 2533-6312.
9. Český hydrometeorologický ústav. *Praha – Kyjský rybník (Rokytko)*. [online]. 2023b. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=38907900

10. Český hydrometeorologický ústav. *Praha – Libeň (Rokytko)*. [online]. 2023c. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=39185505
11. Český hydrometeorologický ústav. *Praha – Vysočany (Rokytko)*. [online]. 2023d. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=31074555
12. Český hydrometeorologický ústav. *Rozvodnice*. [online]. 2023e. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://chmi.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a4830145c5304cc0a0089c1cb35ffb6f>
13. Český hydrometeorologický ústav. *Územní srážky v roce 2022*. [online]. 2023f. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
14. Český hydrometeorologický ústav. *Územní teploty v roce 2022*. [online]. 2023g. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
15. DAŇHELKA, Jan. Hydrologická data v mapové tvorbě – aktuální využití prostředků GIS v operativní hydrologii v České republice. *Kartografické listy*, 2008, 16.
16. HNAŤUKOVÁ, Petra. Geochemical distribution and mobility of heavy metals in sediments of urban streams affected by combined sewer overflows. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* [online]. 2011, 59(2), 85-94 [cit. 2023-02-03]. ISSN 0042-790X. Dostupné z: doi:10.2478/v10098-011-0007-7
17. HNAŤUKOVÁ, P., L. BENEŠOVÁ a D. KOMÍNKOVÁ. Impact of urban drainage on metal distribution in sediments of urban streams. *Water Science and Technology* [online]. 2009, 59(6), 1237-1246 [cit. 2023-02-03]. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2009.091
18. HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2001: *Maximální odtok z povodí*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 80-213-07182-X
19. HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2008: *Hydrologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-1744-4.
20. JEDLIČKA, Karel a Pavel MENTLÍK. Užití některých prvků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS. *Geomorfologický sborník*, 2003, 2: 223-231. [online].

2003. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://kge.zcu.cz/geomorf/sbornik/texty2/mentlik_smrcek.pdf
21. KAVKA, Petr, Luděk STROUHAL, Petr KOŽANT a Lenka WEYSKRABOVÁ. Kategorizace povodí IV. řádu pro potřeby srážko-odtokového modelování. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. 2018, 60(6) [cit. 2023-02-03]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2017.11.002
22. KOMINKOVA, D. a J. NABELKOVA. Effect of urban drainage on bioavailability of heavy metals in recipient. *Water Science and Technology* [online]. 2007, 56(9), 43-50 [cit. 2023-02-03]. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2007.736
23. KOMÍNKOVÁ, D. a J. NABĚLKOVÁ. The risk assessment of heavy metals in the ecosystem of urban creeks. *Water Science and Technology* [online]. 2006, 53(10), 65-73 [cit. 2023-02-03]. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2006.298
24. KOŽENÝ, Pavel, Hana JANOVSÁ a Jitka SVOBODOVÁ. Kvalita vody a stav společenstev vodních bezobratlých v drobných tocích Prahy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. 2021, 63(6) [cit. 2023-02-03]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2021.07.005
25. KUTÍLEK M., KURÁŽ V., CÍSLEROVÁ M., 2004: *Hydrogeologie 10. Vydavatelství ČVUT, Praha*
26. NABELKOVA, J., D. KOMINKOVA a J. JIRAK. The impact of highway runoff on the chemical status of small urban streams. In: RAUCH, Sébastien a Gregory M. MORRISON, ed. *Urban Environment* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, 2012-12-10, s. 297-306 [cit. 2023-02-03]. Alliance for Global Sustainability Bookseries. ISBN 978-94-007-2539-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-007-2540-9_27
27. Magistrát hl. m. Prahy. *Zpráva o povodni 1.6.-2.6.2013 na vodním toku Rokytka zpracovaná správcem vodního toku.* [online]. 2013. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/priloha/52a0572fac0f8/popov-zprava-rokytka.pdf>
28. MARTIŠ, Miroslav, Emilie PECHAROVÁ a Ivana KAŠPAROVÁ. Landscape ecological consequences of the City of Prague suburban-sprawi development

- demonstrated on the sewage conduit construction. *Ekologia Bratislava*, 2006. vol. 25, Suppl. 3/2006, 162 – 171p.
29. MATĚJKOVÁ, Daniela Jaroslava. *Hydrologie a hydroopedologie*. [online]. 2020. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <https://vdocuments.pub/hydrologie-a-hydroopedologie-pokornhdhhydrologie-a-1-1-hydrosfra-zkladn.html?page=1>
 30. Ministerstvo životního prostředí ČR. *Mapy půdních typů – Středočeský kraj a Praha*, [online]. 2023. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Stredocesky_%20kraj%20a%20Praha-20131128.gif](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Stredocesky_%20kraj%20a%20Praha-20131128.gif)
 31. PATOKA, Jiří, Miloš BUŘIČ, Vojtěch KOLÁŘ, et al. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia* [online]. 2016, 71(12), 1380-1385 [cit. 2023-02-03]. ISSN 0006-3088. Dostupné z: doi:10.1515/biolog-2016-0164
 32. PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.
 33. PAVLÍKOVÁ, Irena. *Environmentální aspekty ochrany vod a půd*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3346-0.
 34. PAVLŮ L., 2018: *Základy pedologie a ochrany půdy*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 978-80-213-2876-1
 35. Portál životního prostředí hlavního města Prahy. *Přírodní parky*. [online]. 2023. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/priroda_krajina_a_zelen/prirodni_parky/index.htm
1
 36. Pražská příroda. *M-denní průtoky v povodí Rokytky*. [online]. 2023a. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/odborna-verejnost/zaplavova-uzemi/rokytka/m-denni-prutoky-v-povodi-rokytky/>
 37. Pražská příroda. *N-leté průtoky na Rokytce*. [online]. 2023b. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/odborna-verejnost/zaplavova-uzemi/rokytka/n-lete-prutoky-na-rokytce/>
 38. Pražská příroda. *Rokytka*. [online]. 2023c. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/rokytka/>

39. Pražská příroda. *Vodní plochy podle katastru*. [online]. 2023d. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-plochy-dle-katastru/>
40. Pražská příroda. *Klasifikace toku Rokytky podle výsledné třídy povodí*. [online]. 2008. [Cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/priloha/51b6f3a05cf15/e.5.5.3.pdf>
41. RUDA, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie*. [online]. 2014. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/08-hydrografie.html
42. STARÝ, Miloš. *Hydrologie*. Brno: Vysoké učení technické, 2005.
43. ŠERCL, Pavel a Pavel KUKLA. Základní hydrologické údaje za referenční období 1981–2010. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2016, roč. 58, č. 1, str. 49. ISSN 0322-8916.
44. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice – Odtokové poměry povodí: výstup projektu*. [online]. 2016. [Cit. 2023-02-02]. Dostupné z: https://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/odtokove_pomery_povodi.pdf

10 Přílohy

Příloha č. 1: Lokalizace povodí říčky Rokytka

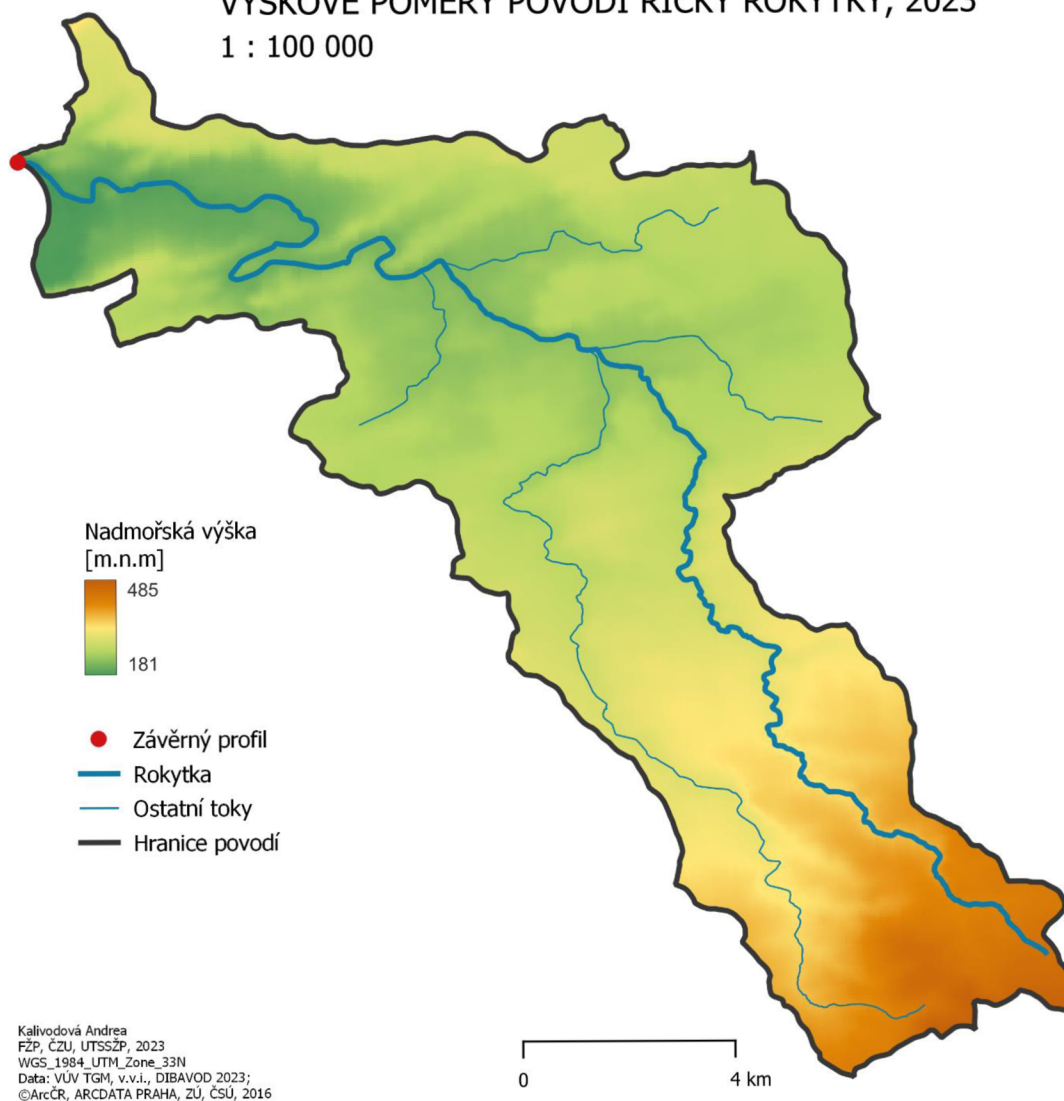
LOKALIZACE POVODÍ ŘÍČKY ROKYTKY, 2023

1 : 100 000

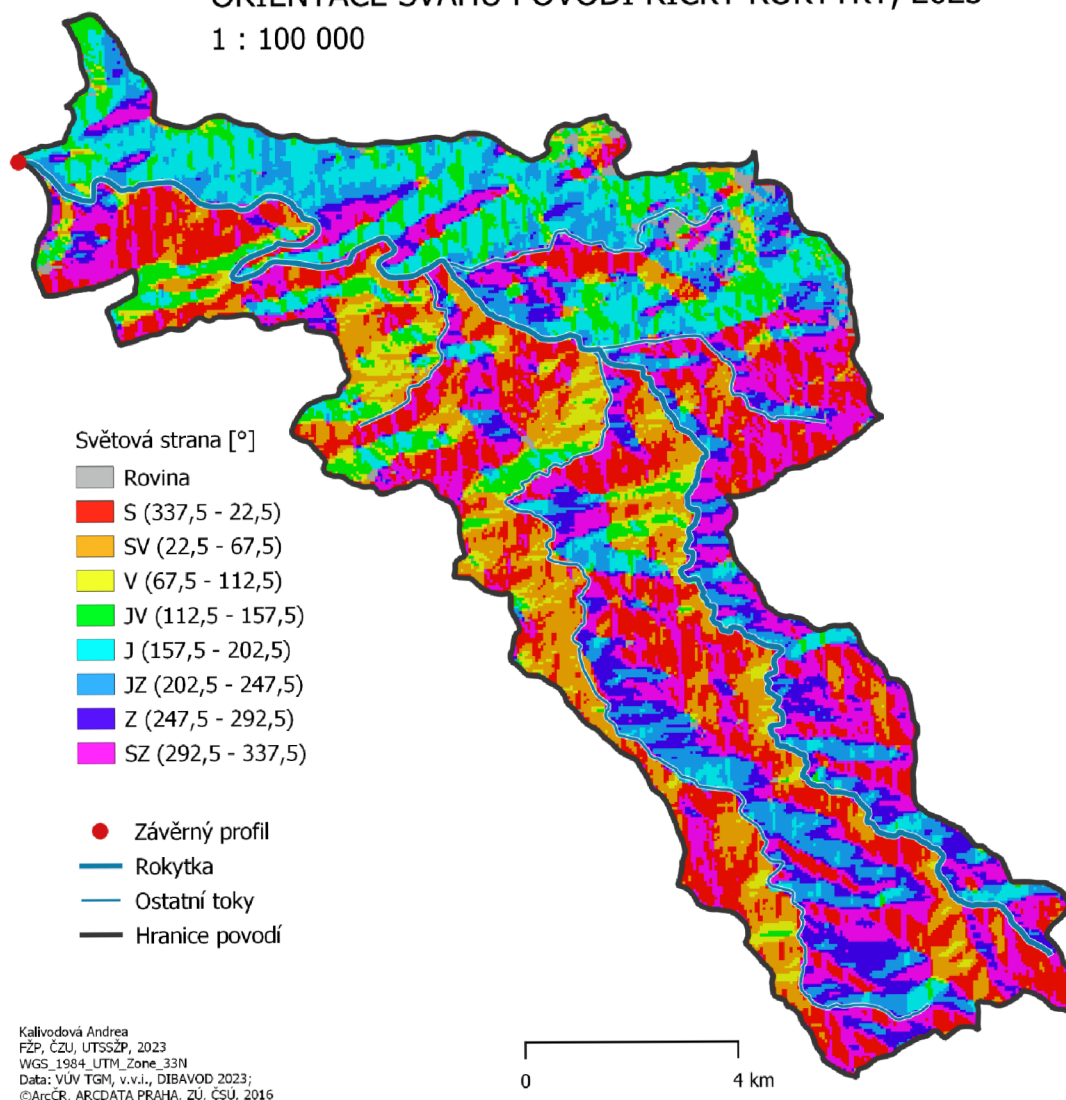


Příloha č. 2: Výškové poměry povodí říčky Rokytky

VÝŠKOVÉ POMĚRY POVODÍ ŘÍČKY ROKYTKY, 2023
1 : 100 000

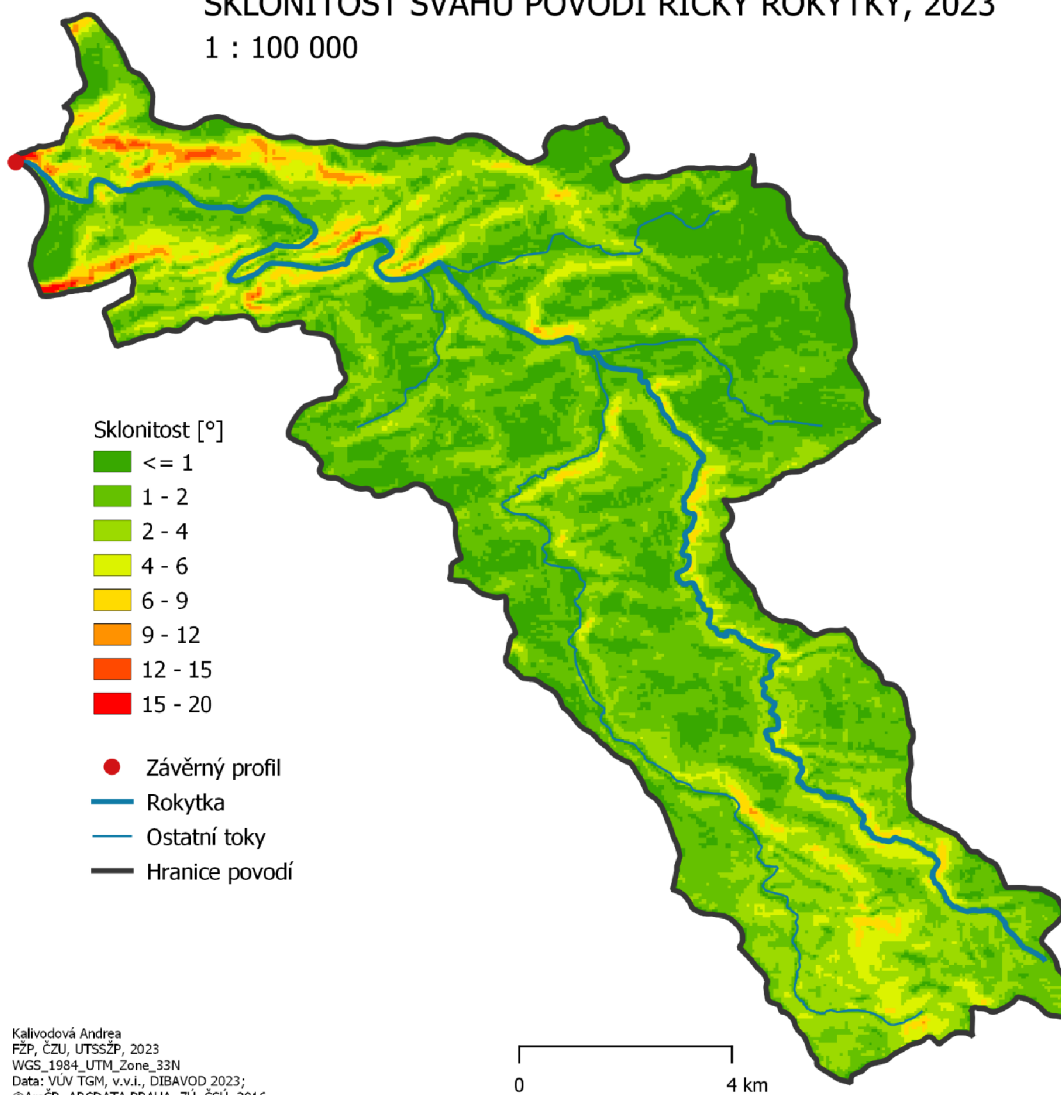


ORIENTACE SVAHU POVODÍ ŘÍČKY ROKYTKY, 2023
1 : 100 000



Příloha č. 4: Sklonitost svahu povodí říčky Rokytky

SKLONITOST SVAHU POVODÍ ŘÍČKY ROKYTKY, 2023
1 : 100 000



Příloha č. 5: Pramen Rokytky



Příloha č. 6: Soutok Rokytky s Běhovickým a Říčanským potokem



Příloha č. 7: Kyjský rybník



Příloha č. 8: Odtok z Kyjského rybníka



Příloha č. 9: Soutok Rokytky s Vltavou

