



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

# VODOHOSPODÁŘSKÁ ANALÝZA A BOJ SE SUCHEM V POVODÍ ŘEKY ROKYTNÉ

WATER ANALYSIS AND COMBATING DROUGHT IN THE ROKYTNÁ RIVER BASIN

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Říha

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV VESELÝ, CSc.

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program
Studijní obor	3656T025 Městské inženýrství
Pracoviště	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Říha
Název	Vodohospodářská analýza a boj se suchem v povodí řeky Rokytné
Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- Bogardi, J.: Sediment transport in aluvial streams. Akadémiai Kiadó, Budapest 1974.
- Brož, V., Haindl, K., Patera, A.: Provoz vodních děl, ES ČVUT Praha 1989.
- Čábelka J., Gabriel P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice [1]. Výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti. Academia Praha 1987.
- Kolář, V., Patočka, C., Bém, J.: Hydraulika, SNTL/ALFA Praha 1983.
- MZe ČR. Metodika zpracování Povodňových plánů, Praha 2009 a 2013. Zásady boje se suchem, Praha sem. VÚV 2016 - 2018.
- Rhoads, B. L., Cahill, R. A. (1999). Geomorphological assessment of sediment contamination in an urban stream system. Applied geochemistry 14, pp. 459 – 483.
- Směrnice evropského parlamentu a rady 2000/60/es pro činnost Společenství v rámci vodní politiky, 2000. Online: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/>.
- Veselý, J. a kol.: Splaveninové studie a splaveninový průzkum hlavních toků v Povodí Moravy, s.p.
- Hydrologické, projektové a mapové podklady (Povodí Moravy, s.p.).

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Tok Rokytná č.h.p. 4-16-03-001 je významným přítokem řeky Jihlavy, do které ústí zprava v k.ú. Ivančic. Před ústím v relativně dlouhém úseku tok meandruje, jevu využijte při boji se suchem. Proveďte rekognoskaci toku, zpracujte fotodokumentaci, vyberte odběrná místa pro odběr a analýzu splavenin i plavenin v úseku ř.km 0 až 16,7. Zabývejte se rovněž extrémními průtoky ve vazbě na transport a ukládání sedimentů, ověřte např. matematickým modelem. V povodí se vyskytují místa s nedostatkem vody, doporučte opatření k retenci vody v tomto území a navrhnete opatření pro udržitelnost ŽP, zjistěte místa vhodná pro monitorování těchto jevů. Zpracujte vlastní návrh řešení vybraných problémů, spolupracujte při tom s obcemi, ČHMÚ, krajskými a geologickými pracovišti.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na vodohospodářskou analýzu řeky Rokytne a nalezení vhodných opatření využitelných obcemi při řešení sucha a nedostatku vody v jejich správním území. Na úvod je krátkou rešerší shrnuta problematika sucha a nedostatku vody v České republice, včetně souvislostí a aktuálního stavu. Následuje posouzení současného stavu povodí Rokytne, na základě provedené rekognoskace a zpracované analýzy části povodí vymezené ř. km 0,0 až 16,7 mezi městy Ivančice a Moravský Krumlov. Tato analýza je zaměřena na nalezení faktorů, které mohou ovlivnit rozsah dopadů sucha v tomto území. Součástí je i splaveninová studie toku, která obsahuje zpracování zrnitostní charakteristiky a výpočet množství transportovaného materiálu ze vzorku dnových splavenin odebraného z koryta Rokytne. Na základě poznatků z předchozích částí práce je následně zpracován přehled vhodných postupů a opatření. Závěrem této práce je pak vlastní návrh vhodných kroků a opatření týkající se konkrétních lokalit v povodí Rokytne. Cílem je zvýšení retenční schopnosti krajiny a minimalizace dopadů sucha i povodní. Výsledkem by mělo být posílení udržitelnosti životního prostředí v této oblasti. Závěry této práce mohou být využity municipalitami a dalšími orgány spravujícími území, při vytváření koncepce boje se suchem a při rozhodování o realizaci příslušných opatření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Rokytne, sucho, nedostatek vody, rekognoskace toku, splaveniny, plaveniny, retence vody, povodně, řešení pro obce

## **ABSTRACT**

This diploma thesis focuses on water management analysis of the Rokytná River and finding suitable precautions usable by municipalities when dealing with drought and lack of water in their administrative district. The short research at the beginning of the thesis summarizes problematic of drought and lack of water in the Czech Republic, including the current state and overall context. Next part focuses on the assessment of current state of the Rokytná River basin, based on performed reconnaissance of the basin and processed analysis of a part of the basin delimited from km 0,0 to km 16,7 of the river, between towns of Ivančice and Moravský Krumlov. This analysis concentrates on finding factors, which can contribute to extent of drought impact in this area. It also contains a suspended load study of the waterway, which writes up granularity characteristics and calculation of the amount of transported material from a suspended load sample, taken from the bed of the Rokytná River. The overview of suitable proceedings and precautions follows, based on findings in previous parts of the diploma thesis. The conclusion of this thesis consists of very suggestion of suitable steps and precautions related to particular localities in the Rokytná River basin. Target is to enhance the retention ability of the region and to minimize the impact of both drought and floods. The result of these actions should be the empowerment of environmental sustainability in this particular area. Conclusions of this thesis can be used by municipalities and other administrative bodies when creating an approach of combating drought and when deciding about the implementation of relevant precautions.

## **KEYWORDS**

Rokytná, drought, lack of water, reconnaissance of watercourse, suspended load, washload, water retention, floods, solution for municipalities

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Tomáš Říha *Vodohospodářská analýza a boj se suchem v povodí řeky Rokytné*. Brno, 2020. 132 s., 56 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vodohospodářská analýza a boj se suchem v povodí řeky Rokytné* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2020

---

Bc. Tomáš Říha  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vodohospodářská analýza a boj se suchem v povodí řeky Rokytné* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2020

---

Bc. Tomáš Říha  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jaroslavu Veselému, CSc., za každodenní pozitivní náladu, cenné rady a věcné připomínky. Rád bych poděkoval i paní doc. Ing. Janě Pařílkové, CSc. za pomoc při zpracování granulometrické křivky. Poděkování patří také Povodí Moravy, s. p. za poskytnutí výkresových a hydrologických podkladů, České geologické službě za data z vrtů a Správě toků Lesy ČR, s. p. za propůjčení vzorového projektu. Nejvíce však chci poděkovat přítelkyni a celé mojí rodině za neustálou podporu v průběhu celého studia.



## OBSAH

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
1.1 Cíle a struktura diplomové práce.....	2
<b>2 Sucho .....</b>	<b>4</b>
2.1 Definice a typy sucha .....	6
2.2 Hydrologické sucho a jeho význam .....	11
2.3 Možnosti řešení dopadů sucha .....	19
<b>3 Popis povodí řešeného toku .....</b>	<b>24</b>
3.1 Lokalizace a hydrologické poměry.....	25
3.2 Sklonitost a klimatické poměry .....	32
<b>4 Rekognoskace povodí Rokytné .....</b>	<b>36</b>
4.1 Odběr vzorku a výsledky analýz.....	46
4.2 Využití bilanční rovnice .....	53
4.3 Splaveninová studie .....	55
<b>5 Analýza řešeného území .....</b>	<b>64</b>
5.1 Identifikace území .....	64
5.2 Charakteristika vymezeného území.....	65
5.3 Shrnutí.....	88
<b>6 Aplikace poznatků v praxi .....</b>	<b>89</b>
6.1 Řešení ve městech a obcích.....	90
6.2 Řešení v extravilánu .....	98
6.3 Návrh opatření v povodí Rokytné .....	106
6.4 Shrnutí.....	113
<b>7 Závěr .....</b>	<b>114</b>
7.1 Shrnutí práce .....	114
7.2 Závěry a návrhy uplatnění výsledků .....	116
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>117</b>
<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>120</b>
<b>Seznam tabulek a grafů .....</b>	<b>122</b>
<b>Přehled použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>123</b>
<b>Obsah příloženého CD .....</b>	<b>123</b>

Pozn.: Detailní členění práce je uvedeno na úvod v přílohové části.

# 1 ÚVOD

Střední Evropa, respektive území České republiky není obecně považováno za oblast, která by měla trpět zásadními dopady sucha, pokud jde o porovnání například s oblastmi u Středozemního moře. Faktem však je, že i na našem území dochází k výskytu suchých epizod a s nimi spojenými dopady na zemědělství, vodohospodářství a na další odvětví. V posledních letech však v rámci globální klimatické změny dochází k výrazně častějšímu opakování těchto suchých epizod, než bylo v minulosti zvykem. To je impulsem k mnohem větší pozornosti, kterou na sebe sucho v tuto chvíli poutá.

Přestože Česká republika může těžit z relativně rovnoměrně územně rozložených srážek, trpí zejména absencí velkých vodních toků, vysokých pohoří a jezer. Díky tomu se na našem území negativně projevují již malé odchylky v rozložení a množství srážek, zejména jsou na nich závislé všechny vodní zdroje v ČR. Naprostá většina vodních zdrojů je pak také závislá na zadržení a akumulaci vody na našem území. V posledních letech se zásadně nemění celkový úhrn srážek, ale jejich distribuce během roku. Typická jsou delší období beze srážek, která se střídají se srážkami větší intenzity. Ty rychle odtékají a jen část z nich je zadržena tam, kde je potřeba, tedy na zemědělské půdě, v povodích řek nebo v lesích. Naše země je považována za střechu Evropy, většina vody totiž z našeho území odtéká a jsme závislí především na srážkách. Proto je klíčové řešit problémy se suchem postupným zvyšováním retenční schopnosti krajiny. Sucho se však neprojevuje jen nízkými průtoky ve vodních tocích nebo nízkou výškou hladin vodních zdrojů. Jeho viditelné dopady je možné zaznamenat především v krajině, kde se projevuje ve všech svých podobách. Kritický stav je vidět nejvíce v lesích, které jsou suchem velmi oslabeny a nedokážou zadržet dostatek vláhy. Důsledkem toho se pak stromy stávají snadným cílem např. pro dřevokazný hmyz nebo houby.

Povodí řeky Rokytné je jedním z několika území v naší zemi, kde se již sucho projevuje velmi zřetelně. Rokytná je jednou z nejvíce přirozeně meandrujících řek v ČR, což by mělo být dobrým předpokladem pro delší zadržení vody v jejím povodí.

Meandrování samo o sobě však nestačí, což dokazuje fakt, že je Rokytná zároveň řekou typickou celoročně nízkými průtoky. Není výjimkou období, zejména v letních měsících, kdy na horním a dolním toku nenastává ani průtok  $Q_{355}$ . Tedy průtok, který by měl být dosažen nebo překročen alespoň 355 dní v průměrném hydrologickém roce. Tento fakt poukazuje na to, že povodí Rokytné není schopno přirozeně zadržet dostatek vody, který by stačil na dotování okolní orné půdy, lesů i samotného toku. Proto je důležité realizovat vhodná opatření, která napomohou k navýšení množství zadržené vody v povodí a souvisejícímu zvýšení hladiny podzemní vody.

## 1.1 Cíle a struktura diplomové práce

Tato diplomová práce si v souladu se zadáním klade za cíl, přispět k poznání a k hledání možných způsobů řešení pro obce zasažené stavem sucha či nedostatku vody. Problematika sucha a nedostatku vody je poměrně rozsáhlá a lze ji zpracovat z pohledu několika různých odborností, není tedy možné ji kompletně zachytit v rámci jedné práce. Existuje již více prací, které se zabývají touto problematikou. Některé jsou zaměřeny na zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou, jiné zase na právní prostředky a náležitosti týkající se nakládání s vodami. Tato diplomová práce je řešena z pohledu městského inženýrství, které je zaměřeno mimo jiné na řešení široké škály problémů spojených se zajištěním provozu měst a obcí. Včetně hospodaření s vodou a zajištěním udržitelného prostředí pro život občanů. Práce by měla být prostředkem, který zástupcům municipalit nabídne možné postupy a kroky využitelné v boji se suchem, především v souvislosti s hospodařením s vodou v jejich správním území. Měla by být přínosná i pro odborné orgány spravující vodoteče, vodní díla a nakládající se zásobami vody v povodí Rokytné.

Práce je koncepčně rozdělena do **pěti hlavních částí**. První část je věnována krátkému úvodu do problematiky sucha se zaměřením na sucho hydrologické, jeho klasifikaci a možná řešení. Poté je představeno povodí řeky Rokytné, popsány poznatky z provedené rekognoskace toku a zpracována splaveninová studie na základě odebraných vzorků. V další části je detailně analyzován zadáním vymezený úsek povodí, z pohledu všech důležitých charakteristik, které mohou naznačovat náchylnost

území k problémům se suchem nebo s povodněmi a mohou předurčovat, jaká je schopnost krajiny zadržet vodu.

V poslední části práce jsou poznatky z předchozích kapitol aplikovány především na úrovni obcí a měst, ale i na úrovni správců vodních toků, lesů a zemědělců. Cílem je formulovat doporučení, která napomohou starostům a zástupcům dotčených odborů s orientací v této problematice. Právě na nich leží zodpovědnost za prevenci před možnými následky, které s sebou přináší přírodní extrémny. Často jsou však na řešení těchto problémů sami a nejsou dostatečně informováni o vhodných krocích a možnostech, které mají k dispozici.

**Přílohová část** této práce je složena ze šesti částí. První část shrnuje legislativu a strategie zabývající se koncepcí pro řešení nejen problémů se suchem, ale i klimatickou změnou celkově. Zmíněna je například i role územního plánování a představena navrhovaná novela Vodního zákona. Toto je doplněno přehledem dotačních programů, využitelných pro financování záměrů v oblasti životního prostředí a vodního hospodářství např. v souvislosti se zlepšením hospodaření s vodou a zvýšením retenční schopnosti krajiny.

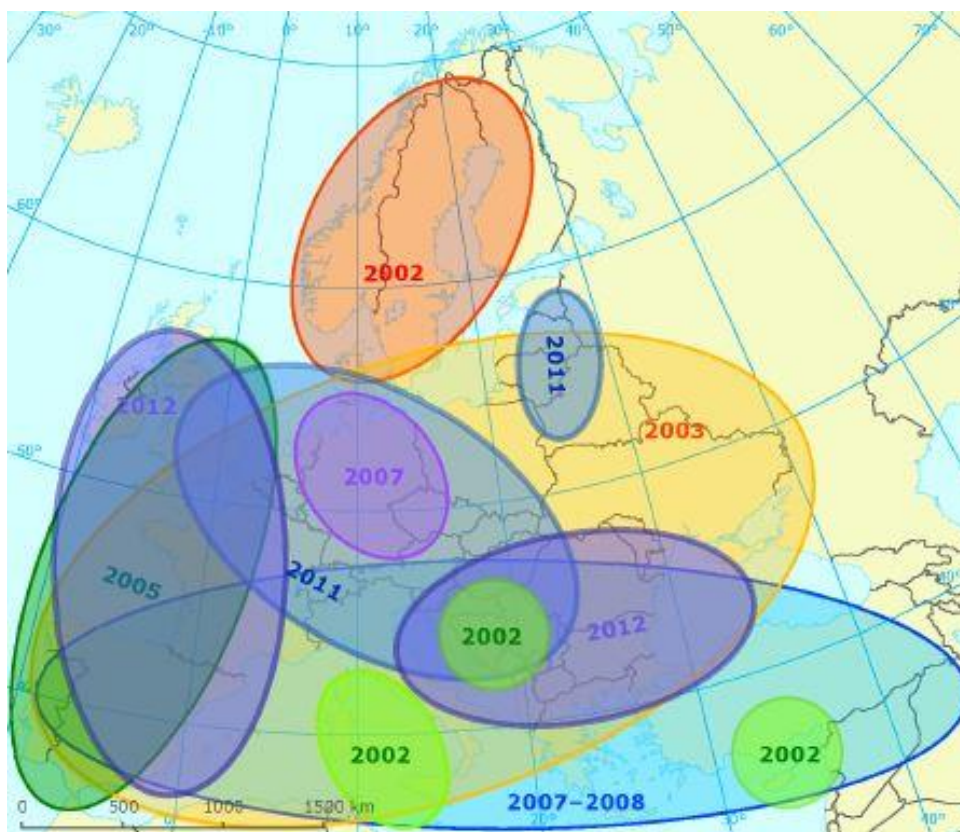
V druhé části je stručně představena problematika povodní a povodňových plánů obcí a ORP v řešeném území. Z nich lze vytěžit mnoho užitečných informací o stavu území, rizicích a již realizovaných opatřeních. Zároveň mohou být povodňové plány svou strukturou vzorem pro budoucí tvorbu plánů pro zvládání sucha.

Dále je přílohou návrh struktury *Plánu pro zvládání sucha*, který by měl být využitelný pro zástupce municipalit v případě, že se sami v budoucnu rozhodnou ke zpracování tohoto plánu. Základem pro tuto přílohu jsou zkušenosti autora práce ze zpracovávání povodňových plánů a návrh připravované novely Zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon).

Posledními přílohami jsou – přehledný výpočet transportovaného materiálu v místě odběru vzorku, včetně přehledu použitých vzorců a vstupních dat. Přiložena jsou také data z vrtů, poskytnutá pro účely této práce od ČGS. Závěrečnou součástí jsou podklady poskytnuté od Povodí Moravy, s. p. Jedná se o výkresovou dokumentaci (podélný profil toku a příčné řezy koryta toku) ve zmenšeném formátu.

## 2 SUCHO

Sucho je přírodním extrémem, který byl a lze očekávat, že i nadále bude realitou. Důkazem mohou být již proběhlé epizody sucha v Evropě vyobrazené na *Obr. 1*. V posledních letech dochází k opakování suchých epizod v kratších intervalech, než tomu bylo dříve. Stav sucha zasáhl i území České republiky, především v letech 2002, 2007–2008, 2012 (kdy padaly teplotní rekordy) a naposledy v roce 2015. Právě až v posledních letech, kdy se dopady sucha začínají více projevovat a jsou více citelné, se jím zákonitě začíná zabývat stále více lidí včetně územních a odborných orgánů. Důkazem toho může být i množství studií zabývajících se suchem na území České republiky, které v poslední době vznikají. Mnoho z nich se shoduje, že dochází k postupnému snižování disponibilní vody v půdě, a proto lze do budoucna předpokládat nárůst podílu sušších půdně-vlhkostních režimů. Současně s tím lze očekávat i související efekty. Například obce a odborné orgány v území budou muset začít řešit prevenci a realizovat nová opatření. Dopady však mohou být i na samotné obyvatele obcí, na jejich pracovní nebo zájmové činnosti. [1]



*Obr. 1: Epizody sucha v Evropě za období mezi lety 2002–2012 [2]*

Dopady suchých epizod na vodní režim krajiny nebo výnosy plodin závisí především na půdních vlastnostech, mezi ty nejdůležitější patří **infiltrační** a **retenční** schopnost půdy: [1]

- **Infiltrace** – jde o schopnost půdy pohlcovat vodu. Půdy se dělí do pěti skupin dle jejich schopnosti infiltrovat vodu. Z tohoto pohledu je ideální střední až vysoká infiltrační schopnost ( $0,15-0,20 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) minimalizující povrchový odtok vody, s nímž je spojena vodní eroze. Zároveň tento stupeň infiltrace vody umožňuje vytvoření vodních rezerv pro případ sucha.
- **Retence** – jedná se o schopnost půdy zadržet vodu v půdním profilu. Je zásadní pro schopnost půdy zvládat období se stavem sucha a nedostatkem vody. Čím více je nasycen půdní profil vodou, tím delší je jeho schopnost zajistit dostupnou půdní vláhu.

Podstatné je zmínit, že za stále výraznější projevy sucha může nejen změna klimatu, ale také nesprávné zacházení se zásobami vody. V současnosti začínáme doplácet na trendy z let minulých, kdy docházelo k narovnávání vodních toků (tím i k rychlému odtoku vody z území), vypouštění rybníků nebo vysoušení mokřadů, případně nadměrné drenážování pozemků. Zároveň je důležité reálně zhodnotit prospěšnost a dopady aktuálně realizovaných opatření. [1]

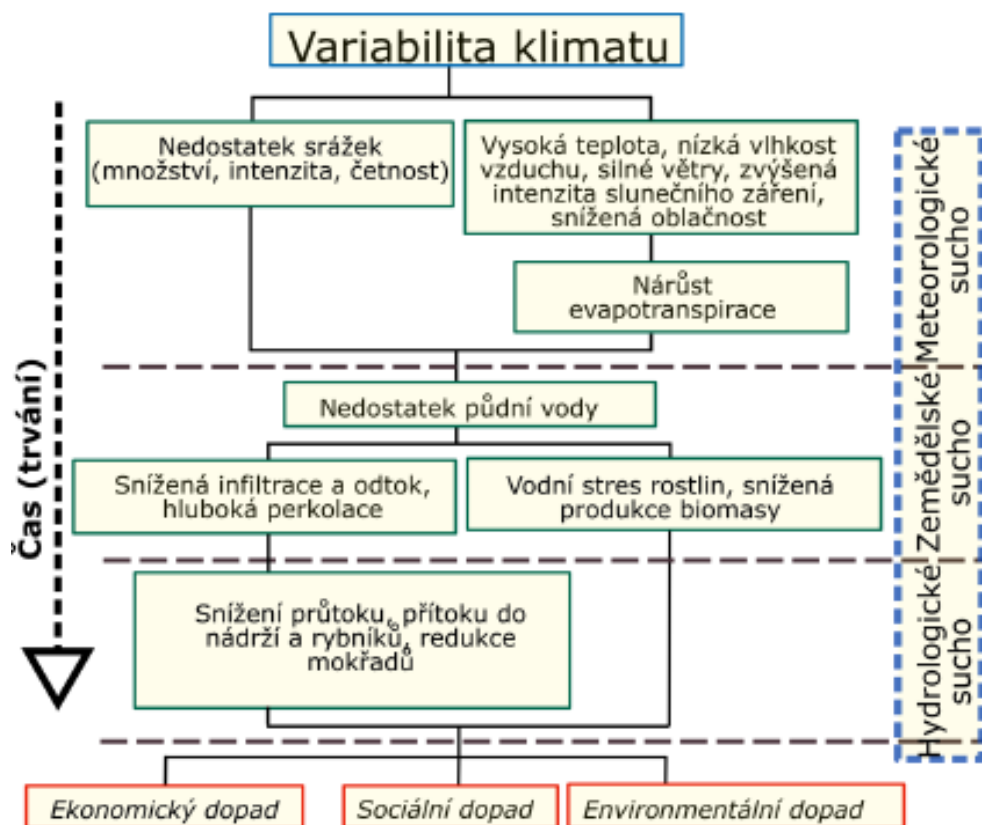
Problémem momentálně není pouze nedostatek vody v půdě a vodních tocích, ale také nedostatek vody ve vzduchu. V dnešní době nás tedy trápí nejen vysychání v důsledku vysokých teplot vzduchu, ale také v důsledku jeho nedostatečné vlhkosti. Důležité je proto nejen vodu v krajině zadržovat prostřednictvím vhodných technických opatření, ale i její navrácení zpět do vzduchu, čehož lze dosáhnout prostřednictvím vegetace s velkým výparem, kterou jsou lesní porosty. Ty jsou a vždy byly retenčním prvkem vody v území. [1]

## 2.1 Definice a typy sucha

Sucho je považováno za přirozený jev, ale rovněž jde o jev antropogenně podmíněný. Charakteristický je pro něj pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. V odborné literatuře lze nalézt nespočet definic sucha, protože na něj můžeme nahlížet z mnoha různých úhlů pohledu. Může být například definováno jako: „*Záporná odchylka vodní bilance od klimatického normálu v dané oblasti během určitého časového úseku*“. Dle *Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky* je pak sucho definováno jako: „*Nahodilý přírodní jev způsobený deficitem srážek, který následně vede k poklesu množství vody v různých částech hydrologického cyklu*“. V případě sucha je důležitý především souhrn aktivit vedoucích ke zvýšení informovanosti obyvatel o nutnosti šetřit vodou. Dále pak k omezení využívání pitné vody k účelům, které nejsou nezbytné pro uspokojení základních lidských potřeb a činností. Tento soubor aktivit lze nazvat jako **zvládnání stavu sucha**. [1]

Důležitým pojmem je také *nedostatek vody*, který je často zaměňován právě se suchem. Nedostatek vody je však spíše než s hydrologickým suchem spojen s dopady na základní lidské potřeby, hospodářskou činnost a životní prostředí, kdy v důsledku nedostatku vody jsou dostupné zdroje převyšovány požadavky na užívání vody. Platí, že tento stav, nastávající důsledkem sucha, je svou intenzitou a délkou trvání výraznější než stav sucha. Při stavu nedostatku vody je nutné využít zvláštní prostředky a činnosti vedoucí k zajištění základních lidských potřeb (např. omezení nakládání s vodami, nouzové zásobování a manipulace s vodou). Využití těchto zvláštních prostředků a činností lze nazvat jako **zvládnání stavu nedostatku vody**. [3]

Na následujícím *Obr. 2* je schematicky naznačen průběh sucha v čase včetně jednotlivých návazností. S výraznější délkou jeho trvání dochází k projevům v dalších souvisejících částech hydrologického cyklu a k jeho přeměně na další typy sucha. Výsledkem jsou pak následné dopady na přírodu, ekonomii a společnost. [4]



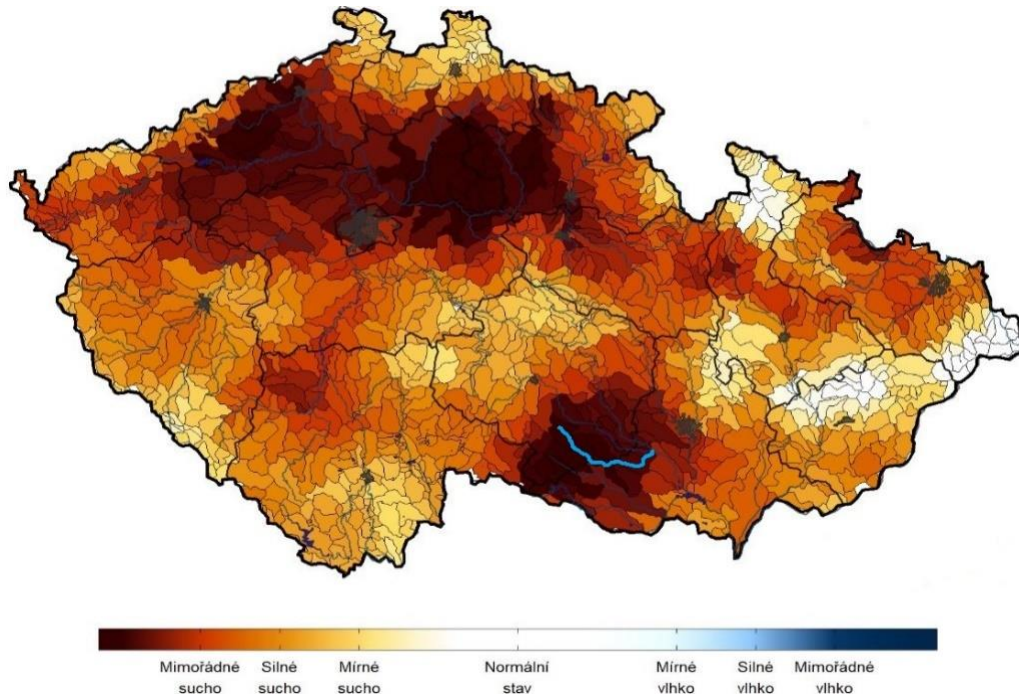
Obr. 2: Postupná gradace sucha v čase [4]

Vzhledem k nepřehlednému množství definic je rozlišováno hned několik typů sucha. Nejčastěji bývá děleno dle závislosti na časovém měřítku a dopadech. Rozlišujeme tedy tyto typy sucha: [1], [5], [2]

- **Meteorologické sucho** – tento typ sucha je výsledkem přechodného nepříznivého stavu atmosféry. Je specifický srážkovým deficitem v určitém časovém období a je signalizován zejména meteorologickými veličinami (vysoká teplota vzduchu, nízká relativní vlhkost vzduchu, vyšší úhrn slunečního záření atd.). Meteorologické sucho je přirozeným jevem, který lze snadno indikovat na základě přístrojových měření a často je předzvěstí ostatních typů sucha. Na Obr. 3 je znázorněn stav meteorologického sucha na území ČR v červenci 2019. Modře je zvýrazněn vodní tok Rokytná, jehož povodím se tato práce zabývá detailněji.

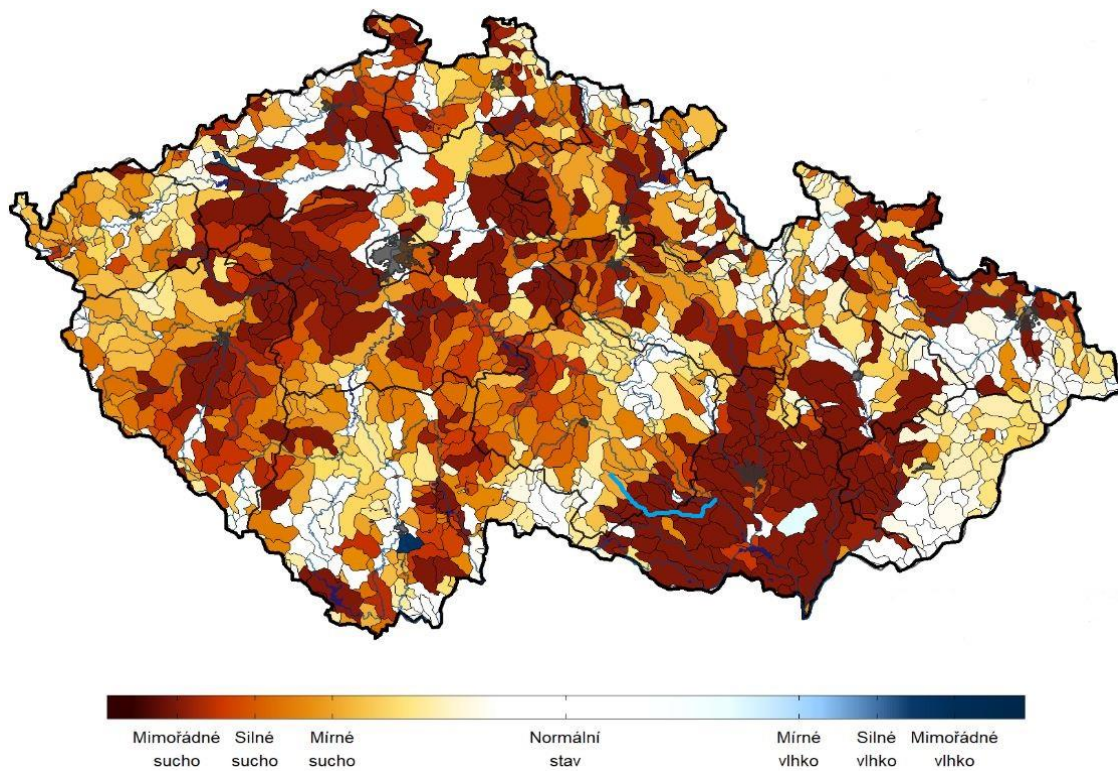


Je zřejmé, že povodí Rokytné patří mezi, tímto typem sucha, nejvíce zasažené oblasti v ČR. To je způsobeno především nižšími srážkovými úhrny, které mají spojitost s polohou povodí ve srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny.

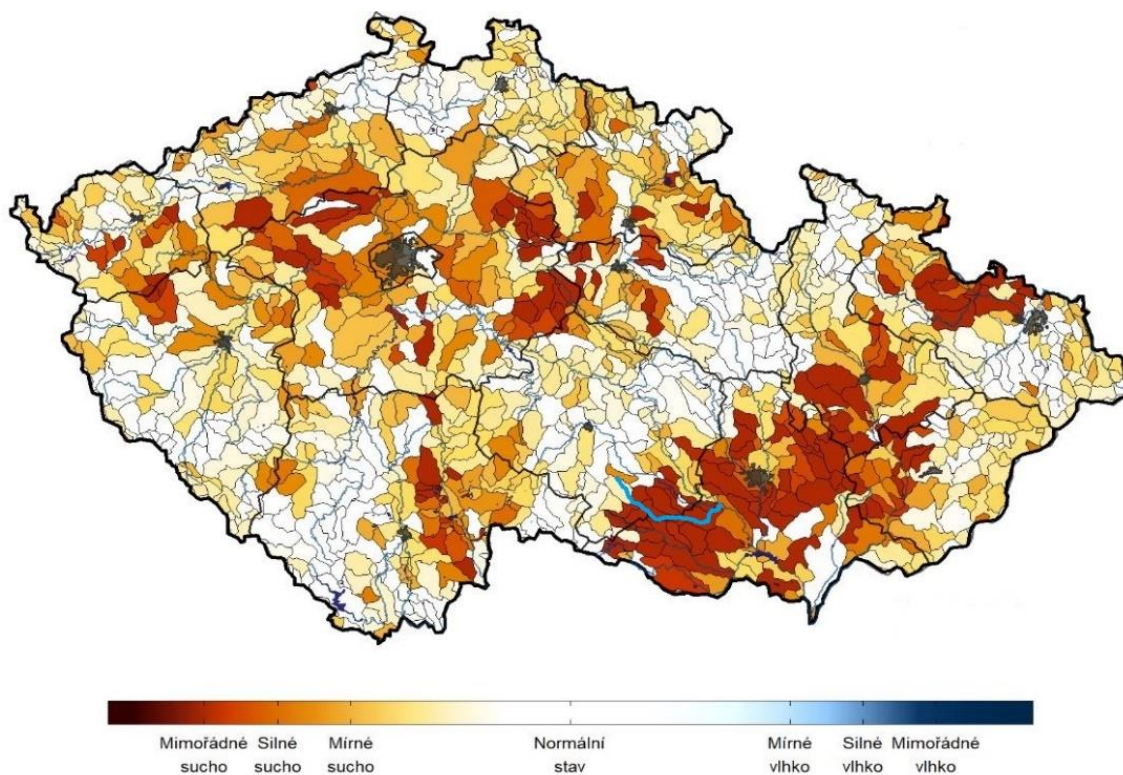


**Obr. 3: Stav meteorologického sucha, léto 2019 [5]**

- **Hydrologické sucho** – je specifické nedostatkem vody ve vodních tocích, nádržích nebo zvodnělých vrstvách, jeho projevy jsou patrné až po delším čase. Hydrologické sucho je mj. i důsledkem meteorologického sucha. Tento typ sucha bude detailněji rozebrán v kapitole 2.2. Na následujících obrázcích je znázorněn stav sucha v ČR v červenci 2019, konkrétně na Obr. 4 jde o hydrologické sucho podzemní a Obr. 5 vyjadřuje hydrologické sucho povrchové. V obou případech je modře zvýrazněn vodní tok Rokytná. Jak je vidět z obrázků, zejména v případě podzemních vod je situace v povodí Rokytné mimořádná, což je mimo jiné důsledkem nedostatečného množství retenčních ploch v povodí. Tyto plochy jsou potřebné k zachycení srážkové vody (té zde není mnoho viz meteorologické sucho) a následně k jejímu vsaku do půdy.

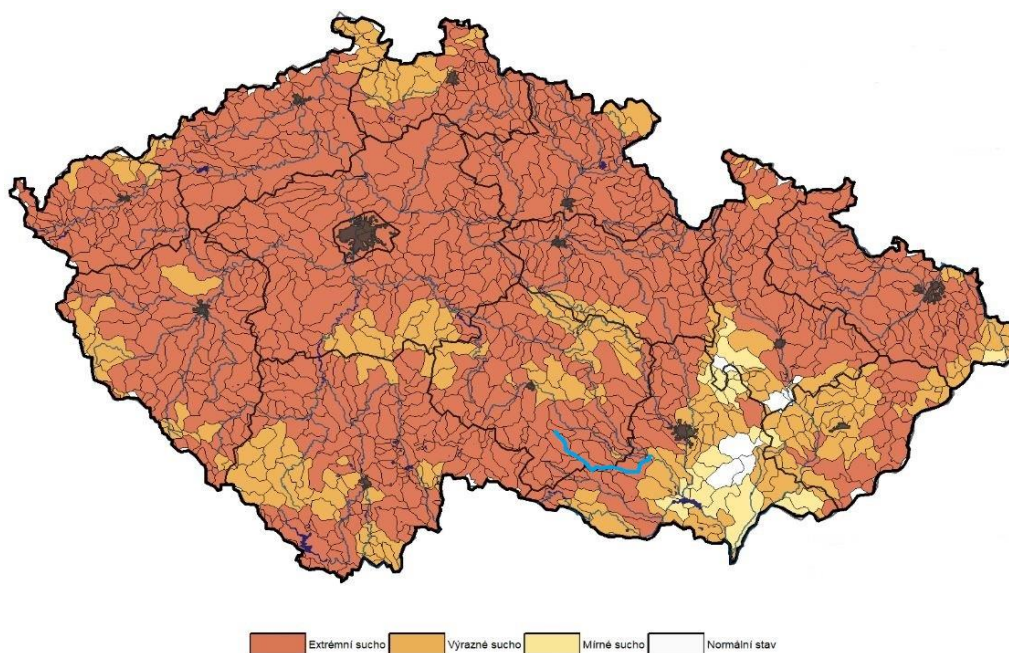


*Obr. 4: Stav hydrologického podzemního sucha, léto 2019 [5]*



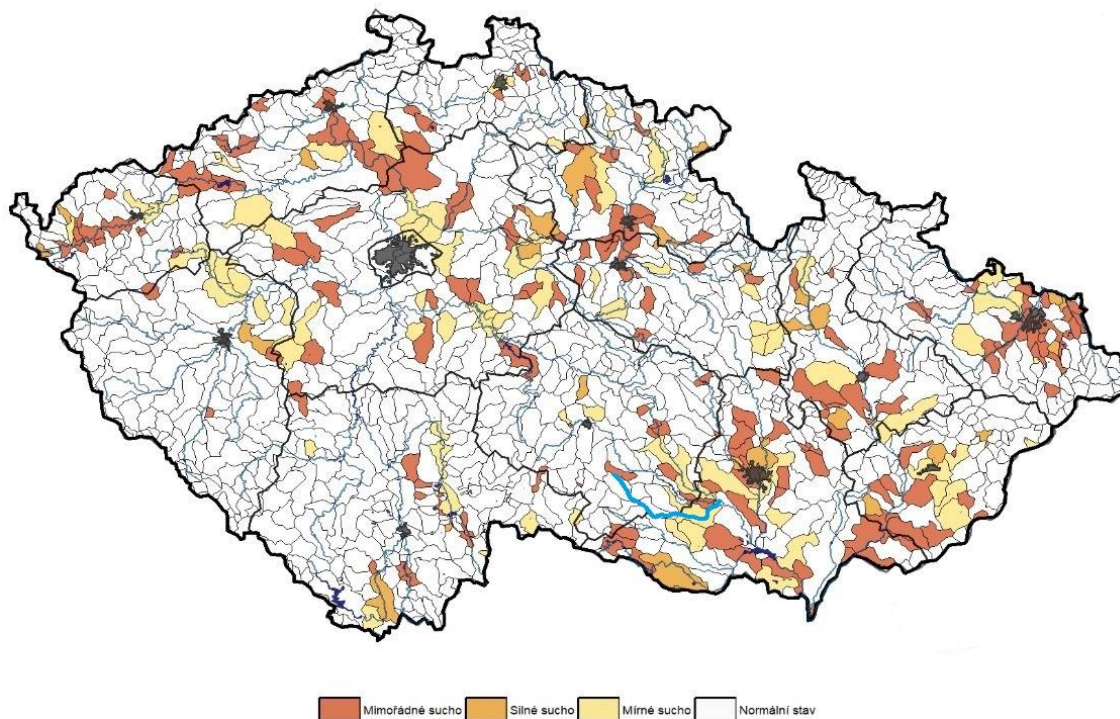
*Obr. 5: Stav hydrologického povrchového sucha, léto 2019 [5]*

- Zemědělské sucho** – jde o půdní sucho, způsobené výskytem sucha meteorologického. Je typické déletrvajícím nedostatkem vody v půdě a její nedostupností pro růst a rozvoj rostlin. Dopady zemědělského sucha a jeho intenzita jsou kromě deficitu vody v půdě ovlivňovány také řadou dalších faktorů, ať už se jedná o biologické (stav porostů a jejich odolnost vůči suchu), technické (způsob obdělávání půdy a vyspělost zemědělských strojů) nebo ekonomické (využití automatických závlah). Zemědělské sucho je podle dostupnosti vody děleno na sucho v oblastech závislých na přírodních srážkách a na sucho v oblastech, kde je část vláhové potřeby kompenzována závlahami. V prvním případě má přímou návaznost na sucho meteorologické, ve druhém případě se sucho projevuje jako důsledek sucha hydrologického. Údaje o tomto typu sucha jsou využitelné zejména pro větší zemědělské podniky, správce toků, lesů nebo územní orgány, které tak mohou monitorovat stav sucha v jimi spravovaném území. Na *Obr. 6* je znázorněn stav zemědělského sucha na území ČR v červenci 2019. Tento typ sucha zasahuje v letních měsících v podstatě celé území ČR, taktéž povodí Rokytné. Ovlivnit dopady půdního sucha lze širokou škálou agronomických opatření, ale také např. kroky vedoucími ke zvýšení retence vody v krajině a zvýšení objemu akumulované vody, potřebné pro závlahy v suchých obdobích.



*Obr. 6: Stav zemědělského sucha, léto 2019 [5]*

- **Socioekonomické sucho** – jde o důsledek výše zmíněných typů sucha. Mluví se o něm v souvislosti s negativními dopady sucha na celou společnost, například v podobě dopadů na turistický ruch, nedostatek pitné vody nebo nedostatek vody pro výrobu a průmysl. Tyto dopady se poté mohou projevit také v ekonomice a fungování celé společnosti. Socioekonomické sucho je ukazatelem nevyrovnaného poměru mezi poptávkou a dodávkou vody. Na *Obr. 7* je znázorněn souhrnný index stavu sucha na území ČR v červenci 2019. Jde o kombinaci sucha hydrologického (tomu byla přidělena největší váha), zemědělského, meteorologického a potřeby vodních zdrojů. Co se týče povodí Rokytné tak dle tohoto indexu je v souhrnu suchem nejvíce zasažen dolní tok.



*Obr. 7: Souhrnný stav sucha v ČR, léto 2019 [5]*

## 2.2 Hydrologické sucho a jeho význam

Tento typ sucha je pro povrchové toky definován určitým počtem za sebou jdoucích dnů, týdnů, měsíců či roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům. Jde o významný pokles dostupnosti vod ve všech jejích formách v pozemské části hydrologického cyklu.

Množství vody, které je k dispozici pak zcela nepostačuje k pokrytí základních potřeb. Platí, že hydrologické sucho je nejčastěji důsledkem dlouhotrvajícího meteorologického sucha a nese s sebou nejvážnější škody způsobené suchem. Může být však výrazně ovlivněno i antropogenně, a to například přečerpáváním zásob, čímž může dojít k ovlivnění hladiny podzemní vody. [1], [2]

Hydrologické sucho významně souvisí i se stavem zásob podzemní vody. Jelikož v případě několika po sobě jdoucích období hydrologického sucha může dojít k situaci, kdy je povrchový odtok dotován především ze zásob podzemní vody a tím může dojít k výraznému poklesu jejího množství. [1], [2]

**Příčiny hydrologického sucha** – na počátku vzniku hydrologického sucha jsou změny v globální cirkulaci atmosféry a pohybu oceánských proudů. To může být důsledkem globální změny klimatu nebo také sezonními jevy jako monzuny, poloha tlakových výší atd. Tyto meteorologické anomálie pak ovlivňují místní podmínky, jako je nedostatek srážek, teplota nebo evapotranspirace. Tyto veličiny bývají samozřejmě ovlivněny také lokálními podmínkami, např. nadmořskou výškou, vzdáleností od oceánu, vegetačním pokryvem nebo hydrogeologickými poměry. Sucho je pak výsledkem těchto přírodních faktorů, svůj podíl na jeho vzniku však mají i antropogenní vlivy. [6]

Faktorů ovlivňujících vznik sucha je několik: [6]

- **Nedostatek srážek** – je hlavním faktorem a příčinou vzniku sucha. Nejde však jen a pouze o množství, ale i o jejich prostorové rozložení, intenzitu a načasování. Sucho nastává jako důsledek situace, kdy je množství srážek menší než evapotranspirace.
- **Evapotranspirace** – jde o celkový výpar ze zemského povrchu na určitém území. Evapotranspirace je výsledkem půdní evapotranspirace a transpirace rostlin. Jsou pro ni klíčové vlastnosti půdy ovlivňující schopnost retence vody v půdě a zároveň ovlivňující vodní kapacitu půdy. Jedná se např. o texturu, pH nebo obsah organické složky v půdě.
- **Teplota vzduchu** – je faktorem ovlivňujícím délku a intenzitu sucha v letních (zvyšuje výpar) i zimních měsících (voda v pevném skupenství).

- **Přírozená kapacita povodí** – zásadní pro charakter sucha jsou vlastnosti povodí, ať už jde o pedologii, hydrogeologii nebo topografii povodí. Stejně jako přítomnost akumulované vody v mokřadech, jezerech nebo nádržích a také přítomnost přírodních retenčních ploch.
- **Odtokový režim** – je důležitým faktorem, který rozhoduje o objemu vody ze srážek, která zůstane v povodí a té, která odteče. Odtok se skládá z několika složek – povrchového, hypodermického (podpovrchového) a základního odtoku (odtok podzemní vody). Pokud je dostatek srážek, mají na celkovém odtoku největší podíl odtok povrchový a hypodermický. V případě nedostatku srážek naopak roste podíl základního odtoku. Povrchový odtok, který je zásadní pro množství infiltrované vody do půdy závisí na sklonu, délce terénu a přítomnosti vegetace. Povodí s terénem přispívajícím k rychlému odtoku vody jsou pak náchylnější k povodním a suchu.
- **Antropogenní faktory** – těžko si představit, že by za suchem v povodí nebyl lidský zásah. Člověk totiž rozhoduje o využití jednotlivých ploch tzv. Land use a o tom co se na zemském povrchu vyskytuje tzv. Land cover. Tím zásadně ovlivňuje infiltraci, odtok či evapotranspiraci a odolnost prostředí vůči extrémním jevům jako jsou povodně a sucho. Mezi velké lidské zásahy patří např. odstraňování vegetace, využívání vody pro průmysl, zemědělství nebo její přečerpávání. Deficit povrchových vod způsobují také úpravy říčních koryt a stavba vodních děl.

**Hodnocení sucha** – intenzita, velikost a délka trvání sucha je sledována a hodnocena především Českým hydrometeorologickým ústavem ve spolupráci s podniky Povodí. V České republice je limitní hodnotou, která je určující pro vyhlášení stavu hydrologického sucha hodnota průtoku  $Q_{355}$ , tedy průtoku dosaženého nebo překročeného 355 dní v roce. Jelikož je sucho velice komplexním jevem, využívá se k jeho popisu a hodnocení široká škála indikátorů a indexů. Ty jsou založeny na meteorologických (teplota vzduchu, množství srážek atd.) a hydrologických (průtoky atd.) veličinách. [1]

Účelem indikátorů je popsat stav sucha na základě jeho hlavních charakteristik. Mezi ně patří délka trvání, velikost, intenzita, četnost výskytu a plošný rozsah sucha. Základními veličinami a stavy, které jsou klíčové pro sledování sucha a stanovení indikátorů jsou především srážkové úhrny, stavy průtoků ve vodních tocích a stav hladin ve vrtech příp. vydatnost pramenů. [1]

Pro predikci a hodnocení hydrologického sucha slouží dvě skupiny indexů. První skupinu tvoří prosté indexy a metody, které platí za ty jednodušší a srozumitelnější, jelikož reprezentují vztah mezi pozorovanými veličinami a jejich dlouhodobým normálem. Patří mezi ně metody založené na pozorování odtoku a metody založené na sledování zásob podzemní vody. Tyto indikátory využívá především ČHMÚ a subjekty zajišťujícími správu povodí. Slouží například jako podklad při přijímání vhodných opatření ke zmírnění dopadů sucha a nedostatku vody. Jde například o tyto indikátory: [1], [3], [7]

- **Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI)** – tento index se snaží hodnotit sucho na základě denních meteorologických měření. K jeho výpočtu se využívá standardizace rozdílu úhrnu atmosférických srážek a potenciální evapotranspirace (výparu) z travního porostu za hodnocené období. Pro spolehlivé stanovení SPEI je důležité mít k dispozici dlouhodobé (min. třicetileté) datové řady základních meteorologických prvků potřebných k výpočtu potenciální evapotranspirace.
- **Standardizovaný srážkový index (SPI)** – jeden z jednodušších indexů, který je normovanou hodnotou úhrnu srážek za dané období. Jde o indikátor nedostatku srážek, což je předpokladem sucha. Standardizovaný srážkový index je definován jako:

$$SPI = F^{-1}[G(PREC)], \quad (1)$$

kde:  $G(PREC)$  je kumulativní distribuční funkce srážkových úhrnů,  
 $F^{-1}$  je inverzní funkce normálního rozdělení  $N(0,1)$ .

- **Indikátor hydrologického sucha (POVI)** – tento indikátor stanovuje čtyři stupně hydrologického sucha na základě pravděpodobnosti dosažení průtoků určitého významu, zejména se využívají  $Q_{330}$ ,  $Q_{355}$  a  $Q_{364}$ .

- **Indikátor podzemních vod (PZVI)** – indikátor hodnotící stav sucha v podzemních vodách na základě pravděpodobnosti dosažení určité úrovně hladiny vody ve vrtu za referenční období.
- **Souhrnný indikátor sucha (SIS)** – jde o kombinaci dvou přístupů k hodnocení sucha, bilančního modelu a normovaného srážkového deficitu. Díky tomu je možné porovnávat výsledky jednotlivých indexů.
- **Odtokový index sucha (SDI)** – ten stanovuje čtyři třídy pravděpodobnosti výskytu sucha na základě kumulativního objemu odtoku  $V_{i,k}$ , průměrného kumulativního objemu  $V_k$  a směrodatné odchylky  $\sigma_k$ :

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - V_k}{\sigma_k} \quad (2)$$

- **Standardizovaný index úrovně hladiny (SWI)** – kvantifikuje deficit doplňování zásob podzemní vody pomocí úrovně podzemní vody  $W_{ij}$ , dlouhodobého sezonního průměru  $W_{im}$  a směrodatné odchylky  $\sigma$ :

$$SWI = (W_{ij} - W_{im})/\sigma \quad (3)$$

Druhou skupinou jsou pak indexy komplexní, kombinující více veličin (vlhkost půdy, zásoby vody ve sněhové pokrývce a nádržích atd.), ve snaze o komplexnější postih srážko-odtokového procesu. Jde například o: [1], [3]

- **Palmerův index intenzity sucha (PDSI)** – jde o celosvětově rozšířený index, využívající ke kvantifikaci sucha vodní bilanci v daném území. Ta zahrnuje úhrn srážek za určité období, aktuální obsah vody v půdě a evapotranspirační složku. Výsledkem je bezrozměrné číslo označované jako Z-index.
- **Relativní nasycení kořenové vrstvy v půdním profilu (AWR)** – indikátor založený na výpočtu půdní vlhkosti verifikovaným modelem vodní bilance SoilClim. Tento indikátor je používán např. k vytvoření aktuálních map půdního sucha na portálu Intersucho.
- **Index dodávek povrchové vody (SWSI)** – pravděpodobně nejznámější hydrologický indikátor sucha. Započítává oproti ostatním indexům např. i vodní zásoby ve sněhové pokrývce a rozlišuje zimní a letní režim.



- **Index náhrad sucha (RDI)** – index vytvořený pro potřeby poskytování náhrad subjektům zasaženým suchem. Započítává teplotu vzduchu, srážkové úhrny, zásoby vody v nádržích, celkový odtok i vodu ve sněhové pokrývce.

**Kategorizace sucha** – jako základ pro stanovení kategorií sucha je využíván již dříve zmíněný index SPI. Je tomu tak nejen u nás, ale i v sousedních státech a ve světě. Jednotlivé kategorie sucha uvedené v následující *Tabulce 1*, stanovené v *Metodice pro stanovení mezních hodnot indikátorů hydrologického sucha*, slouží ČHMÚ pro vyhlásování upozornění a varování. Tyto kategorie dále poslouží vodoprávními úřady, jako podklad pro informování a varování bezpečnostní rady kraje, potažmo dotčených orgánů. [7]

**Tabulka 1: Kategorizace sucha podle indikátoru SPI [7]**

Hodnota indikátoru SPI	Sucho	Kategorie sucha	Stav	Pravděpodobnost výskytu
> -1	-	0	-	84,1 %
-1 až -1,49	Mírné	1	Bdělost	9,2 %
-1,5 až -1,99	Silné	2	Pohotovost	4,4 %
<= -2	Mimořádné	3	Pohotovost	2,3 %

**Důsledky hydrologického sucha** – v současnosti je sucho pravděpodobně druhým nejvýznamnějším hydrometeorologickým extrémem u nás. Nese s sebou například vliv na vodní stavy v řekách, které se snižují a spolu s nimi i zásoby podzemní vody. To způsobuje problémy v hospodaření s vodními zdroji, někdy i na velmi dlouhé období.

V zemědělství přispívá sucho k nižší úrodnosti plodin a vede také k usychání stromů, což je důvodem pro jejich předčasnou těžbu. Celkově se dá říct, že sucho vede ke zhoršování funkce přírodních ekosystémů a ovlivňuje zejména tato odvětví: [1]

- **Zemědělství** – patří mezi nejzranitelnější hospodářská odvětví. Sucho je jedním z nejzávažnějších faktorů, které limitují produktivitu rostlin. V závislosti na nerovnoměrném rozložení srážek během vegetačního období, může dojít ke snížení výnosů zemědělských plodin o 10–15 %. Dopady v tomto odvětví nejsou však spojeny pouze s výnosností plodin, ale také s degradací půdního prostředí. Dochází k omezení či ztrátě schopnosti půdy plnit své přirozené funkce. Konkrétně má sucho velký podíl na zvýšení výskytu dopadů spojených se zasolováním půd, větrnou erozí a dehumifikací (pokles obsahu organické hmoty v půdě). Mezi každoročně nejvíce zasažené oblasti patří jižní Morava a severozápad Čech. Následky zemědělského sucha jsou vidět na *Obr. 8*. [1]



*Obr. 8: Projevy sucha na zemědělské půdě [1]*

- **Lesní hospodářství** – v tomto odvětví je množství a rozložení srážek během roku společně s teplotou vzduchu, řídicím faktorem pro rozšíření porostů a jejich druhové složení na určitém území. V současnosti můžeme v některých oblastech, zejména na Vysočině, pozorovat velké lesní plochy s téměř uschlými stromy viz *Obr. 9*. Příčinou může být například pasivní vodní bilance stromů, které mají z důvodu nižší relativní vlhkosti vzduchu a vysokých teplot zvýšený výdej vody transpirací. Pasivní vodní bilance současně s nedostatečnou absorpcí vody kořenovým systémem způsobuje u vegetace stres suchem.

Ten je příčinou jejich následného odumření nebo výrazného oslabení schopnosti porostu bránit se napadení biotických (kůrovec, václavky, jmelí a další) i abiotických činitelů (vítr, mráz). U nás jsou tímto způsobem nejvíce zasaženy smrky, které tvoří až 50 % všech lesních porostů. [1]



*Obr. 9: Dopady sucha na lesy [8]*

- **Vodní hospodářství** – pokud dojde k hydrologickému suchu, dochází k výraznému poklesu průtoků nebo k úplnému vyschnutí některých vodních toků viz řeka Rokytná na *Obr. 10*. Tento stav pak jde ruku v ruce se zhoršením kvality vody v toku a s výrazným ovlivněním ekosystémů, žijících uvnitř a v okolí řeky. Množství a kvalita vody také značně ovlivňuje možnosti jejího využití pro průmysl, energetiku, zemědělství nebo rekreaci. Důležitým prvkem na vodních tocích jsou vodní nádrže, prostřednictvím kterých lze v období sucha nadlepšovat průtok na menších tocích v úseku pod nádrží. Výrazně menší pozornost dopadům sucha na stav zásob podzemní vody. Tyto zásoby jsou však velmi důležitou složkou oběhu vody, zejména v delším období bez srážek. [1]



*Obr. 10: Dopady sucha – řeka Rokytná u Ivančic v srpnu 2018 [9]*

### 2.3 Možnosti řešení dopadů sucha

V posledních letech je možné zaznamenat dva možné přístupy, jak se postavit ke klimatické změně. Prvním a aktuálně více využívaným přístupem je tvorba **adaptačních opatření**, která mají za cíl zmírnit dopady změny klimatu, jedná se např. o technologické změny, přírodě blízká opatření, snižování a zefektivnění spotřeby vody atd. Druhým přístupem je realizace **mitigačních opatření**, která mají za cíl zmírnění či zpomalení změny klimatu, např. redukce emisí skleníkových plynů, efektivnější využití zdrojů energie a uplatnění obnovitelných zdrojů energie.

Nelze určit, který z těchto přístupů je lepší. Pro udržitelný rozvoj je důležitá kombinace obou těchto strategií boje s klimatickou změnou. Aktuálně jsou více využívána adaptační opatření, přínosy se projevují v kratším časovém horizontu. [10]

V současnosti se věnuje velká pozornost návrhům opatření vedoucích ke zmírnění dopadů klimatické změny a zajištění udržitelného využívání vodní zdrojů. Pro dosažení maximálních výsledků v boji se suchem a nedostatkem vody byly v rámci *Koncepce řešení krizové situace výskytu sucha* doporučeny kroky a postupy, které by měly dotčené orgány (MŽP, vodoprávní úřady atd.) ve spolupráci s ČHMÚ uplatňovat, ideálně je vhodně kombinovat: [2]

- Dlouhodobá snaha o posílení retenční schopnosti krajiny, navyšování kapacity vodních zdrojů v suchem často zasažených oblastech a zvyšování efektivity využívání vody.
- Průběžný monitoring využívání vodních zdrojů a výhledových vodních bilancí. Přijímání preventivních, mitigačních či adaptačních opatření.
- Včasná identifikace rizika vzniku sucha v součinnosti s ČHMÚ, prohlubování poznatků o suchu a postupné zpřesňování odhady délky a intenzity období sucha.
- Příprava vzdělávacích programů a informačních kampaní s cílem předat veřejnosti poznatky ohledně přijímaných kroků a vhodného chování v období sucha.
- Snaha o úpravu legislativních nástrojů na podporu přijímaných opatření proti suchu a nastavení kompetencí vodoprávních úřadů (vymahatelnost navrhovaných opatření včetně sankcí).

Dnes je však trendem výběr pouze jednoho z možných opatření, na které jsou aktuálně dostupné prostředky a zároveň se zdá být vhodným. To může vypadat jako účelný způsob při snaze rychle zareagovat na každoročně se zvyšující dopady sucha. Bohužel nejde o vhodný postup, který by pomohl s řešením těchto problémů nejen pro současnou, ale i pro budoucí generace.

V ideálním případě by v rámci prevence a zvládnutí negativních dopadů sucha měl vzniknout koncepční návrh využívající kombinace několika různých typů opatření. Jedině jejich kombinací může být dosaženo maximální efektivity v rámci boje proti suchu. Tato opatření mohou být dělena například takto: [2]

- **Monitorovací a informativní opatření** – jde o soubor preventivních a operativních opatření. Jedná se například o monitoring hydrometeorologických veličin. Cílem monitoringu je především zjistit průběh, rozsah a závažnost suché epizody. Informativním opatřením může být např. osvěta obyvatelstva v oblasti úsporného využívání vodních zdrojů.
- **Legislativní opatření** – v zákoně č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon) by stejně jako v případě povodní měla vzniknout kapitola zajišťující legislativní rámec pro monitoring sucha, přijímání opatření pro zvládnutí sucha a nastavení kontrolních mechanismů.
- **Organizační a provozní opatření** – tato opatření jsou založena na důsledné spolupráci všech složek, které jsou součástí systému zřízeného pro řešení stavu sucha a nedostatku vody. Součástí může být i lepší využívání dostupných vodních zdrojů a jejich alokace.
- **Ekonomická opatření** – souhrn procesů zahrnujících např. zavádění cenových nástrojů ovlivňujících poptávku po vodě, což by v ideálním případě mělo vést k šetrnějšímu využívání dostupných vodních zdrojů v období sucha a nedostatku vody.
- **Technická opatření** – tato adaptační opatření jsou alternativou v případě, kdy ostatní typy opatření nebudou dostatečně efektivní. Jedná se o řešení s přímým zásahem do krajiny, např. rekonstrukce a výstavba nových vodních nádrží nebo převádění vody mezi sousedními povodími.
- **Environmentální opatření** – jedná se o přírodě blízká opatření (např. revitalizace vodních toků, obnova krajinných prvků nebo mokřadů), pozemkové úpravy a změny lesního a zemědělského hospodaření. Tento typ procesů je nejen vhodný pro řešení problematiky sucha, ale současně i jako řešení protipovodňové ochrany. Zadržení vody v krajině a obnova trvalé vegetace přispívá ke zlepšení klimatických podmínek a ke zvýšení biodiverzity.

**Příklady realizovaných opatření** – v této části byla vybrána některá z opatření realizovaných v povodí řeky Rokytné, které se tato práce věnuje detailněji, jako příklady možných řešení přispívajících k zadržení vody v krajině.

- **Stabilizační a protierozní opatření „PP Rokytné – strž Maliňák“** – pro účely této práce byl od ST Lesy ČR, s. p. získán projekt realizovaný s podporou fondů EU v k. ú. Budkovice v lokalitě zvané Březová stráň. Návrh byl zaměřen na stavbu stabilizačního a protierozního opatření v korytě vodního toku (IDVT 10188967), který je pravostranným přítokem Rokytné v ř. km 3,6. Cílem projektu byla stabilizace dna, zastavení pokračující eroze lesní půdy, zamezení transportu splavenin do níže položených míst a také zlepšení odtokových poměrů, zejména pak zpomalení odtoku vody korytem při zvýšených průtocích. Realizováno bylo pět retenčních průcezných kamenných hrázek a balvanitý skluz v úseku toku 0,7–1,12 km.

Projekt je dobrým příkladem opatření, které je v mnoha ohledech prospěšné pro okolní prostředí. Oblast na dolním toku Rokytné je typická menšími úhrny srážek a prudkými svahy, které nahrávají rychlému odtoku vody. Tento projekt napomáhá zadržetí vody v povodí řešeného toku a přispívá k udržení vyšší hladiny podzemní vody v okolí, což by se mělo pozitivně projevit na okolní vegetaci. [11]

- **Vodní nádrž u Ivančic** – v k. ú. Němčice u Ivančic byla na soukromém pozemku realizována boční vodní nádrž s regulovaným průtokem. Je umístěna v meandru řeky Rokytné na konvexní straně oblouku, doplněná mokřady a tůňemi viz *Obr. 11*. Voda je do této nádrže přiváděna umělým korytem opatřeným na vtoku jemnými česlemi. V těchto místech každoročně v letních měsících dosahuje Rokytná minimálních průtoků, což je způsobeno absencí přítoků a vodních děl výše na toku, které by pomáhaly dotovat průtok v Rokytné během suchých epizod. Primárním účelem vybudování zmíněné nádrže pravděpodobně nebyl boj se suchem, avšak ukázalo se být skvělým opatřením, které může lokálně přispět k řešení těchto problémů. V okolí nádrže lze zaznamenat pozitivní projevy na kondici okolní vegetace a zejména na stavu hladiny vody v korytě Rokytné, především v úseku za touto nádrží.

Nádrž je vhodně doplněná vegetací např. mokřadními dřevinami, lučními rostlinami a travním porostem. Díky tomu nádrž a její okolí vytváří v letních měsících kontrast se sousedními vyprahlými poli a jsou jakousi oázou pro okolní faunu.



*Obr. 11: Nádrž a tůň v meandru Rokytné u Ivančic*

- **Vodní nádrž u Šebkovic** – v rámci revitalizace údolní nivy Rokytné byla vybudována boční vodní nádrž Holeček, doplněná mokřadem a vodními tůňmi v místě nátok. Původní koryto Rokytné je využíváno jako náhon pro tuto nádrž, nově vytvořené koryto pak slouží k odvodu průtoků cca do  $Q_5$ , vyšší průtoky jsou z části zachyceny nádrží. Přínos této nádrže je vidět na toku pod ní, jelikož zde má Rokytná vyšší vodní stav, naopak v úseku před touto VN dosahuje spíše minimálních průtoků. Jde jednoznačně o významný krajinný prvek, který zlepšil přírodní a estetickou hodnotu tohoto území v oblasti, která v letních měsících doplácí na vliv sucha. [12]



### 3 POPIS POVODÍ ŘEŠENÉHO TOKU

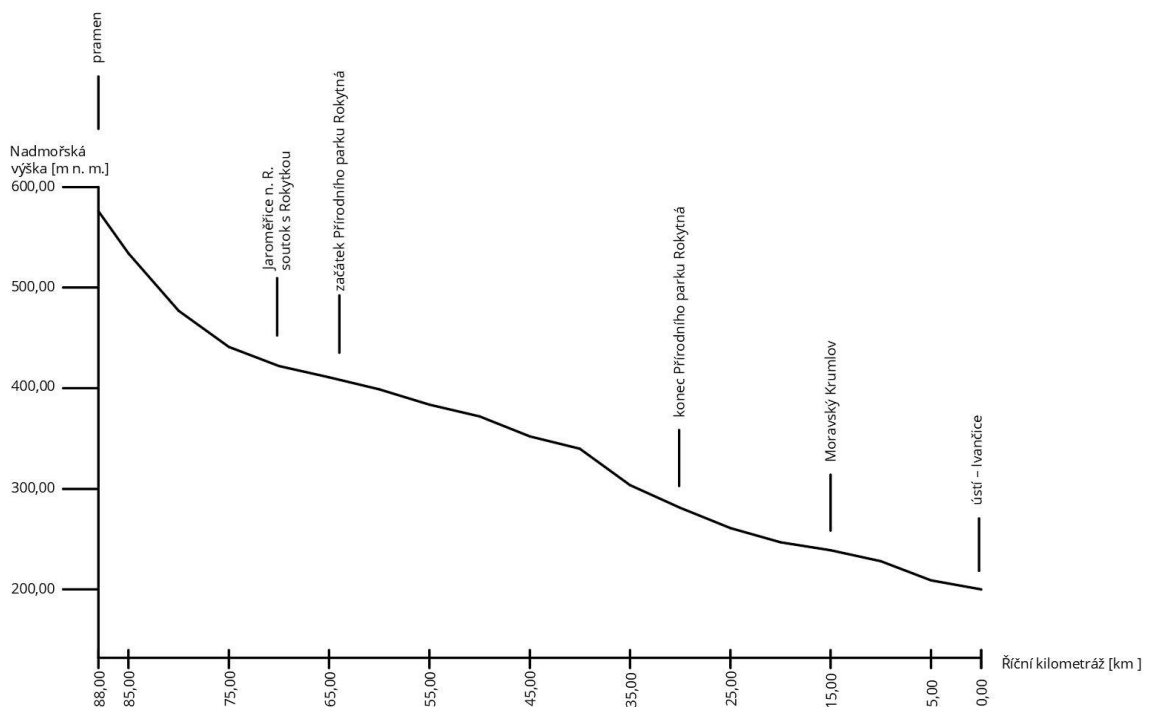
Řeka Rokytná (č. h. p. 4-16-03-001) je 88,2 km dlouhým vodohospodářsky významným tokem. Pramení v Jevišovické pahorkatině (v jižní části Českomoravské vrchoviny) západně od města Třebíč v Jaroměřické kotlině, v jižní části k. ú. Chlístov u Rokytnice nad Rokytnou v nadmořské výšce 575 m n. m. (N 49°11'50.64", E 15°44'38.40"). Na *Obr. 12* je zachycena lokalita, ve které tok pramení. Rokytná je pravostranným přítokem řeky Jihlavy, do které ústí v nadmořské výšce 201 m n. m. v Ivančicích (N 49°5'47.58", E 16°22'58.85"). Tvar povodí je dle koeficientu tvaru povodí, který činí  $\alpha = 0,09$  hodnocen jako protáhlý. Rokytná je také jedním z nejvíce meandrujících toků v České republice. [13]



*Obr. 12: Pramen řeky Rokytné u obce Chlístov [14]*

Na *Obr. 13* je zjednodušený podélný profil toku v měřítku 1:1000/100, vytvořený na základě podkladů poskytnutých správcem povodí Rokytné, kterým je státní podnik Povodí Moravy. Podélný profil vyjadřuje sklon toku v podélném směru od pramene po jeho ústí. Jedná se o spád toku mezi dvěma body stanovenými na toku, vyjádřený rozdílem nadmořských výšek obou těchto bodů.

Největších sklonů Rokytná dosahuje právě v horním toku na prvních necelých dvaceti říčních kilometrech, kde můžeme nalézt sklon až do 20 ‰. Podélný sklon se začíná výrazně snižovat za soutokem s největším pravobřežním přítokem Rokytkou a v tomto trendu pokračuje. Výjimkou je část úseku protékajícího Přírodním parkem Rokytná, kde se tok opět mírně svažuje. Naopak následně dosahuje Rokytná nejmenšího podélného sklonu, a to v úseku před Moravským Krumlovem a v tomto trendu pokračuje až k ústí do řeky Jihlavy v Ivančicích. Největší podíl má podélný sklon mezi 2–5 ‰. Střední sklon toku je 4,24 ‰. [15]

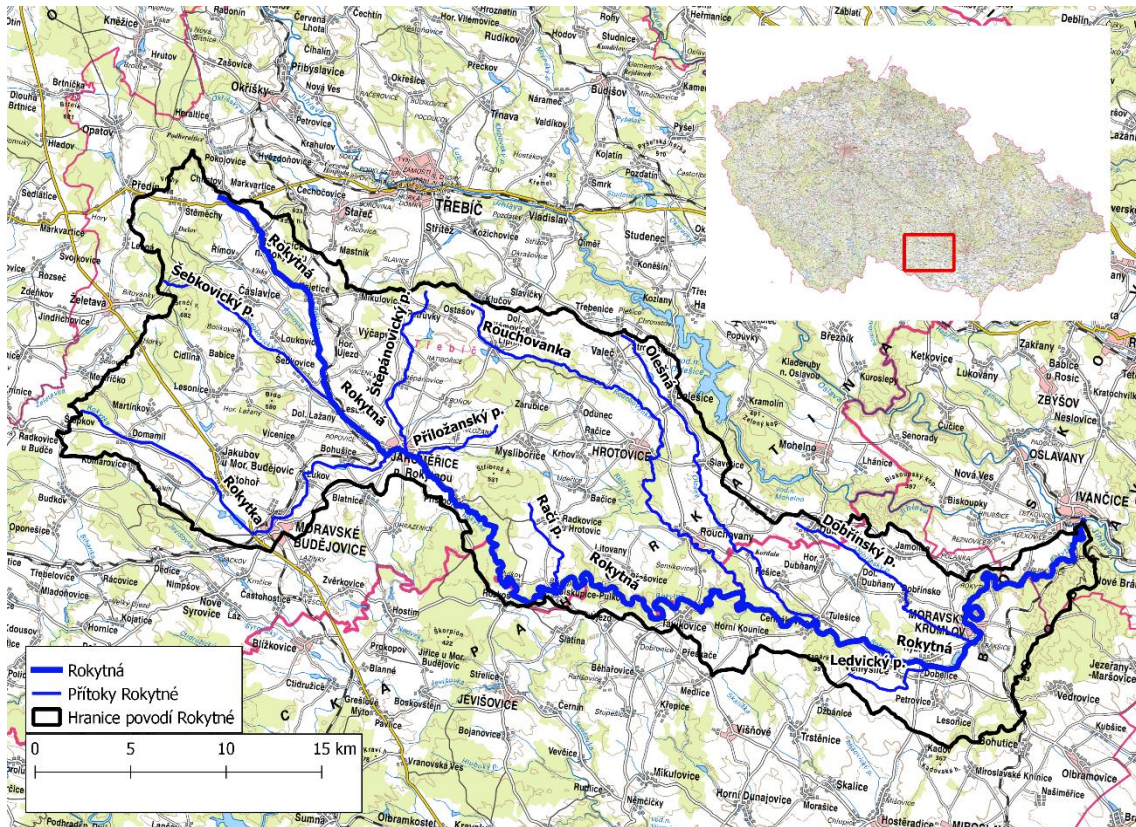


*Obr. 13: Zjednodušený podélný profil toku (1:1000/100)*

### 3.1 Lokalizace a hydrologické poměry

Rokytná protéká územím dvou krajů – Kraje Vysočina a Jihomoravského kraje. Plocha jejího povodí činí 584,3 km<sup>2</sup> a spadá pod Povodí Moravy, s. p., závod Dyje. Největším přítokem řeky Rokytné je říčka Rokytká, která do ní ústí v nadmořské výšce 418 m n. m. v jihozápadní části města Jaroměřice nad Rokytnou (N 49°08'93.27", E 15°88'24.60"). Rokytná z Jaroměřické kotliny teče zpočátku jihovýchodním směrem až k Biskupicím, kde se stáčí na východ a začíná výrazně meandrovat.

Východním směrem pokračuje až k Moravskému Krumlovu, před kterým se stáčí k severovýchodu. Na následujícím *Obr. 14* je přehledná mapa povodí včetně největších přítoků Rokytné (mapa byla upravena v programu QGIS). [13]

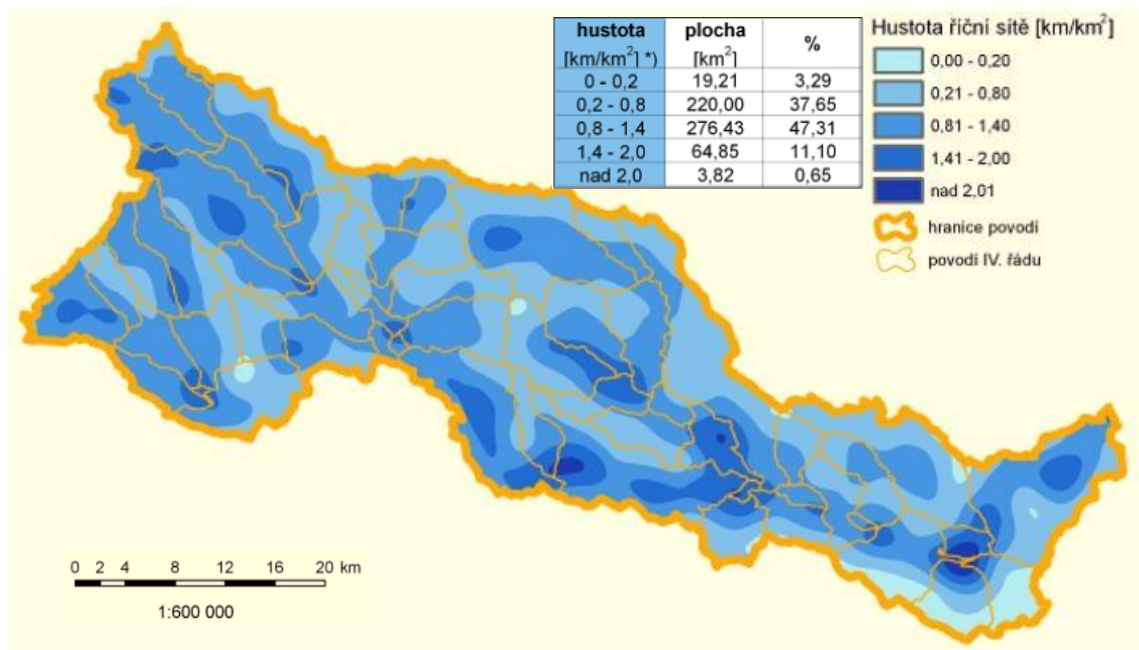


*Obr. 14: Lokalizace povodí Rokytné*

**Hustota říční sítě** – veličina vyjadřující délku koryt vodních toků přepočtenou na plochu povodí, její základní jednotkou je  $\text{km}/\text{km}^2$ . Zpravidla platí, že vyšší hustota říční sítě způsobuje rychlejší odtok vody z povodí, jelikož se srážková voda rychleji dostane do říčního koryta, kde je odtok mnohem rychlejší než mimo něj. V povodích s nižší hustotou říční sítě je větší prostor pro infiltraci vody do půdy.

V povodí Rokytné dosahuje průměrná hodnota hustoty říční sítě  $0,92 \text{ km}/\text{km}^2$ . Jak je zřejmé z *Obr. 15*, největších hustot přesahujících  $2 \text{ km}/\text{km}^2$  je dosaženo v úsecích, které procházejí PP Rokytná a NPR Krumlovsko-rokytenské slepence. Lze to vysvětlit zaříznutým údolím, kterým Rokytná v těchto úsecích protéká a přítomností většího množství drobných toků, které do tohoto údolí stékají z okolí.

Velká hustota je dosažena také těsně před Moravským Krumlovem, kde je velké množství přítoků a náhonů. Co se týče zastoupení vodních toků v povodí Rokytne dle jejich délky, největší podíl mají toky s délkou do 1 km (291) a mezi 1–10 km (119). [15]



Obr. 15: Hustota říční sítě v povodí Rokytne [15]

**Významné přítoky** – řeka Rokytne má zejména na středním a dolním toku celou řadu drobných přítoků, zejména v zalesněných oblastech. Významnými pravostrannými přítoky jsou *Rokytka*, *Šebkovický potok* a *Ledvický potok*. Levostrannými pak *Štěpánovický potok*, *Příložanský potok*, *Račí potok*, *Rouchovanka*, *Olešná* a *Dobřínský potok*. Tyto přítoky jsou pro Rokytkou klíčové z hlediska udržení dostatečného průtoku v letních měsících. Nejvýznamnějšími přítoky Rokytne jsou: [13], [16]

- **Rokytka** (IDVT 10191938, č. h. p. 4-16-03-020) – je největším přítokem Rokytne. Jedná se o vodní tok pramenící na Vysočině u obce Štěpkov ve výšce 535 m n. m. Ústí u Jaroměřic nad Rokytou zprava do Rokytne ve výšce 420 m n. m. V celé své délce protéká zvlněnou Jevišovickou pahorkatinou v poměrně málo osídlené krajině. Plocha povodí činí 97,9 km<sup>2</sup>, délka toku je 22,5 km a průměrný průtok u ústí je 0,31 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Protéká od západu k východu Jaroměřickou kotlinou. Těsně před ústím do Rokytné napájí Rokytku Bohušický rybník, který má svůj podíl na tom, že má Rokytku při soutoku, navzdory výrazně menšímu sběrnému povodí než Rokytná, podobný vodní stav.

- **Štěpánovický potok** (IDVT 10185975, č. h. p. 4-16-03-028) – jde o 10,1 km dlouhý vodní tok s plochou povodí 46,7 km<sup>2</sup>. Pramení ve výšce 515 m n. m. severně od obce Petruvky a ústí stejně jako Rokytku do Rokytné v k. ú. Jaroměřice nad Rokytnou ve výšce 417 m n. m. Průměrný průtok u ústí do Rokytné činí 0,12 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.
- **Rouchovanka** (IDVT 10100188, č. h. p. 4-16-03-034) – pramení ve výšce 545 m n. m. u obce Klučov. Ústí jako levostranný přítok do Rokytné u Rešic v 289 m n. m. Celková délka činí 28,09 km, plocha povodí je 99,3 km<sup>2</sup>. Průměrný průtok u ústí činí 0,2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.
- **Olešná** (IDVT 10203391, č. h. p. 4-16-03-046) – vodní tok pramenící severně od obce Valeč ve výšce 453 m n. m. Ústí zleva do Rokytné u Tulešic ve 280 m n. m. Plocha povodí je 40,7 km<sup>2</sup>, jeho délka pak 19,8 km, průměrný průtok u ústí činí 0,08 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

**Vodní plochy** – v povodí Rokytné se nachází aktuálně cca 278 vodních ploch s celkovou rozlohou 307,17 ha. Mezi největší z nich patří např. rybník *Nový u háje* (26,27 ha), který se nachází západně od Moravských Budějovic. Další vodní plochou je *Týnský rybník* (13,57 ha) jižně od Moravského Krumlova, oddělený od Rokytné pouze hrází, *Nový rybník* (13,14 ha) nebo již zmíněný *Bohušický rybník* ležící na Rokytnce, těsně před soutokem s Rokytnou. [15]

**Extrémní průtoky** – jde o maximální a minimální průtoky naměřené na vodním toku za určené časové období. Údaje o extrémních průtocích na jednotlivých tocích poskytuje ČHMÚ a některé podniky Povodí. *Maximální průtoky* jsou hlavní charakteristikou povodní, předurčující rozsah jimi způsobených škod. Nejčastěji se při řešení konkrétních případů a úloh užívá a mluví o N-leté vodě  $Q_N$ , vypočítané na základě dlouhodobých statistik průtoku na některé z hladinoměrných stanic.

Jedná se o průtok dosažený průměrně jednou za N-let, který stanovuje ČHMÚ. Naopak *minimální průtoky* bývají spojeny se suchým obdobím, které nastává nejčastěji na konci léta a na podzim. [17]

Na řece Rokytné se nacházejí tři hladinoměrné stanice, zaznamenávající hydrologické údaje, dvě z nich provozuje ČHMÚ Brno, jednu státní podnik Povodí Moravy. Prvním z nich je hlásný profil kat. B nacházející se na pravém břehu v ř. km 64,60 v obci Příštpo (č. h. p. 4-16-03-031) cca 7 km za místem, kde do Rokytné ústí její největší přítok Rokytko. N-leté průtoky stanovené pro tento hlásný profil jsou uvedeny v *Tabulce 2*, průměrný roční stav hladiny je zde 58 cm a průměrný roční průtok  $0,823 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Tabulka 2: N-leté průtoky na hlásném profilu v Příštpu [18]**

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	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> ]	6,7	–	16,5	23	–	40	50

Druhý hlásný profil je kat. A a nachází se na pravém břehu Rokytné u silničního mostu v severní části města Moravský Krumlov v ř. km 12,51 (č. h. p. 4-16-03-057). V *Tabulce 3* jsou uvedeny N-leté průtoky stanovené pro tento profil. Průměrný roční stav hladiny je zde 154 cm a průměrný roční průtok  $1,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

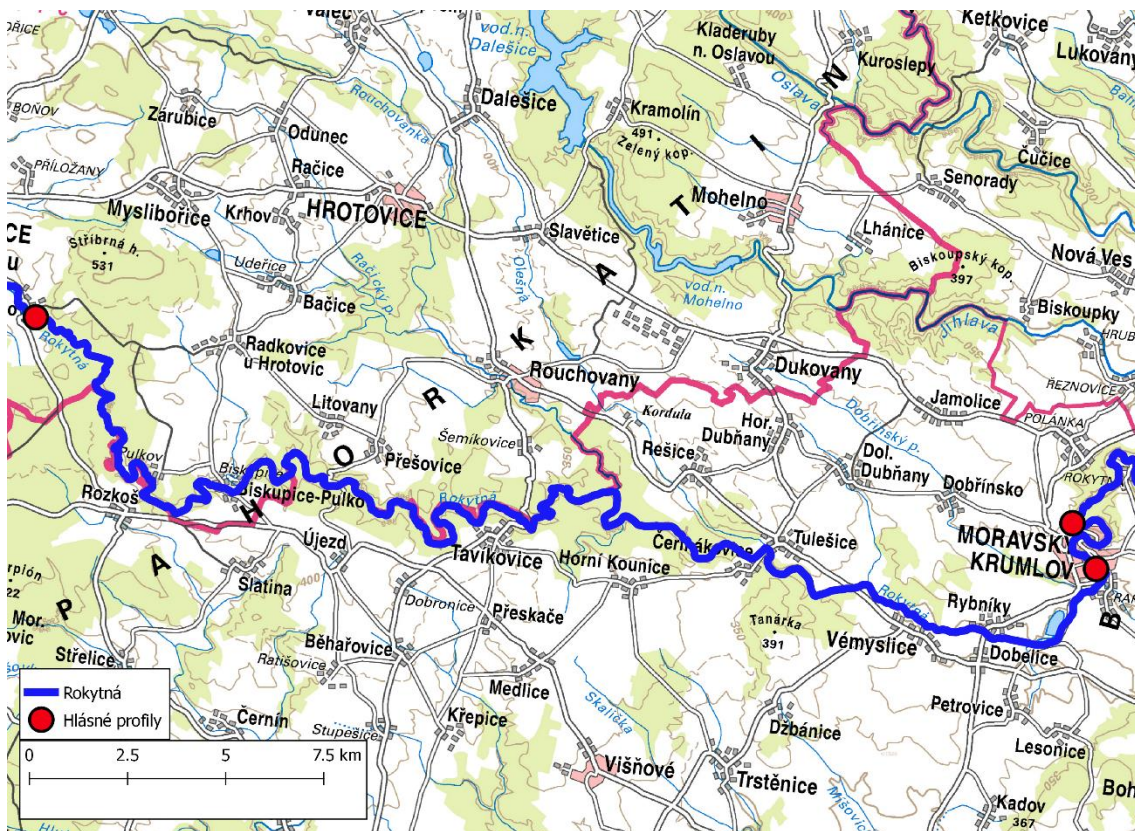
**Tabulka 3: N-leté průtoky na hlásném profilu A v Moravském Krumlově [19]**

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	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> ]	12,5	19,5	30	41	57	77	97

Poslední hlásný profil kat. C se nachází pod Fabrickým mostem na levém břehu v ř. km 16,1 (č. h. p. 4-16-03-057). N-leté průtoky stanovené pro tento profil jsou v *Tabulce 4*. Poloha všech zmíněných hlásných profilů je pak k vidění na mapě upravené v programu QGIS na *Obr. 16*.

*Tabulka 4: N-leté průtoky na hlásném profilu C v Moravském Krumlově [20]*

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	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> ]	12	19,5	32	44	57	78	97



*Obr. 16: Poloha hlásných profilů na řece Rokytné*

Lokality pro akumulaci povrchové vody – v povodí řeky Rokytné se nachází jedno území uvedené v *Generelu LAPV*, jako lokalita pro akumulaci povrchových vod. Její poloha je vidět na *Obr. 17*. Jedná se o *Horní Kounice*, lokalitu chráněnou jako adaptační opatření pro případ řešení dopadů klimatické změny, především pro zajištění zdroje pitné vody a snížení účinků povodní. Plocha této lokality je 97,4 ha s potenciálním objemem až 8,9 mil. km<sup>3</sup>.

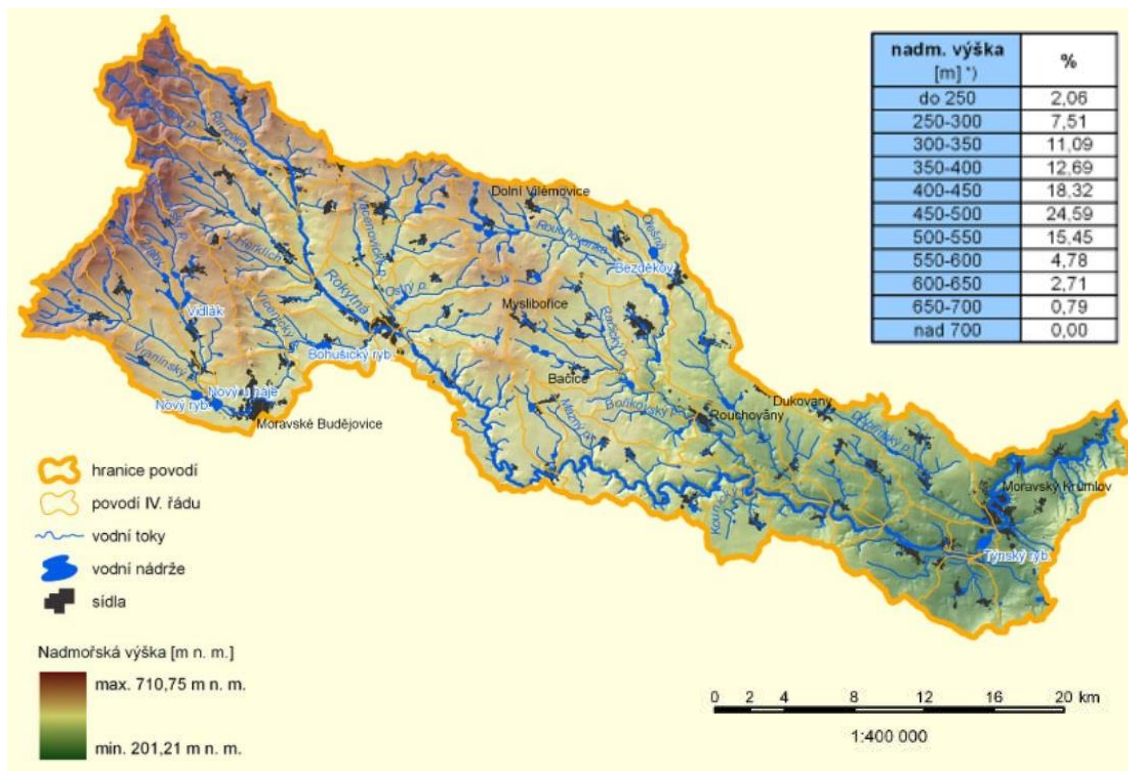
Může být využita jako doplňkový zdroj vody pro JE Dukovany a také jako prostředek pro nadlepšování minimálních průtoků v dolním úseku řeky Rokytné s příznivým účinkem i na tok řeky Jihlavy. V kapitole 6.3. jsou uvedeny další lokality, v kterých by bylo vhodné zadržovat povrchové vody. Návrh těchto ploch je však nutné skloubit s lesním hospodařením, zemědělskou produkcí a fungováním obcí včetně potřebných zdrojů vody. Například, aby nebyly nově vzniklé vodní plochy ohroženy v případě povodní. [21]



*Obr. 17: Lokalita pro akumulaci povrchových vod Horní Kounice [21]*

**Výšková členitost v povodí Rokytné** – výškové poměry jsou pro povodí řeky a okolní krajinu velmi významným faktorem. Nejvíce jsou totiž klimatickými změnami, a tedy i suchem, zasaženy oblasti nacházející se pod 400 m n. m. Řeka Rokytná pramení v Českomoravské vrchovině a protéká Jevišovickou pahorkatinou. Jak je zřejmé, povodí řeky Rokytné je poměrně výškově členité. Rozsah nadmořských výšek je zde od 201 m n. m. (při ústí do řeky Jihlavy) až po 711 m n. m. (vrchol Mařenka v Křižanovské vrchovině). Přibližně 25 % plochy povodí se nachází v rozmezí 450–500 m n. m. a cca 75 % plochy je v rozmezí 200–500 m n. m. Přehledná mapa povodí Rokytné včetně jeho výškové členitosti je na *Obr. 18*.



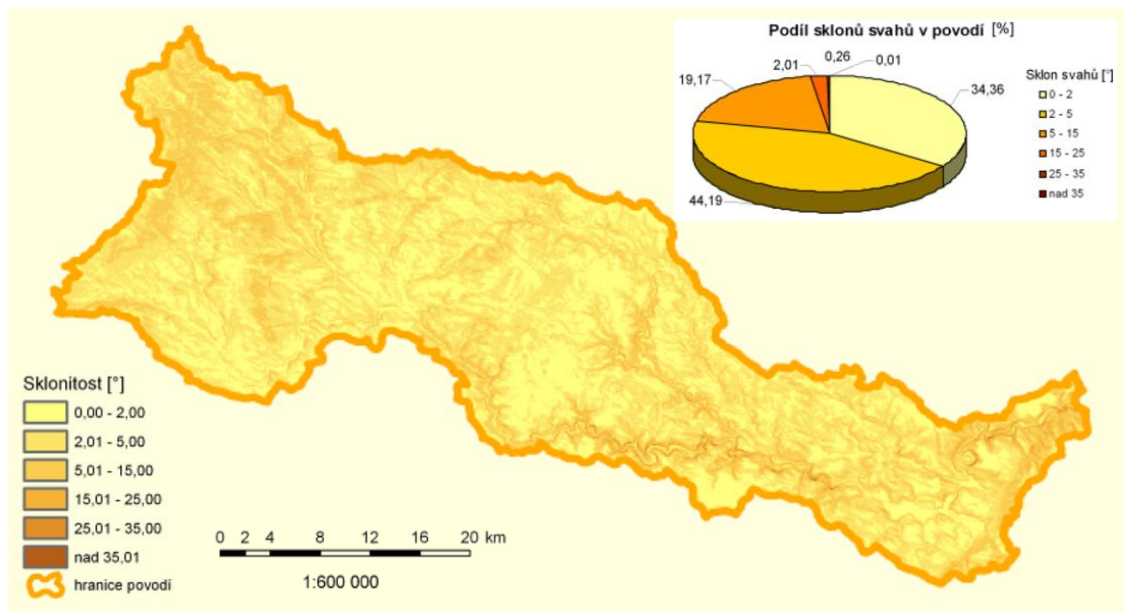


Obr. 18: Výšková členitost v povodí Rokytné [15]

### 3.2 Sklonitost a klimatické poměry

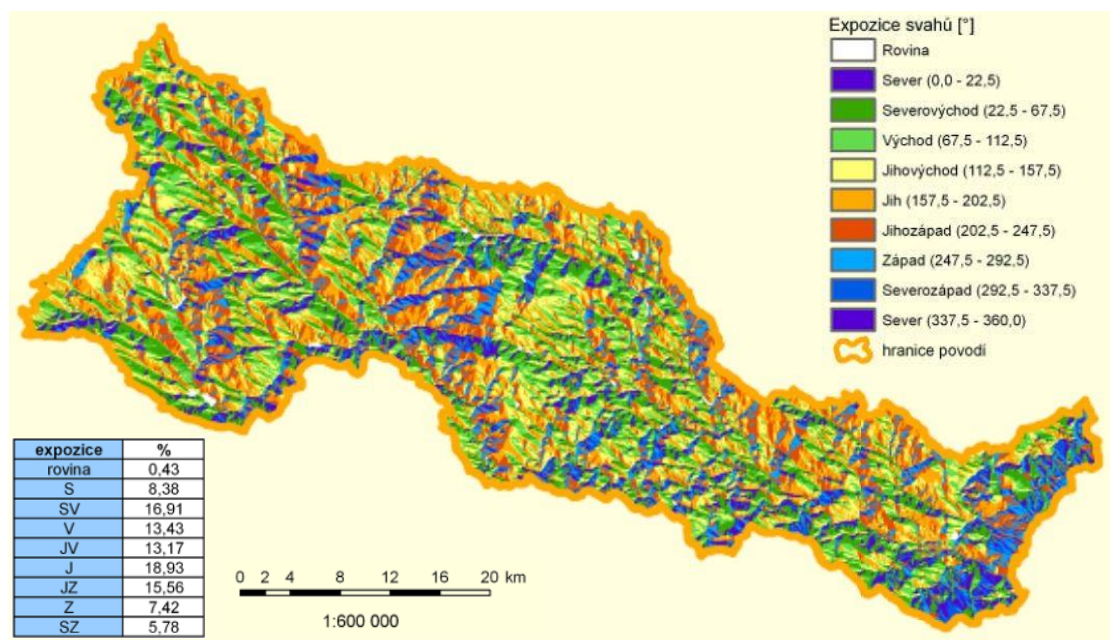
**Sklonitost v povodí Rokytné** – důležitou hydrologickou charakteristikou je také sklon povodí. Ten je určován jako podíl rozdílu nejvyššího a nejnižšího bodu v povodí a odmocniny z plochy povodí. Sklon povodí výrazně ovlivňuje odtok z povodí a současně i akumulaci vody v povodí. Zároveň může být ukazatelem charakteru a množství podzemních vod. [15]

Sklon v povodí Rokytné jsou vyobrazeny na Obr. 19. Největší je možné nalézt na středním toku v oblasti Přírodního parku Rokytná a na dolním toku za Moravským Krumlovem v NPR Krumlovsko-rokytenské slepence. V obou těchto úsecích je koryto řeky Rokytné v zaříznutém údolí a tvoří kaňon s vysokým sklonem a převýšením na obou březích. Naopak nejmenší sklon v povodí Rokytné lze nalézt v horním toku, kde řeka protéká uprostřed polí a na dolním toku v úseku mezi Vémyslicemi a Moravským Krumlovem. Největší podíl mezi sklon svahů zastoupených v povodí Rokytné má sklon svahů mezi 2°–5°, a to téměř 80 % plochy území. Minimální zastoupení v území má sklon nad 15°. [15]



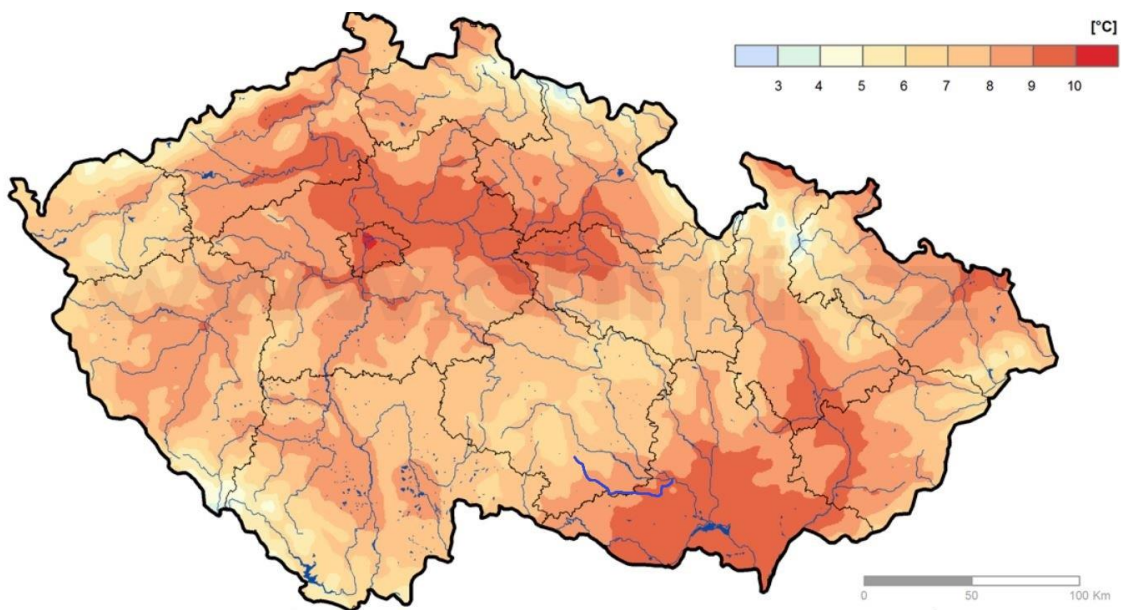
*Obr. 19: Sklonitost v povodí řeky Rokytné [15]*

**Orientace svahů** – tato charakteristika je závislá na orientaci či sklonu svahů a může předurčovat některé lokality v povodí z hlediska tendence k vysychání, odtoku vody, množství srážek a typu vegetace. Na území ČR jsou například severozápadní svahy označovány jako návětrné s vyššími srážkovými úhrny s přítomností chladnomilné vegetace. V povodí Rokytné je největší podíl svahů orientovaných na jih (cca 19 %), ty jsou více vystaveny sluneční energii a jsou náchylnější na vysychání. Detailněji je vidět orientace sklonů v povodí Rokytné na *Obr. 20*.



*Obr. 20: Expozice svahů vůči světovým stranám v povodí Rokytné [15]*

**Teplota vzduchu** – je další důležitou charakteristikou území, která je určující pro množství vody v povodí, především pro její výpar. Rozložení průměrných ročních teplot v povodí Rokytné je viditelné níže na *Obr. 21*. (Rokytná je vyznačena modře). Klíčová je nadmořská výška, proto nejnižší průměrné teploty jsou zaznamenány na horním toku Rokytné, který se nachází v jihovýchodní části Českomoravské vrchoviny. Naopak nejvyšších teplot je pravidelně dosahováno zejména na dolním toku, kde průměrná roční teplota dosahuje 9–10 °C. [22]

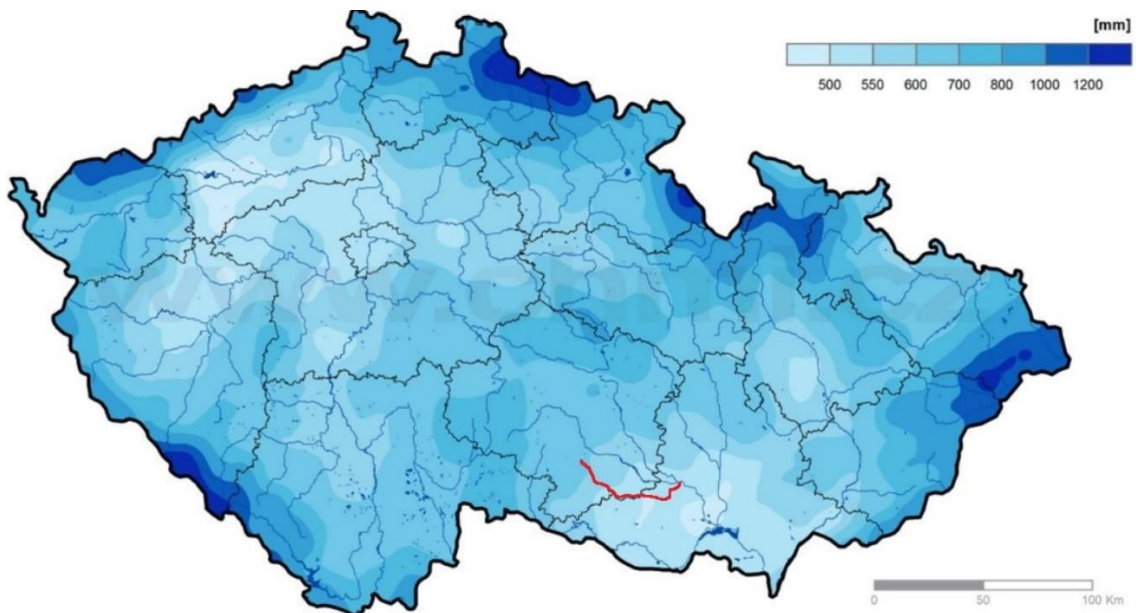


*Obr. 21: Průměrné roční teploty v letech 1981–2010 na území ČR [22]*

**Srážky** – jsou důležité především v souvislosti s meteorologickým suchem, ale také pro formování odtoku v povodí a doplňování vody v krajině. Na základě jejich množství lze odhadnout předurčenost některých oblastí k suchu a nedostatku vody. Odborníci se shodují, že v posledních letech výrazně neubýlo srážek, pouze jsou méně pravidelné a zvýšila se jejich intenzita. Bohužel voda z přívalových srážek není v dostatečném množství zadržena v krajině a rychle odtéká. Důležité je tedy přizpůsobit se novému trendu a snažit se o zvýšení retence krajiny a zachycení co možná nejvíce srážek v části povodí, kde spadly. Povodí Rokytné se nachází v Jevišovické pahorkatině, která leží ve srážkovém stínu Českomoravské vrchoviny, vzhledem k níže položenému povodí je zde i méně sněhových srážek (menší objem vody ve sněhu). Je zřejmé, že svůj podíl na množství srážek má nadmořská výška.

Pro oblasti ve srážkovém stínu jsou typické srážkové úhrny kolem 500 mm, což platí i pro část povodí Rokytné viz mapa průměrných srážek za období mezi lety 1981–2010 na *Obr. 22*. Rokytná je vyznačena červeně. [22]

Největší úhrn srážek je v horní části povodí Rokytné, kde dosahuje průměrně 550–600 mm. V této části povodí je však nejvíce citelná absence vodních nádrží, nebo prvků pro retenci srážkové vody v krajině. Průměrně nejnižší roční úhrn srážek je naopak na středním toku v oblasti PP Rokytná, kde však i přes menší množství srážek nejsou tak viditelné dopady sucha, díky velkému plošnému podílu především lesní vegetace, která zadržuje vodu a snižuje teplotu v letních měsících. [22]

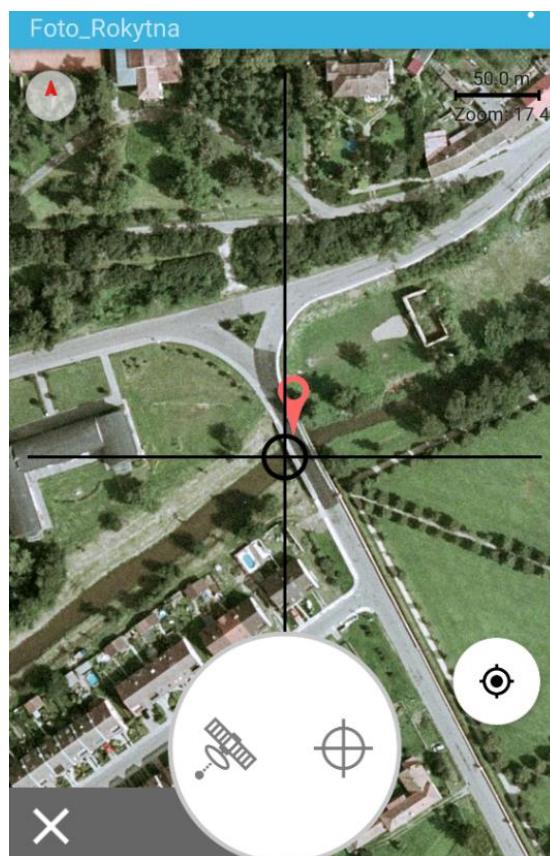


*Obr. 22: Průměrný úhrn srážek v letech 1981–2010 na území ČR [22]*

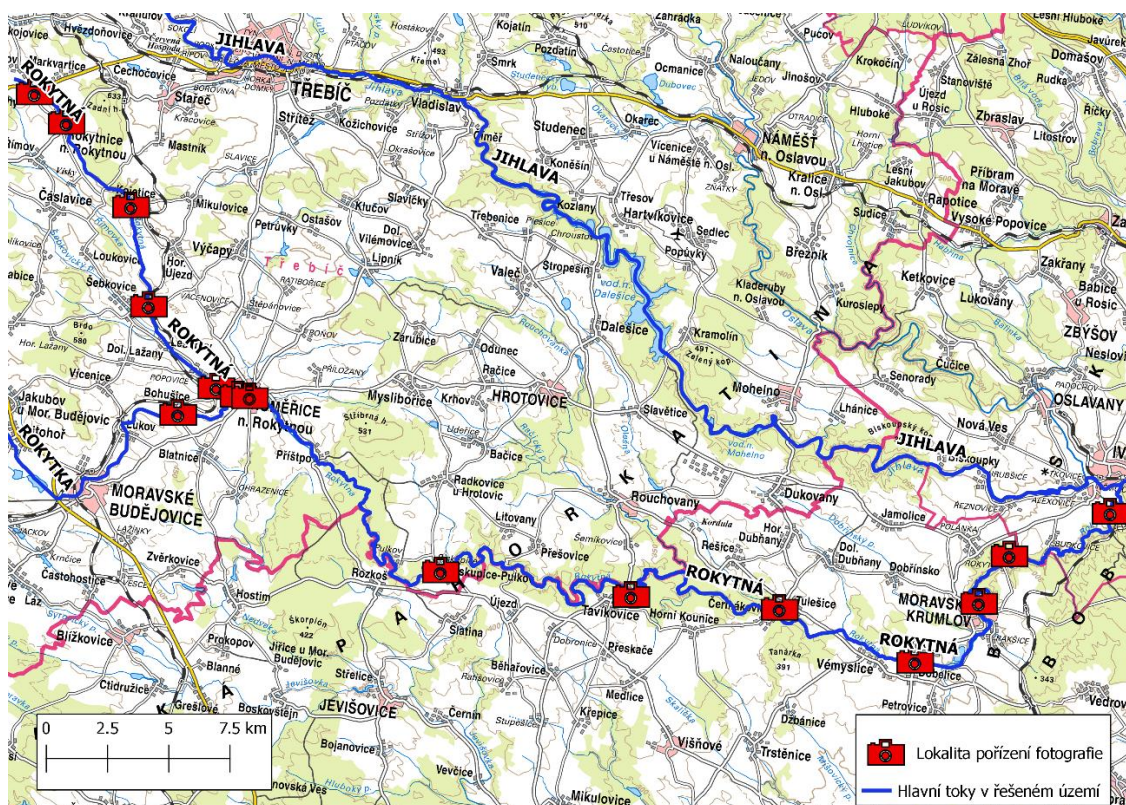
## 4 REKOGNOSKACE POVODÍ ROKYTNÉ

Na základě rekognoskace terénu, provedené dne 10. 7. 2019, jsem se seznámil se stavem toku a poměry v jeho okolí v suchém období. V rámci terénního průzkumu jsem se zaměřil na místa v povodí řeky Rokytne, rovnoměrně rozmístěná po celé délce toku viz *Obr. 24*. Tato místa jsem vytypoval na základě studia podkladů, které byly vyžádány pro účely práce od Povodí Moravy, s. p. Zároveň jsem v těchto místech pořídil fotodokumentace a na jednom z nich provedl odběr vzorku materiálu ze dna řeky.

Přesná poloha míst, kde byly pořízeny fotografie byla zaznamenána pomocí mobilní aplikace Gisella od společnosti ENVIPARTNER, s. r. o. Prostředí této aplikace při jejím využití v terénu je vidět na *Obr. 23*. Tato aplikace je určena pro sběr dat v terénu, tyto data lze poté jednoduše exportovat ve formátu .shp, nebo .kml do jakéhokoliv GIS programu a tam s nimi dále pracovat. Více jsou odběr a analýza vzorku rozebrány v *kapitole 4.1.* [23]



*Obr. 23: Ukázka z mobilní aplikace Gisella*



*Obr. 24: Rozmístění lokalit pořízení fotodokumentace (upraveno v QGIS)*

Vodní tok Rokytná bych charakterizoval takto:

- V horním toku** (ř. km 88,2–52,7) je Rokytná v tomto období téměř vyschlá, což je způsobeno např. okolním prostředím, v kterém má velký podíl orná půda. Svůj podíl má i absence větších přítoků a nádrží, z kterých by byl její průtok dotován. Od ř. km 86,0 je tok nejdříve krátce zatrubněn v k. ú. Rokytnice nad Rokytnou, což jej chrání před okolními vlivy a na výtok se již objevuje voda. Dále Rokytná protéká mezi vesnicemi obklopena poli a loukami jihovýchodním směrem. Trasa toku je v této části přímá s trojúhelníkovým tvarem koryta, které dosahuje průměrně šířky 1–3 metry a je výrazně zahloubené. Už od pramene je koryto špatně udržované a výrazně zarostlé vegetací. Naopak pozitivně hodnotím rybník Holeček, který se nachází na Rokytné v ř. km 76,3, jeho boční umístění a vhodné doplnění tůňmi a vegetací.

Na ř. km 72,3 do Rokytné v západní části k. ú. Jaroměřice nad Rokytnou pravostranně ústí její největší přítok – řeka Rokytká (ČHP 4-16-03-020).

Ta má na soutoku s Rokytnou šířku koryta cca 2–2,5 m a výšku vodní hladiny cca 0,2 m, zatímco Rokytná má na soutoku šířku koryta cca 1,5–2 m a výšku vodní hladiny cca 0,15 m viz *Obr. 30*. Příčinou většího průtoku na Rokytcce může být na ní umístěná vodní nádrž (Bohušický rybník) v ř. km 2,8. Díky této nádrži je regulován průtok v toku, čímž je částečně snižován vliv sucha v letních měsících a zajišťován konstantní průtok v Rokytcce. Za soutokem obou řek má koryto šířku cca 2–3 m a výška vodní hladiny cca 0,2–0,3 m viz *Obr. 31*.

Za soutokem s Rokytkou v Jaroměřicích nad Rokytnou řeka protéká zámeckým parkem, koryto je zde upravené a má lichoběžníkový tvar s šířkou ve dně cca 5 metrů. Za Jaroměřicemi nejprve potkává první z malých vodních elektráren, které se na Rokytné nachází a následně vtéká do Přírodního parku Rokytná (2 700 ha). V tomto přírodním parku je řeka lemována starými břehovými porosty, především duby a habry. Zde také zvyšuje svůj spád a začíná výrazněji meandrovat, místy vytváří peřeje. Na toku se zde nachází také drobné technické stavby, např. splavy, náhony a bývalé vodní mlýny. V další části přírodního parku pak řeka vytváří hluboce zaklesnuté a velmi úzké údolí s hustě zalesněnými a nepřístupnými svahy. Stav Rokytné v horním toku je zdokumentovaný na *Obr. 25–32*. (vlevo foto proti proudu, vpravo po proudu).



*Obr. 25: Okolí vyschlého toku v ř. km 87,1 Obr. 26: Rokytná v Kojeticích v ř. km 80,2*



*Obr. 27: Rokytná v Šebkovicích ř. km 76,0*



*Obr. 28: Rokytná v Popovicích ř. km 71,6 těsně před soutokem s Rokytkou*





*Obr. 29: Rokytká – přítok Rokytné u Bohušic 2,8 km před ústím*



*Obr. 30: Řeky Rokytká (vlevo) a Rokytná (vpravo) před soutokem*



*Obr. 31: Pohled na Rokytnou za soutokem*



*Obr. 32: Rokytná za soutokem s Rokytkou u zámku v Jaroměřicích*

- **Ve středním toku** (ř. km 52,7–21,3) Rokytná pokračuje Přírodním parkem Rokytná východním směrem v rozlehlém údolí mezi zalesněnými méně sklonitými svahy. V okolí Tavíkovíc Rokytná protéká hlubokým údolím, kde napomáhá k vytvoření přirozeného prostředí v okolí řeky. Vytváří zde jedny z nejhezčích lokalit v PP Rokytná. V tomto úseku se také zvyšuje vodní stav řeky díky několika drobným přítokům. Dále řeka opouští PP Rokytná a pokračuje lesy, v kterých potkává opět několik starých vodních mlýnů až k Tulešicím v ř. km 28.

Za touto obcí se tok začíná narovnávat a přestává tvořit meandry, vtéká mezi pole a louky. Prostředí zde připomíná okolí, kterým Rokytná protékala již v horním toku, v této chvíli má však výrazně vyšší vodní stav. Stav Rokytné ve středním toku je zdokumentovaný na *Obr. 33–35*.



*Obr. 33: Rokytná v Biskupicích ř. km 52,2*



*Obr. 34: Rokytná u Tavíkovíc ř. km 38,2*



*Obr. 35: Řeka Rokytná v Tulešicích těsně před jezem ř. km 28*

- **V dolním toku** (ř. km 21,3–0,0) Rokytná zpočátku teče na východ, poměrně zvolna téměř přímým úsekem mezi hlinitými břehy, aby se poté za obcí Rybníky v ř. km 19,0 začala stáčet směrem na sever do Moravského Krumlova, v kterém vytváří meandry s velkým poloměrem. V této části je hladina řeky až 8 m široká, což se mění za odtokem z MVE v Moravském Krumlově, kde pokračuje v šířce hladiny cca 3 metry. Koryto je zde místy zanesené částmi svého opevnění.

Za Moravským Krumlovem, nedaleko od stejnojmenné osady Rokytná v ř. km 9,0, protéká řeka NPR Krumlovsko-rokytenské slepence. V tomto úseku řeka začíná tvořit hluboké údolí se skalami vystupujícími až do výšky přes 100 metrů, toto údolí vzniklo zahloubením Rokytné do horniny zvané rokytenský slepenec. Tento úsek toku je také typický častou sesuvnou činností, při které dochází k zanášení koryta řeky. Údolím pokračuje až cca do ř. km 3, kde se okolí řeky začíná rozevírat a je tvořeno především ornou půdou. V tomto úseku Rokytná v některých letech téměř vysychá.

Těsně před ústím do řeky Jihlavy Rokytná meandruje. Protože se jeví jako velmi výhodné využít tohoto přirozeného jevu ke zvýšení retence vody v krajině, věnoval jsem tomuto úseku nejvíce pozornosti. Byla zde také zvolena lokalita pro odběr vzorků zemin ze dna toku v ř. km 1,875. Stav toku v tomto úseku je pozorovatelný na *Obr. 36–40*. Mimo jiné je na *Obr. 39* porovnán stav toku v letním období v letech 2019 a 2013 (šířka koryta se zmenšila cca o 1,5 m).



*Obr. 36: Rokytná v Rybníkách ř. km 20,5*



*Obr. 37: Rokytná v Moravském Krumlově před a za MVE ř. km 14,5*



*Obr. 38: Řeka Rokytná nedaleko osady Rokytná ř. km 9,1*



*Obr. 39: Rokytná u Němčic v místě odběru vzorku vlevo (6/2019) a vpravo (6/2013)*



*Obr. 40: Řeka Jihlava za soutokem s Rokytnou*

**Aspekty území z pohledu městského inženýrství** – je vhodné v této práci také krátce zmínit některé aspekty týkající se sídel v povodí Rokytné z pohledu městského inženýra. Rokytná na svém toku protéká pouze devíti obcemi z toho tři jsou města, jedná se o Jaroměřice nad Rokytnou (počet obyvatel k 1. 1. 2019 – 4 163), Moravský Krumlov (5 729) a Ivančice (9 742). Ve všech těchto městech je řeka důležitým prvkem, který utváří charakter území a jeho strukturu, respektive je se svým okolím významným centrem rekreace a volnočasových aktivit. [24]

- **Ivančice** jsou středověkým městem s velkou vinařskou tradicí, ležícím na soutoku tří řek – Jihlavy, Oslavy a Rokytné. Vodní toky zde tedy hrají důležitou roli a přispívá k vysoké kvalitě ŽP na území města. Přesto je více než 50 % území města tvořeno zemědělskou půdou a koeficient ekologické stability (dále KES) činí 0,8, což značí intenzivně využívané území. Okolí vodních ploch je intenzivně využíváno pro rekreaci (např. park na Réně nebo PP Pekárka), příležitostí by mohlo být více využít údolí Rokytné, které nabízí pěkné prostředí pro volnočasové aktivity. [24]
- **Jaroměřice nad Rokytnou** jsou turistickým centrem regionu, zejména díky baroknímu zámku s kostelem sv. Markéty a rozsáhlým zámeckým parkem. Tomu je přizpůsobena struktura sídla i rozložení veřejné vybavenosti, která je orientována do okolí parku. Parkem protéká řeka Rokytná, která zde teče v širokém korytu a má tu již relativně vysoký vodní stav (díky soutoku s Rokytkou). [24]

Nachází se zde i dvě slepá ramena, která jsou zaplavována při vyšším vodním stavu. Tyto vodní plochy spolu s neustálou úpravou parku přispívají k jeho skvělé kondici. Zároveň je park kromě turistů hojně využíván místními v jejich volném čase. Území Jaroměřic je až ze 75 % tvořeno zemědělskou půdou, s tím souvisí i hodnota KES, který v tomto případě činí 0,3. To je velmi nízká hodnota, která značí člověkem značně dotčené území.

- Dalším významným sídlem na toku je **Moravský Krumlov**. Město jižně od Ivančic obklopené ze tří stran lesy, které tvoří více než půlku plochy města. Tomu odpovídá i hodnota KES, která je 1,3 (jde o celkem vyváženou krajinu). Územní struktura je velmi ovlivněna Rokytnou, která zde tvoří meandry s velkými poloměry. Dominantou města je zámek s parkem, který je využíván pro kulturní akce, ale byla by vhodná jeho rekonstrukce, která přispěje k jeho přitažlivosti a většímu využití. Ideální by v tomto případě bylo zkusit využít dotačních programů zaměřených na obnovu památek dotace (např. IROP). Počet obyvatel města v posledních letech mírně klesl. Hodnotné z hlediska ŽP i rekreace jsou čtyři evropsky významné lokality. Za zmínku stojí především NPR Krumlovsko-rokytenské slepence, které nabízí nádhernou přírodu v kaňonu Rokytné. [24]

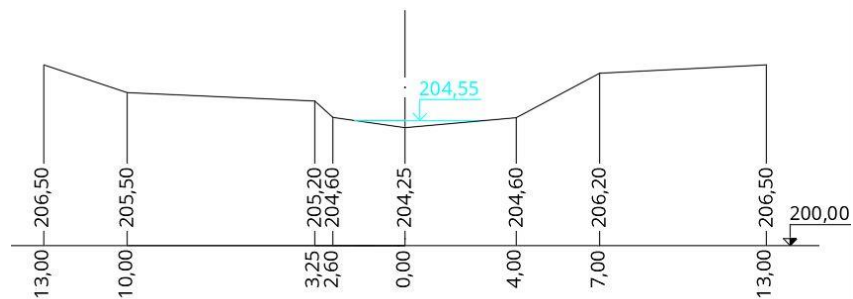
## 4.1 Odběr vzorku a výsledky analýz

Odběr proběhl v rámci terénního průzkumu dne 10. 7. 2019. Předem byla na toku vytipována místa, která by mohla být vhodná pro odběr vzorku. Jedná se např. o splaveninové útvary v obloucích toku, sedimentační ostrůvky atd. Vzhledem k vysokému vodnímu stavu Rokytné byl odebrán pouze jeden vzorek sedimentovaného materiálu. Po konzultaci s vedoucím práce jsme konstatovali, že další odběr neměl smysl, neboť by byl pouze potvrzením správnosti výběru a analýzou získaných výsledků (z metrologického hlediska by se však jednalo o správný postup). Prohlídkou toku řeky Jihlavy nad a pod zaústěním Rokytné nebylo pozorováno výrazné ovlivnění jemnějším zrnem splavenin, které jsem analyzoval v Rokytné viz *kapitola 4.3*.

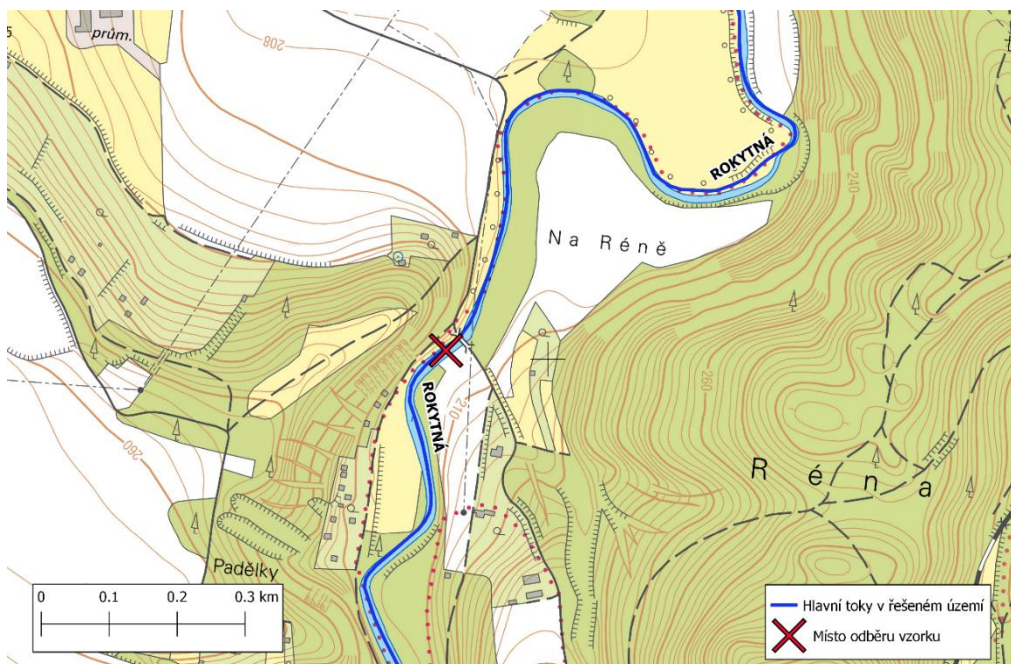
Vzorek R1 byl odebrán na pravém břehu v ř. km 1,875 v k. ú. Němčice u Ivančic (N 49°08'58.76", E 16°37'80.86"). Odběr byl proveden lopatou a materiál uložen do plastového pytle, který byl řádně označen.

Řeka v místě odběru dosahuje šířky ve dně cca 3 m. Hladina řeky v době odběru činila 0,3 m. Tvar koryta s vyznačením stavu hladiny v době odběru je zachycen v příčném řezu viz *Obr. 41*. Oba břehy jsou zarostlé vegetací, na levém břehu převažují nízké dřeviny a je zde účelová komunikace vedoucí k chatové osadě. Pravý břeh je prudší a navazuje na zemědělskou půdu. Detailní lokalizace odběrného místa (mapa upravena v QGIS), včetně fotodokumentace je na *Obr. 42–Obr. 44*.

Příčný řez koryta ř. km 1,875



*Obr. 41: Příčný řez korytem Rokytné v místě odběru vzorku*



*Obr. 42: Odběrné místo*





*Obr. 43: Lokalita, kde byl odebrán vzorek R1 ze dna toku*



*Obr. 44: Místo a provedení odběru vzorku R1 ze dna Rokytne*

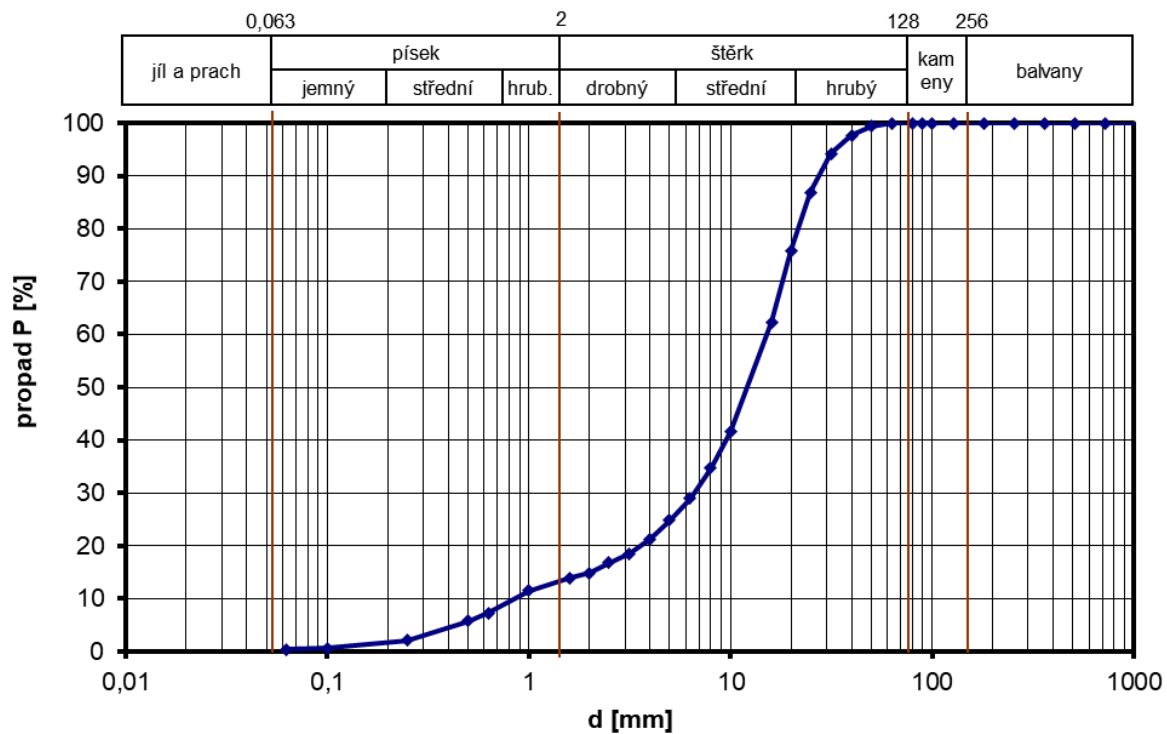
**Výsledky analýz** – v rámci analýzy vzorku jsem provedl zrnitostní rozbor a dílčí výpočet splaveninových pochodů. Tento proces proběhl v Laboratořích vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb na VUT FAST v Brně. Odebraný vzorek byl sušen při teplotě 105 °C v kovových vaničkách v sušárně Ecocell po dobu 24 hodin. Po dokončení sušení a dostatečném vychladnutí byl vzorek připraven k rozboru zrnitosti.



**Obr. 45: Třepací přístroj Endecotts Octagon 200**

Zrnitost vzorku splavenin získaného ze dna Rokytné byla zjištěna jeho prosetím přes sadu normových sít na třepacím přístroji Endecotts Octagon 200, který je k vidění na *Obr. 45*. Síta byla uspořádána nad sebou vzestupně podle velikosti ok jednotlivých sít. Protože nebylo možné umístit na přístroj všechna síta najednou, byl materiál nejprve přesetý přes síta s oky o velikosti 50–4,0 mm a poté na zbývajících. Zkušební sada obsahovala použito celkem 22 sít s otvory o velikosti od 0,063 mm po 50 mm dle normy ČSN EN 933-1 – *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Sítový rozbor*. Síta s větší velikostí ok nebyla potřeba, jelikož propad u síta s velikostí oka 50 mm byl 100 %. Doba třepání byla nastavena na 15 minut a amplituda vibrací přístroje měla hodnotu 8. Vždy po uplynutí nastavené doby byla sada sít rozebrána a byly zváženy propady na jednotlivých sítích. Poté byla síta vyčištěna, znovu složena a přeseta další část vzorku. Vážení probíhalo pomocí digitální váhy Sartorius Excellence s přesností na jednu setinu gramu. Každý propad byl zvážen dvakrát, přičemž výsledná hodnota byla stanovena aritmetickým průměrem z obou navážených hodnot.

Závěrem bylo určeno procentuální zastoupení jednotlivých frakcí vzorku. Takto získané hodnoty poté zadala paní doc. Ing. Jana Pařílková, CSc. do programu pro kritické zhodnocení a vykreslení granulometrické křivky viz *Graf 1*. Z křivky zrnitosti byly získány hodnoty potřebné pro výpočet transportovaného množství materiálu.



*Graf 1: Granulometrická křivka vzorku R1*

Jedním z nejdůležitějších údajů, které lze z křivky zrnitosti zjistit, je velikost efektivního zrna. Ta je podstatným ukazatelem pro určení transportní schopnosti toku. Stanovuje se na základě následujícího *vzorce 4*:

$$d_e = \frac{\sum(d_i \cdot p_i)}{\sum(p_i)}, \quad (4)$$

kde:  $d_i$  je aritmetický průměr velikosti zrn  $i$ -té frakce,

$p_i$  je procentuální podíl  $i$ -té frakce.

Neméně významnou veličinou, vyjadřující rozsah zrnitosti je číslo stejnozrnnosti  $C_u$ , které se stanovuje na základě tohoto vzorce:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (5)$$

kde:  $d_{60}$  je velikost zrna odpovídající 60% propadu síta,

$d_{10}$  je velikost zrna odpovídající 10% propadu sítě.

Na základě určených charakteristik dle *Tabulky 5*, byl vzorek určen jako *štěrkovitý nestejnozrnný špatně zrněný*. Velikost efektivního zrna  $d_{ef}$  byla stanovena na 13,8 mm. Číslo stejnozrnnosti  $C_u$  je pak 17,8. Tyto hodnoty se následně využily pro výpočet bilance splavenin v toku. Jednotlivé zastoupení částic ve vzorku splavenin je vidět v *Tabulce 6*.

**Tabulka 5: Zrnitostní charakteristika vzorku R1**

**Procentuální zastoupení složek zeminy ve vzorku**

jíl a prach	písek			štěrk			kameny	balvany
	jemný	střední	hrubý	drobný	střední	hrubý		
0.4 %	14.4 %			85.2 %			0 %	0 %
	1.7 %	9.5 %	3.2 %	19.9 %	59.5 %	5.8 %		

**Procentuální zastoupení frakcí zeminy menších než d**

<d [mm]	0,063	0,25	1	2	8	32	128	256
P [%]	0,4	2,1	11,6	14,8	34,8	94,2	100,0	100,0

**Průměr efektivního zrna**

$d_{ef}$	13,8	[mm]
$P_{d_{ef}}$	54,6	[%]

**Charakteristická čísla**

$C_u$	17,8	[-]
$C_c$	3,3	[-]

**Charakteristické hodnoty zrn vzorku**

$d_{10}$	0,9	[mm]
$d_{15}$	2,0	[mm]
$d_{30}$	6,6	[mm]
$d_{50}$	12,4	[mm]
$d_{60}$	15,3	[mm]
$d_{85}$	24,2	[mm]
$d_{90}$	27,8	[mm]

Vzorek je: štěrkovitý nestejnozrnný špatně zrněný

Tabulka 6: Granulometrický rozbor vzorku R1 – zrnitostní složení

## Granulometrický rozbor

**Identifikační data vzorku:**

Povodí: Morava  
 Tok: Rokytná  
 Č. h. p.: 4-16-03-001  
 Kilometr: 1,875 km  
 Označení vzorku: R1

**Hmotnost vysušeného vzorku:**

m	23685,2	[g]
---	---------	-----

**Stanovení zrnitosti vzorku**

	frakce [mm]	m <sub>frakce</sub> [g]	m <sub>složky</sub> [g]
jíl a prach	0	94,9	94,9
písek	0,063	66,9	3414,8
	0,1	343,8	
	0,25	866,4	
	0,5	360,2	
	0,63	1012,8	
	1	551,5	
	1,6	213,2	
štěrk	2	460,4	20175,5
	2,5	414	
	3,15	662,3	
	4	841,2	
	5	977,3	
	6,3	1365,9	
	8	1608,7	
	10	4919,1	
	16	3219,1	
	20	2592	
	25	1746,3	
	31,5	825,4	
	40	395,2	
	50	148,6	
	63	0	
	80	0	
90	0		
100	0		
kameny	128	0	0
	181	0	
balvany	256	0	0
	362	0	
	512	0	
	724	0	
	1024	0	

## 4.2 Využití bilanční rovnice

Vztah mezi úhrnem spadlých srážek, výparu a odtoku je stanoven pomocí *základní bilanční rovnice (vzorec 6)*, v závorce je uvedena zjednodušená verze pro povodí bez přítoků a bez odtoku ze sousedních povodí: [17]

$$H_S = H_O + H_V \pm H_R \pm H_U \quad (H_S = H_O + H_V), \quad (6)$$

kde:  $H_S$  je roční množství (výška) srážek,

$H_O$  je roční výška odtoku,

$H_V$  je roční výška výparu,

$H_R$  je změna zásob vody v povodí,

$H_U$  je výměna se sousedním povodím a jejich časový průběh.

Bilanční rovnici lze využít např. pro porovnání různých povodí z hlediska srážko-odtokových poměrů. Na základě dat od ČHMÚ nebo podniku Povodí, je možné orientačně si vypočítat, jaké množství vody v povodí zůstává (tedy se vsákne nebo vypaří). Srovnání dvou povodí s podobným charakterem nám může poukázat na některé nedostatky v jednom z nich. Například jaké jsou zde rezervy z hlediska schopnosti krajiny zadržovat vodu, tedy kolik vody je ještě možné zadržet. Pro detailní porovnání je však nutná podrobná analýza daného území z hlediska množství výparu a retenčních ploch.

Pokud se orientačně podíváme na porovnání povodí Rokytné, Rokytky a jejich sběrného toku Jihlavy, můžeme nalézt jen malé rozdíly viz *Tabulka 7–9*. Z hlediska toho, kolik procent srážkové vody odtéká z povodí, se odlišuje výrazněji povodí Jihlavy. Nelze ho však zcela relevantně porovnat s povodími Rokytné a Rokytky, jelikož Jihlava je větším tokem. Ať už příčným uspořádáním koryta nebo průtoky, ale i plochou povodí a také z hlediska např. lesnatosti, která je v jejím povodí výraznější. Rokytná a Rokytky už jsou více porovnatelné, s ohledem na podobné uspořádání koryt i podobné prostředí, v kterém se nacházejí. Vizuálně, dle provedené reko-gnoskace by se dalo očekávat, že větší množství vody bude zadrženo v povodí Rokytné, jelikož oproti Rokytkce mnohem výrazněji meandruje.

Situace je u obou povodí téměř stejná. Že pouze meandrování nestačí, se projevuje také na nízkém stavu podzemních zásob, což poukazuje na malé zdržení vody v území a nedostatečné doplňování půdních zásob. Výsledkem je snižování hladiny ve studních či vrtech a zvýšené vysychání povrchových vod ve všech formách.

**Tabulka 7: Průměrné roční hodnoty v povodí Rokytné [24]**

Místo	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Vsak/výpar [mm]
nad Rokytkou	96,53	580	104 (18 %)	476
pod Rokytkou	194,39	577	102 (17,5 %)	475
ústí	585,41	549	74 (13,5 %)	475

**Tabulka 8: Průměrné roční hodnoty v povodí Rokytky [24]**

Místo	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Vsak/výpar [mm]
ústí	97,86	575	99 (17 %)	476

**Tabulka 9: Průměrné roční hodnoty v povodí Jihlavy [24]**

Místo	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Vsak/výpar [mm]
pod Rokytnou	2661,1	593	135 (22 %)	458
nad Rokytnou	2075,7	605	152 (25 %)	453

### 4.3 Splaveninová studie

Působením proudění vody v korytě může docházet k erozi břehů nebo dna koryt vodních toků. Pokud takto uvolněné horniny nemohou odolávat účinkům proudění, začínají se pohybovat v jeho směru. Charakter pohybu uvolněných částic je určen vzájemným poměrem mezi tíhou zrna a silou vodního proudu. Může se tedy stát, že jedna částice se při změně zmíněného poměru bude nejprve pohybovat jako plavenina a později i jako splavenina. Tomu nahrává fakt, že každá částice je během svého pohybu obrušována a mění svoji velikost a hmotnost. [25]

Pohyb sedimentů, tedy plavenin a splavenin, je důležitý vzhledem k neustálému vývoji toku. Důsledkem tohoto jevu může být změna hydraulických vlastností koryta, například snižování jeho kapacity a s tím spojené ohrožení přilehlého území. Problémové jsou především úseky a místa, kde dochází k sedimentaci transportovaného materiálu. Především u mostních konstrukcí nebo náplavových břehů. Dle velikosti zrna a charakteru pohybu zrna ve vodě se transportovaný materiál dělí na dnové splaveniny a plaveniny. Hranice mezi nimi není jednoznačně dána, jelikož závisí na průtoku, tvaru koryta a také tvaru a velikosti daných částic. [25]

- **Splaveniny** – hrubší částice pohybující se po dně toku se označují jako dnové splaveniny. Jedná se o materiál s průměrem zrna větším než cca 0,1 mm. K pohybu splavenin dochází při překročení kritické rychlosti proudění, a to postupně od nejmenších zrn po ty největší. Tato kritická rychlost je až o 30 % větší než rychlost udržující částice v pohybu. Nejčastěji dochází k pohybu dnových splavenin při výskytu extrémních průtoků, kdy se začínají pohybovat po dně toku klouzáním, valením nebo skoky. Při zpomalení jejich pohybu se jako první usazují větší zrna a jsou základem vzniku dnových útvarů, jako jsou vrásky, duny nebo antiduny. [17]
- **Plaveniny** – jemné částice, které se vznášejí ve vodním proudu, jsou označovány jako plaveniny. Jde o materiál, jehož průměr zrna je menší než cca 4 mm. Tyto částice se v toku pohybují nejčastěji ve formě oblaků nebo pruhů a sedimentují při malých rychlostech. Často zanášejí koryta řek a umělých nádrží. [17]



- **Vliv splavenin na profil koryta** – sedimentace splavenin v korytě vodního toku může způsobit změnu tvaru průtočného profilu. Nejčastěji dochází ke zmenšení průtočné plochy, což může mít za následek změnu projevu postiženého toku. Například může docházet k výraznější erozi břehů, a to především těch konkávních v obloucích toků. Narušováním břehů může docházet k většímu zakřivení oblouků, tento jev se nazývá meandrování. Částice z erozí zasažených břehů jsou dále unášeny vodním proudem a sedimentují v místech s menší unášecí silou toku. Těmito místy jsou například konvexní náplavové břehy v obloucích toků, kde takto mohou vznikat souvislé nánosy. Pokud tok nemá dostatečnou erozivní sílu potřebnou k narušení břehů, ustává pohyb splavenin a tok se může začít místně vylévat z koryta a způsobovat povodňové ohrožení přilehlých ploch. [26]
- **Nevymílací rychlost  $v_v$**  – jde o rychlost proudění, při jejímž překročení dochází k pohybu splavenin. Pro její výpočet se využívá například vzorec dle Gončarova (vzorec 7): [25]

$$v_v = \log \left( \frac{8,8 \cdot h}{d_{95}} \right) \cdot \left[ \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_v)}{1,75 \cdot \rho_v} \cdot d_e \right]^{1/2} \quad (7)$$

kde:  $g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ],

$\rho_v$  je měrná hmotnost vody [ $\text{kg/m}^3$ ],

$\rho_s$  je měrná hmotnost materiálu splaveniny [ $\text{kg/m}^3$ ],

$d_e$  je průměr efektivního zrna [ $\text{m}$ ],

$h$  je výška hladiny [ $\text{m}$ ],

$d_{95}$  je průměr 95% zrna [ $\text{m}$ ].

- **Usazovací rychlost  $w$**  – pohyb částic nastává, pokud svislé složky turbulentního proudění jsou větší než rychlost pádu částic, označovaná jako usazovací rychlost. Ta je závislá na povaze materiálu a vlastnostech kapaliny. Lze ji stanovit dle Stokese takto (vzorec 8): [17]

$$w = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot (\rho_s - \rho)}{\eta} \quad (8)$$

kde:  $r$  je poloměr částice [m]

$\rho$  je měrná hmotnost vody [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_s$  je měrná hmotnost materiálu splavenin [kg/m<sup>3</sup>]

$\eta$  je dynamická viskozita vody [N.s/m<sup>2</sup>]

**Výpočet množství plavenin** – hmotnostní množství plavenin je možné stanovit na základě  $m$ -denních a  $N$ -letých průtoků, ty vystihují charakter toku. Pro stanovení množství plaveného materiálu na základě odebraného vzorku bylo využito následujících tří vztahů. Přehled výsledků je uveden v *Tabulce 10* a jejich grafické porovnání je na *Grafu 2*. Jednotlivé výpočty jsou také součástí **Přílohové části** této práce. K výpočtu byly použity  $N$ -leté průtoky z hlásného profilu v Moravském Krumlově poskytnuté Povodím Moravy, s. p.

- ***Dle Bogárdiho:***

$$Q_{\text{plav}} = 1,23 \cdot 10^{-10} \cdot Q^{3,57}, \quad (9)$$

kde:  $Q_{\text{plav}}$  je množství plavenin [kg/s],

$Q$  je průtok [m<sup>3</sup>/s].

- ***Dle Szolgaye:***

$$Q_{\text{plav}} = 4,514 \cdot 10^{-7} \cdot Q^{2,56}, \quad (10)$$

kde:  $Q_{\text{plav}}$  je množství plavenin [kg/s],

$Q$  je průtok [m<sup>3</sup>/s].

- ***Dle BSBA (Bundesstrombauamt)***

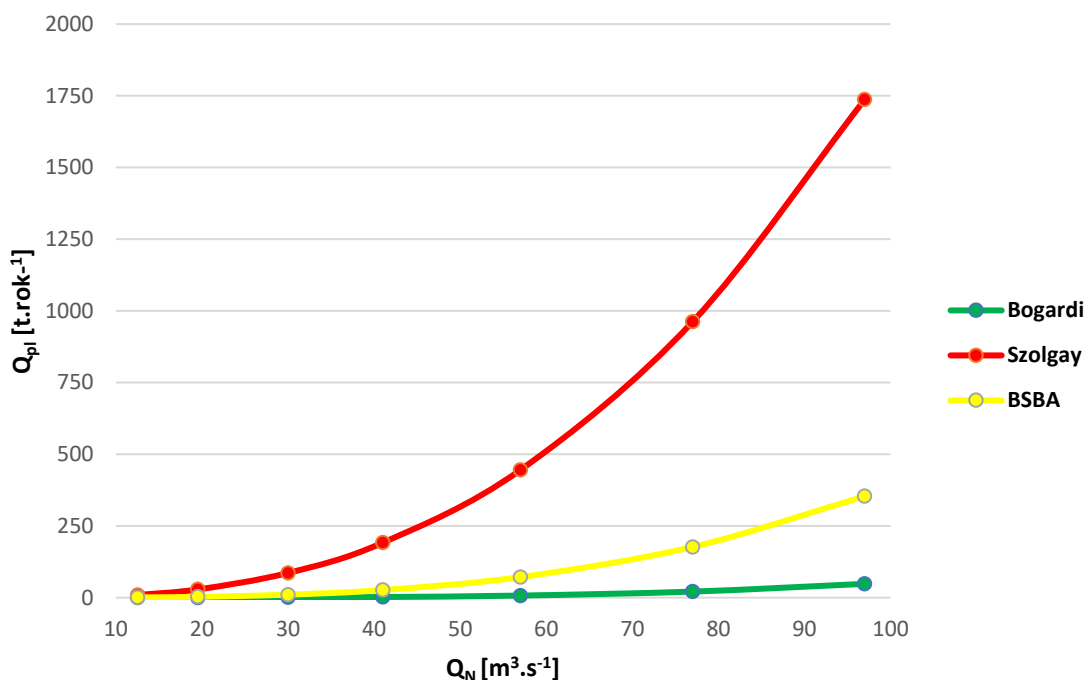
$$Q_{\text{plav}} = 1,227 \cdot 10^{-8} \cdot Q^3, \quad (11)$$

kde:  $Q_{\text{plav}}$  je množství plavenin [kg/s],

$Q$  je průtok [m<sup>3</sup>/s].

Tabulka 10: Výsledky výpočtu množství plavenin

N-leté [roky]	$Q_N$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$Q_{pl, \text{Bogárdi}}$		$Q_{pl, \text{BSBA}}$		$Q_{pl, \text{Szolgay}}$	
		[kg.s <sup>-1</sup> ]	[t.rok <sup>-1</sup> ]	[kg.s <sup>-1</sup> ]	[t.rok <sup>-1</sup> ]	[kg.s <sup>-1</sup> ]	[t.rok <sup>-1</sup> ]
1	12,5	0,000001	<b>0,032</b>	0,000024	<b>0,756</b>	0,000290	<b>9,157</b>
2	19,5	0,000005	<b>0,156</b>	0,000091	<b>2,871</b>	0,000906	<b>28,586</b>
5	30	0,000023	<b>0,728</b>	0,000331	<b>10,455</b>	0,002729	<b>86,118</b>
10	41	0,000070	<b>2,222</b>	0,000846	<b>26,687</b>	0,006071	<b>191,599</b>
20	57	0,000228	<b>7,202</b>	0,002272	<b>71,709</b>	0,014112	<b>445,354</b>
50	77	0,000668	<b>21,076</b>	0,005602	<b>176,775</b>	0,030477	<b>961,793</b>
100	97	0,001523	<b>48,060</b>	0,011198	<b>353,398</b>	0,055042	<b>1737,005</b>



Graf 2: Grafické porovnání výsledků výpočtu množství plavenin

Pravděpodobně nejvíce se reálnému množství plavenin v Rokytné přiblížil výpočet dle Bogárdiho. Naopak velice se odlišuje výsledek získaný dle vzorce Szolgaye, ten je však určený spíše pro větší řeky.

**Výpočet množství dnových splavenin** – k výpočtu je možné využít celou řadu vztahů. Pro účely této práce byly využity ty, které jsou v běžné praxi nejpoužívanější. Jedná se o vztahy těchto autorů – *Einsteina* (je využitelný zejména pro větší toky), *Scholkitsche* a *Meyer-Petera* (je nejčastěji užívaný a pravděpodobně nejpřesněji vystihuje podmínky zjištěné rekognoskací v řešeném povodí). Následuje přehled jednotlivých vztahů (*vzorec 12–19*) a konečných výsledků. Přehledně zpracované vstupní údaje a výpočty jsou součástí **Přílohové části** této práce.

- **Dle Meyer – Petera:**

$$q_b = 8 \cdot \left( g \cdot \frac{\gamma_s - \gamma_v}{\gamma_v} \cdot d_{ef}^3 \right)^{\frac{1}{2}} \cdot (\mu \cdot \theta - 0,047)^{\frac{3}{2}}, \quad (12)$$

kde:  $q_b$  je specifický (měrný) průtok splavenin [ $m^2/s$ ],

$g$  je tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ],

$\rho$  je měrná hmotnost vody [ $kg/m^3$ ],

$\rho_s$  je měrná hmotnost materiálu splavenin [ $kg/m^3$ ],

$d_e$  je průměr efektivního zrna [ $m$ ],

$\mu$  je dnový parametr [-],

$\theta$  je Shieldsův parametr [-].

V následující *Tabulce 11* je uveden výsledek výpočtu množství dnových splavenin v tunách za rok dle vztahu Meyer-Petera. Po dosazení do vzorce byl získán specifický průtok dnových splavenin, který byl následně vynásoben šířkou koryta ve dně v místě odběru.

**Tabulka 11: Množství dnových splavenin dle Meyer-Petera**

Místo odběru	Množství dnových splavenin [t.rok <sup>-1</sup> ]
Profil R1	2 152,9

- **Dle Einsteina:**

$$q_s = \Phi \cdot (\gamma_v \cdot g^2 \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_v} - 1\right) \cdot T \cdot d_{40}^{\frac{3}{2}}), \quad (13)$$

kde:  $q_s$  je specifický průtok splavenin [kg/(m.s)],

$\gamma_v$  je měrná hmotnost vody [kg/m<sup>3</sup>],

$\gamma_s$  je měrná hmotnost dnových splavenin [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  je tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>],

$T$  je časový faktor [-],

$\Phi$  je parametr průtoku splavenin [-],

$d_{40}$  je charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m].

$$T = \frac{w_s}{\sqrt{\gamma_s \cdot g \cdot d_{40}}}, \quad (14)$$

kde:  $w_s$  je sedimentační rychlost [-],

$\gamma_s$  je měrná hmotnost dnových splavenin [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  je tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>],

$T$  je časový faktor [-],

$d_{40}$  je charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m].

$$w_s = \left(\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\gamma_s - \gamma_v}{\gamma_v}\right) \cdot g \cdot d_{40} + \left(\frac{36 \cdot \mu^2}{\gamma_v^2 \cdot d_{40}^2}\right)^{\frac{1}{2}}\right), \quad (15)$$

kde:  $w_s$  je sedimentační rychlost [-],

$\gamma_s$  je měrná hmotnost dnových splavenin [kg/m<sup>3</sup>],

$\gamma_v$  je měrná hmotnost vody [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  je tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>],

$\mu$  je dynamický součinitel viskozity vody při 15 °C [Pa.s],

$d_{40}$  je charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m].

$$\Psi = \frac{d_{40} \cdot (\gamma_s - \gamma_v)}{h \cdot J \cdot \gamma_v \cdot g}, \quad (16)$$

kde:  $\Psi$  je parametr intenzity proudění [-],

$\gamma_s$  je měrná hmotnost dnových splavenin [ $\text{kg/m}^3$ ],

$\gamma_v$  je měrná hmotnost vody [ $\text{kg/m}^3$ ],

$g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ],

$h$  je výška mezi hladinou toku a dnem toku [m],

$d_{40}$  je charakteristická hodnota 40% zrna vzorku [m],

$J$  je sklon [‰].

$$\Phi = \frac{2}{10^6 \Psi}, \quad (17)$$

kde:  $\Psi$  je parametr intenzity proudění [-],

$\Phi$  je parametr průtoku splavenin [-].

V další *Tabulce 12* je uveden výsledek výpočtu množství dnových splavenin v tunách za rok dle vztahu Einsteina. Nejprve byly vypočteny potřebné veličiny, které zohledňují např. intenzitu proudění. Po dosazení do konečného vzorce byl získán specifický průtok dnových splavenin, který byl následně vynásoben šířkou koryta ve dně v místě odběru a převeden na konečnou jednotku.

**Tabulka 12: Množství dnových splavenin dle Einsteina**

Místo odběru	Množství dnových splavenin [t.rok <sup>-1</sup> ]
Profil R1	77 549,6

- **Dle Scholkitsche:**

$$q_s = \frac{0,01363}{n} \cdot i^{\frac{7}{6}} \cdot \left( \frac{\gamma_s - \gamma_v}{\gamma_v} \right)^{\frac{5}{3}} \cdot d_{ef}^{\frac{5}{3}}, \quad (18)$$

$$n = 0,0525 \cdot d_{ef}^{\frac{5}{3}}, \quad (19)$$

kde:  $q_s$  je specifický průtok splavenin [kg/(m.s)],

$\gamma_v$  je měrná hmotnost vody [kg/m<sup>3</sup>],

$\gamma_s$  je měrná hmotnost dnových splavenin [kg/m<sup>3</sup>],

$i$  je sklon dna [‰].

V *Tabulce 13* je uveden výsledek výpočtu množství dnových splavenin v tunách za rok dle vztahu Scholkitsche. Po dosazení do vzorce byl získán specifický průtok dnových splavenin, který byl následně vynásoben šířkou koryta ve dně v místě odběru.

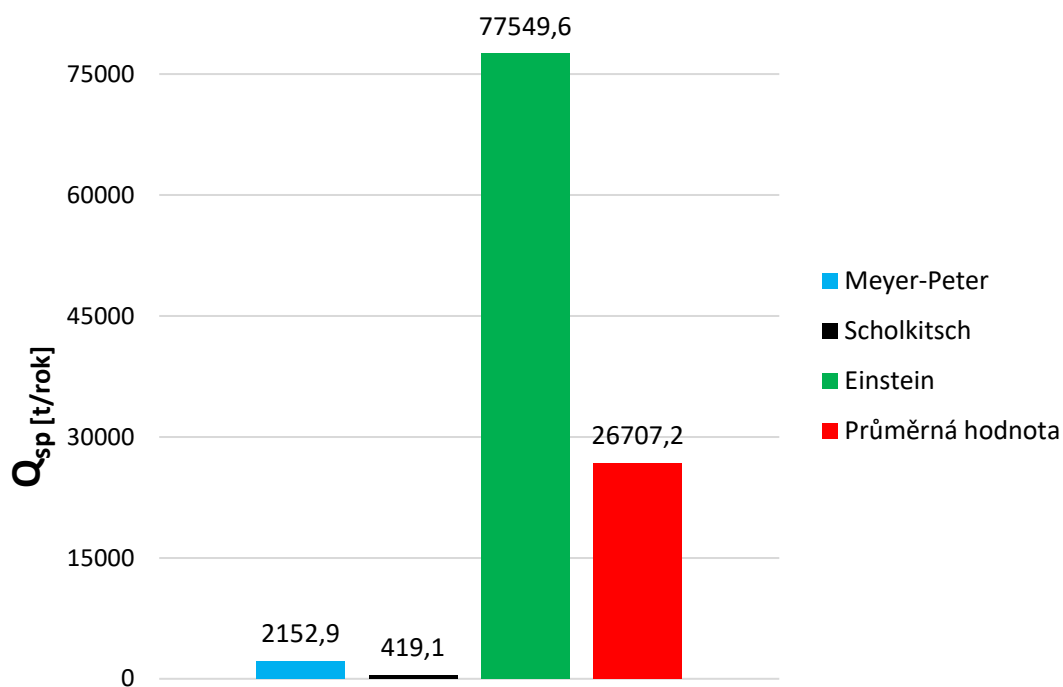
***Tabulka 13: Množství dnových splavenin dle Scholkitsche***

Místo odběru	Množství dnových splavenin [t.rok <sup>-1</sup> ]
Profil R1	419,1

*Tabulka 14 a Graf 3* shrnují a porovnávají jednotlivé výsledky výpočtů množství dnových splavenin v profilu R1, kde byl odebrán vzorek splavenin z koryta řeky Rokytne. Ostatní výsledky výrazně převyšuje ten vypočítaný dle vzorce Einsteina. Už bylo řečeno, že ten je určený spíše pro větší toky s většími průtoky a větší unášející silou.

***Tabulka 14: Přehled výsledků výpočtu dnových splavenin v profilu R1***

Autor vzorce	Místo odběru	Množství dnových splaveniny [t.rok <sup>-1</sup> ]
Meyer-Peter	Profil R1	2152,9
Einstein	Profil R1	77549,6
Scholkitsch	Profil R1	419,1



*Graf 3: Grafické porovnání výsledků výpočtu množství dnových splavenin*

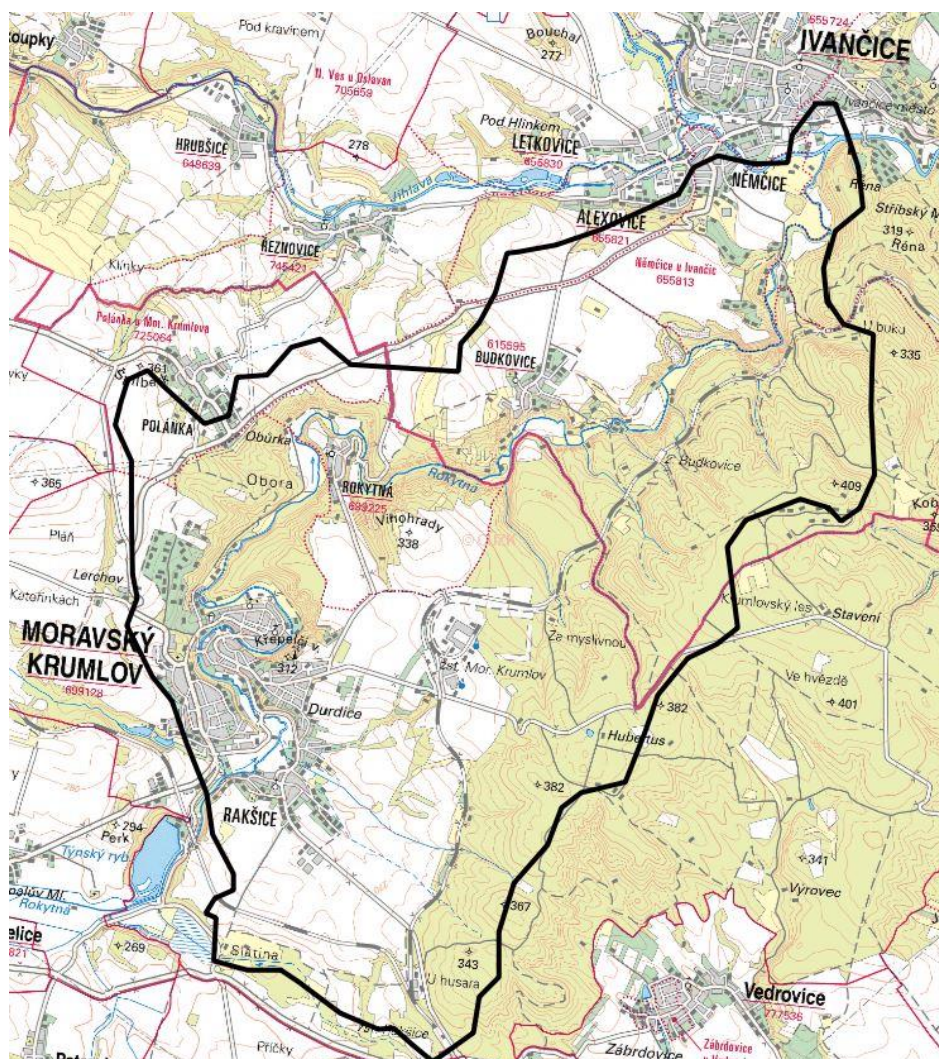
**Závěry splaveninové studie** – stanovené množství transportovaných splavenin a plavenin není nijak zásadní vzhledem k možnému ovlivnění průtočného profilu toku. Nelze ho však považovat za zcela průkazné vzhledem ke stavu koryta v době rekognoskace povodí v terénu a také vzhledem k faktu, že byla možnost odběru pouze jednoho reprezentativního vzorku z důvodu nízkého vodního stavu. Přínosem je, že byl proveden a zdokumentován postup, který je běžně používán při odběru více vzorků, k jejich následné analýze a praktickému využití. Smyv úrodné půdní vrstvy i vznik nánosů v korytech jsou extrémní jevy, které je třeba řešit viz dříve zmíněný projekt „*Strž Maliňák*“ ST Lesy ČR. Na základě porovnání jednotlivých výsledků výpočtu množství plavenin a splavenin (viz *Grafy 2-3*) a s vazbou na další práce doporučuji v praxi využívat pro tok Rokytnou vztahy Bogárdiho a Meyer-Petera.



## 5 ANALÝZA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

### 5.1 Identifikace území

Tato práce je detailněji zaměřena na oblast povodí Rokytné (č. h. p. 4-16-03-057) nacházející se mezi městy Moravský Krumlov a Ivančice. V posledních letech se začínají v této oblasti povodí výrazněji projevovat dopady sucha a nedostatku vody, proto je nutné se jimi zabývat. Dle zadání je řešené území vymezeno úsekem na toku mezi ř. km 0,00 a 16,7. Hranice pak byly stanoveny jako hranice hydrologického povodí IV. řádu viz *Obr. 46*. Plocha tohoto území je 31,63 km<sup>2</sup>. Jeho charakteristika bude předmětem následujících kapitol. Většina mapových výřezů byla upravena v programu QGIS.



*Obr. 46: Vymezení řešeného území dle povodí IV. řádu*

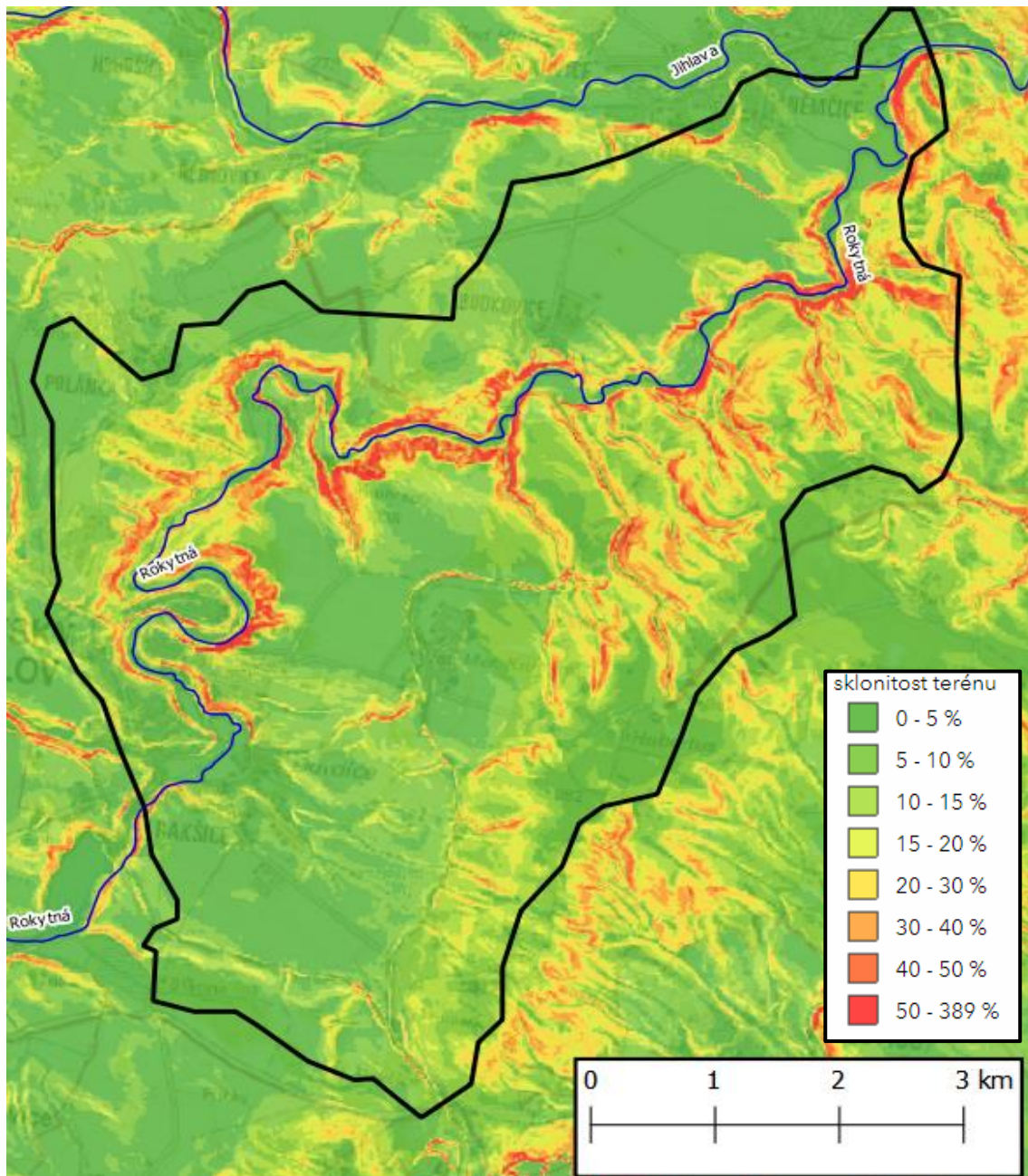
**Sucho v řešeném území** – už z map v *kapitole 2* bylo zřejmé, že povodí Rokytné, tedy i řešené území, patří mezi ta, která se v ČR nejvíce potýkají se suchem. Zranitelnost tohoto území z hlediska dopadů sucha je vidět například také z výstupů projektu VÚV TGM a Mendelovy univerzity zaměřeného na riziko vysychání toků v období klimatické změny. Tento projekt stanovuje riziko pro jednotlivá povodí v ČR na základě několika vybraných ukazatelů. Jde například o druh povrchu, deficit srážek, podíl jílovců nebo podíl stojatých vod. Řešené území, tedy konkrétně povodí IV. řádu (č. h. p. 4-16-03-057), je vyhodnoceno jako území s *velkým rizikem* vysychání drobných vodních toků. Nejvíce se na tomto hodnocení podílí deficit srážek, který je určen jako velmi vysoký. Jedním z výstupů projektu je mj. zjištění, že pro vysychání drobných vodních toků je klíčový podíl orné půdy a přítomnost rybníků (nádrží) v povodí. Jejich nadměrný výskyt a nevhodné umístění v povodí, mohou být faktorem přispívajícím k větší náchylnosti povodí vůči suchu. [27]

## 5.2 Charakteristika vymezeného území

V této kapitole je řešené území zanalyzováno z pohledu několika důležitých charakteristik, které mohou poukázat na pozitivní či negativní faktory ovlivňující náchylnost k suchu, nedostatku vody nebo povodním.

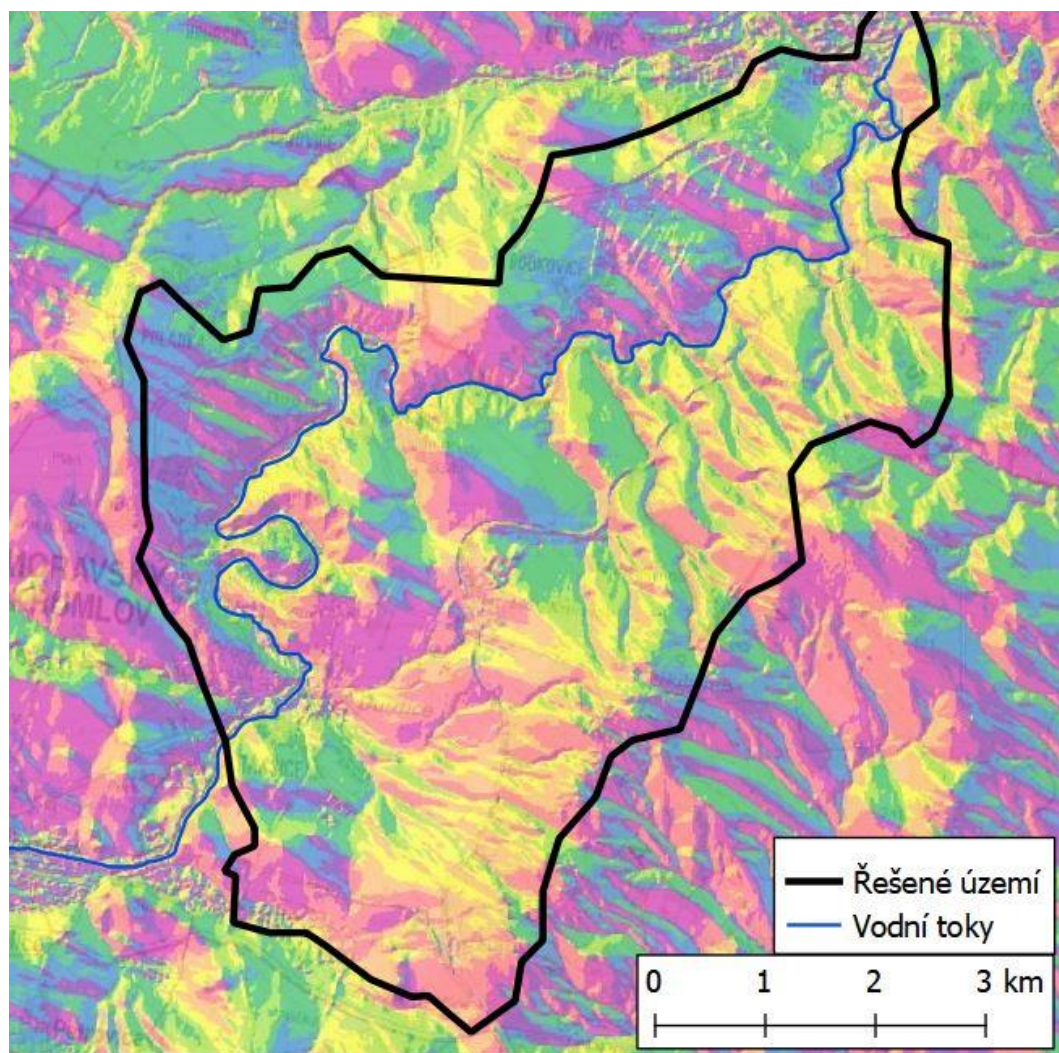
**Sklon svahů a jejich orientace v řešeném území** – jak už bylo dříve řečeno, sklon svahů a jejich orientace určují směr odtoku vody, a tedy přirozeně ovlivňují odtokové poměry v krajině. Jak je vidět z příloženého *Obr. 47*, v řešeném území je dobře viditelná přítomnost vodních toků. Svou činností se podílejí na utváření reliéfu krajiny a především řeka Rokytná zde vytvořila hluboké zaříznuté údolí. V některých místech v údolí kolem Rokytné dosahují svahy sklonu až přes 50 %. Důsledkem je výskyt vyššího rizika sesuvné činnosti v některých místech povodí. To může přinášet nebezpečí nejen pro občany využívající danou oblast pro rekreaci, ale také to může způsobovat zanášení toku uvolněným materiálem a s tím spojené ovlivňování odtokových poměrů. Vzhledem k výrazným sklonům svahů i podélným sklonům samotných drobných toků zde veškerá voda stéká právě do vodotečí. Dále je rychle odváděna z území a bere s sebou velké množství materiálu, který může ovlivnit jejich vlastní koryto, ale i koryto toku, do kterého ústí.

Množství vody zachycené v horních partiích svahů je minimální, a proto jsou důležitá opatření zadržující vodu a splaveniny v těchto úrovních tak, aby byl udržen optimální vodní a splaveninový režim na těchto tocích. Řešením je např. hrazení drobných vodotečí, příkladem může být projekt ST Lesy ČR v kapitole 2.3.



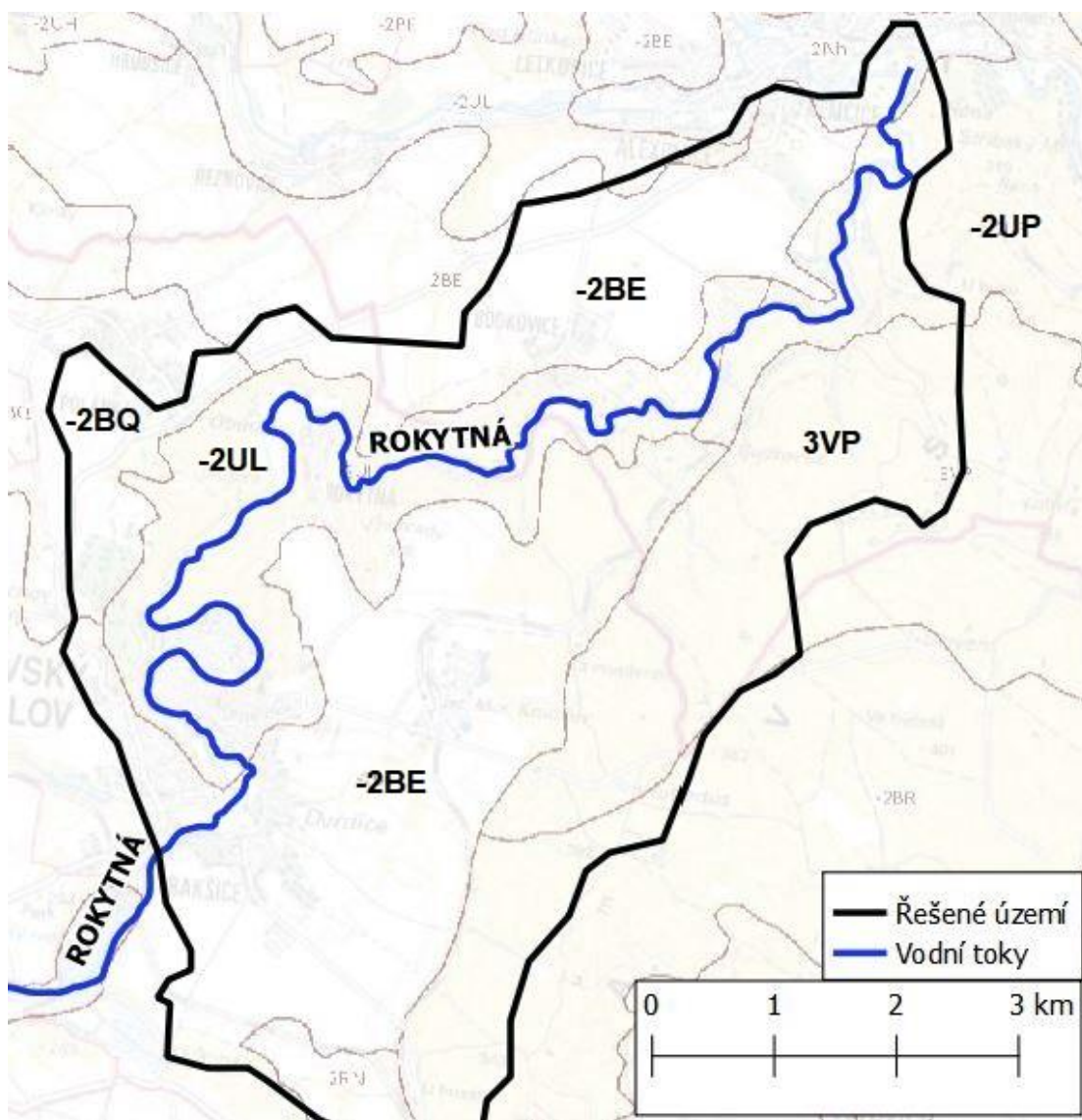
Obr. 47: Sklonitostní poměry v řešeném území [28]

**Orientace svahů** – je stejně důležitým faktorem jako sklonitost. Může mít vliv na množství slunečního záření, vítr a teplotu. Viditelné je to i v řešeném území viz *Obr. 48*, které je v podstatě tvořeno údolím Rokytné, rozdělujícím oblast na dvě části. Západní část je orientována především na jih a jihovýchod, východní část pak spíše severním až severozápadním směrem. Místy patrné rozdíly mezi těmito dvěma částmi, však nejsou důsledkem pouze sklonu, nýbrž kombinací několika faktorů. V západní části území jsou viditelnější dopady sucha, což je patrné ze stavu vegetace. Tento fakt je způsoben nejen polohou na jižních svazích, které bývají náchylnější k vysychání, ale i absencí drobných vodotečí v tomto území a pokryvem terénu. Zatímco ve východní části zcela převažují lesy (výjimkou je oblast jižně od Moravského Krumlova). V západní části je to kombinace lesů, polí a luk, náchylnějších k vysychání a jsou-li bez vegetace, nezadržují mnoho vody.



*Obr. 48: Orientace svahů v řešeném území*

**Biogeografické poměry** – z pohledu biogeografie se vymezují územně nesouvislé segmenty krajiny, které se opakují a mají podobné ekologické podmínky s podobnou biotou (podobné složení flóry i fauny v daném prostředí). Území řešené v této práci spadá do biogeografické provincie středoevropských listnatých lesů, podprovincie hercynské a bioregionu Jevišovického. Přehled členění řešeného území na biochory je možné vidět na *Obr. 49* a jejich základní charakteristiky jsou viditelné v *Tabulce 15* (znaménko mínus u označení biochory vyjadřuje srážkově chudou oblast). [29]



*Obr. 49: Biochory zastoupené v řešeném území [30]*

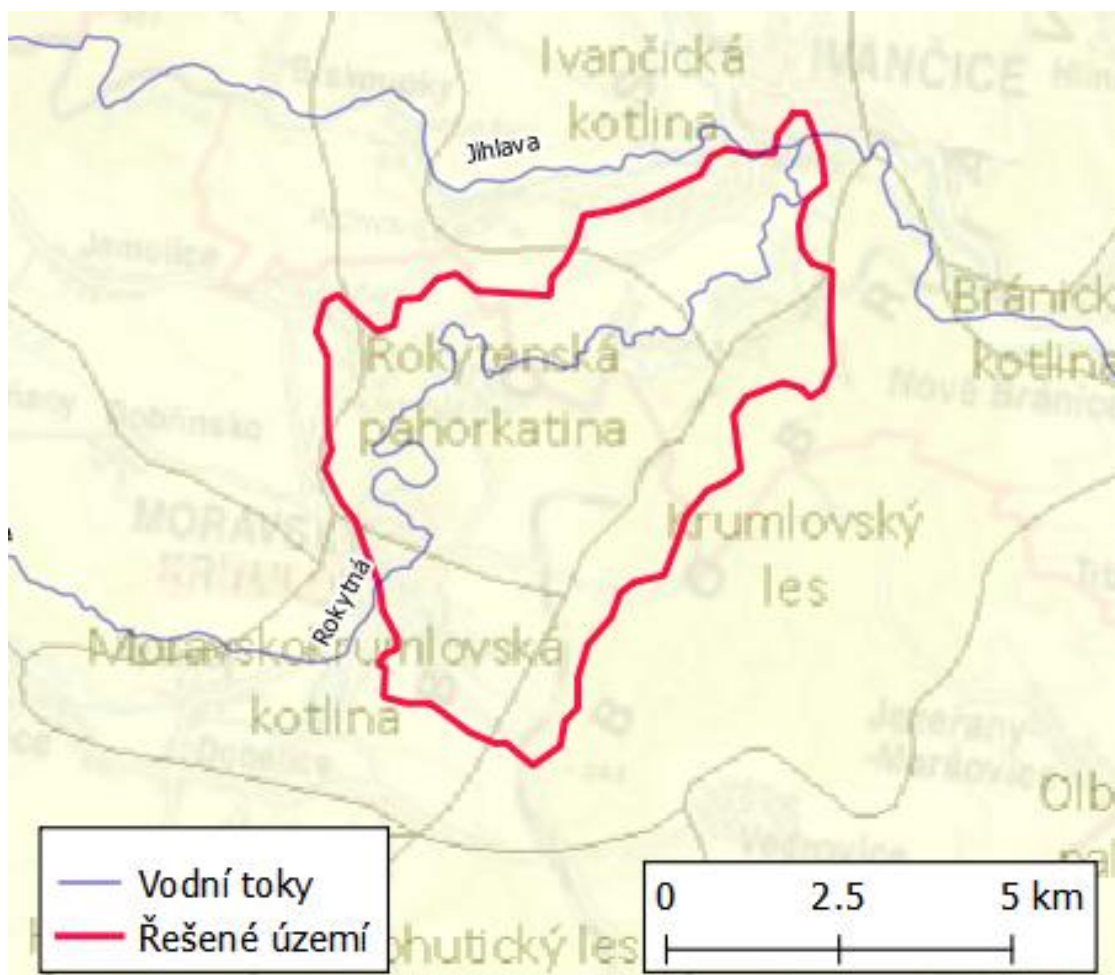
*Tabulka 15: Biochory v řešeném území [29], [30]*

Značka	Název biochory	Popis
-2UL	Výrazná údolí v permu v suché oblasti 2. v. s.	Údolní zářezy, skalnaté úseky, dominují vápnité permokarbonské slepence, převažují kambizemě, klima teplé, mírně suché.
-2BE	Erodované plošiny na spraších v suché oblasti 2. v. s.	Plošiny a údolní svahy, tvořeny sprašemi a sprašovými hlínami, převažují černozemě, klima teplé až velmi teplé.
-2BQ	Erodované plošiny na pestrých metamorfitech v suché oblasti 2. v. s.	Plošiny a mírné svahy, tvořeny amfibolity s granulity, převažují kambizemě, klima teplé, mírně suché.
-2UP	Výrazná údolí v neutrálních plutonitech v suché oblasti 2. v. s.	Údolní zářezy, tvořeny granodiority a diority, převažují kyselá kambizemě, klima mírně teplé až teplé.
3VP	Vrchoviny na neutrálních plutonitech 3. v. s.	Plošiny s údolními svahy, tvořeno granodiority, převažují kambizemě, klima mírně teplé.

**Geomorfologické členění** – velká část řešeného území se nachází v nadmořské výšce mezi 200–400 m n. m. Nejvyšší bod je vrch U stavení s výškou 415 m n. m. Z hlediska geomorfologického členění území České republiky je analyzované území členěno viz *Tabulka 16*. Dělení území do nejnižších geomorfologických jednotek, tedy geomorfologických okrsků je pak vidět na *Obr. 50*.

**Tabulka 16: Geomorfologické členění [31]**

Systém	Hercynský
Subsystém	Hercynská pohoří
Provincie	Česká vysočina
Subprovin-	Českomoravská
Oblast	Brněnská vrchovina
Celek	Boskovická brázda
Podcelek	Oslavanská brázda
Okrsek	Moravskokrumlovská kotlina, Rokytenská pahorkatina, Ivančická kotlina, Krumlovský les



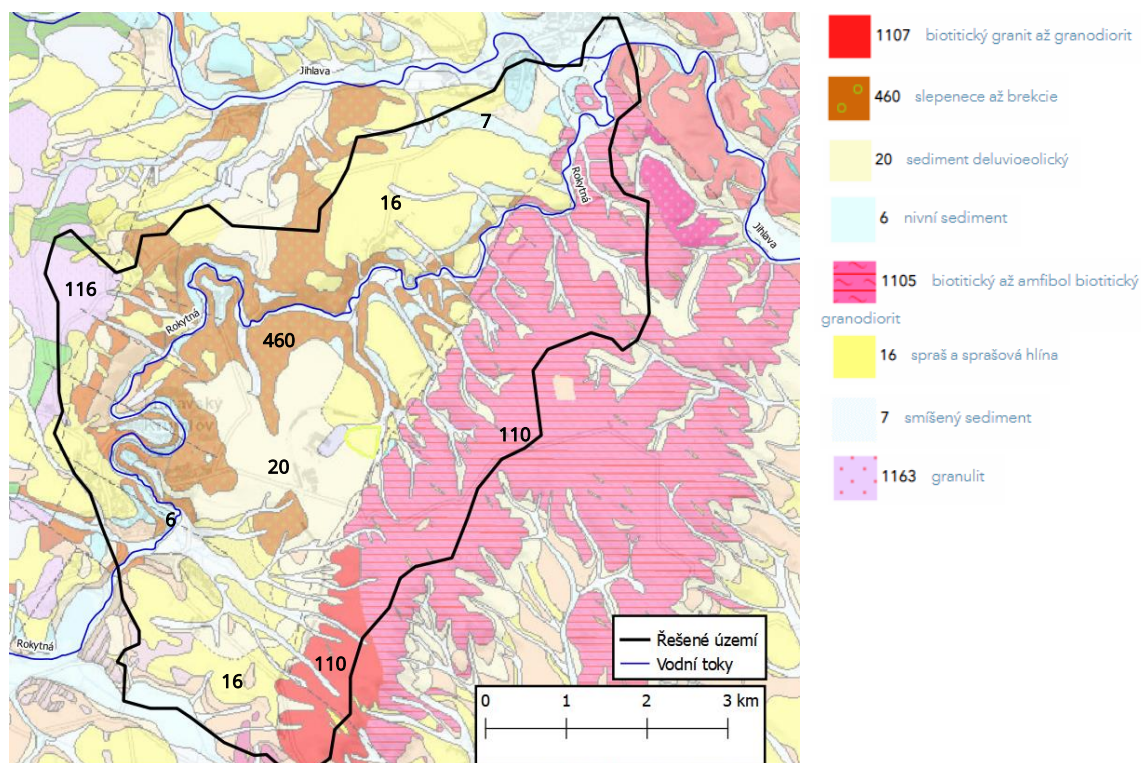
**Obr. 50: Geomorfologické okrsky v řešeném území [30]**

V řešeném území je zastoupena v jižní části Moravskokrumlovská kotlina, v severní části Ivančická kotlina, ve východní Krumlovský les a největší podíl má Rokytenská pahorkatina. Tyto geomorfologické jednotky jsou charakterizovány takto: [32], [33]

- **Moravskokrumlovská kotlina** (IID-1A-10) – jde o sníženinu o rozloze 14,15 km<sup>2</sup>, kterou protéká řeka Rokytná. Byla vytvořena v permokarbonských usazeninách Boskovické brázdy, rulách a granulitech moravského moldanubika, žulách a granodioritech brněnského plutonu a je vyplněna miocenními usazeninami. Nejvyšším bodem je Perk (294,1 m n. m.). Převládají zde louky, pole a drobné dubové lesíky s příměsí lípy, habru, akátu a borovice.
- **Rokytenská pahorkatina** (IID-1A-9) – je členitá pahorkatina prořezaná hlubokým údolím řeky Rokytné se zaklesnutými meandry o rozloze 23,65 km<sup>2</sup>. Je tvořena permokarbonskými usazeninami Boskovické brázdy, horninami moravského moldanubika a rokytenskými slepenci tvořícími skalní útvary na svazích hlubokého údolí Rokytné. Nejvyšším bodem je vrch Vinohrady (338,3 m n. m.). Pahorkatina je středně zalesněná s dubohabrovými pařezinami, borovými a akátovými porosty. V nivě Rokytné se nachází louky a pole.
- **Ivančická kotlina** (IID-1A-8) – kotlina, v které se nachází důležitý hydrografický uzel – soutok Jihlavy, Oslavy a Rokytné o rozloze 25,77 km<sup>2</sup>. Byla vytvořena v permokarbonských usazeninách Boskovické brázdy a vyplněná miocenními a čtvrtohorními sedimenty. Nejvyšším bodem je vrch Na Pekárce (279,8 m n. m.). Tato kotlina je málo zalesněná, převažují pole.
- **Krumlovský les** (IID-2A-1) – jde o hrástovitou vrchovinu mezi Boskovickou brázdou a Dyjskosvrateckým úvalem o rozloze 36,51 km<sup>2</sup>. Složena je převážně z žul, granodioritů brněnského plutonu a zbytky miocenních usazenin. Ve střední části se zbytky holoroviny s balvany jurských rohovců. Nejvyšším bodem je vrch U stavení (415,4 m n. m.). Tato vrchovina je převážně zalesněná dubovými porosty s habrem, lípou, vzácně i bukem.



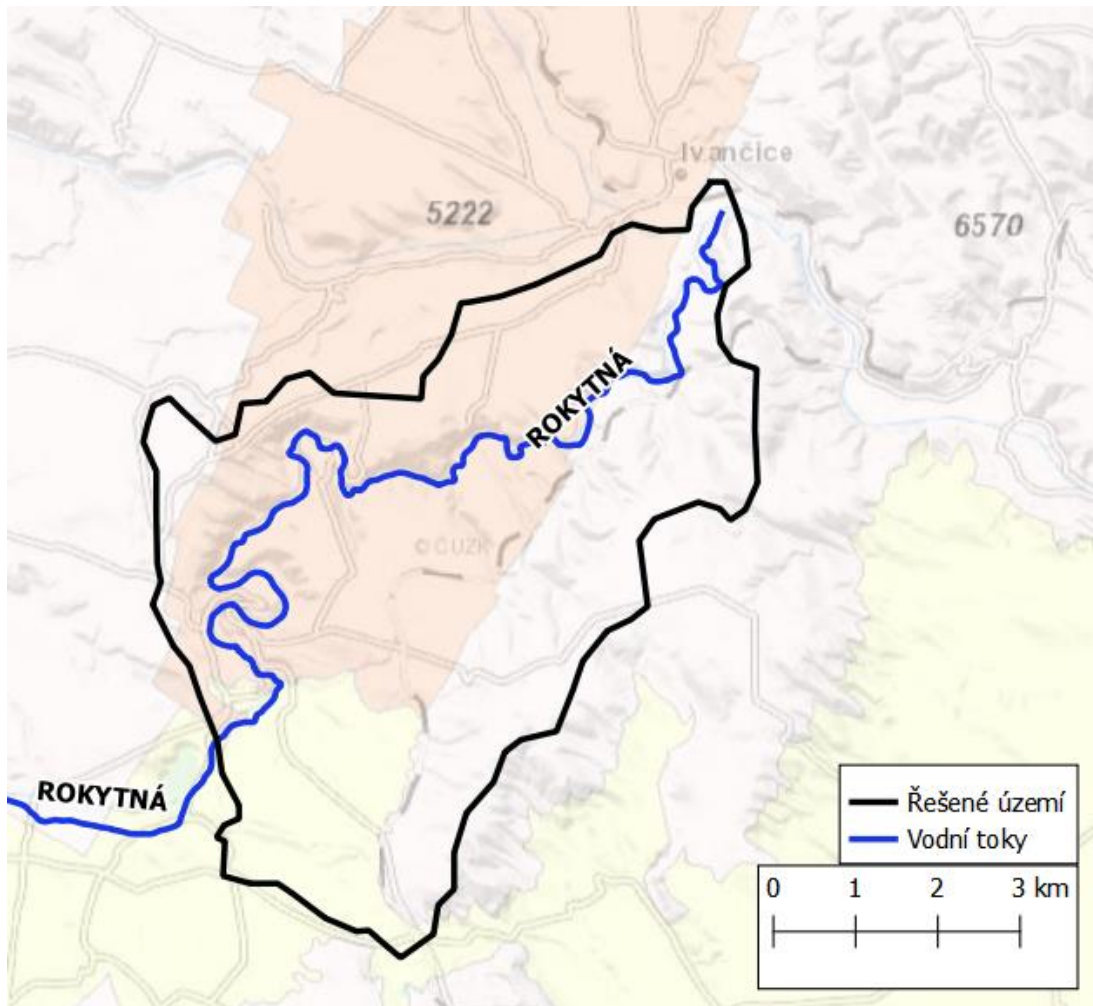
**Geologické poměry** – povodí řeky Rokytné lze z geologického hlediska zařadit do *Českého masivu*. Geologické poměry v řešeném území jsou znázorněny na *Obr. 51*. Trasa toku Rokytné je kopírována *nivními sedimenty*, východní část řešeného území je tvořena *hlubinnými magmatity* především biotickými až amfibol biotickými *granodiority* a z části také *biotickým granitem až granodioritem*. Naopak území, kde převažuje pahorkatina je tvořena slepenci a brekciemi, spíše rovinatá část je tvořena převážně sprašemi a sprašovou hlínou. Střední část území je tvořena především *deluvioeolickým sedimentem*. Zatímco povodí Rokytné je tvořeno horninami vznikajícími již na pomezí starohor a prvohor, tak např. povodí největšího přítoku Rokytky vznikalo v kenozoiku, tedy v nejmladší geologické éře. [34]



*Obr. 51: Geologické poměry v řešeném území [34]*

**Hydrogeologické poměry** – bilančními jednotkami pro hodnocení množství a jakosti podzemních vod jsou hydrogeologické rajony. V řešeném území se nacházejí tři hydrogeologické rajony. Jak je možné vidět na *Obr. 52*, největší podíl má *Boskovická brázda – jižní část* (oranžově), která prochází v západní části zájmové oblasti a tvoří pás od Moravského Krumlova, přes Ivančice a Rosice až k Tišnovu.

Tento hydrogeologický rajon je tvořený permokarbonskými sedimenty, které jsou málo vydatné na vodní zdroje s nepříliš kvalitní podzemní vodou. V jižní části území pod Moravským Krumlovem má svůj podíl hydrogeologický rajon *Dyjsko-svratecký úval* tvořený terciárními a křídovými sedimenty. Posledním zastoupeným rajonem je *Krystalinikum brněnské jednotky*, které je tvořeno horninami krystalinika, prote-rozoika a paleozoika.



*Obr. 52: Hydrogeologické poměry v řešeném území [34]*

**Vrtná prozkoumanost** – v ČR existuje celkem rozsáhlá pozorovací síť stavu podzemních vod. Přehled vrtů v řešeném území je na *Obr. 53*, konkrétně se jedná o vrty České geologické služby. Ještě rozsáhlejší síť vrtů má ČHMÚ, který z nich za úplatu poskytuje aktuální data. Dále existuje několik vrtů, které jsou ve vlastnictví jiných subjektů. Jednotlivé vrty na mapě jsou rozlišeny barevně dle hloubky viz legenda.

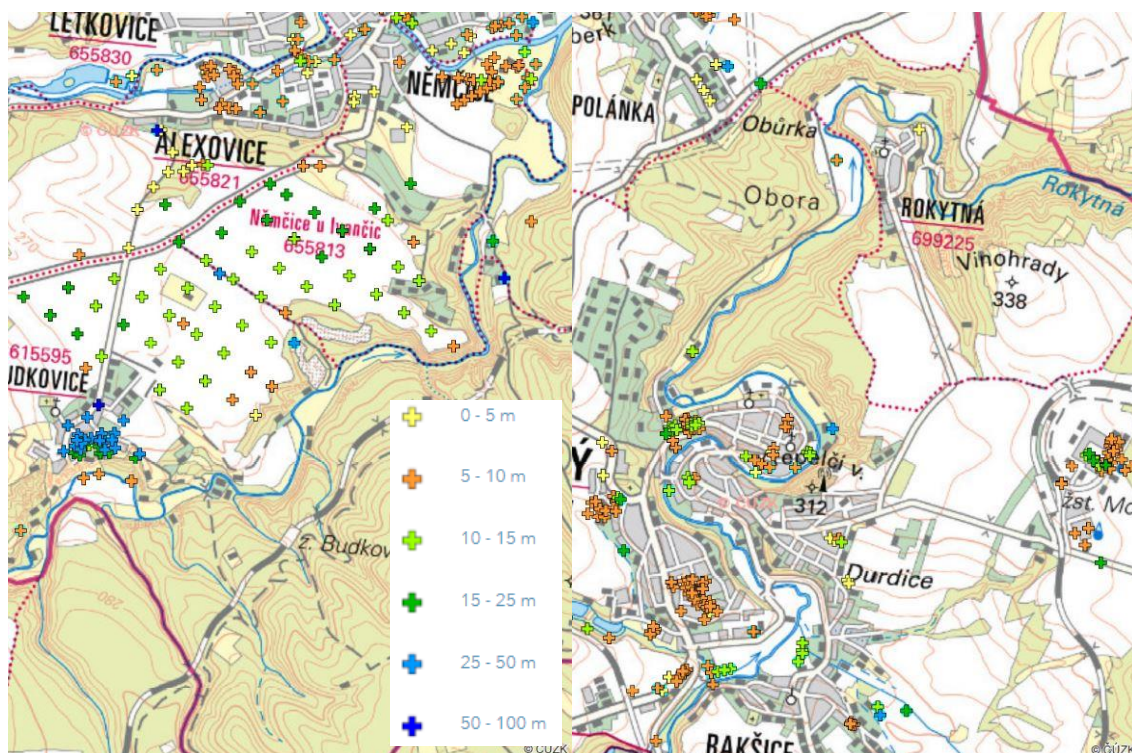
Prostřednictvím vrtů mohou obce mj. zjistit stav hladiny podzemní vody a lokality kde dochází k jejímu kolísání. Pro obec je tak snazší vytipovat lokality, na které je třeba se zaměřit při realizaci potřebných opatření.

Pro účely této práce byla od ČGS poskytnuta data z několika vrtů, s hydrogeologickými daty, nacházejících se v povodí řeky Rokytné. Některé z vrtů však nemají aktualizované údaje a nevykazují žádný rozdíl hladin. Proto hodnoty z nich nelze považovat za relevantní. Ze získaných dat byl udělán výtah, který je v přehledné *Tabulce 17*. Originály poskytnutých dat jsou přiloženy v **Přílohové části**. Z dat v tabulce je důležitá především hodnota rozdílu hladin, která poukazuje na změnu stavu podzemní vody. Ve třech případech se jedná o snížení hladiny, vždy v k. ú. Moravský Krumlov, kde je dlouhodobě zaznamenáván pokles. Na tuto skutečnost reaguji i v *kapitole 6.3.* návrhem možných opatření.

Vzhledem k neaktuálnosti dat z některých vrtů je zřejmé, že jistější variantou monitoringu je např. sledování hladin ve studních, kde je změna na první pohled viditelná.

**Tabulka 17: Data z vrtů poskytnutá od ČGS**

Poř. č.	Ozn.	Lokalizace		Údaje o vrtu	Výška terénu [m]	Výška ustálené hladiny [m]		
		ř. km	obec			původní	aktuální	rozdíl
1	HV-227	1,8	Ivančice	monitorovací vrt, hloubka vrtu – 7 m, rok pořízení – 1990	206,8	204,97	204,97	+0,00
2	HV-1	3,3	Budkovice	odběrný vrt, hloubka vrtu – 40,5 m, rok pořízení 1989	247,00	242,20	242,20	+0,00
3	HV-105	10,3	Moravský Krumlov	odběrný vrt, hloubka vrtu – 8 m, rok pořízení 1968	226,40	224,50	223,60	-0,90
4	V-2	17,1	Moravský Krumlov	odběrný vrt, hloubka vrtu – 11,4 m, rok pořízení 1961	264,82	264,42	264,12	-0,30
5	V-2	17,5	Moravský Krumlov	průzkumný vrt, hloubka vrtu – 7 m, rok pořízení 2016	254,00	251,20	250,5	-0,70
6	HV-1	39,7	Tavíkovice	jádrový vrt, hloubka vrtu – 5 m, rok pořízení – 1970	321,10	319,53	319,53	+0,00
7	3152/53	69	Jaroměřice nad Rokytnou	odběrný vrt, hloubka vrtu – 26 m, rok pořízení 2017	423,4	415,4	415,4	+0,00



Obr. 53: Vrtná prozkoumanost v řešeném území [34]

**Pedologické poměry** – půda je důležitou přírodní složkou podílející se na hydrologických poměrech v krajině. V České republice je objem vody zadržovaný a protékající půdou dominantní součástí hydrologického cyklu. Hlavní hydrologickou charakteristikou půdy je retenční kapacita. Každý půdní typ je typický svou maximální retenční kapacitou, která určuje maximální množství vody, které je půda schopna dlouhodobě zadržet. [35]

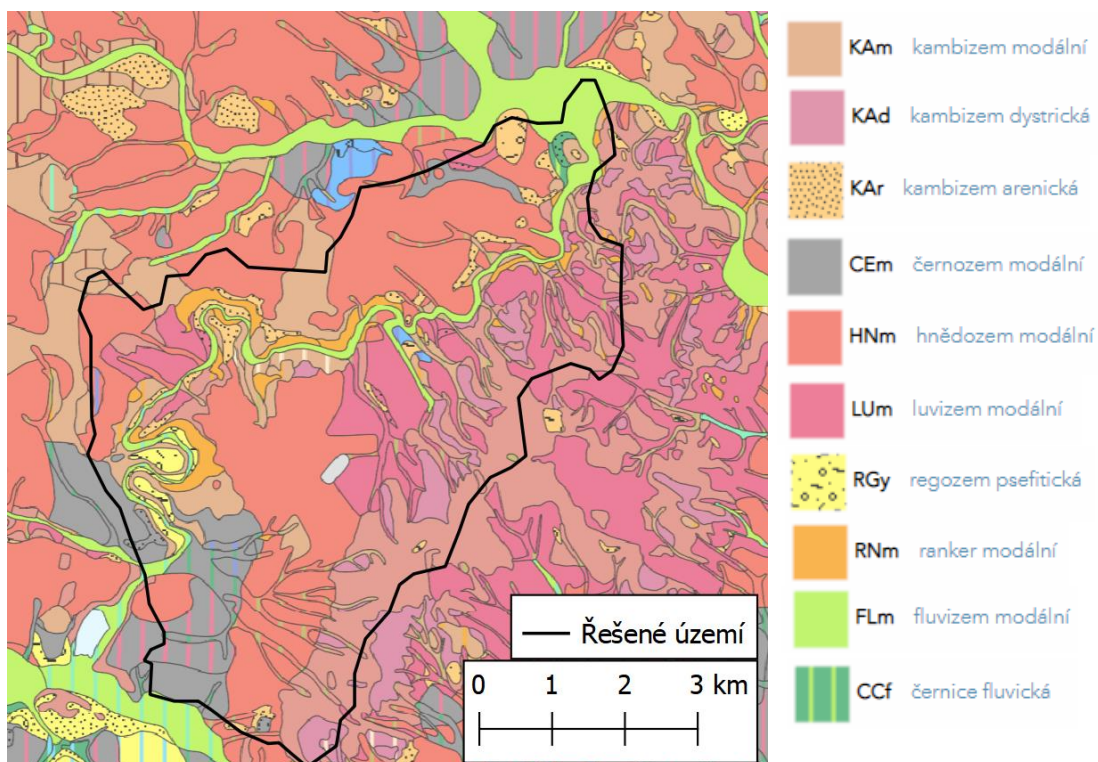
V řešeném území převažuje *hnědozem modální* (HNm) doplněná *kambizemí modální* (KAm). V jihozápadní části, na jih od Moravského Krumlova, jsou zastoupeny také černozemě. Trasu řeky Rokytné kopíruje půdní typ *fluvizem modální* (FLm) a částečně i *ranker modální* (RNm). Přehled všech půdních typů, které se zde nacházejí, je možné vidět na Obr. 54. Následují charakteristiky zastoupených půdních typů: [36]

**HNm – Hnědozem modální** – jedná se o půdní typ vzniklý ilimerizací, je typický pro rovinnaté nebo mírně zvlněné oblasti, v řešeném území se vyskytuje především v částech mimo velké sklony v místech polí a luk. Jejich základem jsou spraše, prachovice, polygenetické hlíny.

**KAm – Kambizem modální** – kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem na území ČR. Vznikají ze souvrství přemístěných pevných hornin a jiných středně těžkých a lehčích středních substrátů. Nacházejí se na svazích, nejčastěji v listnatých lesích a jsou náchylné na vymývání.

**FLm – Fluvizem modální** – jde o nivní půdy nacházející se v nivách vodních toků, takže i v řešeném území v podstatě kopírují trasu Rokytné. Složeny jsou ze středně těžkých substrátů a jejich zrnitost závisí na rychlosti vodního toku a vzdálenosti od jeho řečiště. Jejich přirozenou vegetací jsou lužní lesy.

**CEm – Černozem modální** – černozemě jsou nejúrodnějším půdním typem složeným hlavně ze spraší. Objevuje se v nížinách v oblastech s teplejším podnebím a nižšími úhrny srážek. V řešeném území ji najdeme hlavně jižně od Moravského Krumlova, kde jsou rozsáhlé zemědělsky využívané plochy.



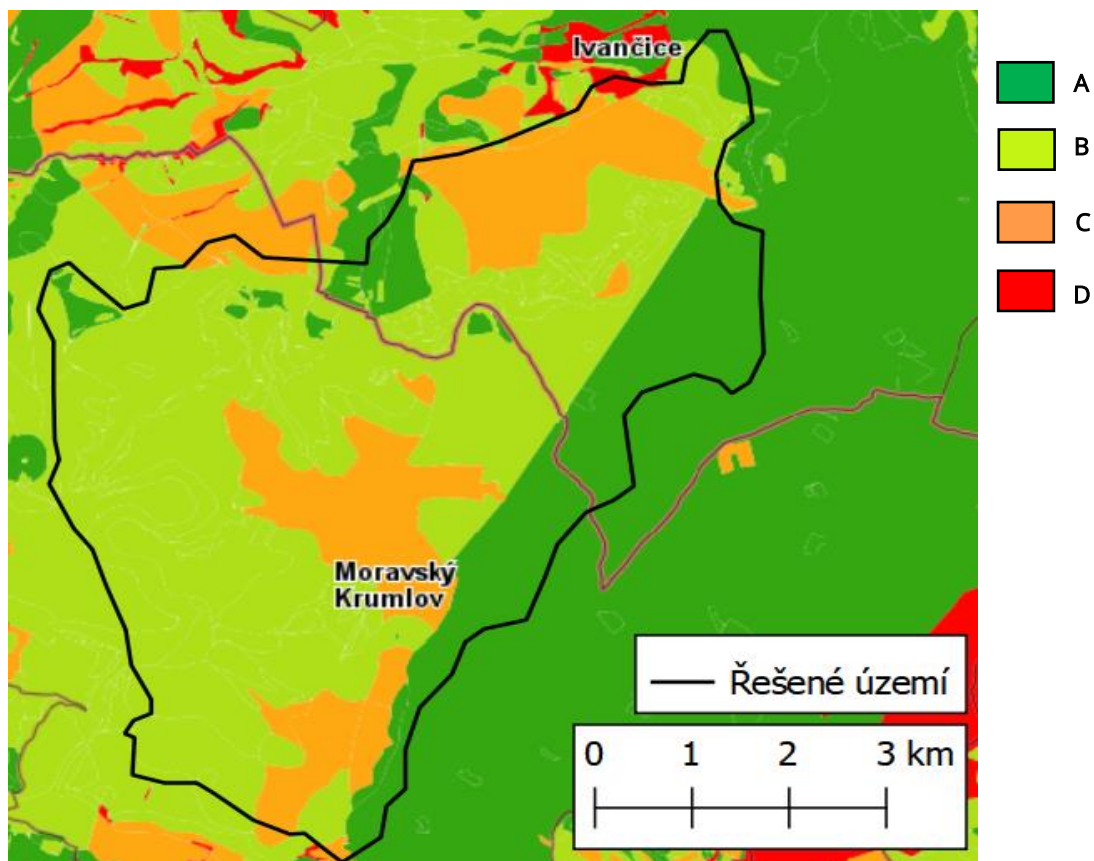
*Obr. 54: Pedologické poměry v řešeném území [34]*

V porovnání například s povodím největšího přítoku Rokytné, tedy Rokytkou, můžeme nalézt mírné rozdíly. Například v povodí Rokytky mají své zastoupení pseudogleje, což jsou dlouhodobě zamokřené půdy, které jsou v oblastech, kde pravidelně dochází k zamokřování a vysušování. Tento půdní typ v povodí Rokytné téměř chybí.

- **Hydrologické skupiny půd** – pedologické poměry výrazně ovlivňuje infiltrační schopnost půdy. Dle minimální rychlosti infiltrace půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení, se půdy dělí do čtyř skupin. Jednotlivé charakteristiky vlastností hydrologických skupin jsou uvedeny v *Tabulce 18*. Jak je možné vidět z *Obr. 55*, na řešeném území jsou zastoupeny všechny hydrologické skupiny, tzn. A–D, avšak každá s výrazně jiným podílem. Nejvíce je v území zastoupena hydrologická skupina půd B, ta zahrnuje půdy se střední rychlostí infiltrace. Nejméně je pak zastoupena hydrologická skupina půd D, zahrnující půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace, která se vyskytuje pouze v severní části řešeného území zasahující do intravilánu města Ivančice.

**Tabulka 18: Hydrologické skupiny půd [37]**

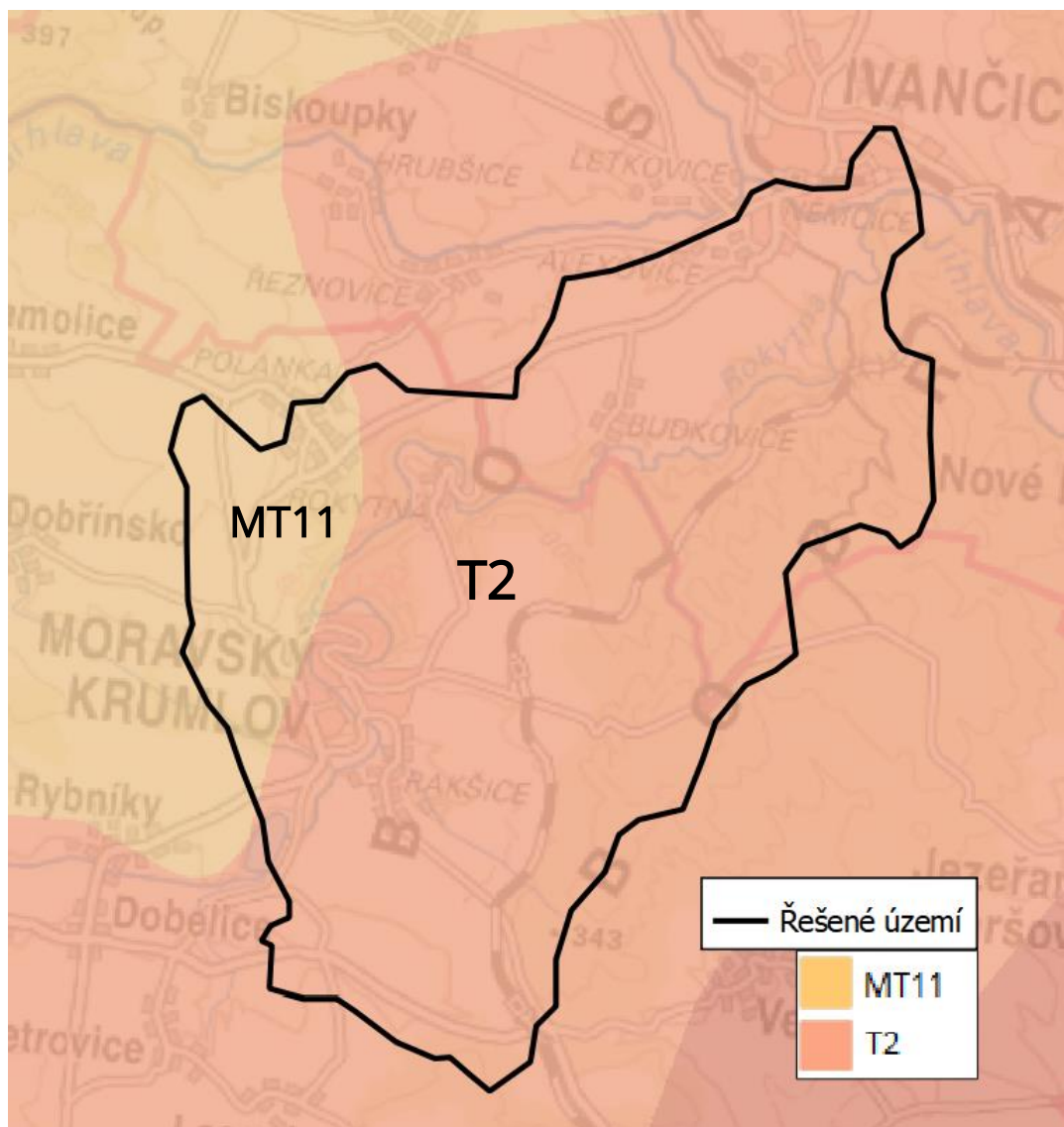
Skupina	Charakteristika hydrologických vlastností
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$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



*Obr. 55: Hydrologické skupiny půd v řešeném území [37]*

**Klimatické poměry** – podle Quittovy klimatické klasifikace (za období let 1961–2000) spadá menší část na západě řešeného území do mírně teplé klimatické oblasti MT11. Zbýlá větší část území spadá do teplé klimatické oblasti T2, viz *Obr. 56*. Obě klimatické oblasti jsou typické dlouhým, teplým a suchým létem a krátkou, teplou a velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Charakteristiku obou zastoupených klimatických oblastí najdete v *Tabulce 19*.

Z pohledu *srážek* patří řešené území dle dat ČHMÚ na základě průměrných ročních úhrnů za roky 1981–2010 k oblastem s ročním úhrnem v rozmezí 500–550 mm. To není velké množství, ale na rozdíl od suchých oblastí v Polabí nebo Podkrušnohoří je relativně dostačující (pokud by se podařilo efektivně nakládat se srážkovou vodou a udržovat ji v krajině). [22]



Obr. 56: Klimatické poměry v řešeném území [30]

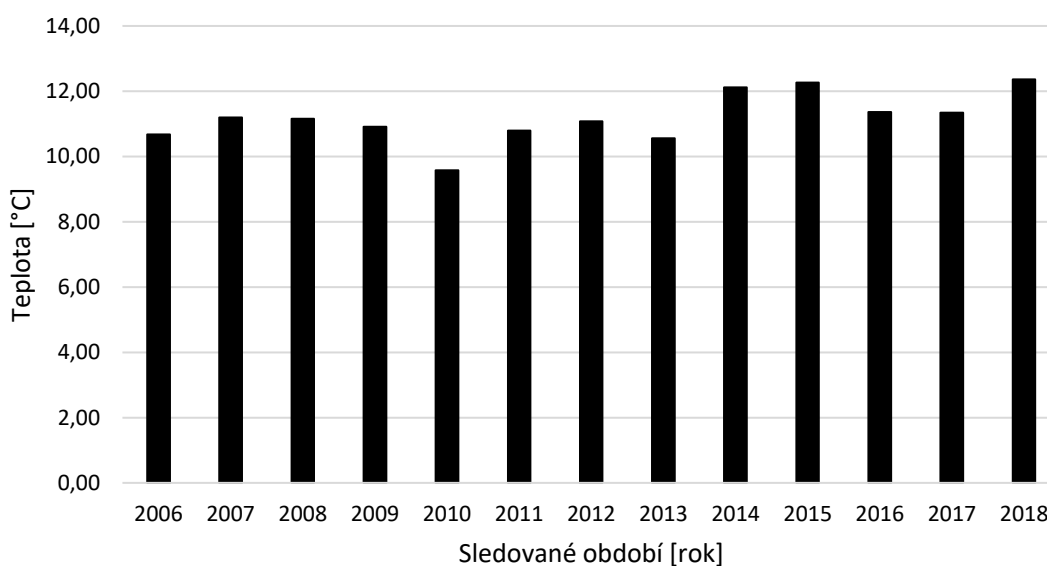
Tabulka 19: Charakteristika klimatických oblastí MT11 a T2 dle Quitta (1971) [38]

Charakteristika	MT11	T2
Počet letních dnů	40–50	50–60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140–160	160–170
Počet mrazových dnů	110–130	100–110
Počet ledových dnů	30–40	30–40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2–(-3)	-2–(-3)
Průměrná teplota v červenci [°C]	17–18	18–19



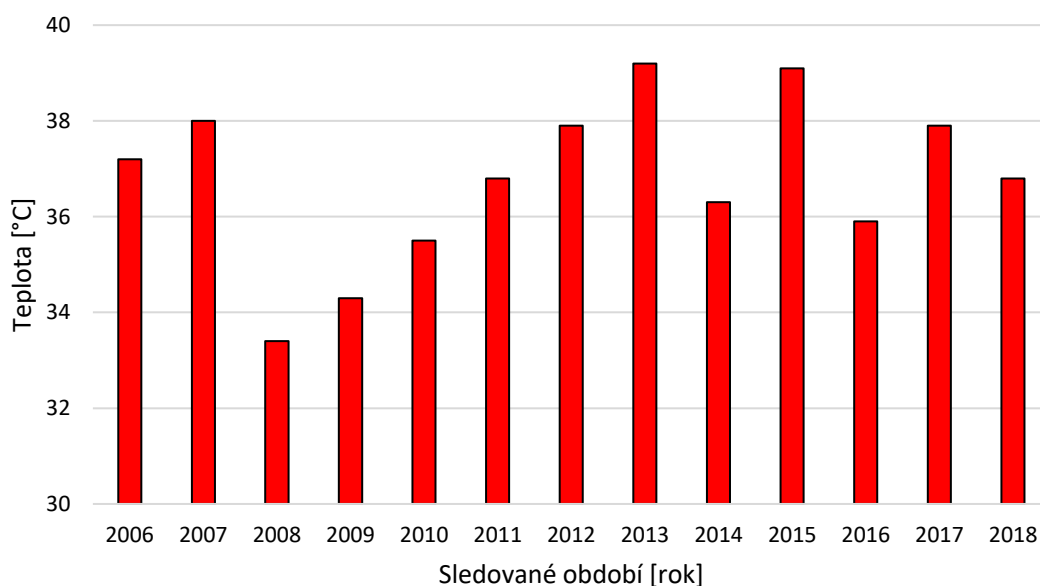
Průměrná teplota v dubnu [°C]	7–8	8–9
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7–8	7–9
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90–100	90–100
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	350–400	350–400
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	200–250	200–300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50–60	40–50
Počet zamračených dnů	120–150	120–140
Počet jasných dnů	40–50	40–50

Zájmové území patří do teplé oblasti, kde průměrné roční teploty dosahují vyšších hodnot v porovnání se zbytkem ČR. Následující *Grafy 4–6* byly zpracovány na základě dat naměřených na hlásném profilu v Moravském Krumlově a porovnávají teploty za posledních 13 let. Data byla poskytnuta pro účely této práce od státního podniku Povodí Moravy. Konkrétně *Graf 4* porovnává průměrné roční teploty a nejvíce vypovídá o přítomnosti klimatické změny. Je z něj zřejmé, že dochází k mírnému nárůstu průměrných ročních teplot v průběhu posledních let, navíc bylo v roce 2018 dosaženo maxima.

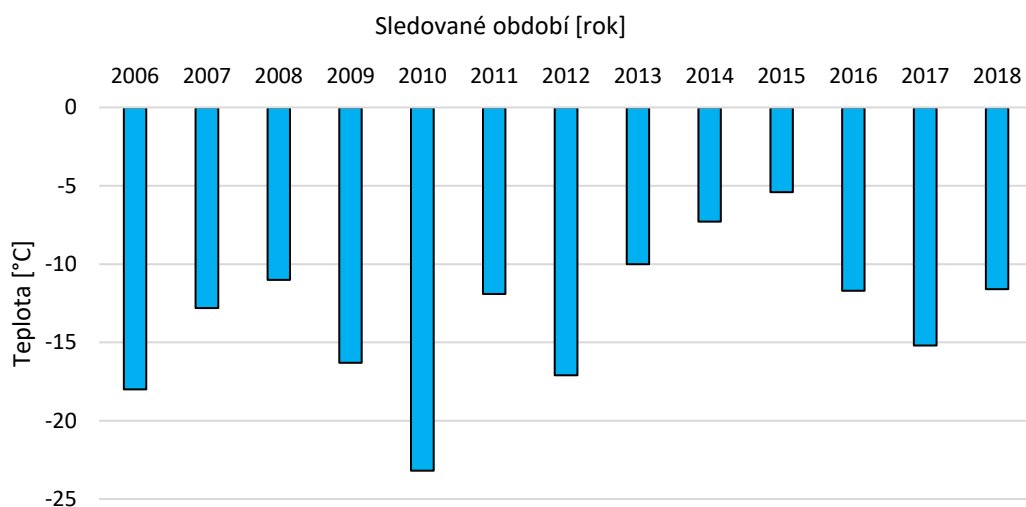


**Graf 4: Průměrná roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov**

Grafy 5 a 6 ukazují srovnání maximálních a minimálních teplot naměřených v jednotlivých letech na hlásném profilu v Moravském Krumlově. Tyto grafy nejsou tak směrodatné v souvislosti s klimatickou změnou. Přesto je na nich viditelné, že se v posledních letech častěji opakují léta s maximálními teplotami, které se blíží nebo přesahují 38 °C a ubývá zimních období, kdy je dosaženo extrémně nízkých teplot jako v letech 2010 nebo 2012.



**Graf 5: Maximální roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov**

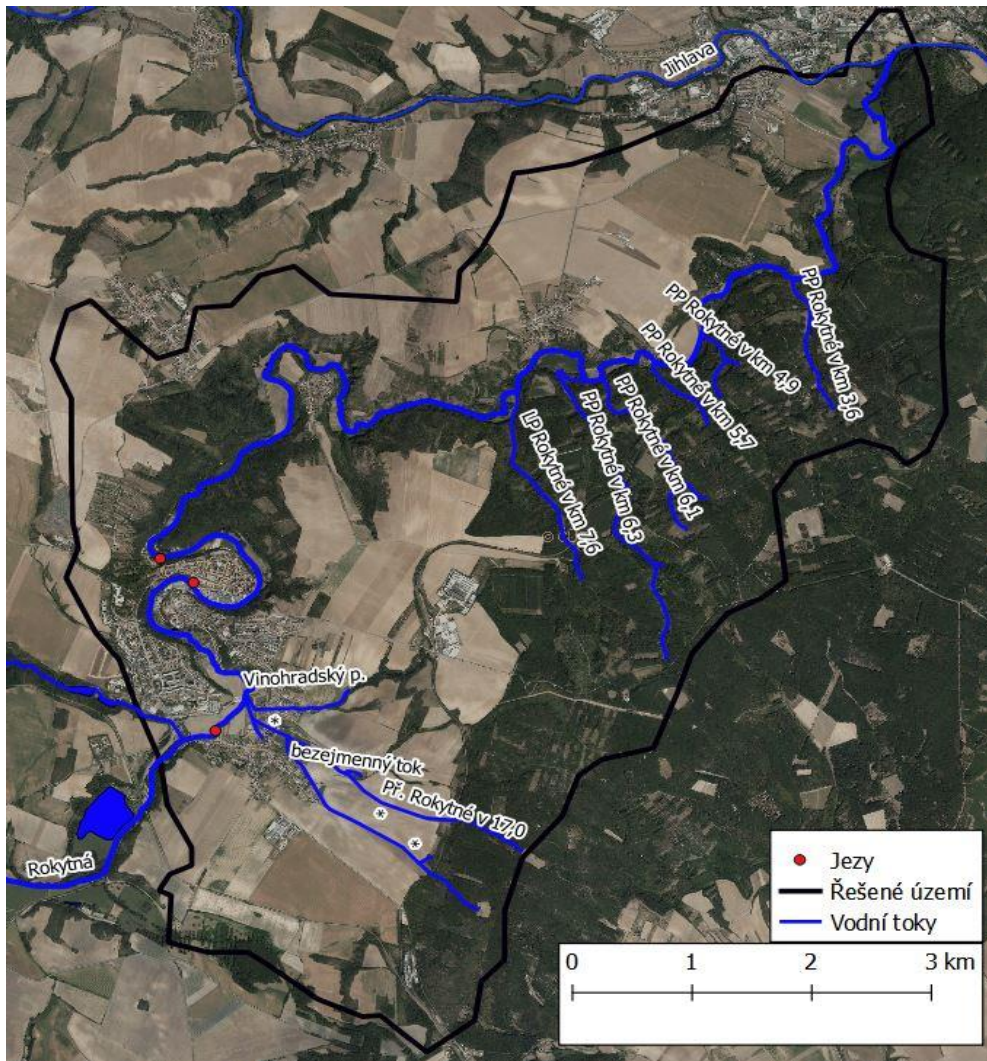


**Graf 6: Minimální roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov**

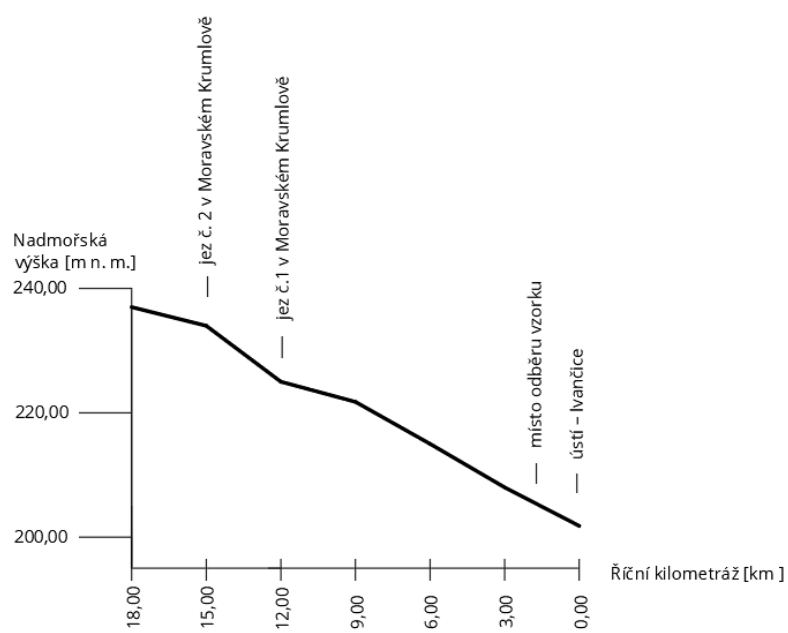
**Hydrologické poměry** – z hydrologického hlediska spadá povodí řeky Rokytné do dílčího povodí Dyje a k úmoří Černého moře. Výpis všech vodotečí v řešeném území je v *Tabulce 20*. Až na jednu výjimku, Dobřínský potok ústící do Rokytné zleva těsně před Moravským Krumlovem, jde o pravostranné přítoky. Převážně se jedná o drobné toky pramenící v lesích, které pokrývají strmé svahy zahloubeného údolí vytvořeného Rokytnou. Poslední vodoteč ústí do Rokytné 3,6 km před jejím ústím do Jihlavy. Nacházejí se zde také tři jezy, které vzdouvají hladinu Rokytné. Všechny tři se nacházejí v intravilánu Moravského Krumlova. V jednom případě je jez umístěn u malé vodní elektrárny. V řešeném území se nachází pouze jedna větší vodní nádrž, ta byla zmíněna již v *kapitole 2.3*. Mimo zájmové území, jižně od Moravského Krumlova, se pak nachází bočně umístěný rybník Týnský, který je s Rokytnou propojen náhonem a může ovlivnit odtokové poměry v území. Přehledná mapa všech vodních toků a děl je na *Obr. 57*.

**Tabulka 20: Seznam vodotečí v řešeném území**

Název toku	IDVT	Správce
Rokytná	10100032	Povodí Moravy, s. p.
Dobřínský potok	10203124	Povodí Moravy, s. p.
PP Rokytné v km 7,6	10192225	Lesy ČR, s. p.
PP Rokytné v km 6,3	10187214	Lesy ČR, s. p.
PP Rokytné v km 6,1	10193294	Lesy ČR, s. p.
PP Rokytné v km 5,7	10201545	Lesy ČR, s. p.
PP Rokytné v km 4,9	10188853	Lesy ČR, s. p.
PP Rokytné v km 3,6	10188967	Lesy ČR, s. p.
Vinohradský potok	10198907	Povodí Moravy, s. p.
Př. Rokytné v km 17,0	10193086	Povodí Moravy, s. p.



Obr. 57: Přehled vodních toků v řešeném území

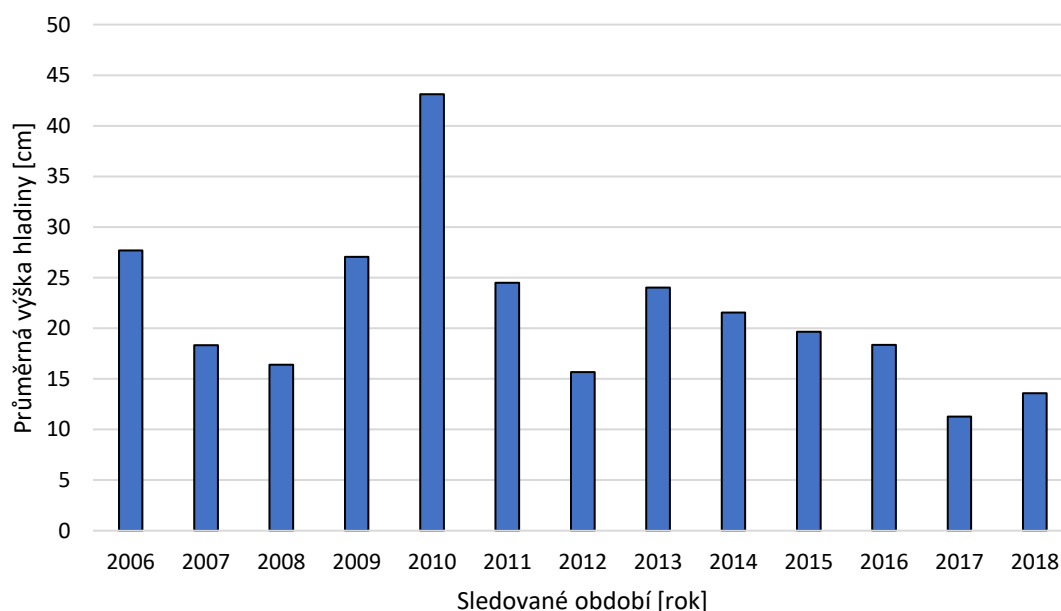


Obr. 58: Podélný profil Rokytné v řešeném území (1:500/50)

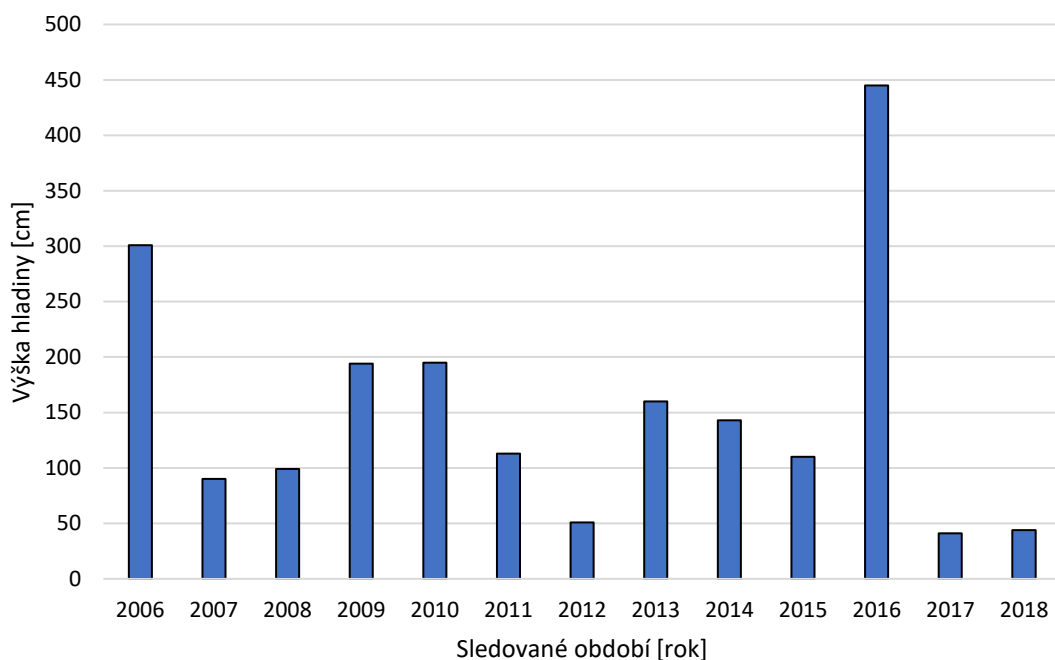
Na *Obr. 58* je vyobrazen zmenšený podélný profil Rokytné pouze v řešeném území, kde dosahuje průměrného podélného sklonu 2 ‰. Průběh dna koryta je téměř lineární, odlišuje se pouze úsek mezi dvěma vodními díly – jezy v Moravském Krumlově.

Hydrologická data jsou v řešeném území získávána prostřednictvím již dříve zmíněné hladinoměrné stanice ve správě ČHMÚ umístěné v severní části Moravského Krumlova. Pro účely této práce byly Povodím Moravy, s. p. poskytnuta data z tohoto hlásného profilu. Získaná data byla zpracována v následujících *Grafech 7-10*, které porovnávají vývoj sledovaných veličin v posledních 13 letech.

Sucho, které je v povodí Rokytné na vzestupu, se projevuje každým rokem výrazněji, například i snižováním roční průměrné výšky hladiny toku. Tento trend je vidět z *Grafu 7*. Minima bylo dosaženo v roce 2017, kdy byl stav sucha doposud nejvýraznější a koryto Rokytné bylo v pozdním létě v některých úsecích naprosto vyschlé (nebylo dosaženo ani průtoku  $Q_{364}$ ). Roční maximální výška hladiny z *Grafu 8* je naopak spojena s posledními povodněmi, které nastaly v roce 2016 a hladina Rokytné v Moravském Krumlově dosahovala téměř 450 cm.

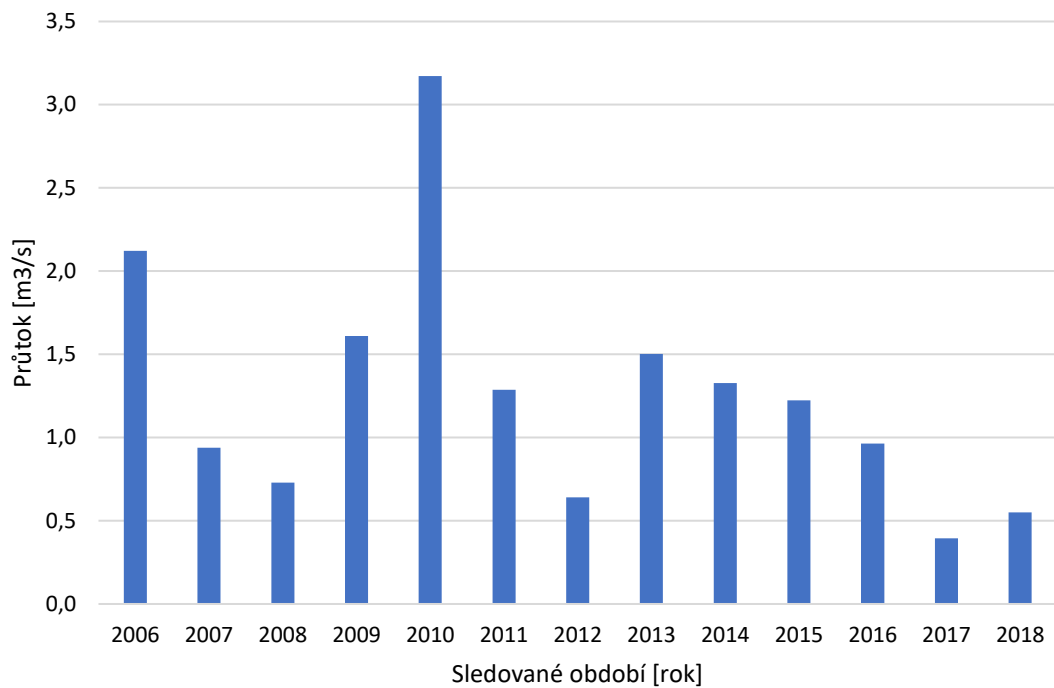


**Graf 7: Roční průměrná výška hladiny Rokytné, HP v Moravském Krumlově**

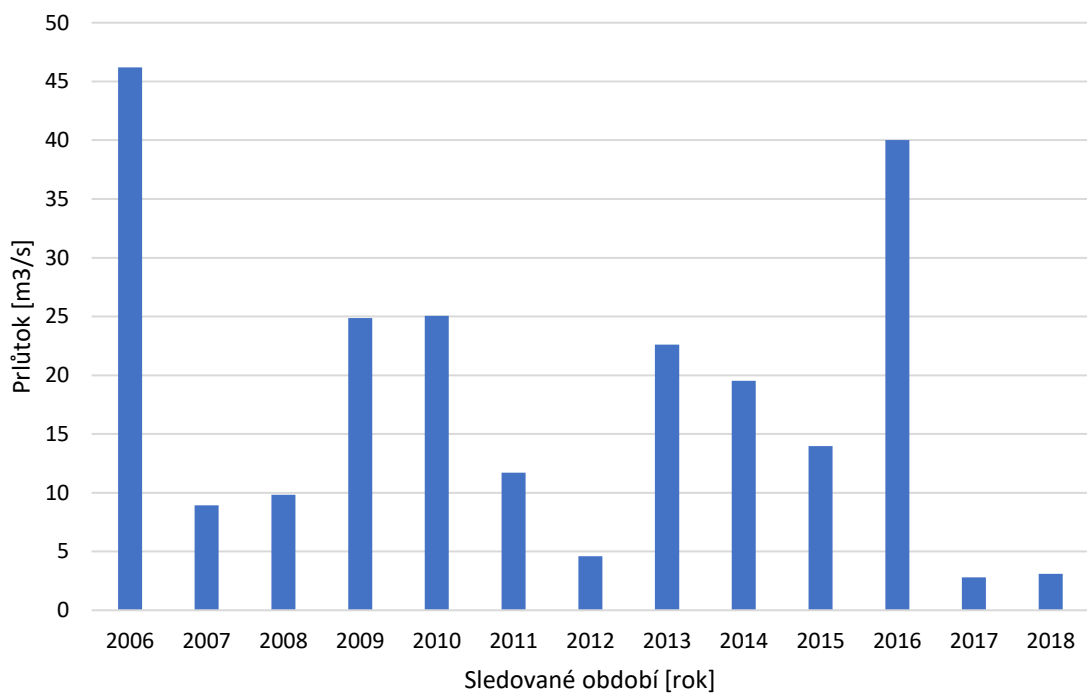


***Graf 8: Roční maximální výška hladiny Rokytné, HP Moravský Krumlov***

Další charakteristikou sledovanou na hlásném profilu v Moravském Krumlově je průtok. Jelikož výška hladiny a průtok spolu souvisejí, tak i v tomto případě jsou zaznamenány projevy sucha. Průměrný roční průtok dle *Grafu 9* v průběhu posledních let klesá a opět se výrazně projeví roky, kdy byla celá ČR suchem nejvíce zasažena, tedy roky 2008, 2012 a naposledy 2017. Ještě výrazněji vynikly „suché“ roky v *Grafu 10*, který porovnává roční maximální průtok (nejčastěji spojený s jarním obdobím). Toto porovnání ukazuje, že v letech, kdy bylo povodí Rokytné zasaženo stavem sucha, dosáhl průtok v období jarního tání maximálně  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . V posledních dvou letech však nedosáhl ani na polovinu. Opět výrazně vystupují roky, během nichž byla Rokytná zasažena povodněmi.



*Graf 9: Průměrný roční průtok měřený na HP Moravský Krumlov*



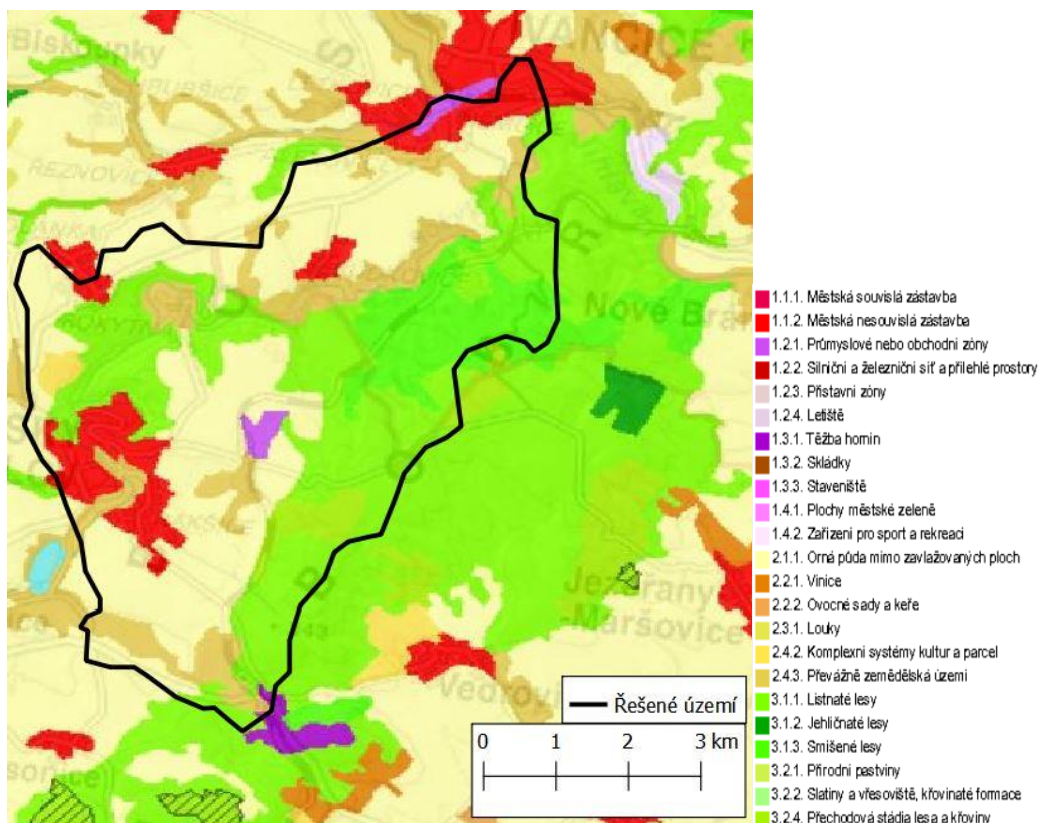
*Graf 10: Maximální roční průtok měřený na HP Moravský Krumlov*

Z hlediska hydrologických poměrů je jistě vhodné zmínit i povodňovou problematiku v řešeném území. Především zdroje povodňového ohrožení a již realizovaná protipovodňová opatření, která mohou přispívat pozitivně i v boji se suchem. Souhrnu informací týkajících se povodní je věnována druhá kapitola v **Přílohové části** této práce.

**Land cover** – jinak označovaný jako krajinný pokryv popisuje, co se fyzicky nachází na povrchu Země. Často je zaměňován s pojmem Land use, který však popisuje konkrétní využití daného území. Proč ho řešit v souvislosti se suchem? Krajinný pokryv může výrazně rozhodovat o tom, kam a kolik vody odteče, případně kolik jí je zadrženo. Land cover tedy ovlivňuje také množství infiltrované vody a podíl evapotranspirace v krajině. Velký rozdíl je mezi zalesněnou plochou a nepropustnými plochami v urbanizovaném prostředí, z hlediska poměru infiltrované vody a vody, která povrchově odteče. V lesích je v ideálním případě podíl infiltrace vody do půdy spolu s evapotranspirací až 90 %, jen malá část vody povrchově odtéká.

Naopak na plochách se souvislou zástavbou, je výrazný povrchový odtok a jen malá část vody se vsákne. Proto je důležité se zaměřit i na tyto plochy a využít řešení, díky kterým bude možné zasakovat vodu ihned po jejím dopadu na povrch a také navýšit podíl výparu. Přínosem jsou dotační programy MZe a MŽP – např. Dešťovka, OPŽP atd. V řešeném území kolem řeky Rokytne převažují smíšené a listnaté lesy, zejména ve východní části území. Naopak západní část je pokryta především ornou půdou a konkrétně v nivě Rokytne se nachází zemědělská území. Dá se říct, že podíl mezi územím přirozeným (lesy, louky) a tím, kde je krajinný pokryv upravený člověkem je zde cca 1:1. Přehledný krajinný pokryv v řešeném území je vidět na *Obr. 59*.





*Obr. 59: Land Cover v řešeném území [31]*

### 5.3 Shrnutí

V této části práce byla provedena analýza zájmového území vymezeného v zadání práce. Cílem bylo nalézt skutečnosti, které mohou zájmové území předurčovat k nižší odolnosti vůči dopadům sucha, nalézt místa vhodná pro monitoring sucha a pro realizaci opatření pro snížení účinků sucha. Vzhledem k erozivní, odvodňovací a splaveninové činnosti drobných vodních toků stékajících z lesů na svazích kolem Rokytné, bude vhodné řešit zadržování vody a materiálu na těchto tocích. S přihlédnutím k charakteru terénu, který je v okolí Rokytné svažité, bude nezbytné řešit také problémy spojené se sesuvnou činností. Jelikož je Rokytná v tomto území především v letních měsících typická každoročně nižšími průtoky, bude vhodné do území začlenit technické prvky, které příliš nenaruší přirozené funkce krajiny, ale spíše napomohou k zadržení vody v krajině a přispějí k její udržitelnosti. Důležité bude tato opatření vhodně doplnit vegetací tak, aby byla její druhová skladba do budoucna odolnější vůči vyšší teplotě či suchu a zároveň přirozená pro toto území.

## 6 APLIKACE POZNATKŮ V PRAXI

Tématu vody a jejího nedostatku, ať už v krajině nebo v urbanizovaném prostředí, se v poslední době dostává stále větší pozornosti. Jak už bylo zmíněno, v posledních letech vznikají strategie boje se suchem nebo jsou inovovány ty stávající zaměřené komplexně na změnu klimatu. Postupně je a dále bude upravována také legislativa, týkající se nakládání s vodami, tedy především *Vodní zákon*. Z mého pohledu bude největším úkolem v následujících letech osvěta mezi subjekty hospodařícími v krajině, ale především mezi starosty a příslušnými odbory na úřadech. Ti rozhodují o široké škále opatření týkajících se správy města, a proto nemohou být na všechny problémy dostatečně prakticky připravení.

Z vlastní zkušenosti mohu říct, že někteří starostové obcí nevědí, jak rozeznat přítomnost a závažnost sucha v jejich obci, případně jak tento stav monitorovat. Někteří zatím nemají přehled o tom, jaké jsou možnosti řešení sucha nebo neumí správně vyhodnotit, která z pro ně známých opatření jsou vhodná pro území jejich obce. Několik starostů, s kterými jsem se setkal, ví o možnosti dotací na realizace spojené s retencí vody v obci i v krajině, ale pochopitelně se odkazují na problémy související s administrativou, která je s realizací nových záměrů spojená a také se odkazují na následnou finanční náročnost údržby některých z opatření. Podle některých názorů, není sucho mimo intravilán jimi řízených obcí primárně jejich záležitostí, ale především starostů subjektů, které v krajině hospodaří, tedy zemědělců a správců lesů, proto se snaží nechat řešení na nich. Přínosem v této oblasti bude plán pro zvládání sucha, jehož návrh struktury jsem připravil (viz **Přílohová část**). Tento dokument by neměl územní celky zatěžovat, ale pomáhat jim zvládat sucho a změnu klimatu. Současně by měl respektovat výskyt i opačných stavů, které jsou řešeny naopak v povodňových plánech.

Jedním z cílů této práce je přinést přehled opatření nebo kroků, které jsou využitelné obcemi, hospodařícími subjekty či jinými dotčenými orgány, pro případ hrozícího nebo již existujícího stavu sucha a nedostatku vody. Sucho je komplexním problémem, který nelze řešit pouze jedním typem opatření, ale vždy souborem těch, která jsou vhodná pro konkrétní oblasti.

Méně rozsáhlá opatření realizovaná jednotlivě nejsou a nemohou dosahovat takové efektivity, avšak mohou mít také pozitivní vliv a mohou přispět ke zlepšení situace, proto by se na ně nemělo zapomínat.

Kromě návrhu vhodných řešení je důležité posoudit vhodné varianty také z ekonomických hledisek, např. podle časového úseku mezi realizací opatření a stabilizací výsledku (funkčnost porostu, vodohospodářské začlenění nádrže a opatření, dopad na prevenci).

## 6.1 Řešení ve městech a obcích

Pro lidská sídla je přítomnost vody naprosto klíčová a je jedno zda se jedná o vodu v tocích, nádržích nebo studních. Důležitá je pro zajištění pitné vody, pro příjemné prostředí pro život, dobrý stav vegetace aj. V minulosti bylo prioritou odvést vodu z území obce co nejrychleji a snížit tím riziko povodní. To bylo spojeno s mnohdy nevhodnými zásahy do charakteru toků a jejich okolí (narovnání toků, opevnění koryt). Aktuálně je trendem tyto chyby napravit a poslední roky nás vzhledem k citelnější přítomnosti sucha nutí přemýšlet, jak vodu nejen bezpečně provést urbanizovaným územím, ale zároveň ji i v území zadržet.

**Hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu obce** – jeden ze zásadních kroků, který může obec podniknout sama na svém území ze svého rozhodnutí, je zlepšení hospodaření se srážkovou vodou. Je třeba se zaměřit na celkový přístup obyvatel k vodě. Proč je to důležité? V mnoha obcích je automaticky odváděna dešťová voda do kanalizace (často jednotné), potažmo do vodních toků. Tím urychlují její odtok z území a negativně ovlivňují hydrologickou bilanci, zároveň zbytečně navyšují průtoky ve vodotečích a ohrožují hladinu podzemní vody. Avšak v období, kdy je nedostatek vody ve studních, nedostatek vláhy pro růst vegetace a vodoteče protékající obcemi dosahují minimálních průtoků, jsou srážky vítaným zdrojem vody. V poslední době srážek neubývá, ale mění se jejich charakter a rozložení. Vzhledem k tomu, že mají větší intenzitu a rychle odtékají je vhodné co největší množství srážek zadržet pro budoucí využití, např. při delší periodě beze srážek.

*Jak mohou obce přispět ke změně?* Směr, kterým by se obce měly vydat, lze vyjádřit v několika bodech:

- **Informování a motivace občanů či místních organizací** – důležitým krokem je přesvědčit obyvatele obcí o tom, že když oni sami začnou lépe hospodařit s vodou ve své domácnosti, může to ve výsledku napomoci celé obci ke zlepšení prostředí pro život. Základem by měly být například pravidelné besedy ve školách a na úradech zaměřené na tematiku hospodaření s vodou a ochranou vodních zdrojů. V dnešní době je vynikající příležitostí také využití sociálních sítí pro osvětu mezi občany a propagaci souvisejících akcí. Občané mohou sami začít zasakovat dešťovou vodu přímo na svém pozemku nebo zachytávat do retenčních nádrží. Dále ji pak mohou používat např. k zalévání nebo si pořídit filtr srážkové vody a využívat ji i pro běžnou spotřebu v domácnosti (praní, splachování atd.). Využívání vody namísto jejího vypouštění může v závislosti na rozsahu provedených opatření přinést domácnostem např. úspory na vodném, zlepšení stavu vegetace a vyšší hladina podzemních vod v obci. O pozitivním přínosu takových opatření se obyvatelé mohou přesvědčit například díky navýšení stavu hladiny vody v jejich studních. Obce pak zaznamenají zvýšený stav podzemní vody v obecních studních nebo na základě dat z vrtů (vzor viz **Přílohová část**).

Důležité je také, aby obce šly příkladem svým občanům a potřebné kroky aplikovaly na úradech, školách nebo ve veřejném prostoru. V těchto budovách je často velká spotřeba vody a zároveň disponují rozsáhlou plochou, na které lze srážky zachytávat. Ve velkých budovách se dnes v cizině začínají využívat oddělené vodovodní systémy pro filtrovanou srážkovou vodu a vodu z vodovodu.

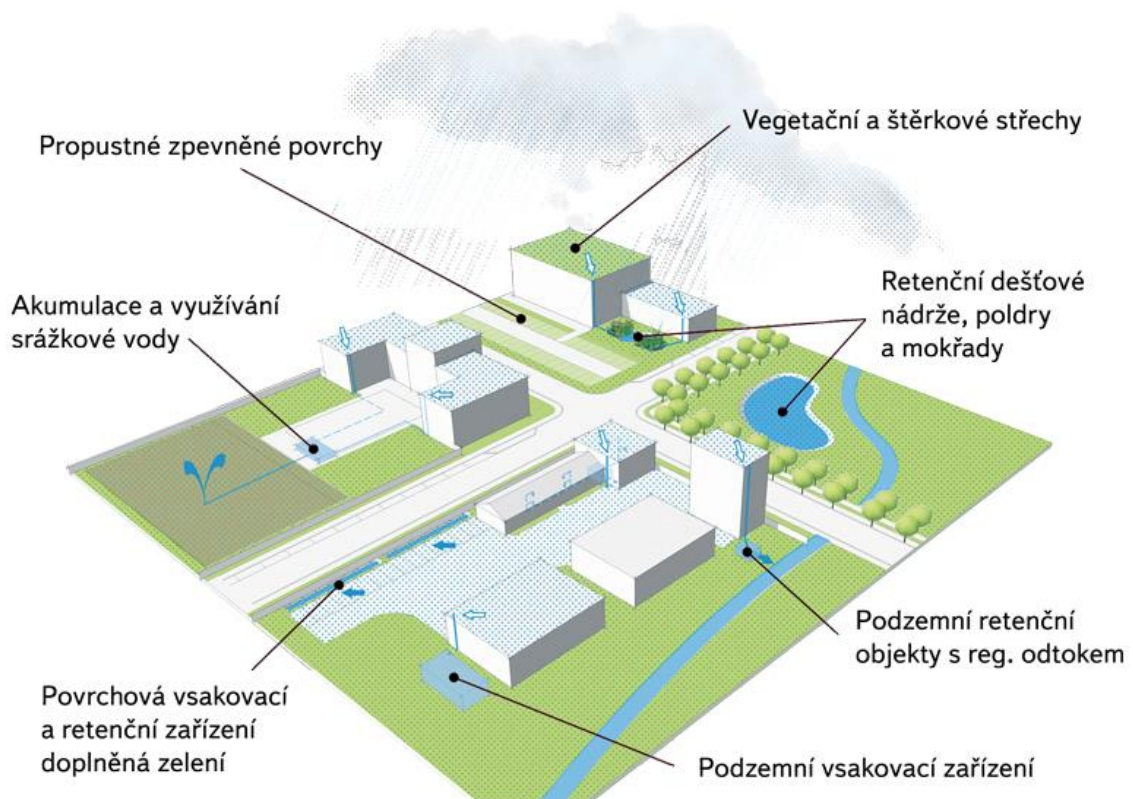
- **Vytvoření koncepce pro celé území obce** – je důležité zaměřit se komplexně na využívání dešťové vody, namísto jejího rychlého odvádění. Vhodné je s touto koncepcí počítat při tvorbě či aktualizacích územních plánů a jiných územně plánovacích dokumentací či strategických dokumentů.

V těchto dokumentech je potřeba vymezit plochy s přirozenou retencí vod a například předběžně stanovit u rozvojových ploch, jaký mají potenciál z hlediska nakládání s dešťovými vodami. Tak, aby investoři, stavebníci i sama obec věděli, jaké jsou na těchto plochách možnosti z hlediska vsakování, odvodu vody (typ stokové sítě) popř. zda se nachází v dané lokalitě kapacitní vodoteče atd. To samé by bylo vhodné provést u stávající zástavby, minimálně u budov ve vlastnictví obce nebo u škol.

Základem by mělo být zaměření se na hospodaření s vodou při realizaci nových záměrů na území obce, např. infrastruktury, vodních staveb nebo v případě provádění pozemkových úprav. V rámci těchto realizací je větší příležitost pro ovlivnění návrhu již v předinvestiční fázi. U stávajících staveb jsou již možnosti změn omezené. Při realizaci nových projektů je možné pokusit se o navýšení množství vodních plochy v katastru obce a zvýšení kapacity a udržitelnosti těch stávajících. Dále je možné zpomalení a usměrnění odtoku vody v obci (parkoviště, odvodnění komunikací atd.) i v krajině. Je důležité omezit na minimum plochy bez zeleně a nahradit je polopropustnými povrchy.

- **Tlak na dodržování zákonů a předpisů** – samozřejmostí by měla být osvěta a určitý tlak obcí občany a subjekty hospodařící na území obce, aby dodržovali příslušné zákony a předpisy, které již dnes v ČR jasně stanovují omezení a pravidla pro správné nakládání s dešťovou vodou na soukromých pozemcích. Dle *vyhlášky č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území* je jasně vymezeno, jak by mělo být na stavebním pozemku nakládáno se srážkovými vodami, pokud není plánováno jejich další využití. Např. dle *stavebního zákona* by mělo být minimálně 40 % plochy pozemku u stavby využitelné pro vsakování dešťové vody. Obce se svými nemovitostmi by samozřejmě měly jít příkladem.
- **Opatření** – může se zdát, že obce disponující pouze jednotnou stokovou soustavou jsou zpočátku mírně znevýhodněny, ale i s tím se dá dále pracovat. Na prvním místě by měla být snaha o odvedení maximálního množství vody z nepropustných ploch mimo jednotnou kanalizaci.

Tedy její zadržení, vsakování, nebo regulované odvádění do povrchových vod atd. Pokud není zbytků a musí být voda vypouštěna do kanalizace, je vhodné její odtok regulovat (zpomalovat). Dnes je snaha o odklon od centrálního systému odvádění dešťových vod (kdy jsou srážky odváděny dešťovou, případně jednotnou kanalizací do recipientů), k využívání tzv. decentralizovaného systému viz. *Obr. 60*. Systém se snaží řešit hospodaření se srážkovou vodou vždy v místě, kam dopadne a na náklady majitele pozemku kde byla zachycena. Řešení lze nalézt také v technických opatřeních jako např. vsakovací průlehy, retenční nádrže atd. Ty jsou však spojeny s vyššími investicemi z rozpočtu obcí a také je větší pravděpodobnost, že bude nutné je realizovat mimo obecní pozemky a bude potřebný konsenzus s daným vlastníkem.



*Obr. 60: Příklad decentralizovaného hospodaření s dešťovou vodou [39]*

*Jaké prostředky mohou k těmto činnostem obce využít?* V jedné z následujících kapitol je stručný přehled vybraných dotačních programů a některých aktuálních dotačních titulů. Ty jsou však vypsány jen na omezené období a je nutné jejich nabídku sledovat, protože jsou každý rok vypisovány nové dotační výzvy. Problémem je však nastavení dotačních programů, na které často obtížně dosahují malé obce, neziskové organizace nebo malí zemědělci, kterých se stav krajiny a jejich životního prostředí týká nejvíce.

**Péče o travnaté plochy** – ač se to může zdát jako marginální řešení, tak i problematika péče o travnaté plochy (v krajině i v zástavbě) může přispět k zadržení vody, lepší kondici vegetace a k prevenci vůči rychlému vysychání půdy. Dalo by říct, že v tomto případě méně je více, jelikož časté zkracování trávy má nežádoucí efekt v souvislosti s vyšším výparem vody a vysycháním půdy. Z hlediska estetiky se jistě jedná o zajímavější variantu, tedy do chvíle, než se z trávníku stane spálené strniště. Zatravněné plochy zkrácené na minimální délku, jsou velmi náchylné k vysychání a stávají se z hlediska vsakování či zadržování vody téměř nepropustnými. Na druhé straně vyšší trávník je odolnější vůči vlivům sucha a snáze udržuje svůj vodní režim. Je vhodné pečlivě zvážit výběr zkracovaných ploch a způsob péče o jednotlivé travnaté plochy v obci i mimo ni. Obce by se měly vyvarovat zbytečného sečení (více než dvakrát ročně) na plochách, které sečení nevyžadují v závislosti na jejich konkrétním využití.

**Snížení spotřeby vody v obcích a využití šedé vody** – pokud chceme aktivně bojovat se suchem a nedostatkem vody, musíme začít od těch nejzákladnějších kroků. Tím je např. snížení spotřeby vody v budovách (domácnostech, veřejných institucích), na základní každodenní činnosti (zalévání, spotřeba vody pro individuální potřebu). Možností, jak šetřit s vodou je několik, může to být již zmíněná retence a využívání srážkové vody (na zalévání, splachování) nebo čištění a využívání tzv. *šedé vody*. Jde o splaškovou vodu (ze sprch, umyvadel, dřezů apod.), která neobsahuje fekálie a lze ji po nezbytné úpravě využít jako tzv. *bílou vodu* (pro splachování, zalévání atd.), což může vést ke značným úsporám na vodném i stočném.

Nutná je investice do zařízení pro úpravu šedé vody, je tím myšleno čištění biologickými procesy nebo membránovými technologiemi. Větší smysl a návratnost investice lze očekávat při využití ve větších budovách.

K dispozici jsou dnes systémy zaměřené na hospodaření s vodou z hlediska úspor např. systém *eVodník*. Pro obce je využitelný jako relativně levný nástroj, který mohou instalovat v jednotlivých budovách či úsecích, pro monitoring spotřeby vody a následnou analýzu z hlediska úspor, poskytuje také ochranu v případě havárie. Jde o dnes běžně využívaný systém ve veřejných budovách, svoje uplatnění najde i v nízkoenergetických budovách, které jsou zaměřeny na úspory a efektivní hospodaření s energiemi.

**Monitoring** – důležitou součástí boje se suchem, ve spojení s prevencí a zmírněním dopadů, je monitoring aktuálního stavu v obcích tak, aby se mohlo včas zareagovat na jeho možné projevy. *Co je potřeba sledovat?*

- **Veškeré vodní plochy a vodoteče na území obce** – základem by mělo být sledování kompletního vodního hospodářství na území obce. Tedy všech vodních ploch minimálně v intravilánu obcí a koryta vodních toků protékajících jejich územím. V budoucnu by tento monitoring mohl být zajišťován např. pověřeným členem nově zřízené komise pro sucho.
- **Stav podzemní vody ve vrtech a studních** – pro zjištění stavu podzemní vody, která může indikovat projevy sucha v území, mohou posloužit dostupné informace z vrtů provozovaných Českou geologickou službou nebo ČHMÚ. Z poskytnutých informací si obec může udělat obrázek o tom, v kterých lokalitách na jejím území dochází ke kolísání stavu hladiny podzemní vody. Může se tedy zaměřit na lokality, které jsou více náchylné na dopady sucha a je v nich potřeba realizovat opatření zaměřená např. na zadržení vody v území a její vsakování. Při pravidelném sledování informací z vrtů je pak také možná predikce budoucího vývoje. Součástí přílohové části této práce je příklad, jak mohou vypadat data z hydrogeologických vrtů poskytnutá od ČGS.



Snadno a spolehlivě monitorovatelné či pozorovatelné jsou dopady sucha a nedostatku vody ve studních. Ať už se jedná o obecní nebo soukromé studny, lze stav hladiny vody v nich považovat za celkem spolehlivý a jednoduše dostupný indikátor stavu sucha na území obce. Stejně jako v případě vrtů mohou poukázat na stav a zranitelnost některých lokalit z pohledu snižování stavu podzemní vody. Představitelé obcí a příslušných odborů dnes mohou k zefektivnění monitoringu využít mj. GIS mobilní aplikace, a v nich si např. pravidelně zaznamenávat stav vody v jednotlivých studních. Včetně např. subjektivního hodnocení stavu a dalších okolností (poloha, historie, počasí). Jedna z takových aplikací byla využita i pro účely této práce v rámci rekognoskace terénu a byla zmíněna v kapitole 4.

- **Vyhodnocení aktuálního stavu a predikce odborných institucí** – v současnosti existuje několik zdrojů poskytujících aktuální informace týkající se stavu sucha a jeho možného budoucího vývoje. Jedná se samozřejmě o ČHMÚ, který přináší především aktuální informace o vodním stavu na tocích, nádržích či ve vrtech a historická data. Dalším zdrojem může být portál *Intersucho* poskytující např. aktuální stavy jednotlivých typů sucha a jejich predikci do budoucna. Také doporučuji využít portál *stavsucha.cz*, založený na spolupráci odborníků z Mendelovy univerzity, ČHMÚ a CzechGlobe, s cílem poskytnout rychlý přístup k informacím o aktuálním stavu, výskytu sucha a jeho dopadech. Vhodné řešení umožňující lepší přístup občanů k informacím je například umístění odkazu, na některé ze zmíněných zdrojů, na webové stránky obce.

**Využití pozemkových úprav** – také pozemkové úpravy jsou nástrojem, který přispívá k řešení problémů se suchem. V rámci plánu společných zařízení může být realizována a vhodně kombinována celá řada opatření pro zadržení vody v krajině, ale i pro obnovu přirozené retence krajiny. Cílem pozemkových úprav je mj. i zlepšení životního prostředí a zajištění lepších podmínek pro vodní hospodářství.

Např. řešení odtokových poměrů v krajině a snižování účinků povodní nebo sucha. Pozemkové úpravy lze financovat např. v rámci *Programu rozvoje venkova*, kdy může být dotací hrazeno až 100 % nákladů. Řízení o pozemkových úpravách zajišťuje podle § 6 *Zákona č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech* Státní pozemkový úřad. Ten je povinen zahájit řízení o pozemkových úpravách, pokud o to v dotčeném katastrálním území požádají vlastníci pozemků nadpoloviční výměry zemědělské půdy. [40]

**Přehled využitelných dotačních programů** – projekty zaměřené na boj se suchem mohou být velice nákladné a bez příspěví státu jsou pro obce často nerealizovatelné. Proto jsou EU, jednotlivými ministerstvy i kraji nabízeny dotační programy, prostřednictvím nichž je možné uhradit část způsobilých nákladů daného projektu. Získání dotace však není pouhou formalitou a často ztroskotává na chybně napsané žádosti nebo nesplnění podmínek dotace. S tímto problémem dnes obcím mohou napomoci společnosti zaměřené právě na dotační poradenství. Nejen obcím pomohou s výběrem vhodného dotačního titulu a zajištěním projektové dokumentace na míru dle podmínek dané dotace.

Úspěšným získáním dotace a následnou realizací to však pro obce nekončí. Je nutné i nadále splňovat celou řadu podmínek a nařízení, dotace s sebou tedy přináší určitou administrativní zátěž, která závisí na rozsahu projektu. Například po určitou dobu dokazovat příslušným kontrolním orgánům tzv. *udržitelnost projektu*, což je zpravidla 5 let od ukončení fyzické realizace projektu. Nabídka vypsání dotačních titulů se velmi často mění, proto by základem mělo být sledování aktuálních výzev. Detailněji je tato problematika a instituce poskytující dotace využitelné v boji se suchem jsou zmíněny v **přílohové části** této práce. Následuje krátký přehled některých z aktuálně využitelných dotačních programů v rámci boje se suchem: [41]

- **Podpora boje proti suchu, zadržování vody a následná péče o zeleň na území Jihomoravského kraje** – tento dotační program pro obce je každoročně vyhlašován Jihomoravským krajem. Jeho účelem je poskytnutím prostředků až do výše 400 tis. Kč napomoci ke zlepšení technického stavu vodních nádrží, vodních toků a k budování retenčních opatření, která pomohou

s hospodařením s povrchovou a podzemní vodou. Tato opatření přispějí ke zvýšené schopnosti krajiny zadržet vodu a zvýší bezpečnost při zvýšených průtocích. V rámci programu je jako druhý dotační titul zahrnuta i následná péče o vegetaci, která byla vysazena v souvislosti s opatřeními.

- **Využití dotačního programu Dešťovka** – může se zdát, že opatření související s Dešťovkou jsou svým významem zanedbatelná v souvislosti se stavem sucha. Jelikož jsou určena především pro domácnosti, takže bývají spojeny pouze s lokálními efekty. Avšak v situaci, kdy každoročně dochází ke zhoršování stavu, může být i zvýšení využití a akumulace srážkové vody na úkor běžných zdrojů vody velmi prospěšným krokem. Návratnost investic spojených s tímto programem je odhadována na 5–10 let v závislosti na rozsahu financovaného projektu.
- **Národní program Životní prostředí** – aktuálně je spuštěn nový dotační program na podporu *Výsadby stromů* s možností dotace na nákup sazenic a potřebného zavlažování až do výše 250 tis. Kč. Žádat je možné také o dotace v oblasti *Vodovodů a kanalizací*, získané prostředky by měly posloužit obcím ke zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody, zejména ke zlepšení kvality podzemních a povrchových vod. Napomoci v boji s nedostatkem vody mohou i prostředky získané v oblasti *Zdrojů pitné vody*, např. pro výstavbu nových a regeneraci stávajících zdrojů pitné vody.

## 6.2 Řešení v extravilánu

Realizace opatření proti suchu a hospodaření s vodou v extravilánu jsou jistě v zájmu obcí, jejichž území se tento problém týká. V extravilánu však rozhodnutí o umístění a realizaci vhodného opatření není příliš v jejich režii. Ať už se jedná o opatření využitelná v boji se suchem (např. malé vodní nádrže, přírodě blízká opatření, úpravy koryt toků atd.) nebo napomáhající ke zlepšení hospodaření s vodou. Finální rozhodnutí je spíše v režii vlastníků dotčených pozemků, případně subjektů, které mají dané pozemky v nájmu, kvůli jejich zemědělské či jiné činnosti a také správců vodních toků.

Na obcích pak je, aby vyvíjely určitý tlak na tyto subjekty a poukazovaly na veřejný zájem o řešení problémů spojených s hospodařením s vodou. Stejně jako v případě intravilánu byla v minulosti pozornost upřena především na řešení protipovodňové problematiky. V posledních letech se ale mění charakter povodní a začínají převažovat povodně způsobené přívalovými srážkami nad těmi, které jsou způsobeny vyběžením toku. Řešení dopadů obou extrémů (povodní i sucha), tak teď může být mnohdy podobné. Například vodní díla zachytávající vyšší průtoky (faktem je, že v případě obou extrémů vyžadují nádrže mírně rozdílnou manipulaci) nebo přírodě blízká opatření na polích v extravilánu obce (průlehy, hrázky, zasakovací pásy atd.). Následují odvětví, kterých se sucho v extravilánu týká nejvíce:

**Lesní hospodářství** – lesy jsou klíčovým prvkem v krajině v boji se suchem, jelikož jsou zdrojem retence a zadržují velké množství vody. Pokud les trpí nedostatkem vody, tak se to projeví zákonitě také na zemědělské krajině v jeho okolí, potažmo na stavu vodních toků a lidském osídlení. V posledních letech lesy začínají doplácet např. na nevhodné zásahy do jejich druhového složení (výsadba druhů náchylných na sucha). Došlo ke snížení počtu stromů až o 30 % a to nepočítáme množství stromů uhynulých na následky sucha nebo napadení biotickými či abiotickými činiteli. Argumentem pro kácení stromů je, že lesy jsou zbytečně husté a méně stromů spotřebuje méně vláhy. To je jistě pravdou, ale faktem je, že ze snižování plochy lesů (listů, jehličí atd.) plyne menší zadržené množství vody a menší výpar, kterým stromy ochlazují okolní prostředí.

Negativní vliv má i nadměrné rozšiřování asfaltových komunikací, které jsou v lesích budovány kvůli lepší dostupnosti pro lesní techniku. V současnosti jsou však mnohdy více než lesními stroji využívány občany pro sportovně-rekreační využití. Tyto komunikace spolu s jejich odvodněním mají negativní dopady na schopnost lesů odolávat účinkům sucha, rychle odvádějí vodu a eliminují možnost jejího vsakování. Zároveň tyto plochy v letních měsících výrazně zvyšují teplotu s déle trvajícím průběhem v jejich okolí, čímž trpí okolní vegetace a extrémně důležité srážky spadlé v letních měsících se na rozpáleném povrchu ihned vypařují.

Proto je důležité nalézt kompromis, který umožní základní přístup techniky do lesů (omezit zbytečnou výstavbu k rekreačnímu využití), ale nebude zbytečně omezovat schopnost lesů bránit se extrémním přírodním vlivům.

Opatření, kterými lze zlepšit kondici v lesích je velké množství, příkladem jednoho z nich může být projekt zmíněný v *kapitole 2.3*. Vhodné je v lesích využít přítomnosti drobných vodních toků a zpomalit v nich odtok vody. Ať už se jedná o budování hrázek na bystřinách (hrazení bystřin) nebo stržích, které zabrání rychlému odtoku vody, eliminují vysoké průtoky, napomohou k zadržení a zasakování vody. S tím je pak spojené i zvýšení hladiny podzemní vody. Takovéto opatření je přínosné i v období ohrožení opačným extrémem, než je sucho, tedy povodněmi. Z koncepčního hlediska je nutné začlenit tato opatření do plánu hospodaření lesa, což je mimo jiné důležité pro splnění požadavků na udělení dotace. Samozřejmě druhou stránkou věci je financování a následná údržba těchto staveb.

V boji se suchem je vhodné zaměřit se také na změnu *skladby lesů*, což může být dlouhodobým bojem. Hojně diskutovaným tématem v posledních letech je omezení výsadby smrků, které jsou méně odolné vůči suchu. V období s nedostatkem vláhy rychle oslabují a jsou snadným cílem pro škůdce. Jako vhodné řešení se jeví smíšené lesy, které by se lépe měly vyrovnat s nepříznivými podmínkami. Každý druh dřeviny má rozdílné vlastnosti, tedy může být odolný proti jinému z okolních vlivů, takto zkombinované dřeviny se pak mohou vzájemně doplňovat a chránit. Ovšem druhová změna dřevin v našich lesích je během na dlouhou trať.

**Zemědělství** – dopady sucha jsou nejvíce znatelné a vyčíslitelné v oblasti zemědělství, kdy se každoročně objevují vysoké částky, o které zemědělci kvůli suchu a nedostatku vody na závlahy přicházejí. Projevy jsou znatelné i vzhledem k množství surovin na trhu a jejich ceně. Sucho v zemědělství je složitým problémem, protože každá plodina reaguje na nedostatek vláhy jinak a velkou roli hrají i geografické podmínky, tedy jsou velké rozdíly mezi regiony. Stále více jsou pole oseta řepkou, která sama o sobě však není až takovým. Ten nastává pokud pole po sklizni řepky (červen-červenec) zůstávají holá bez vegetačního pokryvu.

To s sebou nese různé problémy, půda na polích vysychá a zhoršuje se její infiltrační schopnost. Také spadlé srážky se ihned vypařují a pole sálá teplo do okolí, což přispívá k vysušování lesů a další okolní vegetace.

Celkově je vhodnější ve vztahu k suchu preferovat opatření, která povedou k zadržení vody v podzemní formě, ta je spojena s menším výparem a pomalejším odtokem (je vázaná na půdní částice), také je chráněna proti znečištění. Samozřejmě ve vztahu k zajištění dostatku pitné vody a vody na závlahy, jsou důležitá i opatření zadržující povrchovou vodu v retenčních a akumulačních nádržích. Dostatek vody nám krajina vrátí svými benefity – lepším estetickým vzhledem, zvýšenou biodiverzitou a pozitivním vlivem na psychiku a zdraví člověka.

- **Zvýšení podílu zeleně a její vhodná skladba v krajině** – zadržování vody není spojeno jen se stavbou nádrží, ale důležité je i zachycení srážek v krajině prostřednictvím vegetace. V listech, větvích, keřích a v trávě je zadržováno velké množství vody ze srážek, které se do okolí dostává ve formě odtoku nebo výparu a přispívá mj. k ochlazení krajiny a také dotuje prameny, toky nebo mokřady. Rozmístění a hustota zeleně v krajině má velký vliv na teplotu povrchu a lokální mikroklima, tedy i na množství vody a vlhkost půdy. Je vhodné do krajiny začleňovat krajinné prvky (meze, stromořadí, keřové ostrůvky) tvořené zelení, které např. rozdělí rozsáhlé plochy orné půdy a vytvoří biokoridory podporující zadržení vody v krajině, ale i biodiverzitu prostředí.
- **Meliorace** – byly a jsou pro zemědělce užitečným opatřením, avšak v souvislosti se suchem ne úplně vhodným. Soustavy trubek a kanálů, které dříve napomáhaly zemědělcům se závlahou a odvodňováním pozemků, dnes místy napomáhají k vysoušení krajiny, jejím odvodňováním. Úplné odstranění melioračních zařízení by asi nebylo úplně logické a příliš nákladné, protože není známa přesná poloha všech těchto zařízení. Reálně by však mohlo být jejich *částečné omezení*, především co se týče meliorací odvodňovacích (například ucpáním jejich vývodů).

- **Využívání odolnějších plodin** – důležité je také využití meziplodin (hořčice, lnička, svazanka, oves, ředkev) v období po sklizni hlavních plodin, tak aby se minimalizovala doba, kdy bude pole holé. Tento stav nahrává vysychání půdy, její náchylnosti k erozi a zvyšuje výpar.

V poslední době začíná být stále více využíváno osetí čirokem, který je plodinou využívanou energeticky v bioplynových stanicích, ale je také vhodnou meziplodinou pro osetí např. po sklizni řepky v červenci, takže je tím prodloužena doba, po kterou je pole využito a není pouze holé. Výhodou čiroku je jeho teplomilnost a větší odolnost vůči nedostatku vláhy, než je tomu u jiných obilovin.

- **Průlehy (příkopy)** – jedná se o záchytné nebo zasakovací příkopy, budované na dlouhých svazích, např. loukách, orné půdě atd. Jsou určeny k rozčlenění krajiny a k zachycování vody stékající po povrchu a k jejímu zasakování, případně řízenému odvádění například do mokřadů. Mohou mít pozitivní vliv při ochraně proti povodním (zpomalují povrchový odtok při vyšších srážkových úhrnech), půdní erozi (zpomalují povrchový odtok, takže nedosáhne unášecí síly) a také v boji se suchem (zlepšení vodního režimu v půdě a podpora vsaku do půdy). V ideálním případě by měly být zatravněné, spojené s výsadbou vegetace. Vhodná je i jejich kombinace se zasakovacím pásem nebo mezí.
- **Závlahy** – zajištění vody na polích v období extrémního sucha je důležitým tématem. V ČR jsou závlahy instalovány pouze na 3,6 % zemědělské půdy, problémem je např. nedostatek nezbytných vodních zdrojů. Zavlažovací systémy lze zčásti financovat z dotačních programů MZe, jedná se především o podporu výstavby nádrží k zavlažování a zavádění kapkové závlahy. Získání dotací však není pouhou formalitou, jelikož zavlažovací potrubí od vodního zdroje k poli, je mnohdy nutné vést přes jiné než vlastní pozemky a tam se získáním stavebního povolení mohou být problémy, ve stavebním řízení je totiž potřebný souhlas vlastníka pozemku. Cílem by také mělo být nalezení a revize stávajících závlahových systémů.

- **Zasakovací pásy** – jde o travnaté pásy vedené ideálně po vrstevnici. Jejich podstatou je převést povrchový odtok na podpovrchový, tedy zvýšení vsaku do půdy. Navrhují se na svažitéch plochách, kde napomáhají chránit půdu před erozí nebo podél vodotečí, které chrání před vnikem erozního smyvu. Často se využívají jako doplněk k jiným technickým opatřením jako jsou průlehy nebo meze.

**Vodní hospodářství** – ve spojení se suchem je nutností zmínit i opatření týkající se tohoto odvětví, jež má za úkol veškeré činnosti související s ochranou vod, využíváním vodních zdrojů a ochranou území před nepříznivými účinky vody. Těmi, kdo pečuje o odtokové poměry v krajině, spravuje povodí toků a vodní díla, jsou správci vodních toků a děl respektive podniky Povodí. Také oni by měli realizovat (např. s pomocí dotací MZe) opatření vedoucí k udržení dostatečných průtoků v letních měsících a jejich stabilizaci, jelikož s nižšími průtoky se logicky zhoršuje i jakost vody v tocích a nádržích. Především by však měli zlepšit komunikaci a kooperaci s ostatními orgány spravujícími území, zejména s municipalitami.

- **Meandrování** – obnova tohoto přirozeného jevu na tocích, jejichž trasa byla v minulosti narovnána, může být velice přínosným opatřením. Pokud se tokům navrátí jejich plocha a délka, které byly upraveny v minulosti např. v rámci protipovodňových opatření, projeví se to na okolní vegetaci a na stavu toku samotného. Obnova meandrování je radikálním krokem a složitým procesem, na jehož začátku je důležité vytipování vhodných údolnicových ploch, které by prostorově vyhovovaly. Zároveň je vhodné, aby poloha nového meandru byla v místech, kde se v minulosti, např. dle archivních map vyskytovala voda. Ať už ve formě podmáčených luk, mokřadů nebo tůní. Při takovémto zásahu do trasy toku, je nutné počítat s následnou přirozenou změnou profilu toku nebo průtoků. Meandrování toku a jeho udržování je významným prvkem v boji se suchem, avšak je potřeba působit aktivně i v eliminaci dalších faktorů.
- **Tůně a mokřady** – v obou případech jde o opatření blízka přírodě, která mohou přispět ke zvýšení objemu vody zadržené v krajině a zároveň ke



stavu vegetace v jejich okolí včetně přínosů pro faunu. Tůň jsou hloubené nehrazené vodní plochy doplněné vegetací. Mokřady jsou členitější, složené z více vodních ploch umožňujících rozvoj mokřadních společenstev.

Obvykle jsou u tohoto typu opatření jednodušší administrativní záležitosti např. projednání s vodoprávními úřady, než je tomu u větších staveb typu malých vodních nádrží. I v případě podpory z dotačních programů je u tůní a mokřadů dotováno větší procento tzv. způsobilých realizačních výdajů.

- **Malé vodní nádrže** – mohou plnit akumulární funkci pro zásobování obyvatel při nedostatku vody, ale také funkci retenční pro zachycení povodňových průtoků v rámci jejich retenčního prostoru. Zpomalují odtok vody z krajiny, zvyšují infiltraci vody do půdy a napomáhají k udržení stabilní výšky hladiny podzemní vody v okolí. Každá nádrž se obvykle člení na prostor stálého nadržení, zásobní prostor a retenční prostor, bývá také vybavena bezpečnostním přelivem. Retenční nádrže mají většinou menší zásobní prostor než u akumulárních nádrží, často dokonce jejich zásobní prostor může plnit funkci mokřadu. V souvislosti se suchem jsou malé vodní nádrže nejčastěji spojovány se zadržováním většího množství vody v krajině. Ale i s jejich využíváním pro nadlepšování průtoků ve vodotečích (v úseku pod nádrží). To může mít pozitivní efekt na ředění nečistot, jelikož v suché epizodě při malých průtocích dochází k výraznému zhoršení jakosti vody. Dále jsou nádrže spojovány se zvýšeným výparem (pozitivně ovlivní okolní mikroklima) a s jejich využíváním pro zavlažování. Bohužel konkrétně v těchto případech benefitů je složité vyčíslit nebo prokázat jejich výhodnost v porovnání s pořizovacími a provozními náklady spojenými s nádrží.

Malé vodní nádrže by měly být stavěny tam, kde napomohou k celkovému pozvednutí stavu, tedy v území, které je degradované dlouhodobě se opakujícími epizodami sucha a se zhoršeným stavem podzemní vody. Není nutné je zbytečně začleňovat do krajiny, v které jsou stávající, byť nefunkční mokřady, tůň nebo jiná přírodě blízká opatření, ale zaměřit se spíše na jejich obnovu.



**Obr. 61: Lokalita nevhodná (vlevo) a vhodná (vpravo) pro realizaci nádrže [42]**

Dle studie s názvem – *Jaká opatření k omezení sucha a nedostatku vody budou účinná?* jejímž autorem je Pavel Punčochář (2018) z MZe, je role vodních nádrží v krajině zásadní. Zejména s ohledem na akumulaci vody v krajině což je podstatné v boji s nedostatkem vody a také zdůrazňuje přínosy nádrží pro boj se suchem, kdy je díky nim udržována stabilní výška hladiny podzemní vody v jejich okolí.

Doplňování podzemní vody probíhá především v zimních měsících, jelikož není v krajině takové množství vegetace a přítomná vegetace nemá takovou potřebu vody jako v teplejších měsících. Proto se více vody vsakuje do půdy a doplňují se zásoby podzemní vody. Důležité jsou v tomto případě sněhové srážky, které zůstávají na místě, neodtékají a pomalu se vsakují. Dnů se sněhovou pokrývkou však dle sledování výzkumného týmu projektu CzechAdapt v posledních letech ubývá. [43]

- **Jiná opatření na tocích** – přínosné může být zaměření se na vhodný vegetační doprovod vodotečí, ten napomáhá ke zpevnění břehů, chrání tok a plní také krajínotvornou funkci. Vhodnými dřevinami jsou například vrby, olše, lípy, jasany nebo duby, doplněné keřovými porosty. Jelikož vzdušná vodní hladina a možnost její regulace jsou přínosné pro udržení stabilní hladiny podzemní vody v okolí toku, lze využít jako řešení přímo na toku tzv. *vakové jezy*.

Ty jsou hojně realizovány v Rakousku a Německu, v ČR jich bylo realizováno cca 50. Jde o pohyblivé, automatické jezové hradicí konstrukce, které jsou relativně jednoduché na provoz a nemají žádný negativní dopad na životní prostředí, jsou však nákladnější. Oproti ostatním hradicím konstrukcím zaručují funkčnost v zimním období, dobře se začleňují do terénu, jelikož nemají žádné nadzemní objekty a umožňují automatickou regulaci horní hladiny. Samozřejmě stavbu těchto příčných staveb na tocích je nutné dobře rozmyslet a zvážit negativa, která jezy všeobecně přinášejí. Jsou překážkou v migraci živočichů, narušují přirozený podélný sklon vodoteče a mohou zhoršovat průběh povodní. [44]

### 6.3 Návrh opatření v povodí Rokytne

Pro správce povodí, ale také pro obyvatelstvo a hospodařící subjekty v povodí Rokytne jsou důležité nejen otázky ochrany před povodněmi, ale i akumulace vody v okolní krajině a boje se suchem. Viditelné jsou dopady sucha v povodí Rokytne zejména na horním a dolním toku:

Na **horním toku** se Rokytne potýká, především před soutokem s Rokytkou, s každoročně nízkými průtoky (nejen v letních měsících). Popis tohoto úseku a možné příčiny aktuálního stavu, dle provedené rekognoskace, jsou uvedeny v *kapitole 4*.



*Obr. 62: Porovnání krajiny v okolí Rokytne na horním toku – 2011 (vlevo) a 2018 [46]*

Zásadní je dle mého názoru malá schopnost okolní krajiny zadržovat vodu. Na tom se podílí několik faktorů. Jde o absenci vhodně umístěných retenčních nádrží na Rokytné a přítocích (v minulých letech již však byly některé nádrže realizovány). Alarmující je i špatný stav lesů, které jsou v této oblasti již v takovém stavu, že nedokážou vodu využívat ani zachycovat a usychají nebo jsou napadeny škůdci. Výsledkem je nízký stav hladiny podzemní vody, ze které jsou dotovány toky v období sucha. Roli hraje také velký podíl orné půdy, která jak už bylo zmíněno, může mít negativní vliv na stav průtoků v toku. Změna stavu krajiny v povodí Rokytné během posledních sedmi let je viditelná na *Obr. 62*.

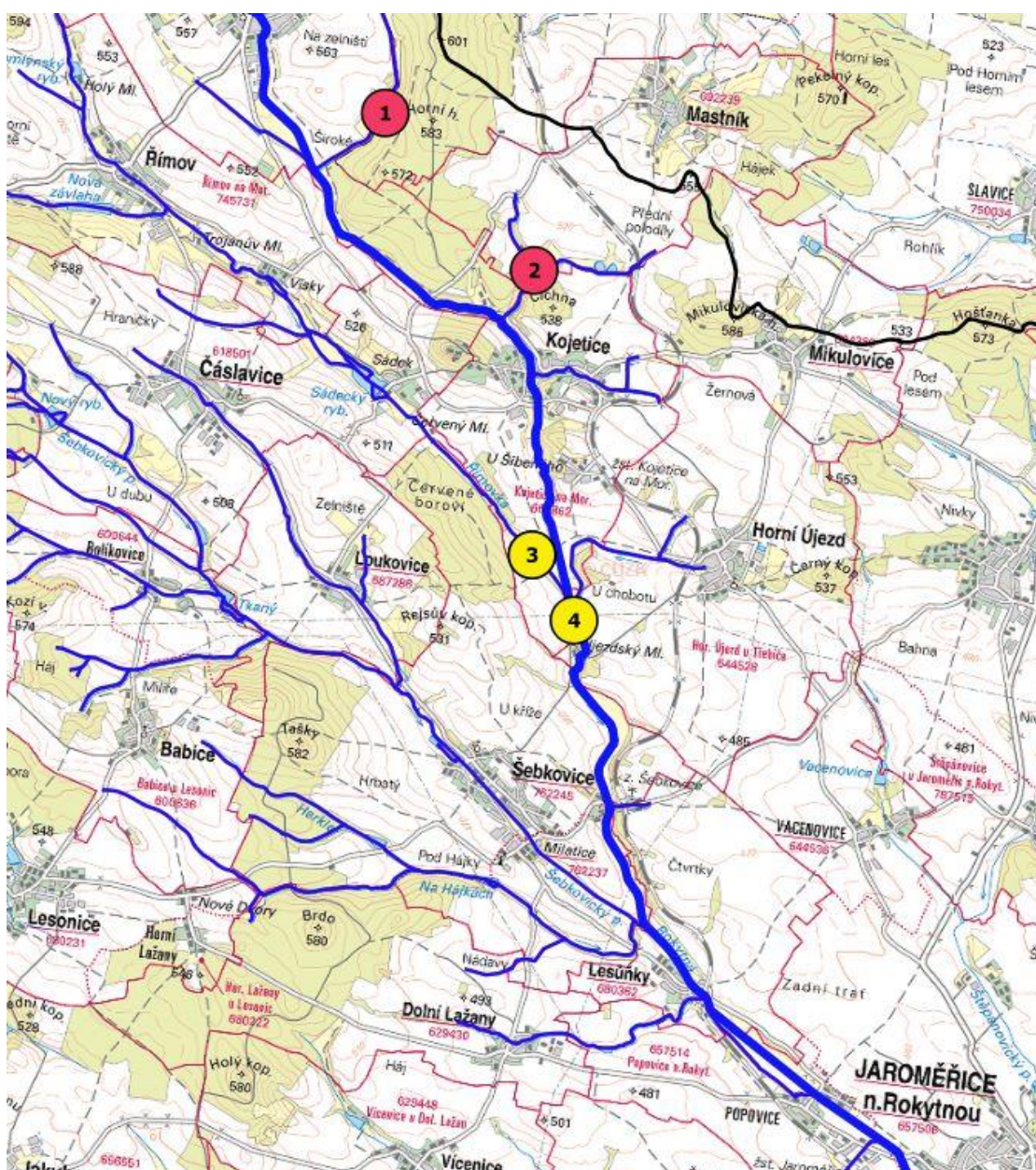
Na nutnost řešení aktuálního stavu poukazuje i monitoring podzemních vod ČHMÚ, který hodnotu hladiny ve vrtech umístěných v této oblasti hodnotí nejnižším stupněm, jako velmi nízkou. [45] Na základě rekognoskace toku a jeho okolí navrhuji v tomto úseku následující opatření v lokalitách, které jsem vyhodnotil jako nejvíce zasažené:

- V souvislosti se špatným stavem lesních porostů, bych rád zmínil především ty, které se nacházejí východně od obce Rokytnice nad Rokytnou. Doporučuji zde maximálně využít přítomnosti drobných vodních toků a pokusit se na nich vodu zadržet (hrázky, MVN). Tato lokalita se nachází na rozvodnici dvou povodí, proto bych na tomto rozmezí zvážil například využití zasakovacích pásů, které pomohou se zpomalením odtoku do nižších partií.

Aktuální stav zdejších lesů je kritický, proto lze předpokládat, že bude v blízké době probíhat jejich obnova. Při ní je důležité dbát na pestrou skladbu dřevin (druhovou i výškovou), která zvýší odolnost lesa vůči větru i vysychání. Při obnově také doporučuji omezit rozsah holosečí, jelikož napomáhají k vysychání půdy a mohou ohrozit počáteční fázi růstu nově zasazených dřevin. Za nejvíce postižené považuji na základě terénního průzkumu **lokality č. 1–2**, vyznačené na *Obr. 63*.

- V minulých letech již v této oblasti byly na Rokytné a jejích přítocích realizovány vodní nádrže, přesto bych doporučoval zvážit realizaci další záchytné nádrže v jedné z následujících lokalit, viz **lokality č. 3–4** na *Obr. 63*.

V prvním případě (na mapě č. 3) se jedná o podmáčenou plochu, kolem vodního toku Římovka, těsně před jeho ústím do Rokytné (ř. km 78,2). Tato plocha má již v současném stavu předpoklady být lokálním biocentrem, pokud však bude vhodně doplněna např. tůňmi nebo mokřady. Druhá lokalita (č. 4) se nachází jen o kousek dále na toku Rokytné, kde by byla vhodná boční záchytná nádrž napájená náhonem z Rokytné a menším z přítoků. Jde o místo za soutokem Rokytné a dvou menších vodních toků, Římovky (IDVT 500061745) a bezejmenného toku (IDVT 500070354).



*Obr. 63: Lokality doporučené k řešení dle terénního průzkumu*

Na **dolním toku** dosahuje Rokytná téměř každoročně minimálních průtoků, a to nejen v letních měsících. Výjimkou je úsek těsně před ústím do řeky Jihlavy, kde lze zaznamenat pozitivně působící vzduší od MVE v Ivančicích na Réně. V řešeném úseku mezi Moravským Krumlovem a Ivančicemi by bylo na základě rekognoskace toku v *kapitole 4*, údajů z vrtů a provedené analýzy tohoto území v *kapitole 5* vhodné provést tyto kroky nebo tato opatření:

- Doporučuji zde vybudovat další *záchytné vodní nádrže* (dále MVN), které budou primárně umístěny vůči toku jako boční. Kromě zadržování vody by zároveň měly plnit i krajínotvornou funkci a napomáhat ke zvodnění území. Díky tomu by již hladina podzemní vody neměla vykazovat tak velké změny jako doposud (0,5 m a více, viz data z vrtů v *kapitole 5*). Současně s tím by tedy mělo dojít ke zlepšení situace ve studních a vrtech v této oblasti. Cílem by mělo být vhodné doplnění těchto nádrží jinými přírodě blízkými vodními plochami (tůň, mokřady), které napomohou k jejímu začlenění do krajiny a k posílení biodiverzity v dané lokalitě. Viditelné by měly být přínosy těchto nádrží v řádu několika let. Zaznamenat je, bude možné především na stavu vegetace na polích a lesích, ty totiž viditelně odrážejí skutečný stav krajiny. Příkladem vhodně umístěné a řešené MVN s pozitivními dopady na její okolí, může být stávající nádrž v jednom z meandrů Rokytné u Ivančic zmíněná v *kapitole 2.3*.

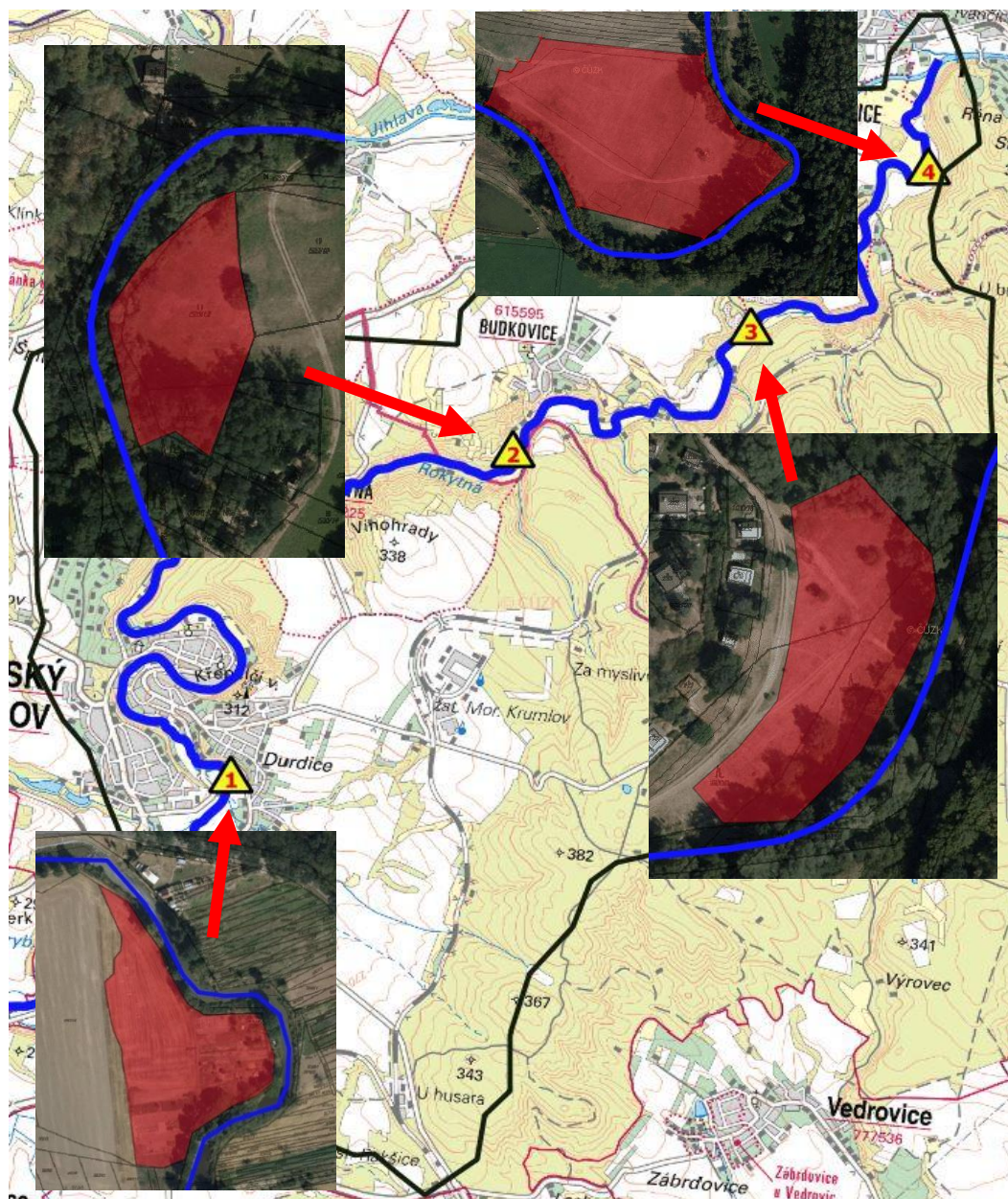
V zájmovém území řeka protéká sevřeným údolím (až kaňonem) s náročnějšími podmínkami pro výběr lokality vhodné pro zadržení vody. Při snaze nalézt plochy vhodné pro umístění MVN nebo jiné vodní plochy (tůň, mokřady), bylo uvažováno například to, aby tyto lokality byly dostupné pro techniku potřebnou pro vybudování nádrže. Také bylo bráno v potaz vlastnictví pozemků dle katastru nemovitostí. Výhodou by jistě bylo, aby daný pozemek byl ve vlastnictví města, případně správce povodí. V potaz byl brán také aktuální územní plán dotčených měst. V řešeném území byly jako vhodné pro umístění MVN a jiných vodních ploch, vytipovány následující 4 lokality. Jejich poloha i bližší detail umístění jsou vidět na *Obr. 64*. (upraveno v QGIS).

**První lokalita** je plocha, která se nachází v meandru na levém břehu Rokytné cca v ř. km 16,4 v k. ú. Moravský Krumlov. Jde o pozemek č. 981/2 ve vlastnictví města Moravský Krumlov, druhem pozemku jde o ornou půdu. Dle územního plánu města se jedná o území s plánovaným využitím jako přírodní plocha (NP). Tento typ ploch by měly být využity přírodě blízkým způsobem. Výstavba MNV by v tomto případě byla přípustná a v případě vhodného vegetačního doprovodu i velmi přínosná. Také s přihlédnutím k tomu, že je zároveň tato plocha určena jako nefunkční lokální biocentrum (část ÚSES bez ekologicky významného segmentu).

**Druhá lokalita** se nachází na pravém břehu Rokytné jižně od obce Budkovic cca v ř. km 7,1 v k. ú. Budkovic. Jde o pozemky č. 520/12 (trvalý travní porost) a č. 517/20 (lesní pozemek) ve vlastnictví města Ivančice. Jedná se opět o plochu územním plánem stanovenou jako přírodní plocha (NP), zároveň leží v regionálním biocentru. Umístění nově vytvořené vodní plochy a vhodná úprava okolí by se, kromě přínosů pro zvodnění v oblasti, jistě daly obhájit i tím, že se jedná o rekreačně využívanou lokalitu a nachází se poblíž turistické trasy.

**Třetí lokalita** je na levém břehu řeky Rokytné poblíž chatové osady Ivančice – Jouřov cca v ř. km 3,9 v k. ú. Budkovic. Jde o pozemky vlastněné městem Ivančice a státním podnikem Povodí Moravy, všechny jsou svým druhem lesní pozemky. Podle územního plánu města Ivančice jsou určeny jako plochy smíšené nezastavěného území rekreační nepobytové (NSr). Přípustným využitím by mohlo být zachování stávající zeleně a doplnění tůňemi nebo MVN využitelné k rekreaci vzhledem k umístění u chatové osady.

**Čtvrtou lokalitou** je plocha nacházející se v meandru na levém břehu Rokytné cca v ř. km 1,1 v k. ú. Němčice u Ivančic. Jde o pozemky č. 505/5, 505/6 a 505/7, všechny jsou druhem TTP. Územní plán Ivančic určuje tyto plochy jako smíšené nezastavěného území zemědělské. Lze je tedy využít i pro stavbu opatření k zadržování vody v krajině. V blízkosti se nachází již dříve zmíněná nádrž (*kap. 2.3.*) a její přínosy (pro řeku i okolí) jsou viditelné.



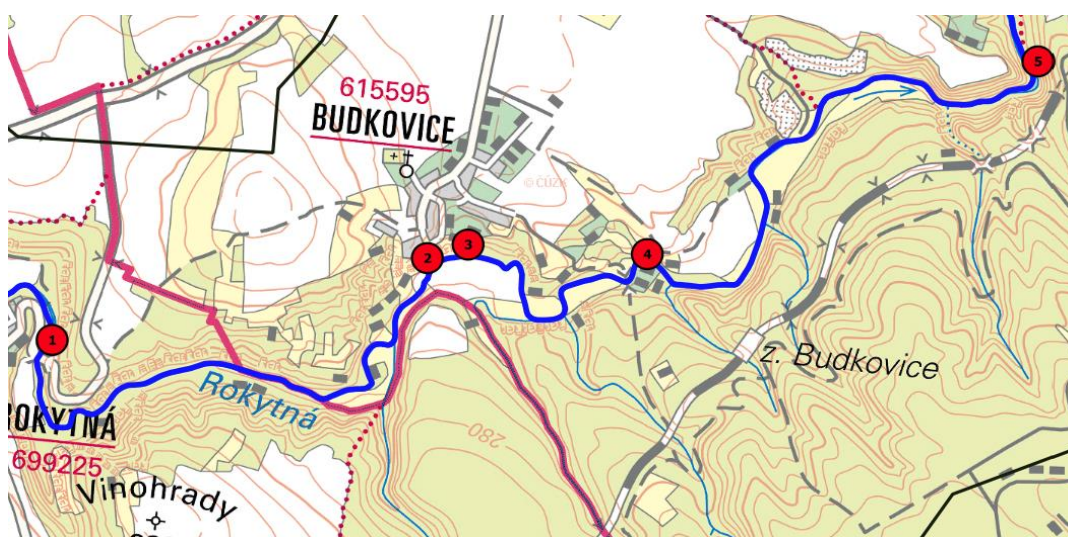
**Obr. 64: Lokality vhodné pro návrh MVN**

- Na drobných tocích, které v řešeném úseku ústí do Rokytné je vhodné zachytit a akumulovat srážkovou vodu a snížit množství transportovaných částic. Mělo by dojít ke zvýšení životnosti meandrů toku vlivem snížení zanášení koryta a k relativně vyrovnané bilanci přisunutých a odnesených částic. Vliv transportovaného materiálu na koryto byl probíráán v kapitole 4.3. Jak bylo řečeno dříve do Rokytné v řešeném úseku ústí pravostranně šest drobných vodních toků spravovaných ST Lesy ČR, s. p. Vzhledem ke svažitému terénu je u všech těchto toků problém s jejich erozivní činností a rychlým transportem splavenin do Rokytné, k nápravě by mělo přispět navrhované řešení.



Příkladem vhodného řešení problematiky zachycení a akumulace srážkové vody na drobných vodních tocích může být dříve (*kap. 2.3.*) zmíněný projekt ST Lesy ČR, s. p., realizovaný právě na jednom z přítoků Rokytné v řešeném území. Tento projekt má pozitivní dopad jak v boji se suchem, tak v oblasti omezování rizika škod při povodních.

- Vzhledem k charakteru terénu v blízkém okolí koryta Rokytné, které jak bylo zmíněno v *kapitole 5*, je místy velmi svažité, je nutné snížit sesuvnou činnost v některých lokalitách. Jelikož dochází k sesuvům uvolněného materiálu do koryta řeky a k jeho následnému zanášení a ovlivňování odtokových poměrů. Na základě průzkumu bylo vytipováno několik lokalit, v nichž je vyšší riziko sesuvné činnosti a bylo by vhodné svahy v daných lokalitách stabilizovat. Vytipované lokality jsou vidět na *Obr. 65*.



*Obr. 65: Lokality pro snížení sesuvné činnosti*

- V řešeném území mezi Moravským Krumlovem a Ivančicemi nebyly v minulosti zahájeny žádné pozemkové úpravy zajišťované SPÚ. To nabízí možnost pro tyto municipality, realizovat opatření spojená s prevencí povodní a sucha právě v rámci pozemkových úprav. Může se jednat o vodohospodářská opatření (MVN, mokřady, rybníky atd.) tvořící nová funkční biocentra nebo o jednotlivá opatření na zemědělské půdě. V podobě krajinných prvků typu remízků, zasakovacích vegetačních pasů, které mohou být základem pro funkční biokoridory.

Do příprav pozemkových úprav bývá aktivně zapojeno obyvatelstvo, takže výsledné změny či realizovaná opatření by měly být pozitivněji přijaty než v případě samostatného rozhodnutí vedení obce.

## 6.4 Shrnutí

V této kapitole byly představeny některé z možných kroků a opatření, využitelných v praxi ke zlepšení celkové situace týkající se prevence sucha a hospodaření s vodou ve správním území municipalit. Nejprve se zaměřením na intravilán obcí, kde je důležité především hospodaření s vodou a intenzivnější využívání srážek. Následně v extravilánu, kde by primární snahou mělo být zadržení většího množství vody soubohem opatření v jednotlivých odvětvích, kterých se sucho v krajině nejvíce dotýká.

Dále byla doporučena konkrétní opatření v zadáním vymezeném území. Tato doporučení spolu s poznatky získanými z analýzy a průzkumu této oblasti budou předány dotčeným obcím, ST Lesy ČR, s. p., příslušnému závodu Povodí Moravy, s. p. i odborům a oddělením vodního hospodářství popř. životního prostředí na dotčených krajských úřadech. Zmíněná opatření a kroky mohou být typově využitelné pro celé povodí řeky Rokytné i jiné toky s podobným charakterem. Obsah kapitoly může být také například podkladem k vytvoření osnovy pro školení veřejnosti, starostů či budoucích členů komisí pro sucho.

Ve všech zmíněných případech jde pouze o má doporučení, založená na provedených analýzách a průzkumu řešené oblasti v rámci této diplomové práce. Vše je navrženo s vědomím náročnosti procesu, který následuje právě po vytipování vhodné lokality. Od zpracování projektové dokumentace daného opatření a získání financí, přes získání potřebných povolení (např. stavební povolení, souhlas se zásahem do významného krajinného prvku, soulad s územním plánem atd.), až po vyjednávání jednotlivých dotčených subjektů (např. vodoprávní úřad, správci toků, rybářské svazy, MŽP, Archeologický ústav, vlastníci technické infrastruktury atd.).

## 7 ZÁVĚR

V souvislosti se stále intenzivnějšími projevy a častěji se opakujícími epizodami sucha je nutné se začít intenzivněji zabývat otázkami zadržování vody v krajině a hospodařením s vodou v obcích, lesích a na zemědělské půdě v naší zemi. Vlivu přírodních extrémů včetně povodní a sucha nelze zcela předcházet. Je však možné jejich účinky zmírnit tak, aby nebyly omezením pro obyvatelstvo a zároveň ohrožením pro krajinu a udržitelnost životního prostředí. Hlavním úkolem do budoucna by měl být posun v oblasti řešení problémů se suchem od nahodilé podpory individuálně a izolovaně vznikajících záměrů, ke komplexní koncepční činnosti zahrnující širokou škálu opatření, která díky spolupůsobení mohou být opravdu účinným řešením problematiky sucha a nedostatku vody v České republice.

### 7.1 Shrnutí práce

V rámci této diplomové práce bylo snahou přispět k hledání možných způsobů řešení pro obce, které se potýkají se stavem sucha v povodí Rokytné. Základem bylo získání podkladů a informací o stavu území od orgánů a subjektů spravujících území v tomto povodí. Proto byli kontaktováni správci vodních toků (Povodí Moravy, s. p. a Lesy ČR, s. p.), municipality (města Ivančice a Moravský Krumlov) a vlastníci prvků monitoringu hladin toků a stavu podzemních vod (ČGS, ČHMÚ). Některé z kontaktovaných orgánů zareagovaly a poskytly pro účely této práce cenná data a informace. Ty pak byly společně s rešerší odborné literatury podkladem pro zpracování této práce.

Nejprve byla provedena rekognoskace povodí Rokytné včetně pořízení fotodokumentace a následně zpracována vodohospodářská analýza toku. Předem byla vyzkoušena místa na toku, vhodná pro odběr vzorku dnových splavenin. Vzhledem k aktuálnímu vodnímu stavu však byl odebrán pouze jeden vzorek na dolním toku nedaleko Ivančic. U tohoto vzorku byl v laboratoři proveden granulometrický rozbor, potřebný ke zjištění zrnitostních charakteristik. Na jejich základě pak bylo s využitím dostupných vzorců spočítáno množství transportovaného materiálu v toku.

Zjištěné množství celkem odpovídá zjištěním z rekognoskace toku. Tedy, že není nijak zásadní pro ovlivnění vodního režimu a průtočného profilu toku. Správnost tohoto tvrzení by však bylo vhodné potvrdit odběrem a následnou analýzou dalších vzorků. Pro výpočet množství transportovaného materiálu v řece Rokytné se jako nejvhodnější, dle porovnání jednotlivých výsledků, ukázaly vztahy dle Bogárdiho a Meyer-Petera.

Dále byla zpracována analýza řešeného území vymezeného ř. km 0,0 až 16,7, hranice území byly stanoveny jako povodí IV. řádu (č. h. p. 4-16-03-057). Bylo snahou zjistit skutečnosti, které mohou ovlivňovat dopady sucha nebo předurčovat tuto oblast k nižší schopnosti čelit těmto dopadům. Zjištění z této části práce pak byly využity pro formulaci doporučení a návrhů konkrétních opatření v závěrečné části práce. Za nejdůležitější zjištěné aspekty v tomto území lze považovat typický charakter terénu s výraznou sklonitostí a zalesněním. To by se mohlo, spolu s výrazným meandrováním toku, zdát jako dobré prostředí pro stabilní vodní režim a průtoky v Rokytné. Bohužel vzhledem k nižším úhrnům srážek a absenci technických prvků v krajině (na tocích, orné půdě i v lesích), které by napomáhaly k retenci vody, se tento úsek toku potýká s výraznými dopady sucha v letním období a průměrný roční průtok meziročně klesá.

V závěrečné části práce byl nejprve vytvořen přehled v praxi využitelných opatření a doporučení (nejen obcemi). Základem pro vytvoření tohoto přehledu byly poznatky z odborné literatury, závěry z analýz řešeného území a autorovi zkušenosti z praxe. Jelikož existuje široká škála možných kroků, které lze v boji se suchem využít, byly v této kapitole vybrány pouze ty, které považuji za nejdůležitější. Případně ty, v kterých podle mého názoru nepanuje dostatečná informovanost mezi představiteli obcí. Následně byly s využitím poznatků z průzkumu povodí a závěrů analýz, vytipovány lokality v řešeném území, na které je třeba se zaměřit v souvislosti s realizací některého z opatření pro zvýšení retence a zvodnění území. Vytipovány byly také lokality, v kterých je nutné řešit jiné problémy než je sucho, např. erozi, sesuvnou činnost atd.

## 7.2 Závěry a návrhy uplatnění výsledků

V práci bylo určeno pět lokalit, které je vhodné monitorovat z důvodu hrozící sesuvné činnosti a byla navržena opatření na drobných přítocích Rokytné. Na dolním toku Rokytné byly navrženy čtyři lokality vhodné pro umístění vodní nádrže, nebo jiné přírodě blízké vodní plochy a dále byly určeny čtyři lokality na horním toku, kritické z pohledu stavu lesa nebo vhodné pro zadržení vody, včetně návrhu opatření.

V reakci na chystanou novelu Vodního zákona, byla navržena struktura *Plánu pro zvládání sucha*, která je součástí přílohouvé části této práce. Může být využita municipalitami v případě, že si budou chtít sami tento plán v budoucnu zpracovat. Je však nutné dále sledovat vývoj kolem této novely, jelikož může před schválením dojít k některým změnám v jejím znění. Tyto plány by v budoucnu měly přispět k lepší koordinaci a spolupráci mezi jednotlivými dotčenými orgány v boji se suchem.

Diplomová práce může být využita jako prostředek ke zvýšení informovanosti mezi orgány, které se v krajině a obcích potýkají se stále intenzivnějšími projevy sucha. Například může být podkladem k přípravě osnovy pro vzdělávání občanů a orgánů obcí nebo pro zpracování metodiky týkající se této problematiky. Případně může být využita společnostmi, které se zabývají pomocí obcím v oblasti dotací a projekci vodohospodářských či přírodě blízkých opatření. Tato práce a v ní obsažená doporučení mohou být metodickým dokumentem využitelným municipalitami, správci toků a hospodařícími subjekty pro návrhy projektů konkrétních opatření. Dále může práce napomoci v orientaci, na které lokality se v daném území zaměřit, případně jak a kde monitorovat stav sucha.

Práce bude v případě úspěšného obhájení poskytnuta v digitální formě pro kritické zhodnocení a případné využití, orgánům dotčených krajů (Kraj Vysočina a Jihomoravský kraj), správcům vodních toků v povodí Rokytné (Povodí Moravy, s. p. a Lesy ČR, s. p.), oddělení vodního hospodářství MZe, dotčeným obcím v řešeném území a také ČKAIT. Někteří z nich již o tuto práci projevili zájem v průběhu zpracování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. 1. vydání. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015. ISBN 978-80-87902-11-0.
- [2] Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. *Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v. v. i.* [online]. © 2009–2019 VÚV TGM, v. v. i. [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <http://sucho.vuv.cz/sucho/koncepce-a-metodiky/koncepce-2/>
- [3] Monitoring sucha a jeho dopadů. In: *Stav sucha* [online]. 2014 [cit. 2019-10-09]. Dostupné z: <http://stavsucha.cz/about-indicators/>
- [4] Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky. In: *EAGRI* [online]. © 2009-2019 Ministerstvo zemědělství [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/koncepce-a-strategie/koncepce-na-ochranu-pred-nasledky-sucha.html>
- [5] HAMR: online systém pro zvládání sucha. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. ČHMÚ, 2019 [cit. 2019-10-19]. Dostupné z: <http://hamr.chmi.cz>
- [6] TALLAKSEN, L. a H.A.J. LANEN. *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. Amsterdam: Developments in water science 48, 2004.
- [7] Metodika indikátory sucha. *Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v. v. i.* [online]. © 2009–2019 VÚV TGM, v. v. i., 2014 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <http://sucho.vuv.cz/sucho/koncepce-a-metodiky/metodika-indikatory-sucha/>
- [8] Borové lesy v Polabí usychají. In: *Lesy České republiky, s. p.* [online]. Lesy ČR, 2019 [cit. 2019-07-21]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/tiskova-zprava/borove-lesy-v-polabi-usychaji/>
- [9] Sucho v tocích. In: *Povodí Moravy* [online]. Povodí Moravy, s.p., © 2010–2019 [cit. 2019-07-21]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/galerie/sucho-v-tocich/>
- [10] Mitigace a adaptační možnosti na změnu klimatu pro ČR. In: *Klimatická změna* [online]. Brno: © 2019 Klimatická změna, [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/mitigace-a-adaptacni-moznosti-na-zmenu-klimatu-pro-cr/>
- [11] Veřejná zakázka: PP Rokytné – strž Maliňák. In: *Veřejné zakázky Lesů České republiky, s.p.* [online]. 2006 – 2019 © Lesy České republiky, s.p., [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: [https://zakazky.lesy-cr.cz/contract\\_display\\_10507.html](https://zakazky.lesy-cr.cz/contract_display_10507.html)
- [12] Územní rozhodnutí - rybník Na Holečku. In: *Obec Šebkovice* [online]. Šebkovice, 2010 [cit. 2020-01-06]. Dostupné z: <http://www.sebkovice.cz/vismo/dokumenty2.asp?id=1173&n=uzemni-rozhodnuti-rybnik-na-holecku&defpc=1>
- [13] ŠTEFÁČEK, Stanislav. *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. Praha: Baset, 2008. ISBN 978-80-7340-105-4.
- [14] Pramen Rokytná. In: *Národní registr pramenů a studánek* [online]. 2008 [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: <http://www.estudanky.eu/2854-pramen-rokytna>
- [15] Charakteristiky toků a povodí ČR. In: *DIBAVOD* [online]. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2017 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>

- [16] KESTŘÁNEK, Jaroslav, Vladimír VLČEK, ed. *Vodní toky a nádrže: Zeměpisný lexikon ČR*. Praha: Academia, 1984. Zeměpisný lexikon ČR.
- [17] STARÝ, Miloš. *Hydrologie: Modul 02 - studijní opora*. FAST VUT v Brně, 2005.
- [18] Evidenční list hlásného profilu Příklad. In: *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [online]. © Český hydrometeorologický ústav, [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfbk\\_detail.php?seq=307001](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=307001)
- [19] Detail stanice Moravský Krumlov. In: *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [online]. © Český hydrometeorologický ústav, [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=2505295](http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=2505295)
- [20] Detail měřicího bodu: Rokytná, Moravský Krumlov. In: *Povodí Moravy* [online]. © 2010–2019 Povodí Moravy, s. p., © 2010–2019 [cit. 2019-08-30]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/stav/1024/>
- [21] Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod. In: *Databáze strategií* [online]. © 2019 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.databaze-strategie.cz/cz/mze/strategie/generel-uzemi-chranenych-pro-akumulaci-povrchovych-vod-a-zakladni-zasady-vyuziti-techto-uzemi>
- [22] Mapy charakteristik klimatu. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. ČHMÚ, 2019 [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- [23] *GISELLA Mobilní mapová aplikace* [online]. Brno: © 2019 Envipartner, s. r. o., [cit. 2019-12-17]. Dostupné z: <https://www.gisella.app/cs>
- [24] Veřejná databáze. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/>
- [25] *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1970.
- [26] JANDORA, Jan a Hana UHMANNOVÁ. *Proudění v systémech říčních koryt - studijní opora*. FAST VUT v Brně, 2007.
- [27] VÝBORA, Pavel, Milan RAPLÍK a Karel MAREŠ. *Úprava tokov*. Bratislava: Alfa, 1989. Edícia stavebníckej literatúry. ISBN 80-050-0128-2.
- [28] Mapa rizika vysychání drobných vodních toků v ČR. In: *Hydroekologický informační systém VÚV TGM* [online]. © Výzkumný ústav vodohodpodářský T. G. Masaryka, 2002-2019 [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/Biosucho/default.asp>
- [29] Mapové kompozice. *Voda v krajině* [online]. Sense technologies, 2015 [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: <http://www.vodavkrajine.cz/mapove-kompozice>
- [30] CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005. ISBN 80-860-6482-4.
- [31] Aplikace AOPK ČR. In: *AOPK ČR* [online]. © 2019 AOPK ČR, [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://webgis.nature.cz>
- [32] Mapy - WMS Služby. In: *Národní geoportál INSPIRE* [online]. © CENIA, 2010–2019 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>
- [33] DEMEK, Jaromír, ed. a Peter MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. ISBN 80-860-6499-9.

- [34] Národní přírodní rezervace Krumlovsko – rokytenské slepence. In: *Ochrana přírody a krajiny v České republice* [online]. Praha: © Cittadella Production, 2008 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: [http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPR\\_krumlovsko\\_rokytenske\\_slep\\_cz](http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPR_krumlovsko_rokytenske_slep_cz)
- [35] Mapové aplikace ČGS. In: *Česká geologická služba* [online]. Praha, [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [36] KVÍTEK, Tomáš. *Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce: význam retence vody na zemědělském půdním fondu pro jakost vody a současně i průvodce vodním režimem krystalinika*. Druhé, doplněné vydání. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2018. ISBN 978-80-270-5244-8.
- [37] Taxonomický klasifikační systém půd ČR. In: *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů* [online]. Brandýs nad Labem: © 2019. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, [cit. 2019-12-14]. Dostupné z: [http://www.uhul.cz/images/typologie/taxonomicky\\_klasifikacni\\_system\\_pud\\_v\\_cr.pdf](http://www.uhul.cz/images/typologie/taxonomicky_klasifikacni_system_pud_v_cr.pdf)
- [38] Půda v mapách. In: *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.* [online]. Praha: © 2019, VÚMOP, Půdní služba, [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz>
- [39] *Klimatické oblasti Česka*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2011. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series). ISBN 978-80-86690-89-6.
- [40] Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. In: *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i, [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2018/06/jak-se-projevuje-uroven-zakonnnych-a-technicky-predpisu-na-aplikaci-modrozeleno-infrastruktury/>
- [41] Pozemkové úpravy a tvorba krajiny. *EAGRI* [online]. © 2009-2019 Ministerstvo zemědělství, [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/venkov/archiv/pozemkove-upravy/pozemkove-upravy/pozemkove-upravy-a-tvorba-krajiny.html>
- [42] KUBÁSEK, Miroslav. Sucho dotace. *Sucho v Jihomoravském kraji* [online],[cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.suchovkrajici.cz/dotace>
- [43] Doporučení k projektům malých vodních nádrží. In: *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR* [online]. Praha: © 2019 AOPK ČR,[cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/male-vodni-nadrze/>
- [44] *Suché období 2014-2017: vyhodnocení, dopady a opatření*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2018. ISBN 978-80-87577-81-3.
- [45] Vakové jezy. In: *AQUATIS* [online]. © 2015 AQUATIS a.s., [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://www.aquatis.cz/obor.php?meid=6>
- [46] Hlásná síť - Podzemní vody. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: © Český hydrometeorologický ústav, [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_pzv.php](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php)
- [47] *Mapy.cz* [online]. Praha: © Seznam.cz, a.s., [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

**Pozn.:** Údaje převzaté z internetu byly citovány přímo.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Epizody sucha v Evropě za období mezi lety 2002–2012 [2].....	4
Obr. 2: Postupná gradace sucha v čase [4] .....	7
Obr. 3: Stav meteorologického sucha, léto 2019 [5] .....	8
Obr. 4: Stav hydrologického podzemního sucha, léto 2019 [5].....	9
Obr. 5: Stav hydrologického povrchového sucha, léto 2019 [5].....	9
Obr. 6: Stav zemědělského sucha, léto 2019 [5].....	10
Obr. 7: Souhrnný stav sucha v ČR, léto 2019 [5].....	11
Obr. 8: Projevy sucha na zemědělské půdě [1] .....	17
Obr. 9: Dopady sucha na lesy [8].....	18
Obr. 10: Dopady sucha – řeka Rokytná u Ivančic v srpnu 2018 [9].....	19
Obr. 11: Nádrž a tůň v meandru Rokytné u Ivančic .....	23
Obr. 12: Pramen řeky Rokytné u obce Chlístov [14] .....	24
Obr. 13: Zjednodušený podélný profil toku (1:1000/100) .....	25
Obr. 14: Lokalizace povodí Rokytné .....	26
Obr. 15: Hustota říční sítě v povodí Rokytné [15].....	27
Obr. 16: Poloha hlásných profilů na řece Rokytné.....	30
Obr. 17: Lokalita pro akumulaci povrchových vod Horní Kounice [21].....	31
Obr. 18: Výšková členitost v povodí Rokytné [15] .....	32
Obr. 19: Sklonitost v povodí řeky Rokytné [15].....	33
Obr. 20: Expozice svahů vůči světovým stranám v povodí Rokytné [15] .....	33
Obr. 21: Průměrné roční teploty v letech 1981–2010 na území ČR [22] .....	34
Obr. 22: Průměrný úhrn srážek v letech 1981–2010 na území ČR [22].....	35
Obr. 23: Ukázka z mobilní aplikace Gisella.....	36
Obr. 24: Rozmístění lokalit pořízení fotodokumentace (upraveno v QGIS).....	37
Obr. 25: Okolí vyschlého toku v ř. km 87,1 .....	38
Obr. 26: Rokytná v Kojeticích v ř. km 80,2 .....	38
Obr. 27: Rokytná v Šebkovicích ř. km 76,0 .....	39
Obr. 28: Rokytná v Popovicích ř. km 71,6 těsně před soutokem s Rokytkou .....	39
Obr. 29: Rokytká – přítok Rokytné u Bohušic 2,8 km před ústím.....	40
Obr. 30: Řeka Rokytká (vlevo) a Rokytná (vpravo) před soutokem .....	40
Obr. 31: Pohled na Rokytnou za soutokem.....	41
Obr. 32: Rokytná za soutokem s Rokytkou u zámku v Jaroměřicích.....	41

Obr. 33: Rokytná v Biskupicích ř. km 52,2.....	42
Obr. 34: Rokytná u Tavíkovíc ř. km 38,2.....	42
Obr. 35: Řeka Rokytná v Tulešicích těsně před jezem ř. km 28 .....	42
Obr. 36: Rokytná v Rybníkách ř. km 20,5 .....	43
Obr. 37: Rokytná v Moravském Krumlově před a za MVE ř. km 14,5 .....	44
Obr. 38: Řeka Rokytná nedaleko osady Rokytná ř. km 9,1 .....	44
Obr. 39: Rokytná u Němčic v místě odběru vzorku vlevo (6/2019) a vpravo (6/2013).....	44
Obr. 40: Řeka Jihlava za soutokem s Rokytnou.....	45
Obr. 41: Příčný řez korytem Rokytné v místě odběru vzorku .....	47
Obr. 42: Odběrné místo .....	47
Obr. 43: Lokalita, kde byl odebrán vzorek R1 ze dna toku .....	48
Obr. 44: Místo a provedení odběru vzorku R1 ze dna Rokytné .....	48
Obr. 45: Třepací přístroj Endecotts Octagon 200 .....	49
Obr. 46: Vymezení řešeného území dle povodí IV. řádu .....	64
Obr. 47: Sklonitostní poměry v řešeném území [28].....	66
Obr. 48: Orientace svahů v řešeném území.....	67
Obr. 49: Biochory zastoupené v řešeném území [30].....	68
Obr. 50: Geomorfologické okrsky v řešeném území [30] .....	70
Obr. 51: Geologické poměry v řešeném území [34].....	72
Obr. 52: Hydrogeologické poměry v řešeném území [34].....	73
Obr. 53: Vrtná prozkoumanost v řešeném území [34] .....	75
Obr. 54: Pedologické poměry v řešeném území [34] .....	76
Obr. 55: Hydrologické skupiny půd v řešeném území [37] .....	78
Obr. 56: Klimatické poměry v řešeném území [30] .....	79
Obr. 57: Přehled vodních toků v řešeném území .....	83
Obr. 58: Podélný profil Rokytné v řešeném území (1:500/50) .....	83
Obr. 59: Land Cover v řešeném území [31].....	88
Obr. 60: Příklad decentralizovaného hospodaření s dešťovou vodou [39] .....	93
Obr. 61: Lokalita nevhodná (vlevo) a vhodná (vpravo) pro realizaci nádrže [42] .....	105
Obr. 62: Porovnání krajiny v okolí Rokytné na horním toku – 2011 (vlevo) a 2018 [46].....	106
Obr. 63: Lokality doporučené k řešení dle terénního průzkumu .....	108
Obr. 64: Lokality vhodné pro návrh MVN .....	111
Obr. 65: Lokality pro snížení sesuvné činnosti.....	112

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1: Kategorizace sucha podle indikátoru SPI [7] .....	16
Tabulka 2: N-leté průtoky na hlásném profilu v Příštpu [18].....	29
Tabulka 3: N-leté průtoky na hlásném profilu A v Moravském Krumlově [19] .....	29
Tabulka 4: N-leté průtoky na hlásném profilu C v Moravském Krumlově [20] .....	30
Tabulka 5: Zrnitostní charakteristika vzorku R1 .....	51
Tabulka 6: Granulometrický rozbor vzorku R1 – zrnitostní složení .....	52
Tabulka 7: Průměrné roční hodnoty v povodí Rokytné [24] .....	54
Tabulka 8: Průměrné roční hodnoty v povodí Rokytky [24].....	54
Tabulka 9: Průměrné roční hodnoty v povodí Jihlavy [24] .....	54
Tabulka 10: Výsledky výpočtu množství plavenin .....	58
Tabulka 11: Množství dnových splavenin dle Meyer-Petera.....	59
Tabulka 12: Množství dnových splavenin dle Einsteina.....	61
Tabulka 13: Množství dnových splavenin dle Scholkitsche .....	62
Tabulka 14: Přehled výsledků výpočtu dnových splavenin v profilu R1 .....	62
Tabulka 15: Biochory v řešeném území [29], [30] .....	69
Tabulka 16: Geomorfologické členění [31].....	70
Tabulka 17: Data z vrtů poskytnutá od ČGS.....	74
Tabulka 18: Hydrologické skupiny půd [37].....	77
Tabulka 19: Charakteristika klimatických oblastí MT11 a T2 dle Quitta (1971) [38] .....	79
Tabulka 20: Seznam vodotečí v řešeném území .....	82
Graf 1: Granulometrická křivka vzorku R1 .....	50
Graf 2: Grafické porovnání výsledků výpočtu množství plavenin .....	58
Graf 3: Grafické porovnání výsledků výpočtu množství dnových splavenin .....	63
Graf 4: Průměrná roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov.....	80
Graf 5: Maximální roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov .....	81
Graf 6: Minimální roční teplota měřená na HP Moravský Krumlov .....	81
Graf 7: Roční průměrná výška hladiny Rokytné, HP v Moravském Krumlově.....	84
Graf 8: Roční maximální výška hladiny Rokytné, HP Moravský Krumlov .....	85
Graf 9: Průměrný roční průtok měřený na HP Moravský Krumlov.....	86
Graf 10: Maximální roční průtok měřený na HP Moravský Krumlov .....	86

## PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\alpha$	koeficient tvaru povodí
$d_e$	průměr efektivního zrna [m]
$d_i$	velikost zrna odpovídající $\theta\%$ propadu na síť
$p_i$	procentuální podíl zrn $i$ -té frakce
$q_b$	specifický měrný průtok splavenin [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
č. h. p.	číslo hydrologického pořadí
GIS	geografické informační služby
k. ú.	katastrální území
IDVT	identifikační číslo vodního toku
JE	jaderná elektrárna
KES	koeficient ekonomické stability
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MVE	malá vodní elektrárna
MZE	Ministerstvo zemědělství
NPR	národní přírodní rezervace
MPZ	městská památková zóna
LAPV	lokalita pro akumulaci povrchových vod
OPŽP	operační program životního prostředí
PP	přírodní park
$Q_{pl}$	množství plavenin [ $kg \cdot s^{-1}$ ]
$Q_{sp}$	množství splavenin [ $kg \cdot s^{-1}$ ]
$Q_i$	průtok dosažený alespoň $i$ dní v roce
ř. km	říční kilometr
s. p.	státní podnik
SPÚ	státní pozemkový úřad
ST	správa toků
TTP	trvalé travní porosty
ÚSES	územní systém ekologické stability
VN	vodní nádrž
ŽP	životní prostředí

**Pozn.:** Další zkratky byly vysvětleny přímo v místě jejich použití.

## OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

1. Diplomová práce – hlavní část
2. Diplomová práce – přílohová část
3. Podklady