



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VODNÍHO TOKU VE SPRÁVĚ POVODÍ MORAVY, S. P.

ASSESSMENT OF THE WATER FLOW IN THE MORAVA RIVER BASIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

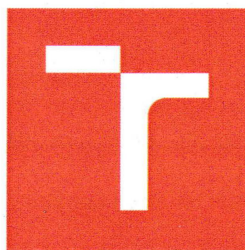
Lucie Cetkovská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVIŠTĚ Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT Lucie Cetkovská
NÁZEV Posouzení vodního toku ve správě Povodí Moravy, s. p.
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE Ing. Hana Uhmánová, CSc.
DATUM ZADÁNÍ 30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ 26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Geodetické podklady – příčné řezy.

Odborná literatura:

Raplík M., Výbora P., Mareš K.: Úprava tokov, Alfa, Bratislava. 1989.

Mareš K.: Úpravy toků, ČVUT, Praha. 1997.

Chow, Ven Te.: Open Channel Flow. Mc Graw Hill Book Company. 1959.

<http://www.hec.usace.army.mil>

Kolář, V., Patočka, C., Bém, J.: Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha. 1983.

Just T., Šámal V., Dušek M., Fischer D., Karlík P., Pykal J. Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 2003.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Na základě podrobného průzkumu proveďte posouzení stávajícího stavu vodního toku Romže v intravilánu města Prostějov, městská část Držovice. V rámci bakalářské práce se zaměřte především na:

- popis současného stavu koryta toku,
- zjištění kapacity toku,
- návrh opatření na zlepšení současného stavu koryta toku,
- ideový návrh na zvýšení protipovodňové ochrany přilehlého okolí.

Přesné vymezení řešeného úseku bude provedeno při předání podkladů.

Bakalářská práce bude obsahovat:

Textovou část – úvod, informace o toku, popis řešené lokality, popis stávajícího stavu vodního toku, hydrotechnické výpočty na ověření kapacity, zhodnocení, závěr.

Přílohy – výkresová dokumentace (situace, podélný profil, příčné řezy).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Hana Uhmánová, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení části toku Romže, která je ve správě Povodí Moravy, s. p. Romže protéká intravilánem obce Držovice, kde se nachází vymezená oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem. Na toku je posouzen současný stav vycházející z pochůzky lokalitou a podkladů. Pro posouzení kapacity koryta a objektů v řešeném úseku byl proveden výpočet pomocí 1D programu HEC-RAS, ve kterém byly vyneseny jednotlivé příčné profily a zadány N-leté průtoky toku. Na základě výsledků z programu bylo navrženo přírodě blízké protipovodňové opatření pro návrhový průtok koryta.

KLÍČOVÁ SLOVA

Návrhový průtok, přírodě blízké protipovodňové opatření, návrh opatření, řeka Romže, HEC-RAS.

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the assessment of a part of the stream Romže which is managed by the Povodí Moravy, s. p. The Romže is located in the urban area of the village Držovice. There is a defined area with a potentially significant flood risk. The description of the current condition of the river part is based on the inspection and background materials. The calculations for assessment of channel capacity and the capacity of objects in the location were made by the 1D program HEC-RAS. The individual cross-sections and the N-year flow of the river were put in the program. Based on these results, near-natural flood protection measures for designed channel capacity of the river have been designed.

KEYWORDS

Designed channel capacity, near natural flood protection measures, the draft measures, river Romže, HEC-RAS.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Lucie Cetkovská *Posouzení vodního toku ve správě Povodí Moravy, s. p.*. Brno, 2017.
52 s., 67 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Hana Uhmánová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2017

Lucie Cetková
autor práce

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Haně Uhmannové, CSc. za odborné vedení své bakalářské práce, poskytnutí potřebných podkladů, odborných rad a čas, který mi věnovala při konzultacích.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Obsah | 8 |
| 1 Úvod | 10 |
| 2 Popis zájmového území | 11 |
| 2.1 Správní údaje | 11 |
| 2.2 Údaje o povodí | 11 |
| 2.3 Geologické poměry | 14 |
| 2.4 Hydrogeologické poměry | 15 |
| 2.5 Pedologické poměry | 15 |
| 2.6 Klimatické poměry | 17 |
| 2.7 Hydrologické poměry | 18 |
| 2.8 Údaje o zemědělství | 18 |
| 2.9 Údaje o lesnictví | 19 |
| 2.10 Údaje o průmyslu | 19 |
| 2.11 Požadavky na odběry | 19 |
| 2.12 Čistota vod | 20 |
| 2.13 Životní prostředí | 21 |
| 3 Popis stávajícího stavu toku v řešené lokalitě | 22 |
| 3.1 Lokalita | 22 |
| 3.2 Popis úseků | 22 |
| 3.2.1 I. dílčí úsek - ř. km 0,9889 - 1,4707 | 23 |
| 3.2.2 II. dílčí úsek - ř. km 1,4708 - 1,8842 | 24 |
| 3.2.3 III. dílčí úsek - ř. km 1,8842 - 2,2379 | 25 |
| 3.2.4 IV. dílčí úsek - ř. km 2,2379 - 2,4734 | 26 |
| 4 Protipovodňová opatření | 27 |
| 4.1 Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu | 27 |
| 4.2 Technické protipovodňové úpravy | 30 |
| 4.2.1 Revitalizace vodního toku | 30 |
| 4.2.2 Přírodě blízké protipovodňové opatření | 31 |
| 5 Hydrotechnické výpočty | 34 |
| 5.1 HEC-RAS | 34 |
| 5.1.1 Metoda po úsecích | 34 |
| 5.2 Vstupní data pro výpočet kapacitního průtoku | 35 |
| 5.2.1 Geometrická data | 35 |
| 5.2.2 Okrajové podmínky | 37 |
| 5.3 Ověření kapacity původního koryta | 38 |
| 5.4 Ověření kapacity navrženého přírodě blízkého protipovodňového opatření | 40 |
| 6 Technický návrh protipovodňového opatření | 41 |
| 6.1 Územní plán v Držovicích | 41 |
| 6.2 Návrh přírodě blízkého protipovodňového opatření | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.2.1 | Podélný profil nivelety | 42 |
| 6.2.2 | Vzorové příčné profily | 42 |
| 6.2.3 | Návrh stabilizačního opatření | 44 |
| 6.2.4 | Návrh vegetačního doprovodu | 44 |
| 6.2.5 | Zhodnocení návrhu | 44 |
| 7 | Závěr | 46 |
| | Reference | 47 |
| | Seznam tabulek | 49 |
| | Seznam obrázků | 50 |
| | Seznam použitých zkratk a symbolů | 51 |
| | Seznam příloh | 52 |

1 Úvod

V minulosti docházelo k technickým vodohospodářským úpravám toků k zajištění protipovodňové ochrany, kdy byly povodňové průtoky řek soustředěny do kapacitních koryt. Koryta byla upravována často do jednoduchých geometrických tvarů a napřímením jejich trasy voda odtékala rychleji z krajiny a tím nezpůsobovala škody na majetcích podél toku v intravilánu při průchodu povodně. Technickými opatřeními docházelo ke zúžení přirozených říčních pásů a jejich niv a docházelo také k odvodnění zamokřených ploch. Zásahy do přirozených koryt řek byly nepříznivé a tím docházelo k rychlejšímu odtoku povodňové vlny do nižších částí toku.

V dnešní době, kde je údolní niva významnou částí ochrany před povodněmi, je snaha napravit škody způsobené předešlými úpravami. Přistupujeme k revitalizacím toků a k návrhům protipovodňové ochrany blízké přírodě.

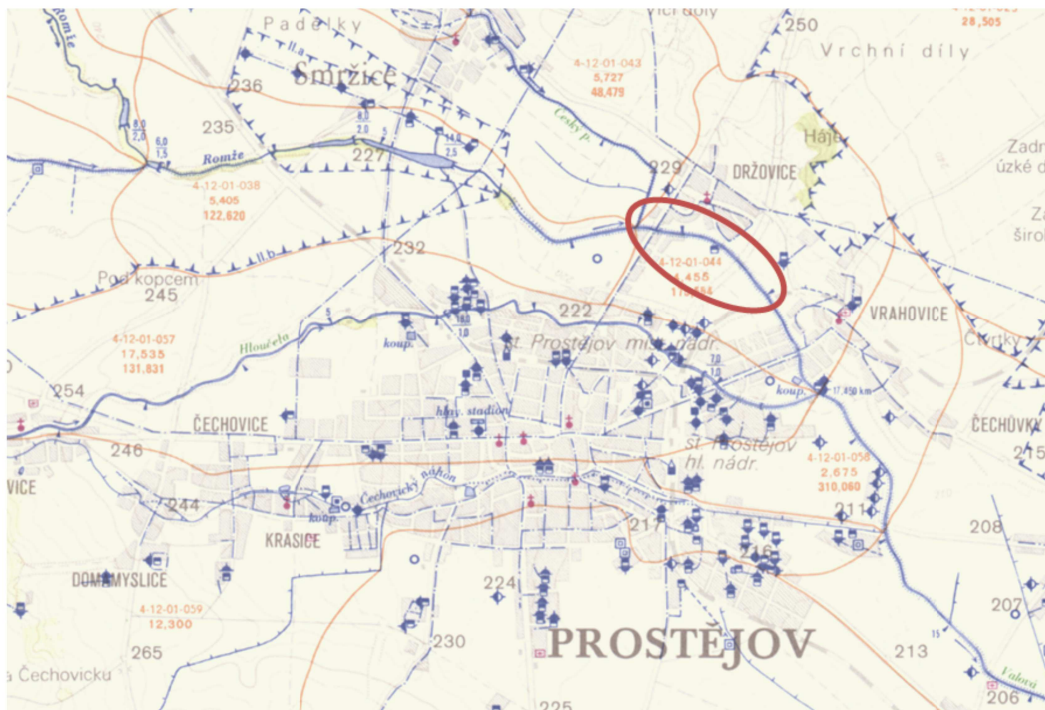
Cílem práce bylo popsat současný stav koryta toku a zjistit jeho kapacitu. Na základě zjištěných poznatků o současném stavu koryta bylo navrženo opatření na zvýšení protipovodňové ochrany přilehlého okolí a zlepšení současného stavu toku.

V rámci bakalářská práce byl posouzen současný stav řešeného úseku toku Romže, který je ve správě Povodí Moravy, s. p. Romže protéká intravilánem obce Držovice. Pomocí 1D programu HEC-RAS s vloženými geometrickými a okrajovými podmínkami pro zájmovou část toku byla vypočtena kapacita koryta. Na základě výsledků z programu bylo navrženo přírodě blízké protipovodňové opatření s ohledem na bezpečný průchod povodně při návrhovém průtoku.

2 Popis zájmového území

2.1 Správní údaje

| | |
|--|---|
| Název toku: | Romže |
| Kilometráž zájmového úseku: | Říční km 0,9889 - 2,4734 |
| Katastr obce: | Držovice |
| Katastrální území: | Držovice na Moravě |
| Kraj: | Olomoucký kraj |
| Správa toku: | Povodí Moravy, s. p., Dřevařská 932/11, 60200 Brno |
| Číslo vodohospodářské mapy: | 24-24 |
| Číslo hydrologického pořadí pozorovaného úseku: | 4-12-01-0440-0-00 [1, 2] |



Obrázek 1: Vodohospodářská mapa Romže s označením zájmového úseku. [3]

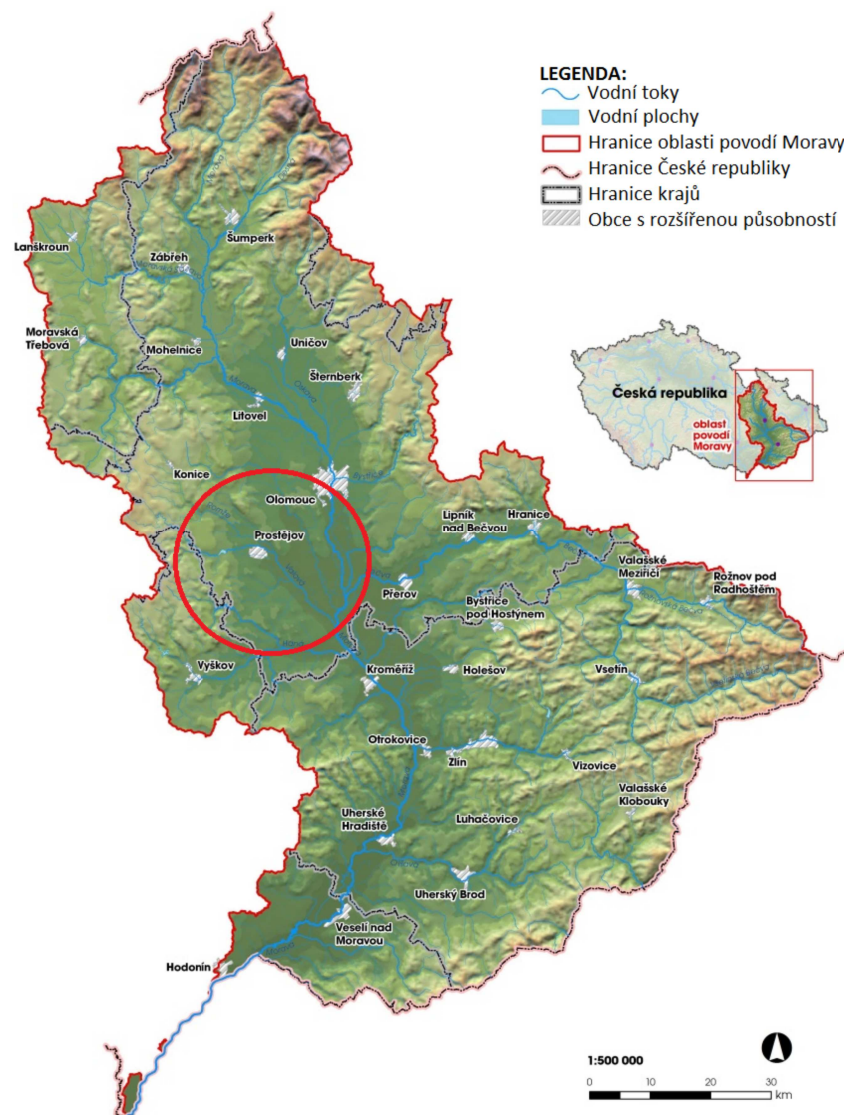
2.2 Údaje o povodí

Řeka Romže náleží správnímu obvodu města Prostějova a nachází se v dílčím povodí Moravy a přítoků Váhu v jihovýchodní části České Republiky. Oblast povodí má protáhlý tvar směrem od jihu k severu a zasahuje celkem do pěti krajů - do kraje

Zlínského, Jihomoravského, Pardubického, Moravskoslezského a z největší části do kraje Olomouckého. Správcem oblasti povodí Moravy je Povodí Moravy, s. p. Největší řekou v povodí je řeka Morava, která se vlévá se do Dunaje na hranicích Rakouska a Slovenska. Řeka Morava má poměrně velké převýšení od pramene po závěrný profil, kde je v oblasti Kralického Sněžníku v nadmořské výšce kolem 1380 *m n. m.* a v místě závěrného profilu u města Lanžhotu s nadmořskou výškou 148 *m n. m.* s celkovou délkou toku 329 *km.* [1]

Levostranné přítoky Moravy: Desná, Krupá, Branná, Oskava, Bystřice, Bečva, Olšava, Velička.[6]

Pravostranné přítoky Moravy: Sázava, Třebůvka, Haná, Romže (Valová). [6]



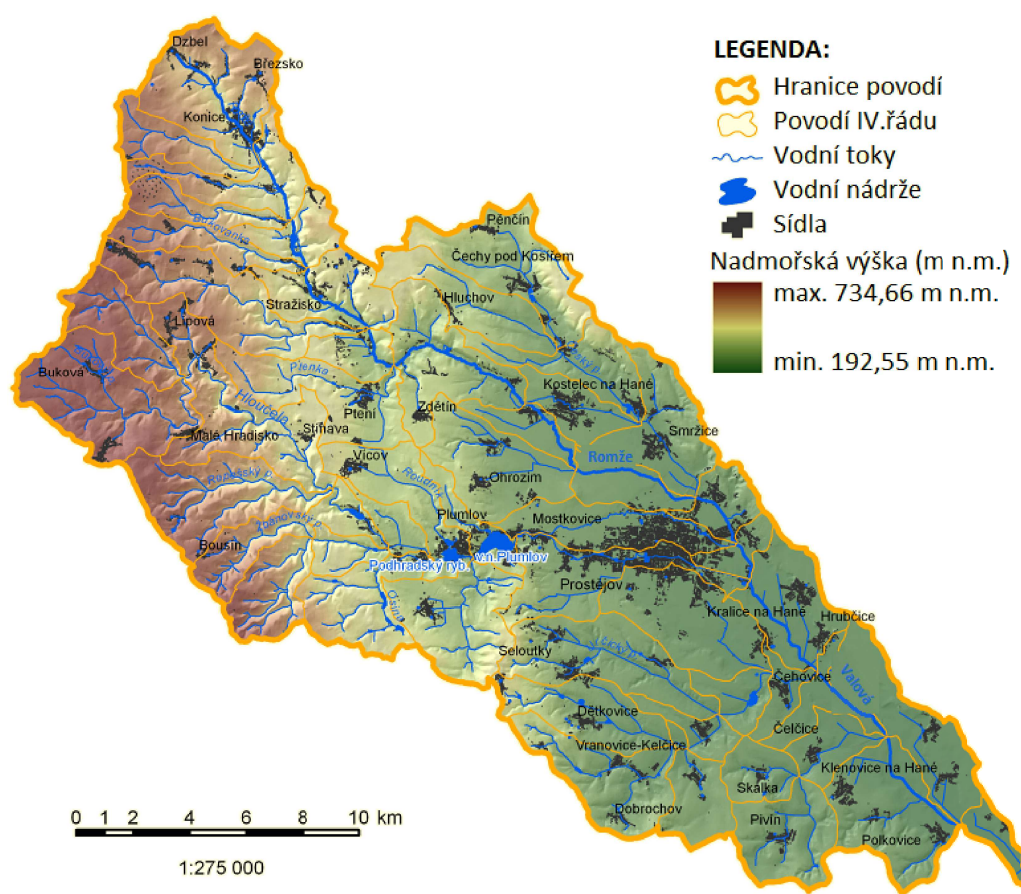
Obrázek 2: Povodí Moravy a přítoku Váhu s vyznačeným povodím řeky Romže. [1]

Řeka Romže (Valová) je pravostranným přítokem řeky Moravy, která patří do subpovodí Moravy od Bečvy po Hanou. Romže pramení severozápadně od Konice u obce Dzbel ve výšce 485 m n. m.. a protéká Prostějovem, kde se do ní vlévá řeka Hloučela. Soutokem Romže s Hloučelou vzniká řeka Valová, která se vlévá do řeky Moravy v 193 m n. m. u obce Uhřice severně od Kojetína. Koryto toku je tvaru jednoduchého lichoběžníku s délkou 31 km a plochou povodí 177,98 km². [4, 5]

Toky Romže a Valová protékají stejným korytem po celé své délce, ale s odlišným názvem. V úseku od pramene po soutok s Hloučelou se řeka jmenuje Romže. Od místa soutoku s Hloučelou po soutok s Moravou se řeka přejmenovává na Valovou. V mnoha případech je použito pro Romži i Valovou společné staničení. Pro popis zájmového území je použito staničení pouze pro část řeky Romže, tj. ř. km 0,9889 - 2,4734.

Levostranné přítoky Romže a Valové: Viklička, Český potok.[6]

Pravostranné přítoky Romže a Valové: Okenná, Vřesůvka, Hloučela, Lešanský potok, Ptenka, Brodecký potok, Bukovanka, Divoký potok, Otínský potok. [6]

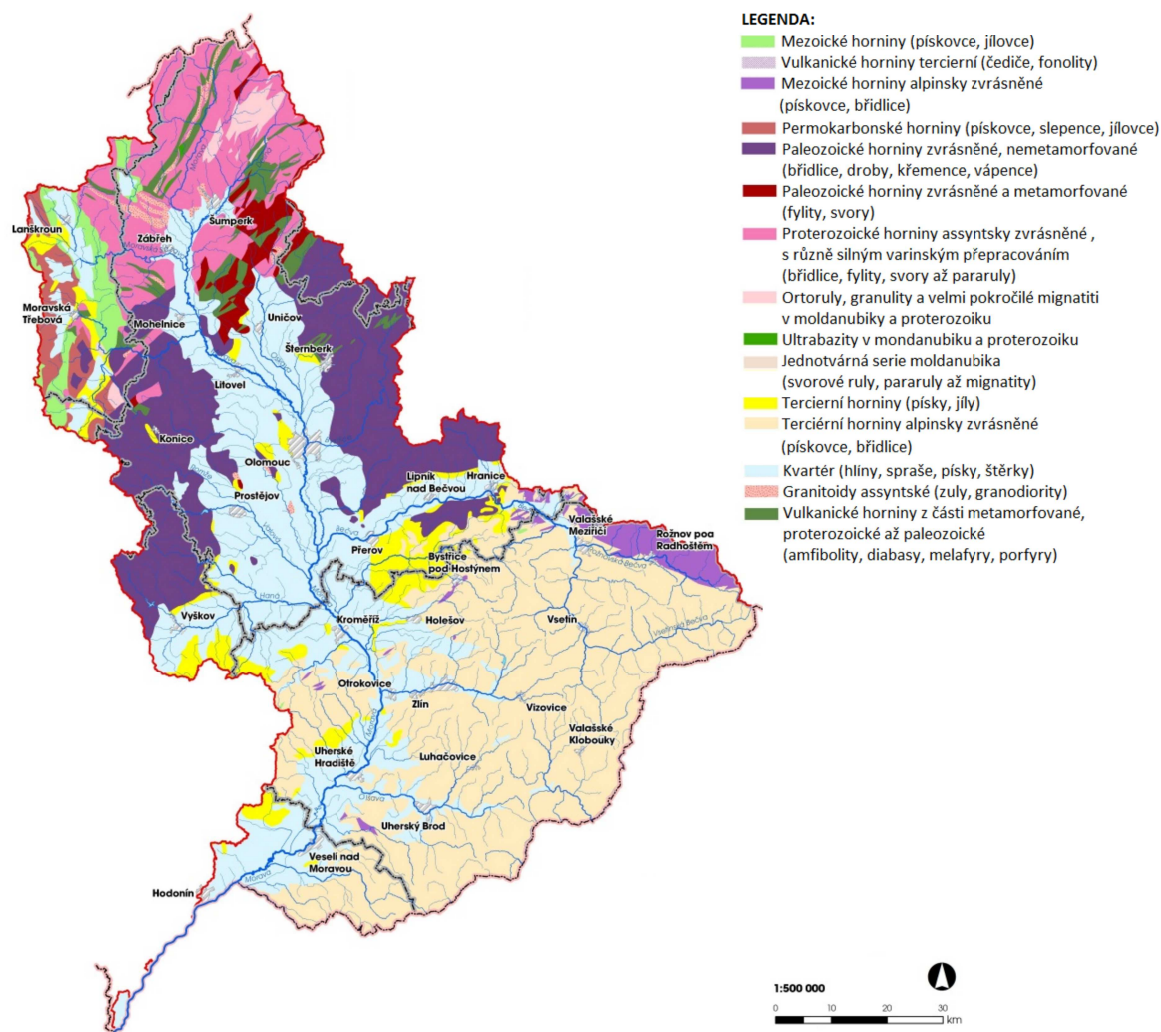


Obrázek 3: Přehledná mapa povodí Romže. [7]

2.3 Geologické poměry

Z hlediska geologického rozdělení zasahuje oblast povodí Moravy do dvou základních jednotek České republiky - Českého masivu a Vnějších Západních Karpat. [1]

Karpatská oblast byla zformována alpínskou ortogenezí, kdy se část Karpat sunula na okraj Českého masivu, a tím vznikly příkrovy terciérních hornin a horniny paleogénu, které se nacházejí převážně na jihovýchodě až východě dílčího povodí. Horniny paleogénu tvoří převážně flyše, břidlice, jílovce, pískovce, jíly a slíny. [1]



Obrázek 4: Geologické poměry v oblasti povodí Moravy. [1]

Během období prvohor v období středního devonu až svrchního karbonu procesem konsolidací varinského horstva vznikl Český masiv. V severní části převládají proterozoické horniny - břidlice, fylity, svory a pararuly, dále paleozoické horniny - fylity, svory, amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry a mezoické horniny - pískovce a jílovce. Ve střední části povodí je oblast moravskoslezská tvořící horniny vzniklé varinským vrásněním, kde vznikaly ortoruly, amfiboly, karbonáty, svory, fylity,

pararuly, vulkanity a další horniny. Západní oblast tvoří paleozoické horniny - břidlice, droby, křemence a vápence. [1]

Část území města Olomouc patří do oblasti brunovistulika, kde se na povrchu objevují magmatické horniny a vulkanity. Na povrch vystupují také devonské horniny na území mezi Olomoucí a Prostějovem. V okolí Dražanské vrchoviny se nacházejí karbonské sedimenty jako jsou slepence, droby a břidlice. [1]

2.4 Hydrogeologické poměry

Povodí Moravy lze rozdělit na základě geologických poměrů do tří hydrogeologických oblastí - západní, jesenická a beskydsko-karpatská oblast. [1]

Západní oblast se rozléhá v západní části toku Morava, kde převládají především pahorkatiny Českomoravské vrchoviny. Oblast tvoří krystalické břidlice nebo křídly, které mají relativně nízký zvětralinový plášť, průlinovou propustnost a neobsahují významné akumulace podzemní vody. Zatímco vápence, nacházející se v této oblasti, jsou charakteristické akumulací krasových vod a vyznačují se velkou vydatností vody - ojediněle přes 10 l/s. V této oblasti jsou roční úhrny srážek pod 600 mm a s tím související specifický odtok pod 3 l/s/km². [1]

Jesenickou oblast tvoří pramenná část řeky Moravy a povodí levostranných přítoků až po Bečvu. Horniny zde neumožňují vhodné podmínky, stejně jako v západní oblasti, pro akumulaci podzemních vod. Roční úhrny srážek překračují 650 mm a na svazích Hrubého Jeseníku více než 1000 mm. Specifický průtok v oblasti zalesněných Jeseníků přesahuje 10 l/s/km² a směrem k Hornomoravskému úvalu klesá pod 5 l/s/km². [1]

Beskydsko-karpatská oblast je tvořena flyšovými horninami, které jsou charakteristické omezenou propustností způsobenou flyšovým charakterem souvrství, které způsobuje nepravidelné odtoky. Roční úhrny srážek překračují 600 mm a v Beskydech 1000 mm. Specifický odtok je v některých místech až nad 20 l/s/km² a v Dolnomoravském úvalu klesá na hodnoty pod 3 l/s/km². [1]

V některých místech povodí Moravy se vyskytují podzemní vody mineralizovaného (Český masiv) a termálního charakteru (Vnější Západní Karpaty). [1]

2.5 Pedologické poměry

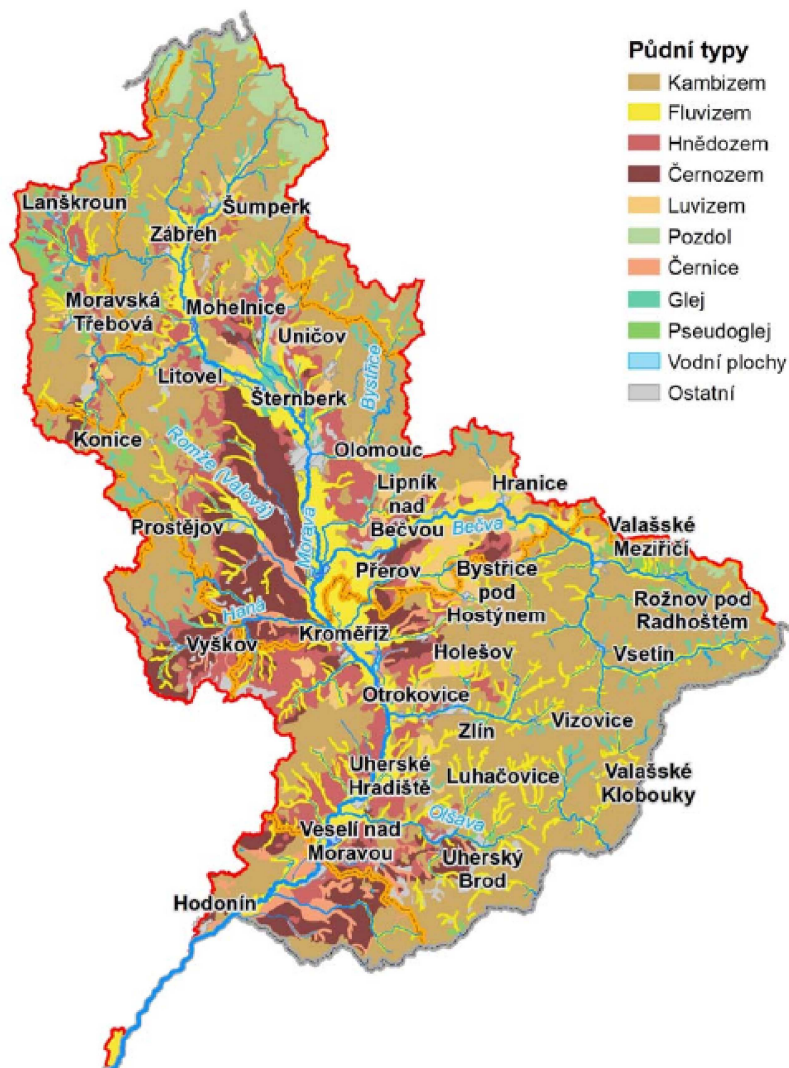
V oblasti povodí Moravy převažuje výskyt půdních typů: černozem, hnědozem, kambizem, ale vyskytují se zde i další typy, např. ranker, černice a šedozem. [1]

Černozemě se vyskytují v nížinách v nadmořských výškách do 250 m n. m.. Mají schopnost hromadit a přeměňovat organické látky a svými dobrými fyzikálními, biologickými a chemickými vlastnostmi patří k nejúrodnějším půdám, proto jsou využívány jako půdy orné. [1]

Hnědozemě patří také mezi úrodné půdy rozšířené v nížinách a v rovinách do nadmořské výšky 400 m n. m.. [1]

Fluvizem se vyvíjí z povodňových sedimentů obsahujících živiny s hlinitopísčitou až jílovitou zrnitostí a jsou využívány k pěstování plodin. [1]

Kambizem patří mezi hnědé půdy charakteristické vysokou pórovitostí, u kterých dochází k tvorbě jílu a chemickému zvětrávání prvotních minerálů způsobujících uvolňování železa, manganu a hliníku, které má za následek hnědnutí půdy. Tyto půdy jsou typické v oblasti lesů, především ve svazích pahorkatin, vrchovin a hornatin. [1]

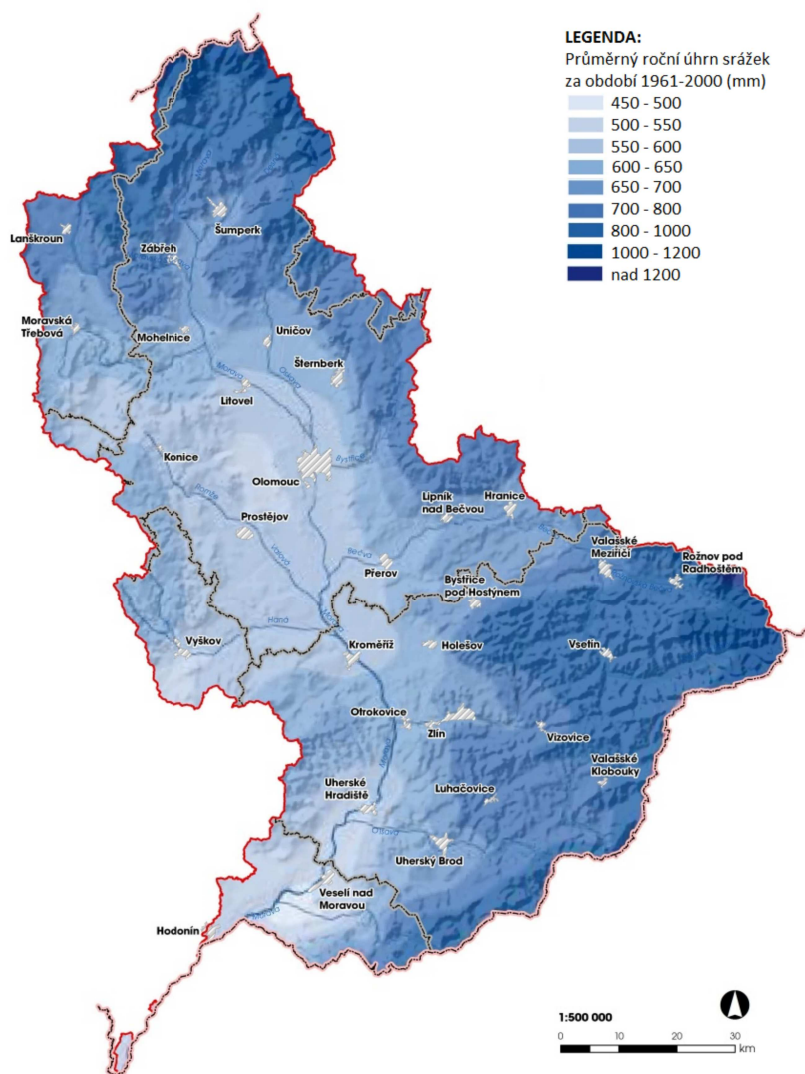


Obrázek 5: Pedologické poměry. [1]

2.6 Klimatické poměry

Klimatické poměry jsou dány na základě střídání čtyř ročních období charakteristických pro mírné klima. Z důvodů rozsáhlé oblasti a výškových rozdílů jsou klimatické poměry v oblasti povodí Moravy poměrně pestré. Vyskytují se zde oblasti teplé, mírně teplé i chladné. Teplé oblasti jsou v pásu šířky 20 km, převážně na území podél řeky Moravy od Lanžhotu až pod Šumperk. V severní části povodí v okolí Pradědu jsou oblasti chladné o rozloze 300 km², a ve zbyvajících oblastech převládají poměry mírně teplé. [1]

Průměrný dlouhodobý úhrn srážek za období 1961 - 1990 je 670 mm. Nejvíce srážek se vyskytuje v měsíci červen - 89 mm a nejméně v únoru - 37 mm. [1]



Obrázek 6: Průměrný dlouholetý roční úhrn srážek. [1]

Dlouholetá průměrná roční teplota vzduchu je 8,1 °C. Nejteplejší měsíc je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 17,7 °C a nejchladnější je leden s průměrnou teplotou vzduchu -2,6 °C. [1]

2.7 Hydrologické poměry

V horské části povodí Moravy je nejvíce vodné období v dubnu nebo březnu způsobené táním sněhu a nejméně v měsících lednu a únoru. V období prosince až května odteče až 60% celoročního odtoku. Ve vrchovino-nížinné oblasti je největší vodnatost toků v zimě a na jaře, kdy je odtok nad 60% způsobený dešťovými i sněhovými srážkami. [1]

Průměrné roční N-leté průtoky m^3/s :

Tabulka 1: Průměrné roční N-leté průtoky m^3/s . [9]

| Romže | Q ₁ m^3/s | Q ₅ m^3/s | Q ₁₀ m^3/s | Q ₂₀ m^3/s | Q ₅₀ m^3/s | Q ₁₀₀ m^3/s | Q ₅₀₀ m^3/s |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| nad Českým potokem | 4,5 | 12,1 | 16,5 | 21,8 | 29,9 | 37 | 60 |
| nad Hloučelou | 5,5 | 14,1 | 19 | 24,7 | 33,4 | 41 | 66 |

Tok Romže je poměrně málo vodnatý s ojedinělými výskyty povodní. V období jarních přívalových vod a extrémních srážek je nutno tok sledovat a to především v místech správního obvodu města Prostějova v chatové oblasti obce Zdětín, v Držovicích a Vrahovicích. [10]

Na řece Valová (od Prostějova až po hranici obvodu Přerov) už nedochází k vybřežování vody z koryta z důvodu příslušné úpravy na toku. Na Českém potoce, který je částečně upraven je riziko povodně při průchodu velkých průtoků a při omezení průtoku. Na řece Hloučele v posledních letech nedošlo k významným povodňovým situacím, ale je zde riziko vybřežení vody za povodňových situacích nad obcí Hamry a v oblasti Hamerských rybníků nebo při ucpání stavidel na Podhradském rybníku v Plumlově. [10]

Poslední povodně zasáhly území Romže v roce 2005 a 2006, kdy nastalo vybřežení řeky Hloučely a Romže při průtoku Q_{50} . Voda způsobila zaplavení především zahrad a sklepů rodinných domů. V roce 2011 bylo aktualizováno záplavové území pro řeky Romže, Hloučelu, Valovou a Český potok pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . [11]

2.8 Údaje o zemědělství

V oblasti povodí Moravy převažuje zemědělská půda, která se rozléhá na 53,03% plochy povodí, z toho 37,93% připadá na půdu ornou. Zbývající procentuální část zastupují trvalé travní porosty, sady, zahrady a vinice. Nejběžnějšími pěstovanými plodinami jsou obiloviny, které jsou zastoupeny na více než polovině orné půdy. Dalšími častými plodinami jsou pícniny a technické plodiny. [1]

Na území povodí Romže po soutok s Hloučelou se vyskytuje orná půda tvořící 59,9% plochy povodí, kde se převážně pěstuje řepka olejná a řepa cukrová. [5]

V okolí zájmového úseku Romže se nachází zemědělská družstva ve Vrahovicích a Smržicích s rostlinnou i živočišnou výrobou.

2.9 Údaje o lesnictví

V horní části toku Romže v oblasti Dražanské vrchoviny se nacházejí listnaté a jehličnaté lesy v oblasti od pramene až po Stražisko.

2.10 Údaje o průmyslu

V Držovicích kolem ř. km 1,150 toku se nachází společnost Galva s. r. o., která poskytuje služby v oblasti povrchových úprav kovů - galvanické zinkování a fosfátování. Firma zaměstnává přibližně 50 zaměstnanců. Na levém břehu je vyústění dešťové vody, které vede z areálu společnosti. [12]

V blízkosti levého břehu Romže v ř. km. 1,000 za dálničním mostem má své sídlo společnost NEKR SERVIS s. r. o. zabývající se vývojem, výrobou a opravami přídatných zařízení stavebních strojů, hydraulických válců a přídatných zařízení stavebních strojů.

Po pravé straně toku na ulici Olomoucká jsou čerpací stanice LPG a OMW. Dále je zde obchodní centrum s hypermarketem TESCO, s obchodní galerií Arkáda, s PLANEO elektrem a s prodejnou stavebních materiálů.

Ve Smržicích po levé straně Romže sídlí společnost SEMO a. s., která je významnou českou společností zabývající se šlechtěním, produkcí a prodejem osiv zeleniny, květin, léčivých a aromatických rostlin.

V Ptenském Dvorku se po pravém břehu nachází pila na zpracování dřeva. Vyrábí produkty řeziva pro stavební, konstrukční, truhlářské a další způsoby využití.

V Konici je čerpací stanice LPG situována na levém břehu toku a ČOV je umístěná na Mlýnské strouze.

V povodí Romže se vypouští kolem 10 l/s komunálních vod. K vypouštění dochází v Kostelci na Hané, kde se nachází ČOV na Mlýnské strouze, dále pak ČOV v Brodce u Konice a ČOV v Čechách pod Kosířem. [2]

2.11 Požadavky na odběry

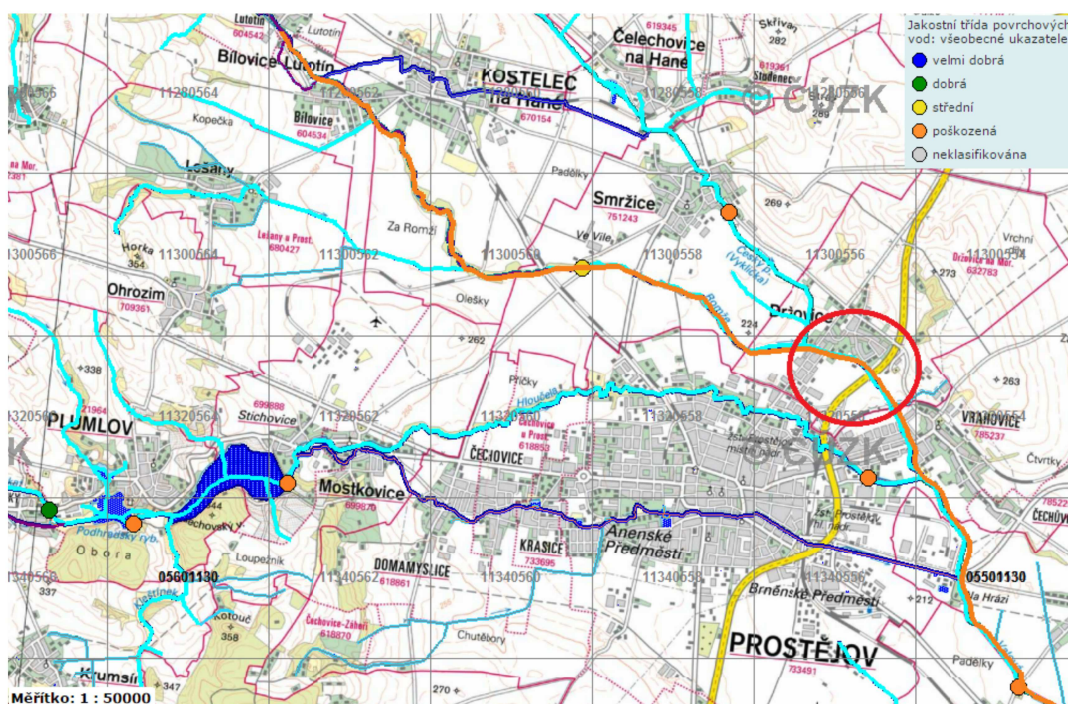
V okolí zájmového úseku Romže dochází k čerpání podzemní vody v podnicích [2]:

- GALVA s. r. o. v Držovicích - využití v průmyslu pro povrchovou úpravu a zušlechťování kovů.
- Zemědělský podnik ve Vrahovicích - využití pro živočišnou výrobu.
- ARBOEKO s. r. o. ve Smržicích - využití pro pěstování plodin.
- Moravská Vodárenská, a. s. (MOVO) Olomouc ve Smržicích - využití pro shromažďování, úpravu a rozvod vody.

- SEMO a. s. ve Smržicích - využití pro pěstování plodin.

2.12 Čistota vod

Podle ČSN 75 7221 Jakost vod patří Romže z hlediska jakosti vody do třídy 4. Na mapě lze vidět jakostní třídy vody a místa měřících stanic. Ve stanicích Smržice, která je umístěna na toku Romže, byla čistota vody vyhodnocena jako "poškozená" a ve stanici Kostelec na Hané jako "střední". Ve stanicích umístěných na toku Hloučely ve Vrahovicích, v Mostkovicích a Plumlově byla jakost vody vyhodnocena jako "poškozená", což může částečně ovlivňovat jakost vody v řece Romži. Hodnoty jakosti vody byly měřeny v roce 2007-2008. Z hlediska kaprových vod tok nesplňuje požadované limity na koncentraci NH_4 a NH_3 ve vodě. [2]

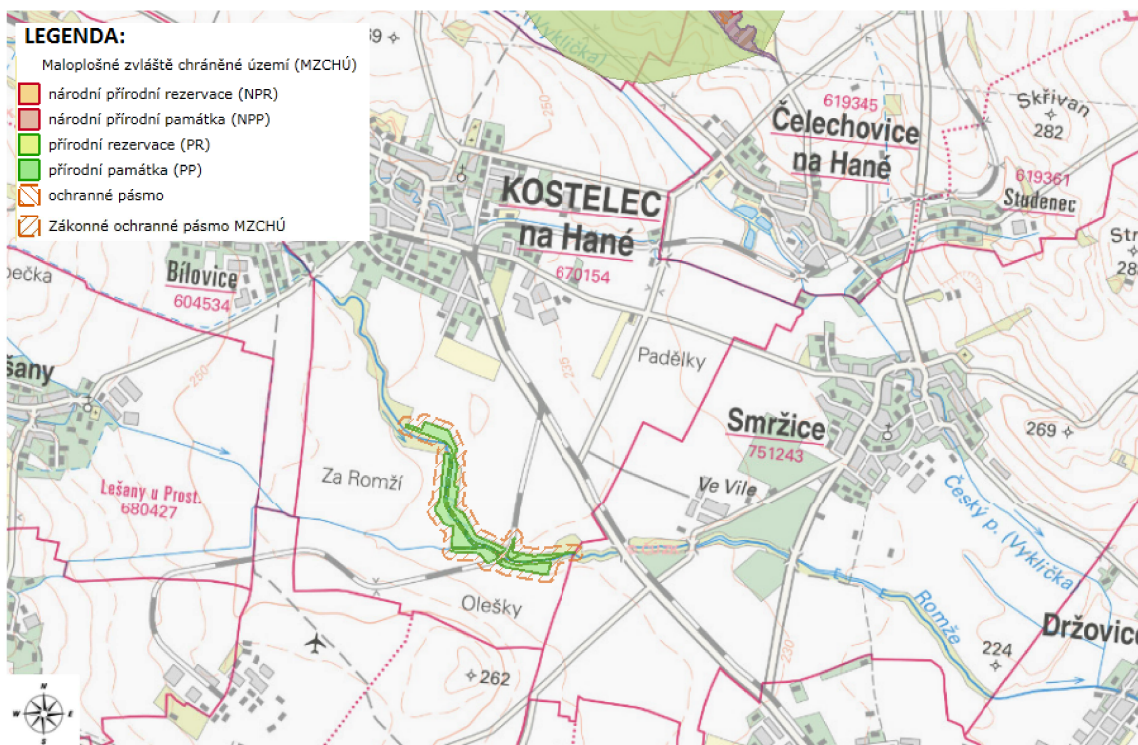


Obrázek 7: Jakost vody zájmového úseku Romže. [2]

Řeka protéká v horní části některými obcemi, které stále nemají vybudovanou oddílnou kanalizační síť, kde jsou přepady z domovních jímek zaústěny do dešťové kanalizace. Vypouštění odpadní vody do toku může způsobovat znečištění vody v toku. Dalším důvodem ovlivňujícím znečištění vody může být malý průtok toku nebo naopak intenzivní deště, které mohou způsobit povrchový splach ze zemědělské půdy do toku.

2.13 Životní prostředí

Řeka Romže protéká maloplošným zvláště chráněným územím, kterým je přírodní památka Pod Záповědským kopcem, situovaným mezi Smržicemi a Kostelcem na Hané (viz obrázek 8). [13]

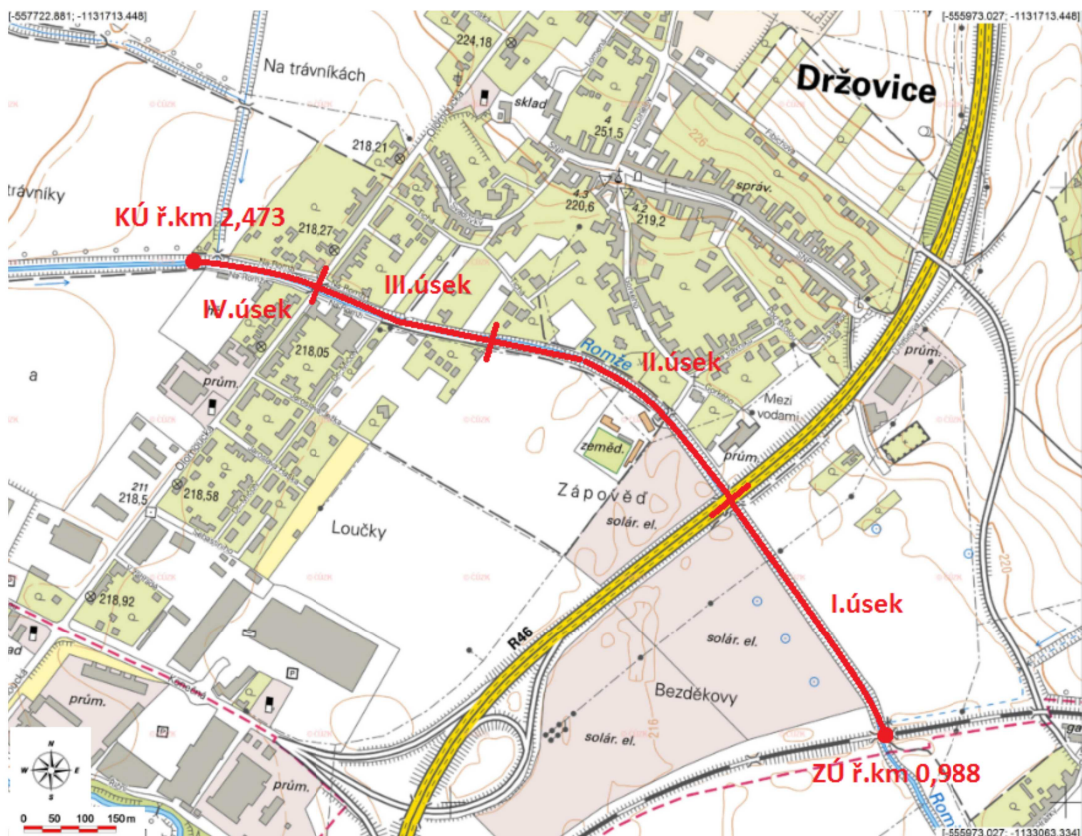


Obrázek 8: Maloplošné zvláště chráněné území - přírodní památka. [13]

3 Popis stávajícího stavu toku v řešené lokalitě

3.1 Lokalita

Řešený úsek řeky Romže se nachází v intravilánu obce Držovice, která leží v těsné blízkosti města Prostějova. Území je situováno necelých 20 km od krajského města Olomouce. Zástavbu v Držovicích tvoří převážně rodinné domy, ve kterých žije kolem 1390 obyvatel a z důvodu dobré lokality se výstavba nových domů rozšiřuje. Na okraji obce je situována průmyslová oblast s podniky vyrábějícími příslušenství pro stavební stroje, zpracování kovů, prodej čerpací techniky, prodej stavebnin. Je zde také hypermarket Tesco, nákupní středisko a další prodejny. [14]



Obrázek 9: Vymezení zájmového území Romže a rozdělení do dílčích úseků.

3.2 Popis úseků

Romže teče směrem od obce Kostelec na Hané a v Držovicích se do ní vlévá Český potok, který teče od obce Smržice. Zájmový úsek se nachází v ř. km 0,9889 - 2,4734. Začátek úseku je v místě železničního mostu mezi Držovicemi a Vrahovicemi. Konec úseku je před vtokem Českého potoka do Romže. V blízkosti toku se vyskytuje z poloviny zemědělská půda a z poloviny rodinná zástavba nebo průmyslové podniky. Z flóry je zde zastoupen především akát, habr, dub, javor, ořech, vrba, jasan, olše, topol osika, hloch, netykavka, jablůň a hrušeň. Dno toku je kamenité a v místech nánosů zarostlé travou. Podélný sklon koryta toku 2,19‰ je určený z podkladů geodetického měření

z roku 2010 zaměřeného Povodím Moravy s. p. V zájmovém území byla provedena fotodokumentace objektů na toku, která je v příloze A1. Řešený úsek je rozdělen podle společných znaků na 4 dílčí úseky.

3.2.1 I. dílčí úsek - ř. km 0,9889 - 1,4707

Úsek je hraničen profily 25 - 31, které vymezují území od železničního mostu po most dálniční. Řeka zde protéká územím, kde se nachází pouze zemědělská půda. Tok má tvar jednoduchého lichoběžníku se sklonem svahů kolem 1:1,5. Šířka dna je 4 m a výška 2,4 m. V některých místech je viditelná dřívější úprava paty svahu pomocí lomového kameniva. Na některých místech na dně koryta se také objevují náplavy, které způsobují zarůstání dna koryta. Po svazích roste vysoká tráva s křovinami a stromy. Za břehovou hranou jsou vzrostlé stromy v těsné blízkosti vedle sebe, čímž znemožňují přístup k vodě.



Obrázek 10: I. dílčí úsek Romže.

Objekty:

Ř. km 0,986 - křížení železničního mostu.

Ř. km 0,984 - spádový stupeň.

Ř. km 1,007 - na levém břehu je vyústění dešťové vody z potrubí DN 800 mm se zpětnou klapkou.

Ř. km 1,431 - křížení hospodářského mostu.

Ř. km 1,448 - křížení dálničního mostu.

3.2.2 II. dílčí úsek - ř. km 1,4708 - 1,8842

Úsek se rozléhá mezi profily 32 - 36, tedy od dálničního mostu po zástavbu v blízkosti toku. Po pravé straně toku je zemědělská půda a fotovoltaická elektrárna. Po levé straně je průmyslová společnost Galva s. r. o. na zpracování kovů a dále podél toku leží soukromé pozemky, na kterých jsou převážně zahrady. Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku se sklonem svahu kolem 1:1,5. Šířka koryta při dně je 4 m a výška 2,4 m. V některých místech je ve vodě vidět pozůstatek bývalého opevnění paty svahu pomocí lomového kameniva. Koryto je upravované, bez zarostlých svahů a okolí podél toku. Stromy se nacházejí pouze za břehovou hranou a po svazích roste tráva a malé keře. Ve srovnání s prvním úsekem jsou zde dřeviny sázeny s rozestupy, a proto je k řece snadný přístup.



Obrázek 11: II. dílčí úsek Romže, hospodářský most.

Objekty:

Ř. km 1,503 - na pravém i levém břehu se nachází vyústění dešťové vody z potrubí DN 1000 mm se zpětnou klapkou. V místě vyústění je část svahu zpevněna betonem.

Ř. km 1,616 - křížení hospodářského mostu.

3.2.3 III. dílčí úsek - ř. km 1,8842 - 2,2379

Úsek mezi profily 37 - 43 tvoří oblast s rodinnými domy a zahradami z obou stran toku. Podél pravého břehu vede zpevněná cesta, která směřuje na hlavní Olomouckou ulici, kde tento úsek končí. Na levé straně je pěšina přecházející ve zpevněnou cestu. Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku s šířkou ve dně 4 m a výškou 2,8 m. V některých místech toku je vidět bývalé opevnění paty svahu pomocí lomového kameniva. Svahy jsou zatravněny a ve sklonu kolem 1:1,5. V místě břehové hrany rostou stromy v rozestupu 3 - 5 m. Z pozorování lze usoudit, že tento úsek je pravidelně upravován.



Obrázek 12: III. dílčí úsek Romže.

Objekty:

- Ř. km 2,089 - křížení lávky pro pěší.
- Ř. km 2,108 - přechod potrubí DN 200 mm.
- Ř. km 2,212 - přechod potrubí DN 550 mm.
- Ř. km 2,214 - přechod potrubí DN 700 mm.
- Ř. km 2,226 - křížení lávky pro pěší.
- Ř. km 2,234 - křížení silničního mostu.

3.2.4 IV. dílčí úsek - ř. km 2,2379 - 2.4734

Úsek je vymezen profily 43 - 48, vede od silničního mostu na Olomoucké ulici po místo těsně za křížením Romže s Českým potokem. Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku s šířkou koryta ve dně 4,7 m a výškou 2,3 m. Sklon svahů je kolem 1:1,5. Svahy jsou porostlé travinou a v některých místech i stromy. Dřeviny jsou většinou v místě břehové hrany. Dno je částečně zarostlé trávou.



Obrázek 13: IV. dílčí úsek Romže.

Objekty:

Ř. km 2,328 - na pravém břehu vyústění dešťové vody potrubím DN 600 mm.

Ř. km 2,393 - soutok s Českým potokem.

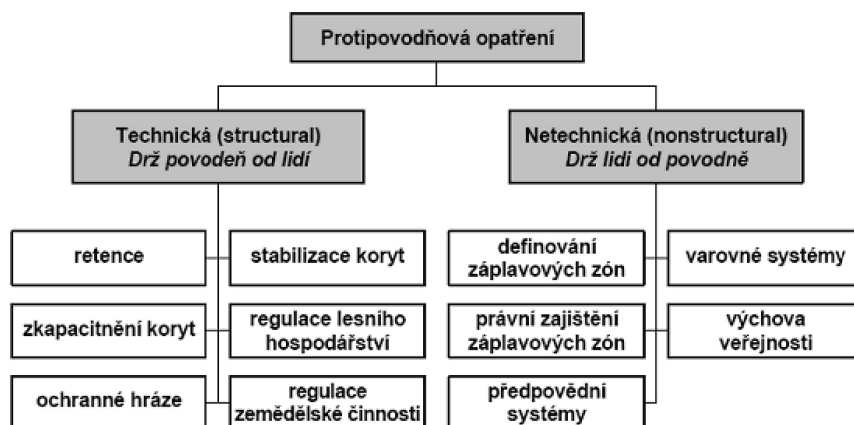
Ř. km 2,473 - spádový stupeň.

4 Protipovodňová opatření

Povodně vznikají nárůstem vody v korytě nad jeho kapacitu, přehrazením koryta nebo jeho zúžením. Příčinami mohou být přívalové deště, tání sněhu, ledová bariéra na toku nebo povodně způsobené například protržením přehrady nádrže, tzv. zvláštní povodně.

Při protipovodňovém opatření je důležitá vzájemná provázanost všech druhů opatření technických a netechnických, kterými jsou [15]:

- prevence - stavby by se měly přizpůsobovat povodňovému riziku a neměly by vznikat nové v záplavovém území
- ochrana - úpravy toků, hrázky kolem toku, poldry aj.
- připravenost - informovanost obyvatelstva o povodňovém riziku
- záchranný systém - vytvoření protipovodňových plánů s řešením, jak zabránit a postupovat při průchodu povodně



Obrázek 14: Rozdělení technických a netechnických protipovodňových opatření. [15]

4.1 Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu

V historii byl základním vodohospodářským koncepčním dokumentem Státní vodohospodářský plán z roku 1953 a následně jeho druhé vydání z roku 1975. V roce 2007 byl nahrazen Plánem oblasti povodí Moravy. Nyní je platný Plán oblasti povodí Moravy a přítoků Váhu pro období 2016 - 2021. [18]

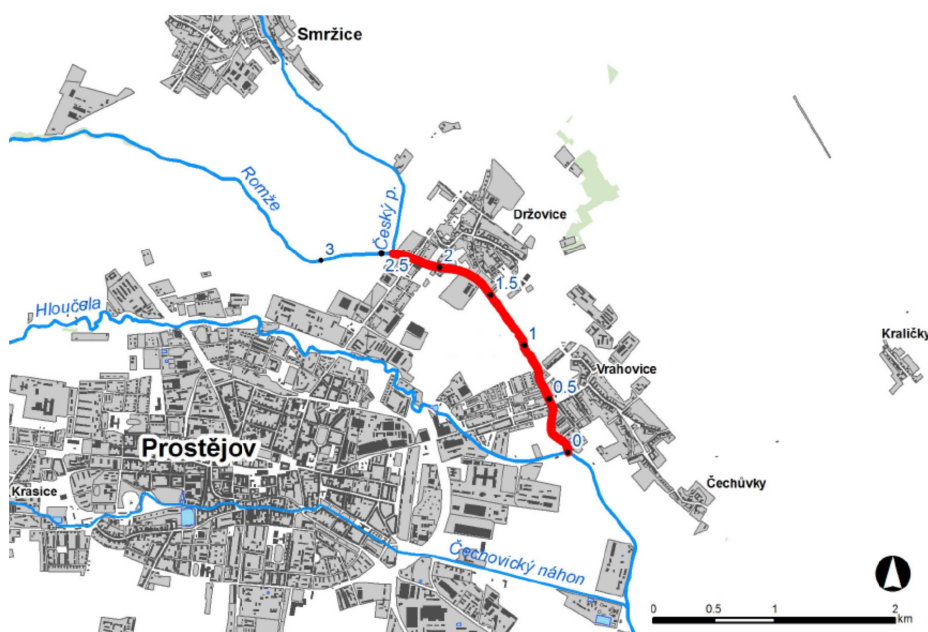
Předmětem plánu je ochrana vod jako složky životního prostředí, ochrana před povodněmi, trvale udržitelné užívání vodních zdrojů a hospodaření s vodami pro vodohospodářské účely. V rámci plánu se také řeší nalezení vhodného opatření pro zvýšení retenční schopnosti území, úpravy koryt a niv blízkých přírodě, zamezení eroze z plošného odtoku a snížení ohrožení obyvatel a jejich majetku z důvodu rizika průchodu povodně. [18]

Pro ochranu v intravilánu měst a obcí je doporučeno navrhovat průtoky korytem tak, aby bylo zamezeno vzniku povodně. Doporučené návrhové průtoky jsou uvedeny v tabulce:

Tabulka 2: Doporučené N-leté průtoky korytem v intravilánu měst a obcí. [16]

| Charakter chráněného území | Míra ochrany |
|--|-----------------------|
| Historická centra měst, historická zástavba, provozy používající při výrobě nebezpečné látky. | Q_{100} |
| Souvislá zástavba, průmyslový areál, významné liniové stavby a objekty. | Q_{50} |
| Rozptýlená bytová a průmyslová zástavba a souvislá chatová zástavba. | Q_{20} |
| Plochy s významnými stavbami infrastruktury (dálnice, významné produktovody, vodní zdroje, ČOV). | Q_{50} až Q_{100} |

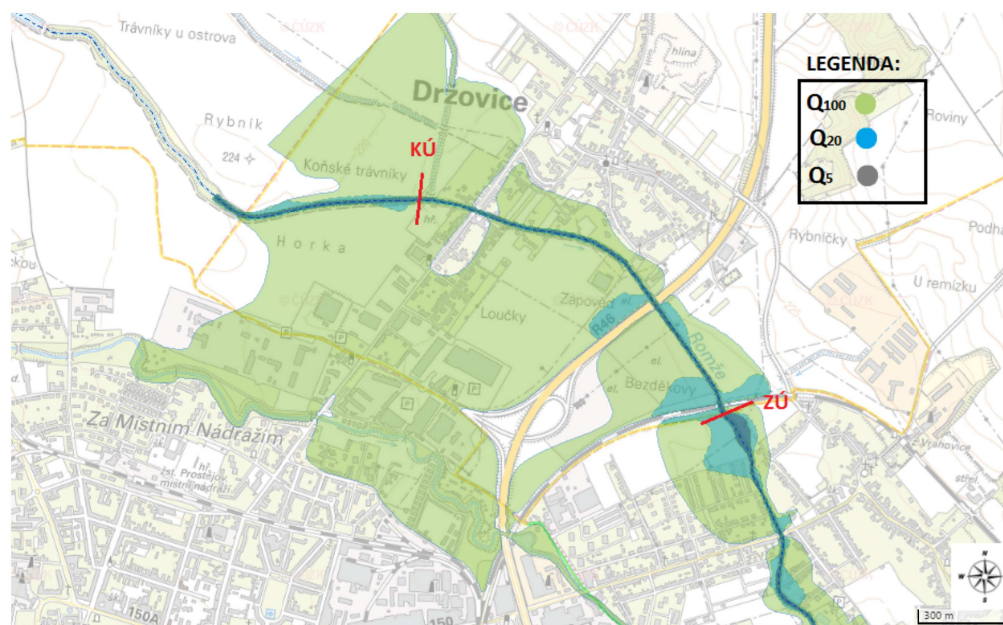
Po proběhnutých povodních v roce 2005 a 2006 byl aktualizován povodňový plán pro město Prostějov a obec Držovice. Na toku Romže je vymezená oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem vyznačená na obrázku 15. [11]



Obrázek 15: Vymezená oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem na Romži. [18]

Řeka Romže protéká obcí Držovice a částí města Prostějova. Při průchodu povodně na řece Romži dochází k vybřežení při průtoku $Q_5 = 14,1 \text{ m}^3/\text{s}$, kdy voda zaplavuje zahrady na levém břehu v úseku mezi železničním mostem a Vrahovicemi. Při průtoku $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ jsou zaplavovány objekty převážně ve Vrahovicích. Při $Q_{100} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$ vznikají významné rozlivy mezi dálniční silnicí a železnicí, které tvoří bariéru proudění

inundací - voda zde může protékat pouze pod mosty. Voda zaplavuje zemědělskou půdu kolem toku a na pravém břehu se dostává až za řeku Hloučelu. Dochází k zaplavení některých objektů rodinné zástavby, ale také nákupního a logistického centra. Záplavové území je znázorněno na obrázku 16. [18]



Obrázek 16: Záplavové území Romže v zájmovém úseku ř. km 0,9889 - 2,4734. [17]

V tabulce jsou vymezeny plochy s potenciálním povodňovým rizikem pro různé N-leté průtoky v zastavěných a zastavitelných územích podél řeky Romže v Prostějově a Držovicích:

Tabulka 3: Zastavěné a zastavitelné plochy dotčené rozlivem. [18]

| Název obce | Q ₅ [m ²] | Q ₂₀ [m ²] | Q ₁₀₀ [m ²] | Q ₅₀₀ [m ²] | Celková plocha správního území [m ²] |
|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Držovice | - | 30 400 | 728 662 | 831 991 | 7 528 649 |
| Prostějov | 809 | 32 720 | 603 956 | 754 062 | 39 029 188 |

Cílem protipovodňového opatření jsou kvalitně zpracované povodňové plány obcí a nemovitostí, které zabezpečí bezpečný průchod povodně. Jako prevence před povodněmi je důležité mít fungující hlášenou stanici, nezvyšovat, ale naopak snižovat hodnotu majetku na plochách s rizikem výskytu povodně a tím zamezit případnému poškození majetku či dopadu na lidské zdraví. [18]

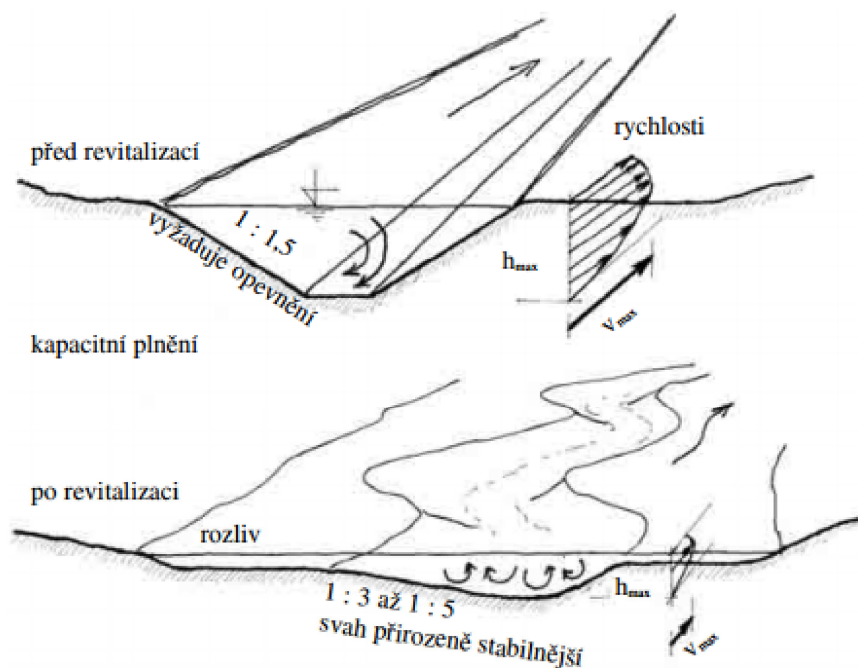
Na základě dokumentace povodňového rizika je zpracován Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu pro rok 2015 - 2021, který obsahuje povodňová rizika řeky Romže pro ochranu města Prostějova a obce Držovice a návrhy Věstníku M6P 11/2008 zabývajících se protipovodňovou a protierozní ochranou pomocí přírodě blízkých opatření. [18]

4.2 Technické protipovodňové úpravy

4.2.1 Revitalizace vodního toku

V období 19. a 20. století se prováděly technické úpravy toků a jejich niv, odvodňování zamokřených ploch pro ochranu před povodněmi. Jednalo se o lokální ochranu soustřeďující se na průtoky procházející kapacitními koryty. Docházelo k zužování nivních pásů kolem toku a k umělým úpravám toku. Tyto úpravy způsobovaly rychlý odtok z krajiny a škody při průchodu povodňové vlny, zejména v nižších částech toku. Docházelo k narušení přirozených forem výskytu vody v krajině jako jsou říční ramena, mokřady a tůňe. Všechna tato technická opatření byla jednostranná a nebyla nijak prospěšná. Proto nyní dochází k jejich nápravě a vznikají revitalizace toků. [23]

Na obrázku 17 je v horní části znázorněno koryto před revitalizací, které je hluboké s velkou průtočnou rychlostí. Ve spodní části je koryto po revitalizaci, které je malé a mělké se stejným průtokem. Dochází k rozlíví do nivy s malou průtočnou rychlostí. [24]



Obrázek 17: Revitalizace koryta. [24]

Nejprve byly revitalizace zaměřeny pouze na obnovu přirozeného charakteru koryt vodních toků s dostatečnou diverzitou toku a zastoupením všech potřebných biotopů, ale později po proběhnutých povodních v letech 1997 - 2002 se začaly zaměřovat také na revitalizace s protipovodňovou ochranou a opatřeními pro snižování rychlosti odtoku v povodí. Příklady revitalizačních opatření [23]:

- *umožnění meandrování toku v mezirázovém prostoru*
- *obnovení vegetačního doprovodu*

- *obnova a vytváření tůní a starých říčních ramen*
- *posílení stability koryta*
- *vegetační druhy opevnění*
- *ochrana před bodovým znečištěním a zvýšená samočistící funkce toku*
- *vytvoření podmínek pro existenci fauny a flóry v přilehlém území*

4.2.2 Přírodě blízké protipovodňové opatření

Přírodě blízké protipovodňové opatření (PBPO) se zabývá úpravou toku a obnovením přilehlé nivy. Základními principy opatření je zadržení vody tam, kde nezpůsobuje škody na majetku, který se často nachází v zátopovém území toku. [22]

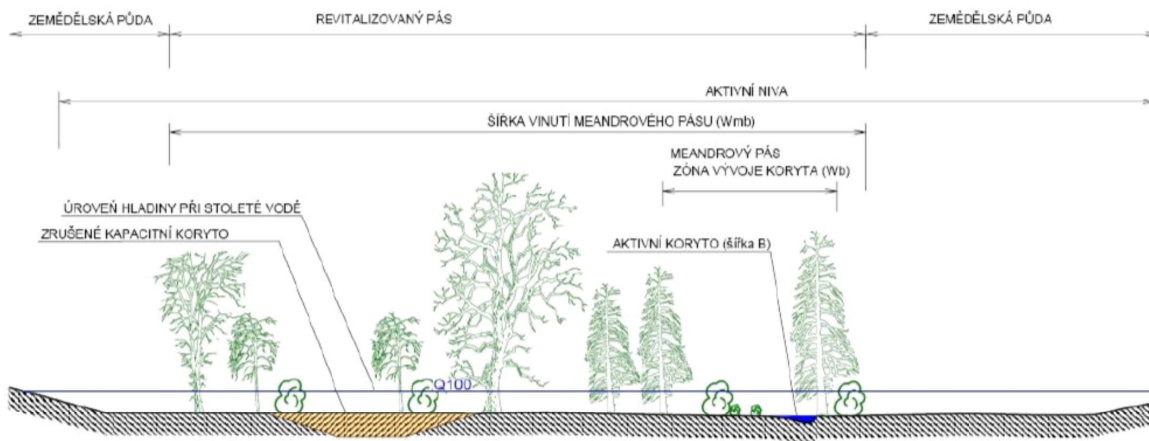
Úkolem PBPO je vytvoření morfologicky členitého průtočného profilu odpovídajícího požadavkům vodního ekosystému i při malých průtocích. Snahou je i obnova meandrování toku aluviem vlastních splavenin. Při úpravě se využívá všech možností retence povodňových průtoků a tím snížení kulminačního průtoku velké vody. [22]

V extravilánu je snaha docílit průtočné kapacity koryta s korytotvornými průtoky Q_{30d} nebo Q_1 , a při průchodu vyšších průtoků umožnění rozlivu do okolní nivy nebo záplavového pásu kolem toku s občasným střídáním brodů a tůní. [22]

V intravilánu by mělo být koryto ve tvaru složeného průtočného profilu, kde vodná část toku převádí korytotvorný průtok Q_{30d} nebo Q_1 . Vyšší průtoky jsou převáděny horní částí složeného profilu zajištěnou pro průchod návrhového průtoku. [22]

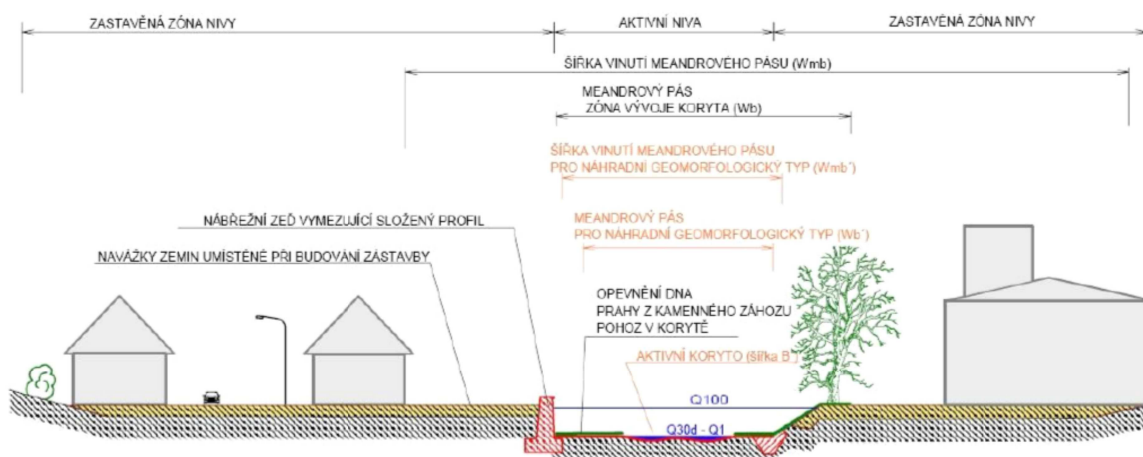
Pro PBPO se používají kombinace opatření [22]:

- *zdržení odtoku z povodí přirozenými funkcemi krajiny mimo zastavěná území*
- *navýšení přirozeného retenčního potenciálu krajiny vodohospodářskými stavbami (např. poldry, odsazené hrázové systémy)*
- *urychlení odtoku kapacitními koryty z prostoru historicky zastavěného území (složené profily se stěhovavou kynetou, hrázové systémy s povodňovými parky)*
- *respektování zátopových území ve strategických a koncepčních plánech*



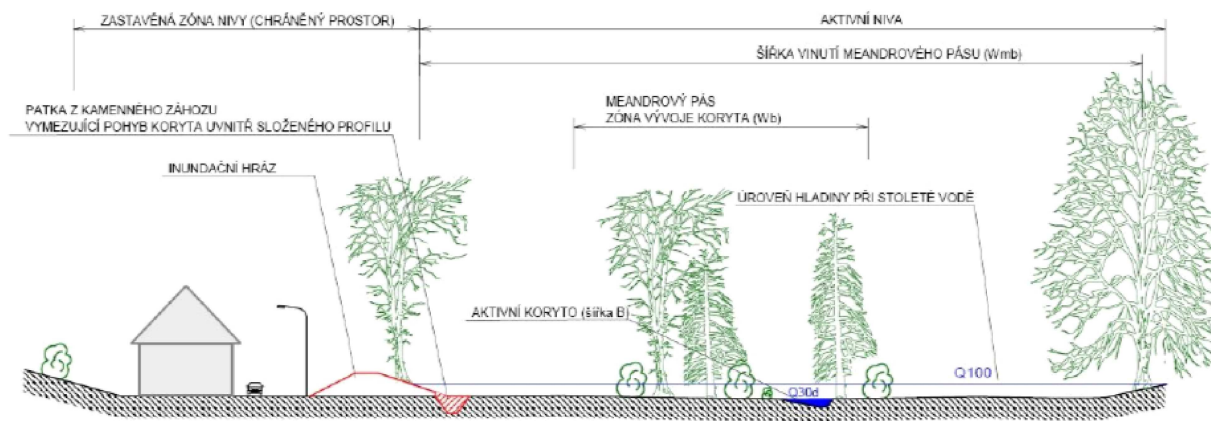
Obrázek 18: Příklad úpravy koryta v extrariválánu. [22]

Na obrázku 18 je znázorněn tok v extrariválánu, kde tok teče kapacitním korytem pro Q_{30d} nebo Q_1 . Kolem koryta je meandrující pás s výsadbou vhodné vegetace. [22]



Obrázek 19: Příklad úpravy koryta v intrariválánu. [22]

Na obrázku 19 je znázorněno kapacitní koryto v intrariválánu ve tvaru složeného profilu se stěhovavou kynetou pro Q_{30d} nebo Q_1 . Kolem zástavby je možné vybudovat ochranné hrázky pro ochranu před povodněmi. Příčný profil koryta je možné opevnit opěrnou zdí a patou svahu. [22]



Obrázek 20: Příklad úpravy koryta s ohrázením zastavěného území v údolní nivě. [22]

Na obrázku 20 je znázorněna úprava koryta v zastavěném území, kde je kapacita koryta snížena na korytotvorný průtok Q_{30d} nebo Q_1 s možností rozlivu do údolní nivy. Zástavba je ochráněna hrázkami podél toku. [22]

Rozdíl mezi přírodě blízkým opatřením a revitalizací vodního toku je ve sledovaných cílech. Revitalizace se týká především zlepšení ekologického stavu toku a jeho okolí, zatímco u PBPO je kladen důraz na protipovodňovou ochranu a vytváření příznivého ekosystému pro vodní život organismů v korytě i jeho okolí. [22, 23]

a energetickou výškou E . V úseku je také známá celková ztrátová výška mechanické energie Z . [21]

Pro úsek lze napsat Bernoulliho rovnici [25]:

$$i_0\Delta L + h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} = h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + Z, \quad (1)$$

Označíme-li rozdíl hladin na úseku Δh [25]:

$$\Delta h = i_0\Delta L + h_2 - h_1 \quad (2)$$

Po úpravě obdržíme [25]:

$$\Delta h = \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g} + Z \quad (3)$$

| | |
|------------|---|
| g | tíhové zrychlení ($9,806 \text{ m/s}^2$) |
| α | Coriolisovo číslo |
| v_2, v_1 | rychlost v daných profilech |
| i_0 | průměrný podélný sklon koryta daného úseku |
| h_2, h_1 | výška hladiny |
| ΔL | délka úseku |
| Z | celková ztrátová výška mechanické energie - součet místních ztrát a ztrát třením po délce |

Vzhledem k tomu, že v řešeném úseku Romže se jedná o říční proudění, se při výpočtu vychází z dolního profilu a pokračuje se směrem nahoru. Zvolený úsek je omezen dolním profilem 1 a horním profilem 2 s hladinami profilů h_1 a h_2 nad srovnávací rovinou. Srovnávací rovina je proložena v úrovni dna dolního profilu. Zvolený úsek mezi profily se volí s délkou ΔL a průměrným sklonem průřezu i_0 . V případě náhlých změn se ΔL volí s minimální délkou. [21]

5.2 Vstupní data pro výpočet kapacitního průtoku

5.2.1 Geometrická data

Pro výpočet kapacitního průtoku v dané části Romže (PF 25 - ZÚ ř. km 0,9889 až PF 48 - KÚ ř. km 2,4734) bylo použito pro výpočet 25 příčných profilů, které jsou mezi profily PF 24 (ř. km 0,9759) a PF 49 (ř. km 2,5121) a jsou od sebe vzdáleny 1536 m . Mezi zadanými profily se celkově nachází 7 mostů, spádový stupeň a 2 křížení nadzemního potrubí, které byly uvažovány ve výpočtu v programu HEC-RAS:

- železniční most M1 v ř. km 0,986
- dálniční most M3 v ř. km 1,448
- silniční most M7 v ř. km 2,234
- hospodářské mosty M2 v ř. km 1,431 a M4 v ř. km 1,616
- lávky pro pěší M6 v ř. km 2,226 a M5 v ř. km 2,089
- křížení potrubí PP2 v ř. km 2,212 a PP3 v ř. km. 2,214
- spádový stupeň v ř. km 2,473

V podkladech byl zaměřen přechod potrubí PP1 v ř. km 2,108. Pochůzkou v dané lokalitě bylo zjištěno, že se zde křížení potrubí již nenachází, a proto nebylo započítáno do výpočtů.

Geodetické zaměření toku bylo použito z podkladu zpracovaného správcem vodního toku Povodí Moravy, s. p. v roce 2010.

Drsnost koryta byla volena pro výpočet podle Manninga zvláště pro dno a svahy, které vychází z druhu materiálu ve dně a ze stavu koryta. V rámci osobní pochůzky danou lokalitou byla pořízena fotodokumentace, která byla využita při stanovení drsnosti dna a svahů koryta v jednotlivých popsanych dílčích úsecích. Pro určení drsnosti byl také využit katalog pro určení drsnosti koryta. [27]

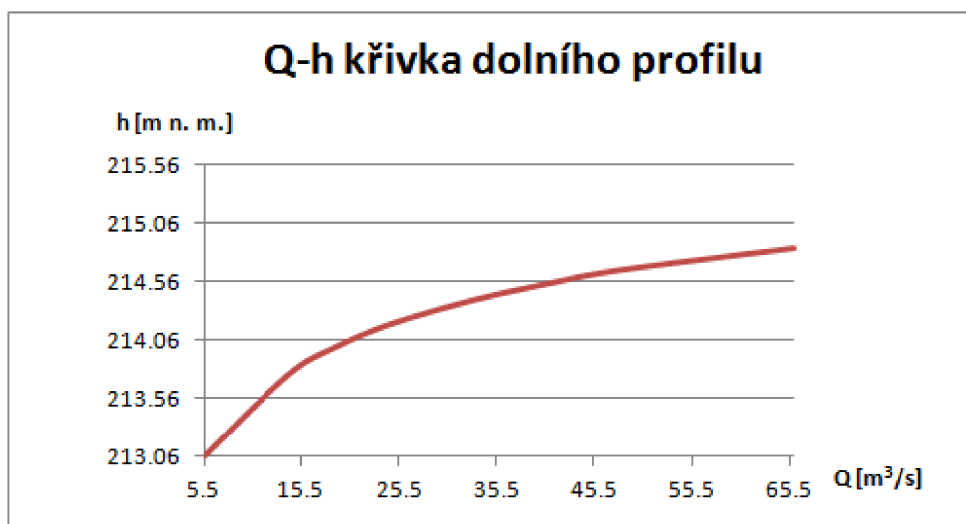


Obrázek 22: Kamenité dno toku Romže.

Z obrázku 22 je vidět, že dno koryta je kamenité, a proto byla drsnost zvolena na hodnotu 0,028. Pro svahy v dílčích úsecích II. - IV. byla drsnost volena na 0,040 v místech, kde se vyskytují zatravněné svahy s občasnými křovinami (viz obrázek 11, 12 a 13 - kapitola 3). V I. dílčím úseku je drsnost svahů volena 0,050 v místech, kde jsou svahy zarostlé trávou a dřevinami (viz obrázek 10 - kapitola 3). V místě mostů jsou svahy zpevněny betonem, proto byla volena drsnost 0,030 (viz příloha A1 - Fotodokumentace objektů na toku).

5.2.2 Okrajové podmínky

V toku je říční proudění, u kterého se výpočet provádí proti proudu pomocí metody po úsecích. Okrajové podmínky jsou tedy vkládány do dolního profilu jako Q-h křivka pro PF 24 v ř. km 0,9759, kde jsou N-leté průtoky a jejich výškové kóty hladin použity z podkladů geodetického měření z roku 2010 zaměřenými Povodím Moravy, s. p.



Obrázek 23: Q-h křivka v dolním profilu PF 24 - ř. km 0,9759.

Pro určení kapacitního průtoku bylo vloženo do programu 7 N-letých průtoků - Q_1 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} pro dvě rozdílné části toku, které jsou zobrazené v tabulce níže. Průtoky jsou vloženy do výpočtu zvlášť pro úsek Romže nad soutokem s Českým potokem a pro Romži nad soutokem s Hloučelou.

Tabulka 4: Hydrologická data pro Romži nad Českým potokem a nad Hloučelí. [9]

| | Q_1 | Q_5 | Q_{10} | Q_{20} | Q_{50} | Q_{100} | Q_{500} |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ | $[m^3/s]$ |
| Romže | | | | | | | |
| nad Českým potokem | 4,5 | 12,1 | 16,5 | 21,8 | 29,9 | 37 | 60 |
| nad Hloučelou | 5,5 | 14,1 | 19 | 24,7 | 33,4 | 41 | 66 |

5.3 Ověření kapacity původního koryta

Po zadání všech vstupních údajů byl proveden výpočet průběhu hladin pro zvolené průtoky pomocí programu HEC-RAS. Příčné profily převedou bez problému pouze průtoky $Q_1 = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_5 = 14,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Při průtoku $Q_{10} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ a vyšších už dochází k vyběžení v některých místech daného úseku. Výsledná tabulka průběhu hladin pro průtoky $Q_1 - Q_{500}$ je umístěna v příloze A1 - Průběhy hladin. Součástí příloh je i podélný profil s vykreslením průběhu hladin pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{50} v příloze B2.

Tabulka 5: Příčné profily nekapacitní pro průtoky $Q_{10} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ a vyšší.

| | Staničení | Q_N | Nejhlubší dno | Hladina | Levý břeh | Pravý břeh |
|-------|-----------|---------------------------|---------------|-----------|-----------|------------|
| | [km] | [m^3/s] | [m n. m.] | [m n. m.] | [m n. m.] | [m n. m.] |
| PF 49 | 2.5121 | Q_1 | 215.45 | 216.91 | 217.92 | 217.71 |
| | | Q_5 | 215.45 | 217.48 | 217.92 | 217.71 |
| | | Q_{10} | 215.45 | 217.72 | 217.92 | 217.71 |
| | | Q_{20} | 215.45 | 217.93 | 217.92 | 217.71 |
| PF 48 | 2.4734 | Q_1 | 215.76 | 216.79 | 217.81 | 217.62 |
| | | Q_5 | 215.76 | 217.30 | 217.81 | 217.62 |
| | | Q_{10} | 215.76 | 217.53 | 217.81 | 217.62 |
| | | Q_{20} | 215.76 | 217.69 | 217.81 | 217.62 |
| PF 31 | 1.4708 | Q_1 | 212.85 | 213.90 | 215.62 | 215.01 |
| | | Q_5 | 212.85 | 214.62 | 215.62 | 215.01 |
| | | Q_{10} | 212.85 | 214.91 | 215.62 | 215.01 |
| | | Q_{20} | 212.85 | 215.15 | 215.62 | 215.01 |
| PF 28 | 1.4165 | Q_1 | 212.67 | 213.79 | 214.80 | 215.50 |
| | | Q_5 | 212.67 | 214.54 | 214.80 | 215.50 |
| | | Q_{10} | 212.67 | 214.82 | 214.80 | 215.50 |
| | | Q_{20} | 212.67 | 215.06 | 214.80 | 215.50 |
| PF 26 | 1.0048 | Q_1 | 211.72 | 213.12 | 213.92 | 213.96 |
| | | Q_5 | 211.72 | 213.83 | 213.92 | 213.96 |
| | | Q_{10} | 211.72 | 214.04 | 213.92 | 213.96 |
| | | Q_{20} | 211.72 | 214.24 | 213.92 | 213.96 |

Tabulka 6: Nekapacitní mosty M7 a M4 pro průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ a vyšší.

| | Staničení [km] | Q_N [m^3/s] | Hladina [m n. m.] | Mostovka [m n. m.] |
|----|-------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| M7 | 2.234 | Q_1 | 215.87 | 217.29 |
| | | Q_5 | 216.40 | 217.29 |
| | | Q_{10} | 216.66 | 217.29 |
| | | Q_{20} | 216.92 | 217.29 |
| | | Q_{50} | 217.26 | 217.29 |
| | | Q_{100} | 217.52 | 217.29 |
| | | Q_{500} | 218.22 | 217.29 |
| M4 | 1.616 | Q_1 | 214.15 | 215.80 |
| | | Q_5 | 214.85 | 215.80 |
| | | Q_{10} | 215.13 | 215.80 |
| | | Q_{20} | 215.39 | 215.80 |
| | | Q_{50} | 215.71 | 215.80 |
| | | Q_{100} | 215.79 | 215.80 |
| | | Q_{500} | 216.69 | 215.80 |



Obrázek 24: Hospodářský most M4 v ř. km 1,616 (vlevo), silniční most M7 v ř. km 2,234 (vpravo)

Při výpočtu byla posouzena také kapacita mostů na toku. Podle normy ČSN 73 6201 - Projektování mostních konstrukcí je minimální převýšení mezi spodní částí mostovky a hladinou návrhového průtoku $0,5 \text{ m}$. Z tabulky výše lze vidět, že silniční most M7 a hospodářský M4 nespĺňují danou podmínku a jsou nekapacitní pro $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ a vyšší (viz obrázek 24). Mosty M5, M6 a přechody potrubí PP2, PP3 nejsou kapacitní pro $Q_{500} = 66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Z výsledků je patrné, že nejméně kapacitní profil je PF 26, který se nachází v místě před železničním mostem (ř. km 1,0048). V dané lokalitě je zapotřebí provést protipovodňové

opatření minimálně pro průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ a zajistit tak, aby při průchodu povodně nedošlo k poškození majetku či ohrožení lidských životů.

5.4 Ověření kapacity navrženého přírodě blízkého protipovodňového opatření

V návrhu přírodě blízkého protipovodňového opatření došlo k rozšíření koryta ve třech místech řešeného úseku a k úpravě tvaru koryta do složeného profilu. Došlo k vyhloubení kynety, pro kapacitní průtok $Q_{30d} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$ a k odstranění nánosů ve dně, především v místě mostů. Staničení bylo zanecháno stejné jako u původního koryta. Návrh úpravy koryta je podrobněji popsán v kapitole 6 - Technický návrh protipovodňového opatření.

Výpočet ověření kapacity koryta byl proveden pomocí programu HEC-RAS. Okrajové podmínky byly použity stejné jako u koryta původního (viz tabulka 4 - kapitola 5.2.2 Okrajové podmínky). Do výpočtu byl zahrnut průtok $Q_{30d} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Romži nad Hloučelou. [26]

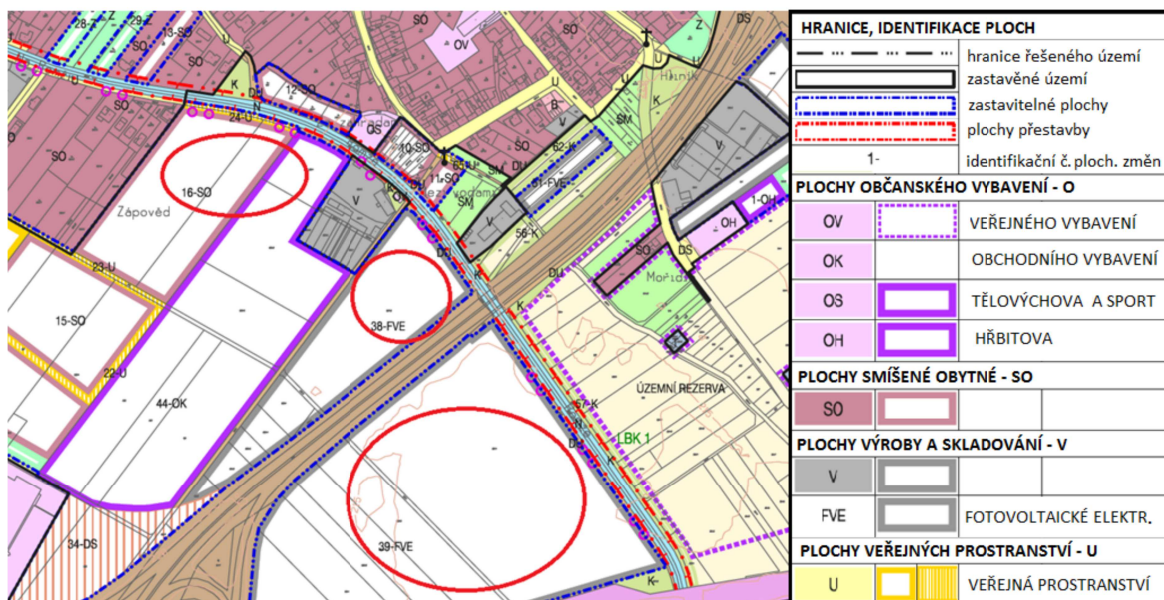
Na základě výpočtů bylo ověřeno, že navrženou úpravou došlo ke zkapacitnění koryta toku a jeho objektů. Koryto převede návrhový průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Výsledná tabulka průběhu hladin pro upravené koryto a kapacitu mostních objektů je uvedena v příloze A2. Součástí příloh je i podélný profil s vykreslením průběhu hladin pro průtoky $Q_{30d} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ v příloze B3.

6 Technický návrh protipovodňového opatření

6.1 Územní plán v Držovicích

Pro realizaci zkapacitnění koryta je nutné odkoupit od vlastníků sousedních pozemků nezbytnou část, minimálně v šířce pásu 5 m. Nicméně celá realizace je závislá od kladného jednání s vlastníky sousedních pozemků. Do návrhu úpravy koryta spadají pozemky vyznačené na obrázku 25.

Pro rozšíření koryta byly uvažovány pouze části plochy pozemku při pravém břehu, kde se v současné době nachází fotovoltaická elektrárna a zemědělská půda. Po prověření v katastru nemovitostí bylo zjištěno, že pravý břeh má mnohem méně vlastníků, proto byl zvolen jako vhodnější vzhledem k počtu majitelů i s ohledem na jednání a výkup části plochy pozemku. [19]



Obrázek 25: Územní plán v Držovicích s vyznačenými pozemky podél toku. [19]

6.2 Návrh přírodě blízkého protipovodňového opatření

Po provedených výpočtech průběhu hladin původního koryta v programu HEC-RAS docházelo k vyběžení vody z koryta již při průtoku $Q_{10} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$. V zájmovém úseku Romže bylo navrženo přírodě blízké protipovodňové opatření pro návrhový průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Úpravou vznikne tvar složeného průtočného profilu s vyhloubením kynety ve dně. Kyneta se bude volně vyvíjet ve vymezeném pásu, a proto nebude nijak opevněna.

Z důvodu nedostatku prostoru podél toku došlo k rozšíření koryta pouze ve třech místech vyznačených na obrázku 25. V místech rozšíření koryta byla zvolena varianta řešení tak, aby došlo v minimální míře k záběru pozemků soukromých osob. Při úpravě

byly využity pozemky patřící především obci Držovice a Povodí Moravy, s. p. Navržená úprava zaručí ochranu zastavěného a zastavitelného území podél toku, které patří do oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem. Podrobnější znázornění pozemků v katastru nemovitostí podél celé zájmové oblasti toku je v umístěno příloze A3. [11]



Obrázek 26: Příklad návrhu přírodě blízkého protipovodňového opatření se stěhovavou kynetou. [11]

6.2.1 Podélný profil nivelety

Součástí úpravy toku je také urovnávka dna s odstraněním nánosů ve dně. Úpravou dojde k mírné změně průměrného podélného sklonu na 2,52‰. Podélný profil nivelety je vykreslen v příloze B3.

6.2.2 Vzorové příčné profily

V zájmovém úseku Romže byla navržena úprava koryta do tvaru složeného lichoběžníku se stěhovavou kynetou, která se vyvíjí ve vymezeném pruhu po celé délce. Pro vznik kynety bylo nutno snížit hloubku dna o 0,5 m. Kyneta je navržena na průtok cca $Q_{30d} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$ s šířkou ve dně 2 m, hloubkou 0,5 m a sklonem svahů 1:1,5. Šířka berem koryta je proměnlivá se sklonem svahů 1:1,5 - 1:2. V místech rozšíření koryta je provedeno odhumusování a odtěžení zeminy nebo naopak násyp s ohumusováním a osetím zeminy. Vzorové příčné profily jsou vykresleny v příloze B5.

Ř. km 0,704 - 0,983

Za železničním mostem je upravené koryto plynule napojeno na koryto původní, které se už nachází v katastrálním území Vrahovice. Z důvodu nánosů ve dně původního

koryta zde bylo nutno provést také urovnávku dna. Délka napojení je 279,2 *m*.

Ř. km 0,983 - 1,076

V dané části toku se nachází železniční most, kde je původní šířka koryta zachována. Úpravou bylo pouze sníženo dno kynety a tím byly odstraněny nánosy ve dně. Před železničním mostem se koryto postupně rozšiřuje.

Ř. km 1,076 - 1,400 Vzorový řez A

V místě vzorového řezu bylo navrženo rozšíření koryta mezi železničním a dálničním mostem v délce 324 *m*. Koryto se rozšiřuje na pravou stranu toku, kde se nachází zemědělská půda. Celková šířka v koruně koryta je 30 *m* se sklonem svahů 1:2. Upravená část toku je plynule napojena na koryto původní.

Ř. km 1,400 - 1,460

V dané části se nachází přechodová část mezi vzorovými řezy A a B, kde je situován dálniční a hospodářský most. Koryto se zde zužuje na původní šířku koryta. Úpravou bylo pouze sníženo dno kynety a tím byly odstraněny nánosy ve dně.

Ř.KM 1,460 - 1,586 Vzorový řez B

Navržená úprava toku v dané části má délku 126,5 *m*. Je zde provedeno rozšíření koryta opět na pravé straně, v místech se zemědělskou půdou. Navržené koryto má šířku v koruně 20 *m* se sklony svahů 1:2.

Ř. km 1,586 - 1,738

V této přechodové oblasti mezi řezy B a C dochází k postupnému zúžení toku a napojení na koryto v místech, kde se nachází hospodářský most. Příčný profil toku zde byl zachován stejný jako původní s úpravou snížení dna kynety a odstraněním nánosů ve dně. Před mostem je koryto upraveno na téměř stejnou šířku v koruně jako mělo původní z důvodu nedostatku prostoru způsobeným zástavbou kolem toku. Byla zde provedena úprava svahů na sklon 1:2. Tok se následně postupně rozšiřuje.

Ř. km 1,738 - 1,900 Vzorový řez C

Koryto daného vzorového řezu se opět rozšiřuje na pravé straně toku v místech, kde je zemědělská půda. Navržená úprava je délky 161,7 *m* s šířkou koryta v koruně 20 *m*, se sklony svahů 1:2 a plynulým napojením na koryto původní.

Ř. km 1,900 - 2,473

V daném úseku není dostatek volného prostoru podél toku pro další rozšíření toku. I přesto je koryto upraveno do tvaru dvojitého lichoběžníku se stěhovavou kynetou. Sklony svahů berem zůstávají zachovány ve sklonu 1:1,5.

Ř. km 2,473 - 2,512

Z důvodu navržené úpravy toku a napojení na původní dno je nutno rekonstruovat stupeň, který se nachází na konci úseku v ř. km 2,473 a provést urovnávku dna před stupněm kvůli usazeným nánosům.

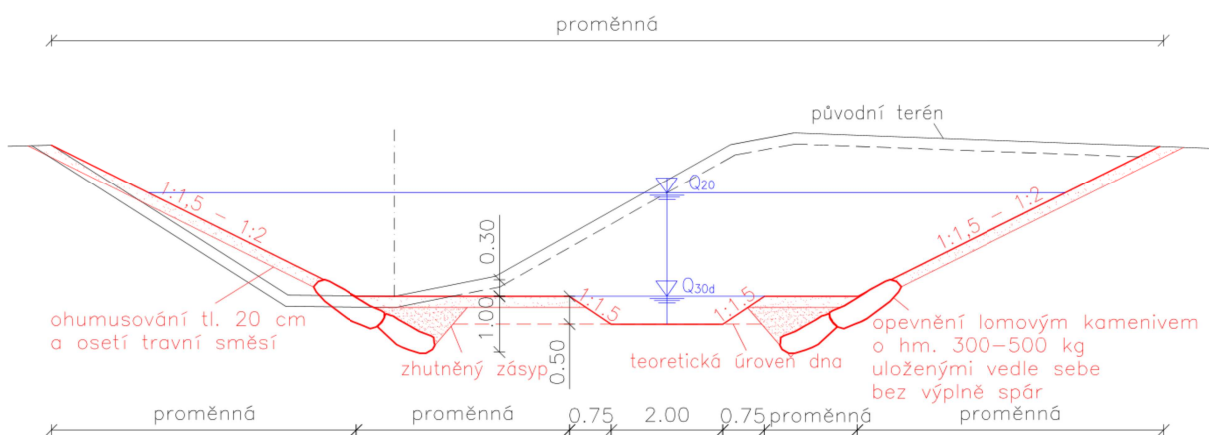
6.2.3 Návrh stabilizačního opatření

V podkladech nebyla k dispozici křivka zrnitosti ani charakteristiky materiálu dna koryta. Z tohoto důvodu nebyl proveden výpočet výmolů a stability dna a svahů koryta. V návrhu bylo nutné zastabilizovat patu svahu berem s tím, že kyneta zůstane neopevněna, aby se mohla volně vyvíjet v jejím vymezeném pásu na řece Romži.

V patě svahu berem je navrženo opevnění lomovým kamenivem o hmotnosti 300 - 500 kg, uloženého vedle sebe bez výplně spár. Opevnění je provedeno do hloubky pod teoretickou úroveň dna koryta, aby při stěhování kynety nedocházelo k vymílání dna a svahů. Při návrhu opevnění se vycházelo z podkladů s provedeným předchozím opevněním paty svahu.

6.2.4 Návrh vegetačního doprovodu

V upraveném korytě je vhodné navrhnout dřeviny, které jsou zde již zastoupeny z důvodu zachování přirozeného prostředí a plynulého navázání do původního stavu. Vegetace je navržena v místě za břehovou linií koryta. Ze stromového patra jsou doporučeny dřeviny - např. lípa srdčitá, jasan ztepilý, olše černá, dub letní a z keřového patra - např. vrba popelavá, vrba poriční, bez černý a brslen evropský. Na svazích a dnu berem koryta je provedeno osetí travní směsí. Umístění břehových porostů je navrženo v příloze B1 a znázorněno ve vzorových příčných profilech v příloze B5.



Obrázek 27: Teoretický návrh přírodě blízkého protipovodňového opatření se stěhovavou kynetou.

6.2.5 Zhodnocení návrhu

Návrhem přírodě blízkého protipovodňového opatření, v zájmovém úseku řeky Romže, dojde k zabezpečení zastavěného a zastavitelného území v blízkosti toku při návrhovém průtoku $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ proti povodni. Po navržené úpravě jsou všechny mosty kapacitní i s minimálním převýšením 0,5 m mezi hladinou návrhového průtoku a spodní hranou mostovky. Daným opatřením se zároveň vytvoří nové prostředí vhodné

k odpočinku obyvatel a k úkrytu živočichů. Úprava toku bude mít pozitivní vliv na životní prostředí a to především z důvodu vytvoření lepších podmínek k životu drobných živočichů. Navržená úprava koryta je vykreslena v přílohách B1, B3 - B5.

7 Závěr

V bakalářské práci bylo provedeno posouzení stávajícího stavu řeky Romže v Držovicích v ř. km 0,9889 - 2,4734 a navrženo protipovodňové opatření pro návrhový průtok Q_{20} .

Na základě pochůzky danou oblastí byla vytvořena fotodokumentace toku i s jejími objekty a bylo navrženo rozdělení do čtyř dílčích úseků s charakteristickými rysy, které byly dále popsány podrobněji.

Pomocí 1D programu HEC-RAS byl vymodelován řešený úsek Romže s okrajovými podmínkami rozdělenými zvlášť pro úsek Romže nad Hloučelou a Romže nad Českým potokem. Po provedeném výpočtu průběhu hladin v původním korytě bylo zjištěno, že koryto je nekapacitní v profilech PF 26, PF 49 a PF 28 již pro průtok $Q_{10} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ a v profilech PF 48, PF 21 a u mostů M4, M7 je nekapacitní pro průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

V poslední části bakalářské práce je navrženo přírodě blízké protipovodňové opatření pro návrhový průtok $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$, který zajistí bezpečný průchod povodně celou délkou zájmového úseku Romže, včetně jejich objektů. Úpravou toku dojde k rozšíření koryta ve třech místech. Při úpravě byly využity pozemky patřící především obci Držovice a Povodí Moravy, s. p. V místech rozšíření koryta byla zvolena varianta řešení, kdy došlo k minimálnímu záboru pozemků soukromých osob.

Po celé délce zájmového úseku je koryto navrženo do tvaru složeného profilu se stěhovavou kynetou vinoucí se ve vymezeném pruhu, která je kapacitní pro průtok cca $Q_{30d} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$. V místě paty svahu berem je navrženo stabilizační opatření, které zajistí odolnost paty svahů před vymíláním. Součástí celého navrženého opatření je vegetační doprovod. Podél toku jsou navrženy k výsadbě vhodné dřeviny a osetí travní směsí koryta.

Danými úpravami řešeného úseku Romže se docílí bezpečného průchodu návrhového průtoku $Q_{20} = 24,7 \text{ m}^3/\text{s}$ intravilánem obce Držovice. Navrženou úpravou zde zároveň vznikne místo vhodné pro relaxaci obyvatel a biotop pro živočichy.

Reference

- [1] Popis oblasti povodí. *Plán oblasti povodí* [online]. 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/a-popis/a-1.html>
- [2] DIBAVOD, VÚV TGM, v.v.i. *Hydroekologický informační systém VÚV TGM: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, Veřejná výzkumná instituce* [online]. 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.heisvuv.cz/>
- [3] Základní vodohospodářská mapa 1:50 000: Mapový list - Prostějov. *Hydroekologický informační systém VÚV TGM: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, Veřejná výzkumná instituce* [online]. 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.heisvuv.cz/>
- [4] Hydrologické poměry - Morava. *Jihomoravský kraj: Povodňový plán JMK* [online]. 2016 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/povodne/hydrolog Morava.html>
- [5] Průvodní list útvaru povrchových vod Plánu oblasti povodí Moravy 2010 - 2015. *Povodí Moravy: Plán oblasti povodí Moravy* [online]. 2015 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/inf listy/prilohy/101.pdf>
- [6] Český hydrometeorologický ústav: *Síť monitoringu povrchových vod* [online]. 2015 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/hydro/>
- [7] Základní charakteristiky toku Romže a jeho povodí. *Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, veřejná výzkumná instituce: Oddělení geografických informačních systémů a kartografie* [online]. 2014 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>
- [8] Plán oblasti povodí Moravy. *Popis oblasti povodí* [online]. 2009 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/a-popis/a-1.html>
- [9] *Záplavové území Romže km 0,000 – 15,072: Hydrologické údaje ČHMÚ. Povodí Moravy, s. p., útvary hydroinformatiky Brno, 2007.*
- [10] Charakteristika zájmového území. *Povodňový plán ORP Prostějov* [online]. Statutární město Prostějov [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://dpp.prostejov.eu/index-php-action=22-public=.htm>
- [11] BRÁZDA, Ing. Daniel, Ing. Jiří ŠVANCARA a Lukáš HARPÁT. *Studie proveditelnosti k realizaci přírodě blízkých protipovodňových opatření pro ochranu města Prostějova*. Pöyry Environment, 2015.
- [12] *Galva s. r. o.* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.galva.cz/>
- [13] *MapoMat: Ochrana přírody* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://mapy.nature.cz/>
- [14] *Držovice: Oficiální stránky obce* [online]. 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.drzovice.cz>

- [15] *Možnosti řešení povodňových situací v Česko-slovenském příhraničí: Protipovodňová opatření* [online]. 2012 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni>
- [16] *Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny. Plán oblasti povodí Moravy* [online]. 2009 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/d-povodne/d-1.html>
- [17] *Oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem. Centrální datový sklad pro mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik - jejich vznik a uplatnění v praxi* [online]. 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://cds.chmi.cz/>
- [18] *Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem. Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu* [online]. Povodí Moravy, s. p., 2016 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://pop.pmo.cz>
- [19] *Územní plán. Držovice* [online]. 2010 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.drzovice.cz/uzemni-plan-obce/>
- [20] US Army Corps of Engineers: HEC-RAS. *Hydrologic Engineering Center* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- [21] HAVLÍK, Vladimír a Ivana MAREŠOVÁ. *Hydraulika I: Příklady : [Urč. pro stud. fak. staveb.]*. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-010-1162-3.
- [22] VOKURKA, A. a J. ZUNA. *Česká společnost krajinných inženýrů: Podklad pro aktualizaci metodiky pro navrhování PBPO*.
- [23] JUST, Tomáš. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005. ISBN 80-239-6351-1.
- [24] LAMPARTOVÁ, Ivana a Jiří SCHNEIDE. *Mendelova univerzita v Brně - Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií - Ústav environmentalistiky a přírodních zdrojů: Revitalizace a rekultivace v regionálním rozvoji* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?cast=53217>
- [25] JANDORA, Jan a Hana UHMANNOVÁ. *Proudění v systémech říčních koryt: MODUL 01*. 2006. Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební.
- [26] ZÍTEK, Josef, ed. *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Díl III., Text*. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1965.
- [27] *Katalog drsností* [online]. Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti>

Seznam tabulek

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Průměrné roční N-leté průtoky m^3/s . [9] | 18 |
| 2 | Doporučené N-leté průtoky korytem v intravilánu měst a obcí. [16] | 28 |
| 3 | Zastavěné a zastavitelné plochy dotčené rozlivem. [18] | 29 |
| 4 | Hydrologická data pro Romži nad Českým potokem a nad Hloučelí. [9] | 37 |
| 5 | Příčné profily nekapacitní pro průtoky $Q_{10} = 19 m^3/s$ a vyšší. | 38 |
| 6 | Nekapacitní mosty M7 a M4 pro průtok $Q_{20} = 24,7 m^3/s$ a vyšší. | 39 |

Seznam obrázků

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Vodohospodářská mapa Romže s označením zájmového úseku. [3] . . . | 11 |
| 2 | Povodí Moravy a přítoku Váhu s vyznačeným povodím řeky Romže. [1] | 12 |
| 3 | Přehledná mapa povodí Romže. [7] | 13 |
| 4 | Geologické poměry v oblasti povodí Moravy. [1] | 14 |
| 5 | Pedologické poměry. [1] | 16 |
| 6 | Průměrný dlouholetý roční úhrn srážek. [1] | 17 |
| 7 | Jakost vody zájmového úseku Romže. [2] | 20 |
| 8 | Maloplošné zvláště chráněné území - přírodní památka. [13] | 21 |
| 9 | Vymezení zájmového území Romže a rozdělení do dílčích úseků. | 22 |
| 10 | I. dílčí úsek Romže. | 23 |
| 11 | II. dílčí úsek Romže, hospodářský most. | 24 |
| 12 | III. dílčí úsek Romže. | 25 |
| 13 | IV. dílčí úsek Romže. | 26 |
| 14 | Rozdělení technických a netechnických protipovodňových opatření. [15] | 27 |
| 15 | Vymezená oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem na Romži. [18] | 28 |
| 16 | Záplavové území Romže v zájmovém úseku ř. km 0,9889 - 2,4734. [17] | 29 |
| 17 | Revitalizace koryta. [24] | 30 |
| 18 | Příklad úpravy koryta v extravilánu. [22] | 32 |
| 19 | Příklad úpravy koryta v intravilánu. [22] | 32 |
| 20 | Příklad úpravy koryta s ohrázením zastavěného území v údolní nivě. [22] | 33 |
| 21 | Schéma pro výpočet metody po úsecích. | 34 |
| 22 | Kamenité dno toku Romže. | 36 |
| 23 | Q-h křivka v dolním profilu PF 24 - ř. km 0,9759. | 37 |
| 24 | Hospodářský most M4 v ř. km 1,616 (vlevo), silniční most M7 v ř. km 2,234 (vpravo) | 39 |
| 25 | Územní plán v Držovicích s vyznačenými pozemky podél toku. [19] . . | 41 |
| 26 | Příklad návrhu přírodě blízkého protipovodňového opatření se stěhovavou kynetou. [11] | 42 |
| 27 | Teoretický návrh přírodě blízkého protipovodňového opatření se stěhovavou kynetou. | 44 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

Použité zkratky:

| | |
|---------|---|
| ČOV | čistírna odpadních vod |
| 1D | jednorozměrný |
| 2D | dvourozměrný |
| HEC-RAS | The Hydrologic Engineering Center - River Analysis System |
| ř. km | řiční kilometr |
| PBPO | přírodě blízké protipovodňové opatření |
| KÚ | konec úseku |
| ZÚ | začátek úseku |
| DN | jmenovitý průměr potrubí |

Použité symboly:

| | | |
|-------------|---|-----------|
| $m\ n.\ m.$ | metrů nad mořem | |
| $^{\circ}C$ | stupeň Celsia | |
| NH_4 | amonium | |
| NH_3 | amoniak | |
| Q_N | N-letý průtok | (m^3/s) |
| S | průtočná plocha | (m^2) |
| O | omočený obvod | (m) |
| R | hydraulický poloměr | (m) |
| E | energetická výška | (m) |
| g | tíhové zrychlení | (m/s^2) |
| α | Coriolisovo číslo | |
| v_2, v_1 | rychlost v daných profilech | (m/s) |
| i_0 | průměrný podélný sklon koryta daného úseku | |
| h_2, h_1 | výška hladiny od srovnávací roviny | (m) |
| ΔL | délka jednotlivých úseků | (m) |
| Z | celková ztrátová výška mechanické energie - součet místních ztrát a ztrát třením po délce | (m) |

Seznam příloh

Textová část:

- A1 - Fotodokumentace objektů na toku Romže
- A2 - Průběh hladin
- A3 - Pozemky v katastru nemovitostí podél toku Romže

Textová část:

- | | |
|--|------------|
| B1 - Situace úpravy toku Romže | 1:5000 |
| B2 - Podrobný podélný profil Romže - původní koryto | 1:2000/100 |
| B3 - Podrobný podélný profil Romže - upravené koryto | 1:2000/100 |
| B4 - Vybrané pracovní příčné řezy Romže | 1:100 |
| B5 - Vzorové příčné řezy Romže | 1:100 |