



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 VLTAVY, S. P.

ASSESSMENT OF THE WATER FLOW IN THE VLTAVA RIVER BASIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Černý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.

BRNO 2018



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	David Černý
Název	Posouzení vodního toku ve správě Povodí Vltavy, s. p.
Vedoucí práce	Ing. Hana Uhmánová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Geodetické podklady - situace zájmového úseku, příčné řezy. Hydrologická data.
Raplík M., Výbora P., Mareš K. (1989). Úprava tokov, Alfa, Bratislava.
Mareš K. (1997). Úpravy toků, ČVUT, Praha.
Kolář, V., Patočka, C., Bém, J. (1983). Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha.
Jandora, J., Uhmánová, H. (2006). Proudění v systémech říčních koryt. VUT FAST Brno.
Šlezinger, M. Revitalizace vodních toků. VUT Brno, VUTIUM. Brno. 2011.
Gabriel, P., Grandtner, T., Průcha, M., Výbora, P. Jezy. SNTL. Praha. 1989.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce proveďte posouzení úpravy a současného stavu vodního toku Drnový potok v intravilánu obce Luby. V řešené lokalitě se nachází pevný jez, u kterého je potřeba provést posouzení technického stavu a vlivu na odtokové poměry. Při řešení se zaměřte na:

- posouzení stavu koryta toku v řešené lokalitě,
- posouzení kapacity toku a objektů na toku (mosty, lávky, apod.),
- posouzení jezu z hlediska funkčnosti, kapacity a omezení migrace vodních živočichů,
- posouzení současného stupně protipovodňové ochrany intravilánu obce.

Na základě zjištěných skutečností proveďte ideový návrh na zlepšení stávajícího stavu.

Bakalářská práce bude obsahovat:

Textovou část – Úvod, popis řešené lokality, popis stávajícího stavu vodního toku, hydrotechnické výpočty, návrh vhodných opatření na toku, zhodnocení návrhu, závěr.

Přílohy – výkresová dokumentace v rozsahu studie (situace řešeného úseku, podélný profil toku, výkresy navržených opatření).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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 zahrnuje posouzení současného stavu koryta vodního toku Drnový potok a také objektů v řešeném úseku od ř. km 5,972 do ř. km 7,021. Pro výpočet průběhů hladin a posouzení kapacity koryta včetně objektů s ním spojených, je použit 1D matematický model HEC-RAS verze 4.1.0. Práce se mimo jiné zabývá ideovým návrhem přírodě blízkého protipovodňového opatření v intravilánu obce Luby na návrhový průtok $Q_n = Q_{20} = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$.

KLÍČOVÁ SLOVA

Drnový potok, Luby, protipovodňová ochrana, HEC-RAS, kapacita koryta, úprava koryta, protipovodňové zdi, ochranné hráze, návrhový průtok

ABSTRACT

The bachelor's thesis includes the assessment of the current state of the channel Drnový potok as well as the objects in the solved section from river km 5,972 to river km 7,021. The 1D mathematical model HEC-RAS version 4.1.0 is used for the calculation of the course of level and for the assessment of the channel capacity, including the objects connected to it. The work also deals with the ideological proposal of near natural flood protection measures in the municipality of the village Luby on the design discharge $Q_n = Q_{20} = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$.

KEYWORDS

Drnový potok, Luby, flood protection, HEC-RAS, channel capacity, channel improvement, flood protection walls, protective dikes, design discharge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

David Černý *Posouzení vodního toku ve správě Povodí Vltavy, s. p.*. Brno, 2018. 70 s., 104 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 samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

David Černý
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval své vedoucí Ing. Haně Uhmannové, CSc., nejen za odborné vedení, užitečné rady a informace, ale také za ochotu, čas a trpělivost během tvorby mé bakalářské práce. Velké díky patří také Mgr. Petře Bémové za provedení závěrečné korektury celé práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině za poskytnuté zázemí a za podporu během celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ	12
3	ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE	12
3.1	POVODNĚ.....	12
3.1.1	Povodňové riziko.....	12
3.1.2	Mapy povodňového nebezpečí.....	13
3.1.3	Plány pro zvládnání povodňových rizik.....	13
3.1.4	Záplavové území	14
3.1.5	Stupně povodňové aktivity.....	15
3.1.6	Povodňové plány	15
3.1.7	Hlásná povodňová služba.....	17
3.2	PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ	19
3.2.1	Podle konstrukční podstaty.....	19
3.2.2	Podle způsobu ochrany.....	20
4	PBPO - PŘÍRODĚ BLÍZKÁ PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ	21
4.1	ZÁKLADNÍ PRINCIPY PBPO	21
4.2	ZÁSADY PBPO.....	22
4.3	CÍLE PBPO	22
4.4	NÁVRH PBPO.....	22
4.5	KATALOG PBPO (DLE METODIKY OOV MŽP).....	23
5	ZÁKLADNÍ INFORMACE	25
5.1	SPRÁVNÍ ÚDAJE	25
5.2	ÚDAJE O POVODÍ.....	26
5.3	GEOLOGICKÉ POMĚRY.....	26
5.4	KLIMATICKÉ POMĚRY.....	27
5.5	HYDROLOGICKÉ POMĚRY.....	29
5.5.1	Průtoky na vodním toku – varianta č. 1.....	30
5.5.2	Průtoky na vodním toku – varianta č. 2.....	30
5.5.3	Průtoky přes jezovou konstrukci	31
5.6	ÚDAJE O ZEMĚDĚLSTVÍ.....	31
5.7	ÚDAJE O LESNICTVÍ.....	31
5.8	ÚDAJE O PRŮMYSLU	32
5.9	POŽADAVKY NA ODBĚR.....	32
5.9.1	Odběry podzemní vody z Drnového potoka pro rok 2016.....	32
5.9.2	Odběry povrchové vody z Drnového potoka pro rok 2016.....	33

5.10	ČISTOTA VOD.....	34
5.10.1	Vypouštěné vody do Drnového potoka pro rok 2016	35
5.10.2	Třídy jakosti povrchové (tekoucí) vody dle ČSN 75 7221 [27].....	35
5.11	SPLAVNOST TOKU	36
5.12	ENERGETICKÉ VYUŽITÍ	36
5.13	REKREAČNÍ VYUŽITÍ	36
5.14	ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	36
6	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	37
6.1	POPIS PODÉLNÉHO SKLONU A DNA	37
6.1.1	Určení drsnosti dna.....	38
6.2	POPIS PŘÍČNÉHO ŘEZU	39
6.3	OBJEKTY NA TOKU.....	40
6.3.1	Spádový stupeň.....	40
6.3.2	Mosty.....	41
6.3.3	Lávky.....	42
6.3.4	Výustní a přítokové objekty	44
6.4	JEZOVÁ KONSTRUKCE	46
6.5	OPEVNĚNÍ.....	47
6.5.1	Vegetační doprovod.....	48
7	POSOUZENÍ KAPACITY TOKU A OBJEKTŮ NA TOKU	49
7.1	VSTUPNÍ DATA PRO POSOUZENÍ KAPACITY	49
7.1.1	Geometrická data.....	49
7.1.2	Okrajové podmínky	49
7.2	STANOVENÍ KAPACITY STÁVAJÍCÍHO KORYTA.....	50
7.2.1	Kapacitní průtok stávajícího koryta.....	51
7.3	STANOVENÍ KAPACITY OBJEKTŮ NA TOKU	52
8	NÁVRH PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ.....	54
8.1	VARIANTY ŘEŠENÍ	54
8.1.1	Varianta „A“ (pro ř. km 5,99014 – 6,48058)	55
8.1.2	Varianta „B“ (pro ř. km 6,09405 – 6,35103).....	55
8.1.3	Porovnání.....	55
8.2	OBJEKTY PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ.....	56
8.2.1	Ochranná hráz.....	56
8.2.2	Protipovodňová zeď	57
8.2.3	Odnímatelná hradidla	58
8.3	OBJEKTY NA VODNÍM TOKU	59
8.3.1	Mosty a lávky	59
8.3.2	Rybí přechod	60
8.4	DOTČENÉ POZEMKY NAVRŽENÝM PBPO	60

9	ZÁVĚR	62
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	63
	10.1 INTERNETOVÉ ZDROJE	63
	10.2 LITERATURA.....	65
11	SEZNAM TABULEK.....	66
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
13	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69
14	SEZNAM PŘÍLOH	70
	14.1 TEXTOVÁ ČÁST	70
	14.2 VÝKRESOVÁ ČÁST	70

1 ÚVOD

Drnový potok, který spadá pod správu Povodí Vltavy, s. p., prochází intravilánem obce Luby. Zásadní problém představuje nedostatečná protipovodňová ochrana v místech zástavby a omezená kapacita koryta. Stávající stav koryta nepřevéde ani průtok Q_1 letý ($12,40 \text{ m}^3/\text{s}$), a proto dochází k častému vybřežení a ohrožení majetku občanů a obce.

Přestože se Drnový potok řadí mezi menší vodní toky, během povodňové situace dochází ke značným škodám na majetku fyzických osob, na majetku obce a také ke škodám, které se týkají samotného koryta vodního toku. Bakalářská práce se zabývá návrhem přírodě blízkého protipovodňového opatření a také posuzuje stav koryta toku a stav objektů na toku, mezi které patří mosty, lávky a pevný jez.

V současnosti není intravilán obce vybaven žádnými prvky protipovodňové ochrany. V dohledné době se předpokládá uskutečnění celkové revitalizace koryta a výstavba protipovodňové ochrany obce, která zajistí bezpečný průchod povodně při návrhovém průtoku $Q_n = Q_{20} = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cílem bakalářské práce je posoudit úpravu, současný stav a kapacitu vodního toku Drnový potok v intravilánu obce Luby od ř. km 5,972 do ř. km 7,021. Jejím cílem je také vypracování návrhu opatření na hranicích s přiléhajícími soukromými pozemky a celkové posouzení objektů, které jsou součástí řešeného úseku. Na základě zjištěných skutečností je proveden ideový návrh na zlepšení stávajícího stavu koryta a blízkého okolí. Návrh je podmíněn náležitými hydraulickými výpočty, pro které je použit program HEC-RAS 4.1.0.

2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

- a) geodetické zaměření
- b) geometrická data
- c) hydrologická data Drnového potoka
- d) fotodokumentace

3 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

3.1 POVODNĚ

Podle zákona č. 254/2001 Sb. § 64 odst. 1 – Zákon o vodách (vodní zákon), je povodeň definována jako výrazné, ale pouze dočasné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod. Následkem zamezení přirozeného odtoku nebo při soustředěném, či nedostatečném odtoku z určité oblasti, může nastat situace, při které dojde k zaplavení území mimo koryto vodního toku, s čímž je spojen častý vznik povodňových škod. [1]

Ke zmenšení průtočnosti koryta nebo k náhlému zvětšení průtoku a následnému vzniku povodně může dojít např. při ucpání mostních profilů a ledové zácpě nebo vlivem vydatných dešťových srážek a táním sněhu. Poslední zmiňovaná příčina se řadí do tzv. zimního povodňového režimu, který je charakteristický pro jarní povodně. Naopak deště trvající v rádech několika hodin až dnů patří do tzv. letního povodňového režimu, který je typický pro letní povodně. [2]

Povodeň se rozlišuje:

- *Přirozená* – je způsobena přírodními jevy (tání sněhu a dešťové srážky – zimní a jarní povodeň; dlouhodobé regionální deště s malou intenzitou a krátkodobé lokální deště s velkou intenzitou – letní povodeň; chod ledu, ledové zácpy a ledové nápěchy), [1] [3]
- *Zvláštní* – je způsobena umělými vlivy, zejména poruchou vodního díla vzdouvající vodu (protržení). [1] [3]

3.1.1 Povodňové riziko

Stanovuje případné negativní dopady povodní zejména na lidské zdraví, hospodářskou činnost, kulturní dědictví a životní prostředí. Jako podklad slouží určení pravděpodobnosti výskytu povodní. Oblasti s významnými povodňovými riziky, pro které se následně zpracovávají plány pro zvládnutí povodňových rizik včetně map povodňových rizik a nebezpečí, jsou stanoveny na základě předběžného vyhodnocení. [1]

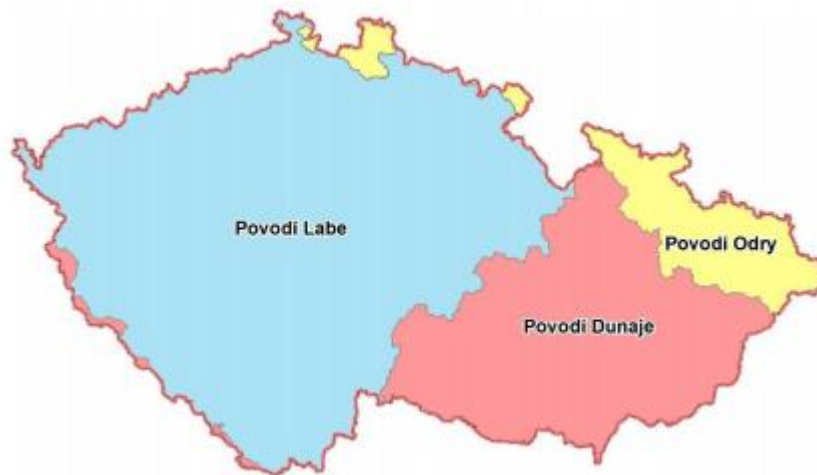
3.1.2 Mapy povodňového nebezpečí

Na základě stanoveného záplavového území vymezují mapy takové oblasti, které by mohly být při různém průběhu povodně zaplaveny. Po určení těchto území se na mapách povodňových rizik vyznačí možné nepříznivé následky povodní. [1]

3.1.3 Plány pro zvládání povodňových rizik

Jsou součástí plánování v oblasti vod a zpracovávají se ve dvou úrovních, první úroveň je národní (povodí Labe, Odry a Dunaje) a druhá mezinárodní. Plány schvaluje vláda a porizení provádí, ve spolupráci s příslušnými krajskými úřady a správci povodí, Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. [4]

Důležitým faktorem plánů pro zvládání povodňových rizik je zohledňování nákladů, přínosů, průběh a rozsah povodní. Součástí je také např. posouzení retenční schopnosti záplavových území a snaha o zlepšení schopnosti půdy zadržovat vodu. [1] [4]



Obr. 3.1 – Hlavní povodí České republiky [4]

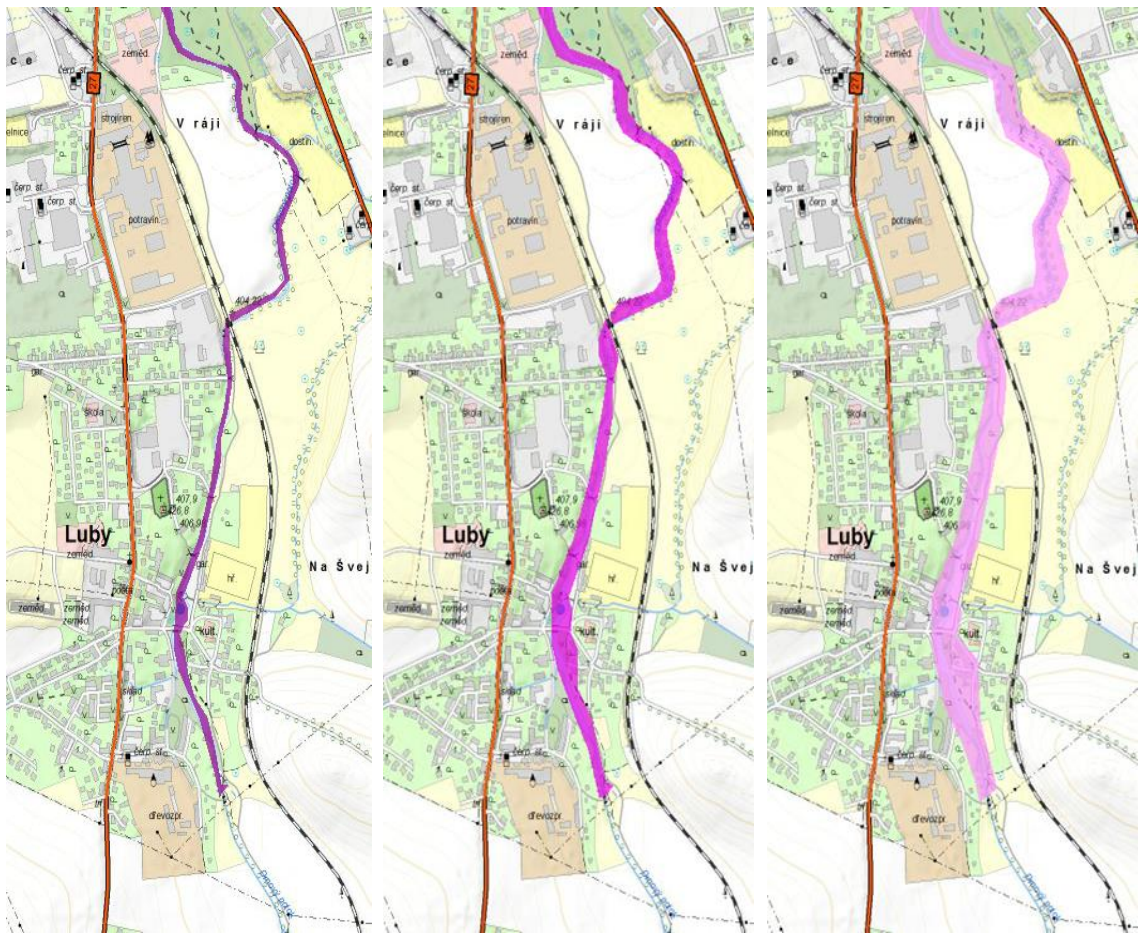


Obr. 3.2 – Dílčí povodí České republiky [4]

3.1.4 Záplavové území

Při průběhu přirozené povodně mohou být záplavová území zaplavena vodou, a proto je povinen vodoprávní úřad podle zákona č. 254/2001 Sb. § 66 odst. 1 – Zákon o vodách, stanovit na návrh správce vodního toku jejich rozsah. Návrh záplavového území se provádí pro N-leté průtoky vyskytující se při již zmíněné přirozené povodni s periodicitou 5 (Obr. 3.3), 20 (Obr. 3.4) a 100 let (Obr. 3.5). [1] [5]

Podle nebezpečnosti povodňových průtoků dále vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku vymezuje aktivní zónu záplavového území. V aktivní zóně se nesmí provádět, umisťovat ani povolovat žádné stavby s výjimkou vodních děl, které úzce souvisí s vodním tokem nebo jeho okolím. Např. stavby pro jímání vod, pro odvádění odpadních a srážkových vod, pro převádění povodňových průtoků a na ochranu před povodněmi. Kromě toho je v aktivní zóně zakázáno např. těžit nerosty, skladovat odplavitelný materiál, zřizovat tábory, kempy a jakékoliv překážky v podobě oplocení. [1] [5]



Obr. 3.3 – Záplav. území Q_5 [7] Obr. 3.4 – Záplav. území Q_{20} [7] Obr. 3.5 – Záplav. území Q_{100} [7]

Podrobné informace o stanoveném záplavovém území daného vodního toku jsou dostupné na portálu digitálního povodňového plánu České republiky. [6]

3.1.5 Stupně povodňové aktivity

Celkový rozsah opatření, které se provádí na ochranu před povodněmi, závisí na míře povodňového nebezpečí nebo vývoji povodňové situace. Ta se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity: [1]

- a) *Stav bdělosti* – popisuje nebezpečí, které je doprovázeno možným výskytem přirozené povodně. Za stav bdělosti, který končí zaniknutím příčin nebezpečí, se považuje i situace, která je označena předpovědní povodňovou službou, [1]
- b) *Stav pohotovosti* – příslušným povodňovým orgánem se odvolává a vyhláší v případě, pokud nebezpečí přirozené povodně přeroste ve skutečný povodňový jev, při kterém však nedochází k výrazným rozlívům mimo koryto a vzniku větších škod. Mimo jiné k vyhlášení dochází při překročení mezních hodnot sledovaných jevů na vodních dílech, [1]
- c) *Stav ohrožení* – příslušným povodňovým orgánem se odvolává a vyhláší, pokud dochází k výrazným rozlívům mimo koryto a vzniku rozsáhlých škod a pokud může povodňový jev v záplavovém území zapříčinit ohrožení na životech a majetku. Dosažení kritických hodnot sledovaných jevů je taktéž podnětem pro vyhlášení daného stavu. [1]

Míra povodňového nebezpečí se řídí směrodatnými limity, na základě kterých se vyhláší stupně povodňové aktivity. Směrodatné limity, které jsou uvedené v povodňových plánech, jsou zejména vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech. [1]

3.1.6 Povodňové plány

Obsahují údaje potřebné k zajištění informací o vývoji povodně, přípravě a organizaci záchranných a zabezpečovacích prací, možnosti ovlivnění odtokového režimu a také informace k zajištění ochrany majetku, lidského zdraví a životního prostředí před povodněmi. [1]

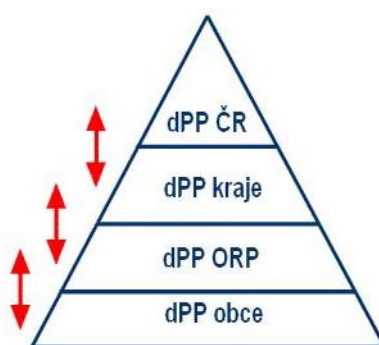
Obsah povodňových plánů se dělí na jednotlivé části a jsou jimi:

- a) *Věcná část* – zahrnuje směrodatné limity a důležité informace k zajištění ochrany určité nemovitosti, obce, povodí nebo jiného územního celku, [1]
- b) *Organizační část* – zahrnuje seznamy, adresy, úkoly, způsob spojení a organizaci jednotlivých účastníků podílejících se na ochraně před povodněmi, včetně hlásné a hlídkové služby, [1]
- c) *Grafická část* – zahrnuje mapy, popřípadě plány se zákresy evakuačních tras, hlásných profilů, informačních míst a záplavových území. [1]

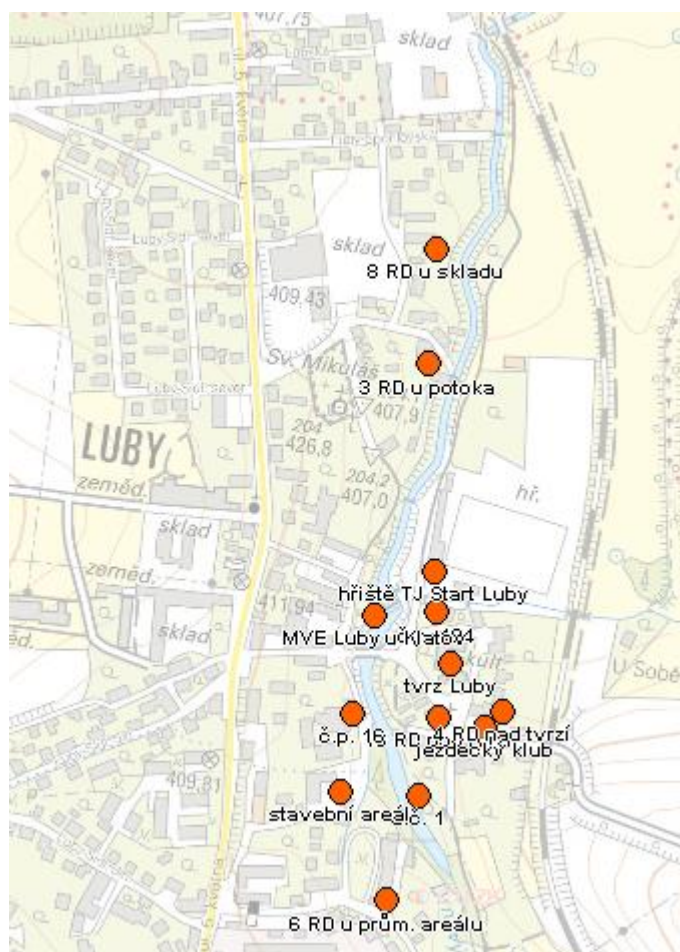
Povodňový plán České republiky, který musí být každý rok kontrolován, případně upraven a doplněn, zpracovává Ministerstvo životního prostředí. [8]

Značné zpřehlednění a usnadnění přístupu k potřebným informacím představuje povodňový plán převedený do digitální formy. K prvotnímu převedení do aplikace digitálního povodňového plánu (dále jen dPP) patřil v roce 2005 povodňový plán ČR. Postupně se přidávali kraje, obce s rozšířenou působností (ORP) a obce, čímž se zajistil tok informací mezi jednotlivými segmenty (Obr. 3.6). [2]

Součástí dPP je nejen klasický povodňový plán, ale i zajištění přímé vazby na Geografický informační systém (GIS). Úkolem dPP je propojení všech informací mapového, textového a databázového charakteru souvisejících s povodňovým plánem a ochranou před povodněmi. [2]



Obr. 3.6 – Hierarchická návaznost dPP [2]



Obr. 3.7 – Ohrožené objekty povodní v blízkosti Drnového potoka [3]

3.1.7 Hlásná povodňová služba

Plní hned několik úkolů, kterými jsou např. zajištění včasného varování obyvatelstva v místě předpokládaného výskytu povodně, poskytování údajů povodňovým orgánům a účastníkům ochrany před povodněmi, zabezpečení informací o průběhu a vývoji povodně, což vede k řízení povodňových opatření atd. [1]

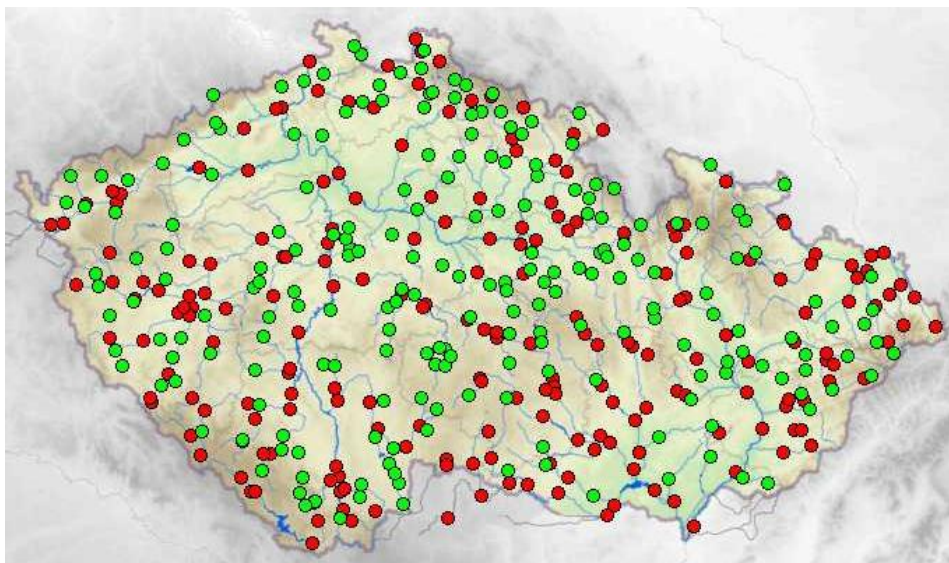
Hlásná povodňová služba je odkázána na informace o stavu vodních toků v hlásných profilech a mimo hlásné profily, což jsou informace týkající se např. průtočnosti koryt a mostních objektů, stavu ochranných hrází, rozlivů, povrchových odtoků, ledových jevů, stavu vodních děl a veškerých objektů, které by mohly ovlivnit průběh povodně. [9]

Hlásný profil – je místo na vodním toku, které slouží ke sledování průběhu povodňové situace a na základě jejího vývoje se v hlásných profilech vyhláší SPA. [9]

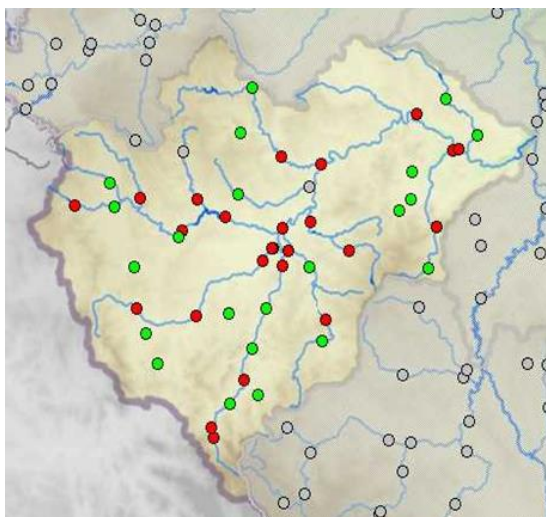
Hlásné profily se rozdělují do kategorií dle významu:

- a) *Kategorie A (základní hlásné profily)* – profily na významných vodních tocích, které zřizuje a provozuje stát prostřednictvím správců povodí nebo ČHMÚ (Obr. 3.8), [9]
- b) *Kategorie B (doplňkové hlásné profily)* – profily na vodních tocích, které jsou podstatné k řízení povodňových opatření. Zřizují a provozují je krajské úřady (Obr. 3.8), [9]
- c) *Kategorie C (pomocné hlásné profily)* – jedná se pouze o účelové profily, které nejsou evidované a využívají se jen na místní úrovni. Zřizují a provozují je obce nebo vlastníci ohrožených objektů (Obr. 3.10, 3.11). [9]

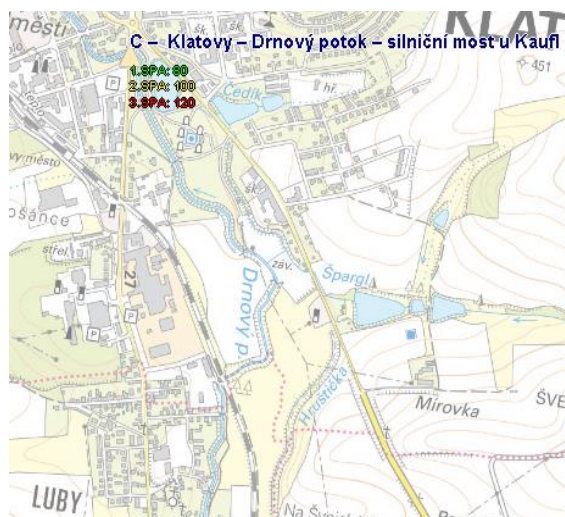
Evidenční list hlásného profilu – „je dokument, ve kterém jsou uvedeny základní informace o profilu, jeho umístění a vybavení, směrodatné limity stupňů povodňové aktivity, způsob pozorování a hlášení a další údaje.“ [9]



Obr. 3.8 – Hlásné profily ČR (kategorie A, kategorie B) [10]



Obr. 3.9 – Hlásné profily povodí Berounky [10]



Obr. 3.10 – Hlásný profil Klatovy (kat. C) [3]



Obr. 3.11 – Hlásný profil kat. C, Klatovy - Drnový potok (vybavení: vodočetná lať)

Pozn.: K Obrázkům 3.10 a 3.11 patří Evidenční list hlásného profilu. [36]
 – viz Příloha A.1 – Evidenční list hlásného profilu - Drnový potok

3.2 PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

Cílem protipovodňového opatření je zabránit vniknutí povodně do chráněného území. Toho se docílí pomocí staveb nebo soustavy staveb, terénních úprav a dalších zařízení tak, že protékající voda neohrozí obyvatelstvo a způsobí co nejmenší škody na majetku. [11]

Důležitou roli při návrhu PPO hraje prevence, jejímž základem je znalost záplavového území. Díky tomu se dosáhne výrazného snížení rizika zaplavení nových staveb v případě povodní. [2]

Protipovodňová opatření se podle konstrukční podstaty rozdělují na technická a netechnická opatření. Podle způsobu ochrany se dělí na technická a přírodě blízká opatření. [2]

3.2.1 Podle konstrukční podstaty

a) *Technická (stavební) opatření*

Proti účinkům vody v ploše povodí:

- budování retenčních opatření,
- budování protierozních opatření,
- omezení zemědělské činnosti v ploše povodí,
- regulace nejen rozsahu, ale i druhové a věkové skladby lesů. [2]

Proti účinkům na vodních tocích:

- ochranné hráze,
- čištění a údržba koryt,
- zvýšení kapacity koryta vodního toku,
- retenční prostory v poldrech,
- retenční prostory v údolních nádržích,
- snížení boční a hloubkové eroze. [2]

b) *Netechnická opatření*

- varovné systémy
- předpovědní systémy
- výchova veřejnosti k odpovědnému chování při povodňovém nebezpečí
- definování záplavových zón a následně jejich právní zajištění. [2]

3.2.2 Podle způsobu ochrany

a) *Technická opatření*

- výstavba retenčních nádrží velkých rozměrů (přehrady),
- úprava a zkapacitnění koryt,
- ohrázování vodních toků. [2]

b) *Přírodě blízká opatření*

Proti účinkům vody v ploše povodí:

- biotechnická protierozní opatření,
- organizační protierozní opatření,
- agrotechnická protierozní opatření. [2]

Proti účinkům na vodních tocích:

- zpomalení odtoku povodňových průtoků v nezastavěném území,
- zrychlený odtok povodňových vod ze zastavěného území,
- budování poldrů nebo ochranných nádrží,
- revitalizace koryta vodního toku,
- kapacitní úprava koryta v zastavěném území,
- využití retenční kapacity říčních a potočních niv v nezastavěném území,
- obnovení přirozených hydrologických funkcí říční a potoční nivy do volné inundace. [2]

4 PBPO - PŘÍRODĚ BLÍZKÁ PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

Snížení negativních dopadů vodní eroze, která zhoršuje schopnost krajiny zadržet vodu, a povodně se docílí realizací protipovodňových opatření přírodě blízkého charakteru, která jsou nedílnou součástí systému technických protipovodňových opatření. [12]

Principem je kombinace technických vodohospodářských staveb s revitalizačními prvky a s tím související vznik přirozeného rozlivu do údolních niv nebo zadržetí vody v místech, v nichž nedojde k povodňovým škodám, anebo ochrana majetku, který se nachází v zátopovém území vodních toků. [12] [13]

Následující poznatky vycházejí z podkladu pro aktualizaci Metodiky odboru ochrany vod, přičemž podklad se zabývá pouze návrhem PBPO na vodních tocích a přilehlých nivách. Metodika OOV je zveřejněna ve Věstníku MŽP 11/2008 a věnuje se komplexnímu řešení návrhu PBPO, který zahrnuje i protierozní opatření. [13] [15]

4.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY PBPO

- a) *Zpomalení odtoku vody z povodí mimo zastavěná území – pomocí přirozené funkce krajiny*
 - obnova rozlivů do niv včetně jejich ochrany,
 - optimalizace splaveninového režimu vodních toků,
 - změna hospodaření v lesích,
 - opatření agroenvironmentálního charakteru. [13]
- b) *Zvýšení přirozené retence krajiny – pomocí vodohospodářských staveb*
 - poldry,
 - suché retenční nádrže (průtočné a boční),
 - hrázové systémy odsazené. [13]
- c) *Urychlení odtoku vody ze zastavěných území – pomocí kapacitních koryt*
 - koryta se složeným průtočným profilem a stěhovavou kynetou,
 - hrázové systémy s povodňovými parky. [13]
- d) *Respektování záplavových území [13]*

4.2 ZÁSADY PBPO

- Spočívají v zajištění příznivého stavu vodního ekosystému koryta (pro vodní organismy) i při nižších průtocích v návaznosti na hydrotechnický návrh úpravy průtočného profilu. [13]
- Součástí je snížení maximálního (kulminačního) průtoku a využití veškerých možností retence povodňových průtoků. [13]
- V extravilánu by mělo být PBPO založeno na dosažení průtočné kapacity koryta (při průtoku Q_{30d} až Q_1), při vyšších průtocích na vzniku přirozeného rozlivu do nivy, pokud je vytvořena, nebo do záplavového pásu vedeného podél toku. [13]
- V intravilánu by mělo být PBPO založeno na složeném průtočném profilu koryta, v němž pro převedení minimálního průtočného množství (Q_{30d} až Q_1) slouží kyneta. Při vyšších průtocích se zapojuje berma nebo bermy, které jsou zabezpečeny proti účinkům velkých vod. [13]
- Mezi prvotní zásady patří z hlediska morfologie vytvoření členitého průtočného profilu odpovídajícího požadavkům vodního ekosystému v návaznosti na kategorii daného vodního toku. Následně se jedná o půdorysné uspořádání, respektive o obnovení přirozeného meandrování toku. [13]
- *„Použití metody geomorfologického typu k posouzení úrovně souladu účinků navržené úpravy vodního toku s požadavky navázaných ekosystémů je vhodné v případě vodních toků s povodím větším než 25 až 30 km².“* [13]

Metoda hydromorfologických parametrů se používá pro vodní toky s menším povodím. [13]

4.3 CÍLE PBPO

Mezi cíle přírodě blízkého protipovodňového opatření se řadí:

- Dosažení dobrého ekologického stavu vodních toků a niv. [13]
- Dosažení účinné protipovodňové ochrany. [13]

4.4 NÁVRH PBPO

Při návrhu PBPO je snaha o to, aby během běžných hydrologických procesů v korytě bylo zajištěno fungování koryta jako biotopu pro vodní organismy, případně aby byly vytvořeny vhodné podmínky pro jejich život. [13]

Základní rozdíl mezi revitalizací vodního toku a PBPO je ve sledování požadovaných cílů, které by měl určitý druh opatření splnit. U revitalizačních zásahů, jejichž využití je základem pro návrh PBPO, se primárně sleduje ekologický stav

vodního toku a jeho okolí. V druhém případě se kromě snahy o vytvoření příhodných podmínek pro život vodních organismů v korytě sledování zaměřuje na protipovodňové funkce vodního toku a účinky protipovodňového opatření, které jsou s tím rovněž spojené. [13]

Mezi příklady výhod PBPO na tocích a nivách se řadí:

- protipovodňová ochrana včetně dosažení dobrého ekologického i estetického stavu vodních toků a jejich okolí v intravilánech (povodňové parky),
- využití přirozené retence krajiny,
- vytvoření vhodných podmínek pro život vodních organismů a vznik biotopů,
- zlepšení vodního režimu daného území,
- zkvalitnění podzemních a povrchových vod,
- ochrana vodních zdrojů,
- zajištění ekologické rovnováhy,
- bezproblémové začlenění úpravy do okolního prostředí ve volné krajině ... [13]

4.5 KATALOG PBPO (dle metodiky OOV MŽP)

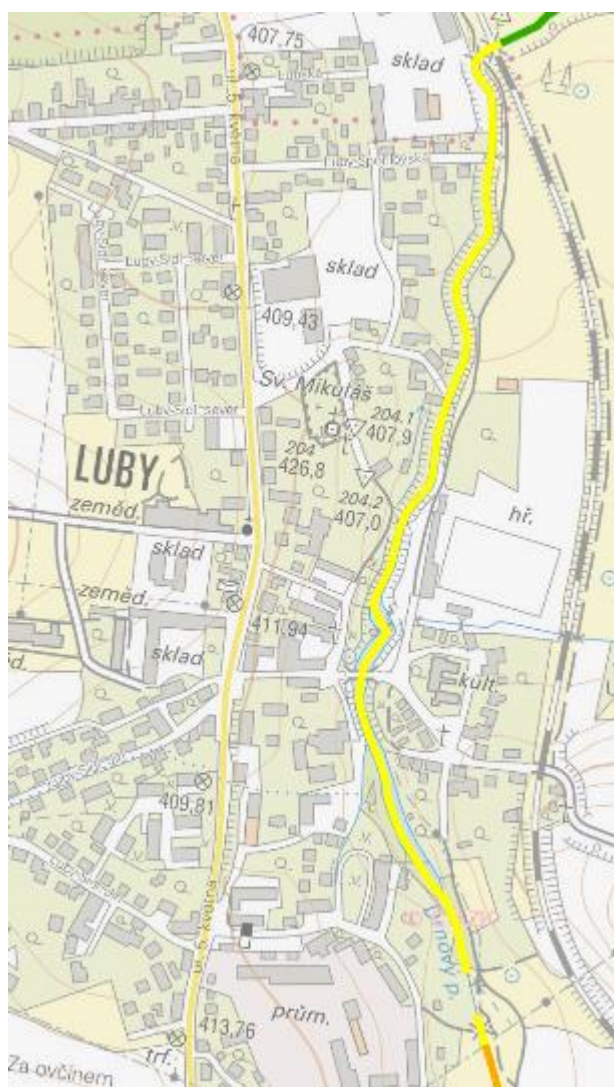
Zásadní pomůcku pro plánování použití určitého způsobu opatření i pro investory představuje katalog přírodě blízkých protipovodňových opatření, v němž jsou vypsány z hlediska funkce základní typy opatření, kterými jsou: [12]

1. PBPO mimo zastavěná území, „*snížení kapacity koryta revitalizací a zvýšením četnosti rozlivů do údolních niv, které se podílí na transformaci povodňových průtoků.*“ [12]
2. PBPO v zastavěných územích, možnost ohrázování, zrevitalizované koryto se složeným průtočným profilem a stěhovavou kynetou, kapacitní úprava koryta a zrychlený odtok. [13]
3. „*PBPO transformací povodňové vlny v suchých retenčních nádržích nebo poldrech a revitalizace toků a niv ve zdrži.*“ [13]
4. PBPO v zastavěných územích, parcích anebo na vodních tocích zajišťující architektonickou i ekologickou funkci toku, přičemž opatření netvoří přímou součást PPO. [13]
5. Opatření, která zlepšují hydromorfologický charakter toků a niv, a ochrana účinné retence záplavových území nebo toků v údolích. [13]
6. Opatření 1. a 5. typu s podmínkou navazujících PPO, jako jsou např. zajištění kapacity mostních profilů a ohrázování zastavěných území do výšky vzduť vody v nivě. [13]

Na Obrázku 4.1 jsou vymezeny návrhy opatření na vodních tocích a nivách. Zájmové území charakterizuje žlutá barva, jejíž význam a význam ostatních barev je shrnutý v Tabulce 4.1.

Tab. 4.1 – Legenda k základním typům opatření (Obr. 4.1) [14]

BARVA	TYP OPATŘENÍ
Žlutá	PBPO v zastavěných oblastech
Oranžová	Opatření kombinující typy 1 a 5 + technická PPO
Zelená	Ochrana fungující retence záplavových území



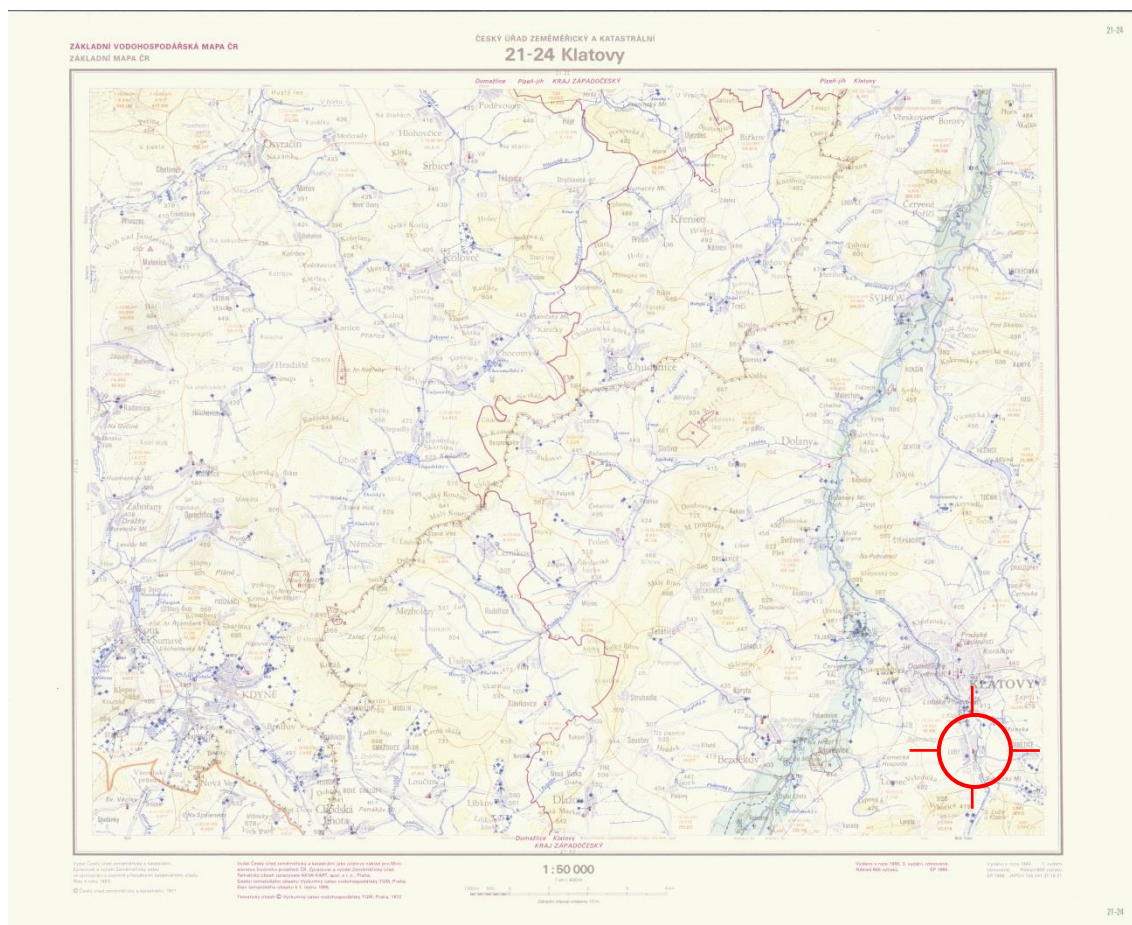
Obr. 4.1 – Základní typy opatření [14]

5 ZÁKLADNÍ INFORMACE

5.1 SPRÁVNÍ ÚDAJE

Název řešeného toku je Drnový potok, jehož celková délka činí 21,3 km a plocha povodí 94,6 km². Tok spadá pod správu Povodí Vltavy, státní podnik - závod Berounka, se sídlem Denisovo nábřeží 2430/14, 301 00 Plzeň 3 - Východní Předměstí. Číslo vodohospodářské mapy je 21-24 Klatovy (Obr. 5.1). Číslo hydrologického pořadí 1-10-03-047 odpovídá číslu z vodohospodářské mapy, které se však neshoduje s číslem uvedeným v evidenčním listu hlásného profilu 1-10-03-046 (Příloha č. 1). [16] [17]

- Kraj: Plzeňský
- Okres: Klatovy
- Obec: Klatovy
- Katastrální území: Luby
- Kilometráž řešeného úseku: ř. km 7,021 – ř. km 5,972



Obr. 5.1 – Vodohospodářská mapa 1:50 000

5.2 ÚDAJE O POVODÍ

Drnový potok spadá do hlavního povodí Labe (Obr. 3.1), které tvoří největší část celého území České republiky, a také do dílčího povodí Berounky (Obr. 3.2), které leží v západní části Čech.

Dílčí povodí Berounky, jehož celková plocha činí cca 8 820 km², navazuje na několik dalších dílčích povodí (Obr. 3.2), kterými jsou:

- povodí Dolní Vltavy (východ),
- povodí Horní Vltavy (jih),
- povodí ostatních přítoků Dunaje (západ),
- povodí Ohře, Dolního Labe a ostatních přítoků Labe (sever).

Do povodí Berounky přitékají vodní toky (Mže, Radbuza, Úhlava) z celkové plochy cca 38,0 km², horní část dílčího povodí Berounky je tvořena vodními toky: Úhlava, Úslava, Radbuza a Mže. Naopak páteřním tokem spodní části dílčího povodí je řeka Berounka. Litavka a Střela pak tvoří její nejvýznamnější přítoky. [18]

Drnový potok je tvořen dvěma prameny. První z nich představuje stálý zdroj i v sušším období a přitéká ze šumavského podhůří z výšky 631 m n.m. Druhým zdrojem je Podolský potok, který se do toku vlévá zprava, dalším pravostranným přítokem je potok Mochtínský. Drnový potok pokračuje přes Luby a Klatovy až do místa, ve kterém se vlévá do řeky Úhlavy na jejím 58,9 říčním kilometru a tvoří její pravostranný přítok. [16] [19]

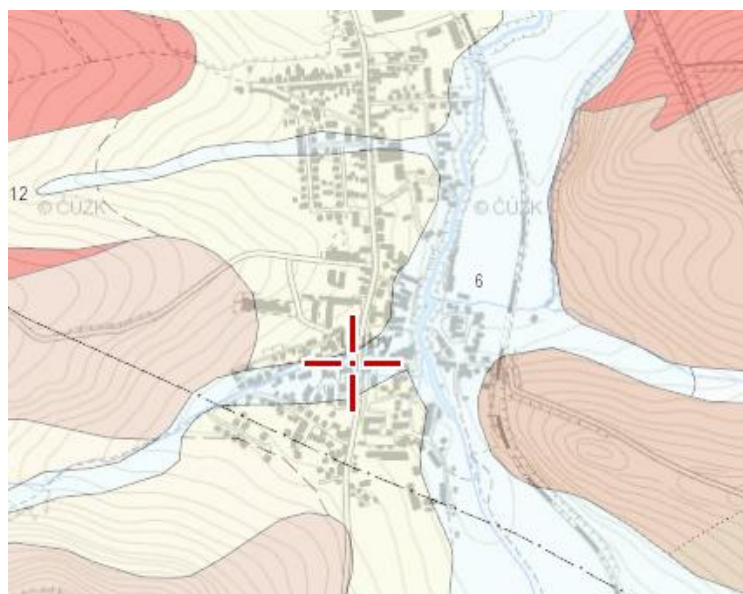
5.3 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Dílčí povodí Berounky patří do území Českého masívu, který byl utvářen dvěma orogenezemi, variskou a kadomskou. Variská orogeneze přebudovala centrum Českého masívu, jehož původní stavbu vytvořila orogeneze kadomská. Alpínská orogeneze měla za následek tektonické pohyby bloků podél hlubinných zlomů (saxonská tektonika) a způsobila tak pouze ovlivnění masívu, ale nepřetvořila ho. [18]

Luby jsou část okresního města Klatovy, které se rozprostírají na útvaru zvaném „Středočeský žulový pluton“. Podloží Klatov tvoří hornina granodiodit klatovského typu, která je specifická svým složením, jelikož se z ní vyrábí např. pamětní desky a obrubníky. V okolí města se nachází geologické zlomy, přes Luby a údolí Mochtínského potoka se rozkládá zlom „Stříbrnohorský“. [20]

Luby – informace o geologickém podloží (Obr. 5.2, 5.3): [21]

- | | |
|----------------------------|---|
| • <i>Útvar:</i> kvartér | • <i>Soustava:</i> Český masív |
| • <i>Oddělení:</i> holocén | • <i>Typ horniny:</i> nezpevněný sediment |
| • <i>Oblast:</i> kvartér | • <i>Hornina, zrnitost:</i> hlína, písek, štěrk |



Obr. 5.2 – Geologická mapa [21]

Legenda:

KENOZOIKUM

KVARTÉR

- nivní sediment [ID: 6]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: hlína, písek, štěrky, Typ hornin: sediment neznepevněný, Zrnitost: hlína, písek, štěrky, Poznámka: inundovaný za vyšších vodních stavů, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- smíšený sediment [ID: 7]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: sediment smíšený, Typ hornin: sediment neznepevněný, Zrnitost: jemnozrná převážně, Poznámka: včetně výplavových kuželů, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment [ID: 12]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment, Typ hornin: sediment neznepevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: písčito-hlinitá až hlinito-písčítá, Barva: různá, Poznámka: často polygenetické, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- sprašová hlína [ID: 19]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén svrchní, Horniny: sprašová hlína, Typ hornin: sediment neznepevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsí, Barva: okrově hnědá, Poznámka: místy s hrubší klastickou příměsí, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- sediment deluvioeolický [ID: 20]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén svrchní, Horniny: hlína, písek, Typ hornin: sediment neznepevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsí + CaCO₃, Zrnitost: jemnozrná až hrubozrná, Barva: okrově hnědá, Poznámka: místy hrubší klasty, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

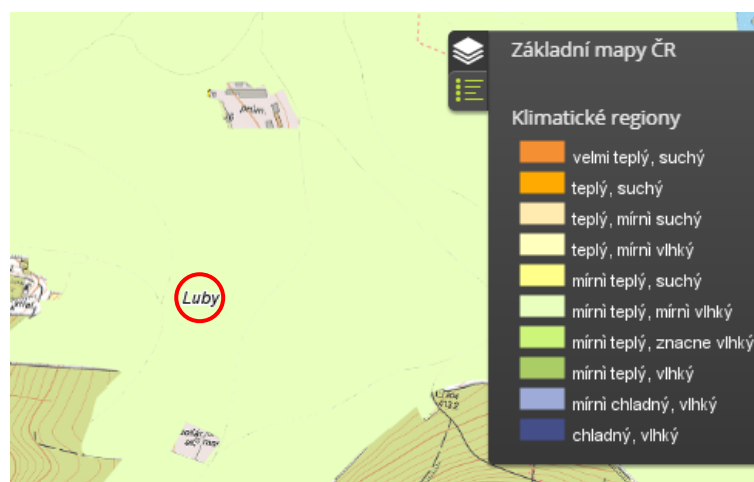
Obr. 5.3 – Legenda ke geologické mapě (Obr. 5.2) [21]

5.4 KLIMATICKÉ POMĚRY

Dílčí povodí Berounky leží v mírném klimatickém pásu, to znamená, že v povodí převažuje mírně teplá oblast. Tento fakt jen potvrzuje mapa klimatických regionů, podle které patří zájmové území do klimatického regionu mírně teplého a mírně vlhkého (Obr. 5.4), je označen symbolem MT 2 (Obr. 5.5).

Klimatický region MT 2, který je charakteristický zejména pro západní část Čech Plzeňské pahorkatiny, se vyznačuje průměrnou roční teplotou v rozmezí 7 – 8 °C

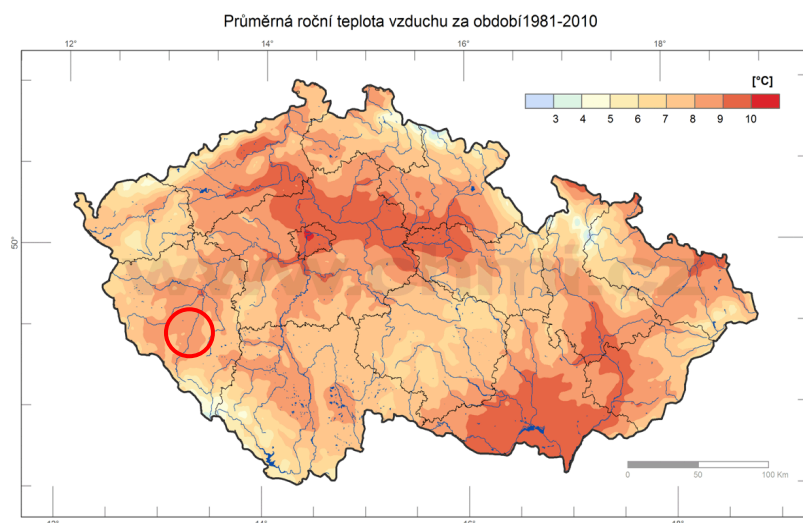
a průměrným ročním úhrnem srážek v rozmezí 550 – 650 mm. Uvedené údaje potvrzují mapy s dlouhodobým průměrem roční teploty vzduchu (Obr. 5.6) a ročním úhrnem srážek (Obr. 5.7) za období 1981 – 2010. [22]



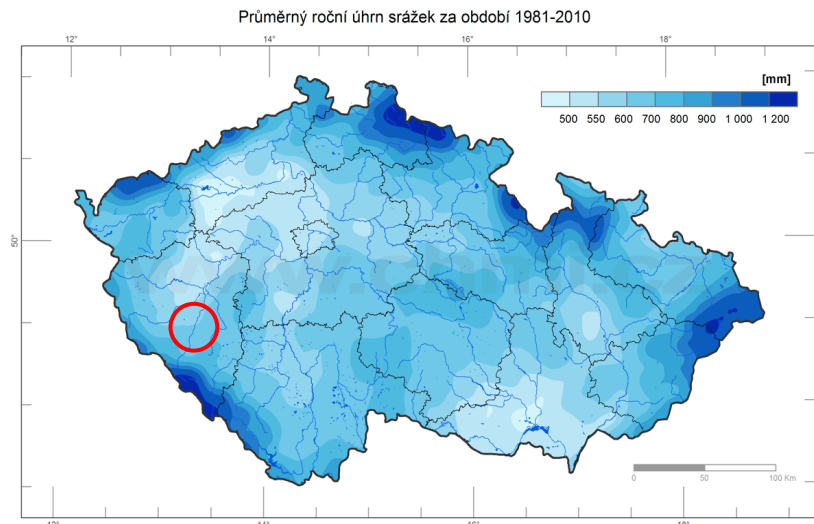
Obr. 5.4 – Mapa klimatických regionů [22]

Kód regionu	Symbol regionu	Charakteristika regionu	Suma teplot nad 10°C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný roční úhrn srážek v mm	Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	Vláhová jistota ve vegetačním období
0	VT	velmi teplý, suchý	2800-3100	9-10	500-600	30-50	0-3
1	T 1	teplý, suchý	2600-2800	8-9	< 500	40-60	0-2
2	T 2	teplý, mírně suchý	2600-2800	8-10	500-600	20-30	2-4
3	T 3	teplý, mírně vlhký	2500-2800	(7)8-9	550-650	10-20	4-7
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2400-2600	7-8,5	450-550	30-40	0-4
5	MT 2	mírně teplý, mírně vlhký	2200-2500	7-8	550-650	15-30	4-10
6	MT 3	mírně teplý (až teplý) vlhký	2500-2700	7,5-8,5	700-900	0-10	> 10
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2200-2400	6-7	650-750	5-15	> 10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000-2200	5-6	700-800	0-5	> 10
9	CH	chladný, vlhký	< 2000	<5	> 800	0	> 10

Obr. 5.5 – Charakteristika klimatických regionů [22]



Obr. 5.6 – Průměrná roční teplota vzduchu [23]



Obr. 5.7 – Průměrný úhrn srážek [23]

5.5 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

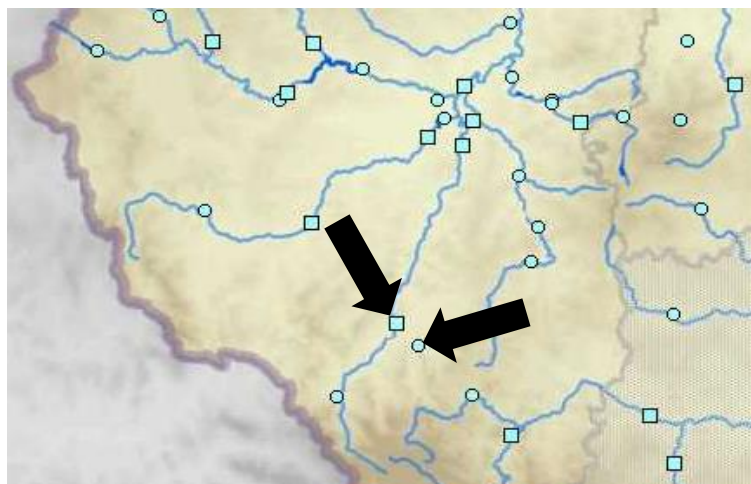
Nejvíce vodným měsícem je březen, u horních částí povodí je to duben. Srpen a září se řadí mezi nejméně vodné. [18]

K největším vodním nádržím dílčího povodí Berounky se řadí přehrada Hracholusky, je umístěna na řece Mži. Pro zásobování pitnou vodou slouží vodárenské nádrže např. v Nýrsku a ve Žlutici. Neméně důležitá je také vodní nádrž České údolí na řece Radbuze. [18]

V blízkosti zájmového území se nachází předpovědní profil a měrný profil (Obr. 5.8). Jejich specifikace je uvedena v následující Tabulce 5.1.

Tab. 5.1– Specifické informace předpovědního a měrného profilu [10]

	PŘEDPOVĚDNÍ PROFIL	MĚRNÝ PROFIL
Tok	Úhlava	Mochtínský potok
Název stanice	Tajanov	Sobětice
Kategorie	A	B
Povodí III. Řádu	1-10-03 Úhlava	
ORP	Klatovy	
Provozovatel	ČHMÚ Plzeň	
Legenda (Obr. 5.8)	■	●



Obr. 5.8 – Předpovědní a měrný profil [10]

Jak je již uvedeno v Kapitole 3.1.7, na Drnovém potoku v Klatovech je instalován hlásný profil kategorie C (Obr. 3.10): Vodočetná lať se nachází vedle silničního mostu nedaleko obchodního řetězce Kaufland (Obr. 3.11).

5.5.1 Průtoky na vodním toku – varianta č. 1

N-leté průtoky první varianty (Tab. 5.2) jsou součástí Přílohy A.2 – Stavby a průtoky na vodních tocích - Drnový potok.

Tab. 5.2 – N-leté průtoky na vodním toku - varianta č. 1 [24]

N-leté průtoky Q_N [m ³ /s]							
1	2	5	10	20	50	100	Třída
12,00	18,00	29,00	38,00	49,00	65,00	80,00	IV

5.5.2 Průtoky na vodním toku – varianta č. 2

N-leté průtoky druhé varianty (Tab. 5.3) jsou převzaty ze studie odtokových poměrů Drnového potoka. Průtoky jsou vztaženy k profilu č. 1, který se nachází ve staničení cca 0,920 ř. km nad ústím do Úhlavy. [30]

Tab. 5.3 – N-leté průtoky na vodním toku - varianta č. 2 [30]

N-leté průtoky Q_N [m ³ /s]							
1	2	5	10	20	50	100	Třída
12,40	19,20	30,30	40,50	51,80	69,00	84,30	IV

Pozn.: Pro výpočet úrovně hladiny vody a kapacity stávajícího koryta jsou použity hodnoty N-letých průtoků (Q_5, Q_{20}, Q_{100}) z varianty č. 2 – viz Tabulka 5.3

5.5.3 Průtoky přes jezovou konstrukci

Pro výpočty týkající se jezové konstrukce v Lubech byla využita data ČHMÚ dle platného manipulačního řádu předaného správcem vodního toku. Hodnoty byly taktéž převzaty ze studie odtokových poměrů Drnového potoka (Tab. 5.4). [30]

Tab. 5.4 – N-leté průtoky přes jezovou konstrukci [30]

N-leté průtoky Q_N [m^3/s]			
5	20	100	Třída
25,50	45,10	75,70	III

Uvedené N-leté průtoky jsou u vodního toku IV. třídy a u jezové konstrukce III. třídy přesnosti, z čehož vyplývá, že směrodatná chyba průtoků je u Drnového potoka 60 % a u jezu v Lubech 40 %. Následující tabulka popisuje orientační směrodatné chyby dle ČSN 75 1400 – Hydrologické údaje povrchových vod (Tab. 5.5). [37]

Tab. 5.5 – Vybrané orientační hodnoty směrodatné chyby [37]

Hydrologický údaj	Třída přesnosti			
	I	II	III	IV
	Směrodatná chyba v [%]			
Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	8	12	20	30
N-leté průtoky (Q_1 až Q_{10})	10	20	30	40
N-leté průtoky (Q_{20} až Q_{100})	15	30	40	60

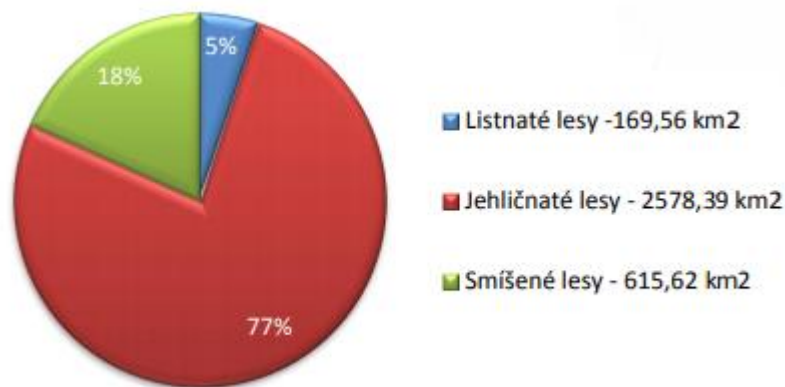
5.6 ÚDAJE O ZEMĚDĚLSTVÍ

V dílčím povodí Berounky a obecně v západní části Čech živočišná výroba značně zaostává za výrobou zemědělskou, do níž patří pěstování zejména píce a obilovin. Pro okolí Plzně je typické pěstování zeleniny a ovoce. [18]

Z hlediska zemědělské výroby v okrese Klatovy převažuje pěstování obilovin, jako jsou ječmen a pšenice. Pěstují se zde také brambory (průmyslové i konzumní) a řepka (osevní). Chov skotu pak zastupuje výrobu živočišnou, na které se výrazným způsobem podílí společnosti Lubska zemědělská a. s. a Drůbežářský závod Klatovy a. s. Z celkové plochy okresu bylo v roce 2015 obhospodařováno 46,1 % zemědělské půdy, přičemž na ornou půdu připadlo z této plochy 54,5 %. [25]

5.7 ÚDAJE O LESNICTVÍ

Největší procento zalesnění z celého území ČR tvoří dílčí povodí Berounky, které činí 36,9 %. Převládajícím druhem jsou lesy jehličnaté, konkrétně smrkové. Na procentuální zastoupení jednotlivých lesů poukazuje následující graf (Obr. 5.9). [18]



Obr. 5.9 – Výměra lesní půdy [18]

5.8 ÚDAJE O PRŮMYSLU

V blízkosti řešeného úseku se nachází průmyslové podniky, které jsou zaměřené na živočišnou výrobu. Jejich požadavky na odběr vody jsou uvedené v Kapitole 5.9.

- *Drůbežářský závod Klatovy a. s.* – produkce kuřecího masa a masných výrobků
- *Lubská zemědělská a. s.* – produkce drůbežího a vepřového masa

5.9 POŽADAVKY NA ODBĚR

5.9.1 Odběry podzemní vody z Drnového potoka pro rok 2016

Drůbežářský závod Klatovy a. s. – říční km 6,050 [26]

- Zdroj: 3 studny, 8 vrtů
- Povolené množství (tis. m³/rok): 183,000
- Povolené množství (tis. m³/měsíc): 20,000
- Povolené množství (max. l/s): 20,100

Tab. 5.6 – Množství odebrané podzemní vody (v tis. m³/měsíc) [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
12,3	13,1	14,0	12,9	12,7	12,0	12,3	11,8	10,7	10,0	10,7	10,4	142,9

Tab. 5.7 – Počet hodin odběru podzemní vody [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8 784

Lubská zemědělská a. s. – říční km 0,500 [26]

- Zdroj: vrt HV1, HV2, HV3
- Povolené množství (tis. m³/rok): 20,000
- Povolené množství (max. l/s): 1,100

Tab. 5.8 – Množství odebrané podzemní vody (v tis. m³/měsíc) [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
0,7	1,1	1,9	0,6	2,1	1,1	1,8	1,7	1,1	2,1	0,9	2,0	16,9

Tab. 5.9 – Počet hodin odběru podzemní vody [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8 784

5.9.2 Odběry povrchové vody z Drnového potoka pro rok 2016

Technické služby města Klatov – říční km 4,600 [26]

- Břeh: levý
- Kóta odběrného zařízení: 396,72 m n.m.
- Povolené množství (tis. m³/rok): 20,000
- Povolené množství (tis. m³/měsíc): 12,000
- Povolené množství (max. l/s): 12,00

Tab. 5.10 – Množství odebrané povrchové vody (v tis. m³/měsíc) [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
			0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,1			2,5

Tab. 5.11 – Počet hodin odběru povrchové vody [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
			6	12	6	6	8	10	2			50

V zájmovém úseku se nachází černá stavba, jejímž účelem je nejspíše odběr vody z koryta vodního toku. Hadice je vedena z nemovitosti až do průtočného profilu, což je patrné z Obrázku 5.10, zakončena bude pravděpodobně ponorným čerpadlem.



Obr. 5.10 – Černá stavba

5.10 ČISTOTA VOD

Mezi základní ukazatele jakosti povrchových vod patří BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, P_c , $N-NH_4^+$ a $N-NO_3^-$. U Drnového potoka je jakost měřena ve dvou vložených profilech.

U prvního profilu, který se nachází v Lubech – ř. km 7,700, se ukazatelé pohybují v I. a II. třídě, pouze u BSK_5 a P_c dochází ke zhoršení, přechází do III. třídy jakosti (Tab. 5.12). [28]

Tab. 5.12 – Ukazatelé jakosti povrchové vody pro rok 2013 - profil č. 1 [28]

Ukazatel	Jednotka	Minimum	Maximum	Průměr	Imisní limity	Třída jakosti
BSK_5	mg/l	1,1	7,7	2,5	6	III.
$CHSK_{Cr}$		<5	36,0	10,8	35	II.
P_c		0,04	0,29	0,10	0,2	III.
$N-NH_4^+$		0,09	0,70	0,21	0,5	II.
$N-NO_3^-$		3,5	6,4	5,0	7	II.

Druhý vložený profil je umístěn v Klatovech – ř. km 0,600. Třída jakosti vody se v tomto případě u všech ukazatelů zhoršila o jeden stupeň (Tab. 5.13). [28]

Tab. 5.13 – Ukazatelé jakosti povrchové vody pro rok 2013 - profil č. 2 [28]

Ukazatel	Jednotka	Minimum	Maximum	Průměr	Imisní limity	Třída jakosti
BSK_5	mg/l	1,4	38,0	4,6	6	IV.
$CHSK_{Cr}$		7,5	74,0	19,0	35	III.
P_c		0,06	1,40	0,21	0,2	IV.
$N-NH_4^+$		0,04	3,80	0,43	0,5	III.
$N-NO_3^-$		4,1	8,0	5,9	7	III.

Příčinou zhoršení je pravděpodobně umístění ČOV v Klatovech – ř. km 0,980, Drnový potok představuje recipient pro vypouštěné vody. Hodnoty znečištění jsou uvedeny v Tabulce 5.16 – viz kapitola 5.10.1

5.10.1 Vypouštěné vody do Drnového potoka pro rok 2016

ŠumVK Klatovy ČOV – říční km 0,980 [26]

- Břeh: pravý
- Typ kanalizace: jednotná
- Povolené množství (tis. m³/rok): 4 500,000
- Povolené množství (tis. m³/měsíc): 488,400
- Povolené množství (max. l/s): 250,00

Tab. 5.14 – Zaokrouhlené množství vypouštěných vod (v tis. m³/měsíc) [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
236	224	262	215	213	292	293	282	240	267	264	216	3 004

Tab. 5.15 – Počet hodin vypouštění vod [26]

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8 784

Tab. 5.16 – Vypouštěné znečištění (v mg/l z celkového množství) [26]

BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{anorg.}	P _c
3,5	24,2	2,7	0,4	7,3	0,5

Tab. 5.17 – Produkováno znečištění (v mg/l z celkového množství) [26]

BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{anorg.}	P _c
596,0	1 049,0	390,0	33,7	34,2	11,0

5.10.2 Třídy jakosti povrchové (tekoucí) vody dle ČSN 75 7221 [27]

- a) *I. třída* – neznečištěná voda
- b) *II. třída* – mírně znečištěná voda
- c) *III. třída* – znečištěná voda
- d) *IV. třída* – silně znečištěná voda
- e) *V. třída* – velmi silně znečištěná voda

5.11 SPLAVNOST TOKU

Koryto je v místech řešeného úseku velmi úzké a bahnité, z toho důvodu je Drnový potok v Lubech klasifikován jako nesplavný. Splavný je však z Klatov až do Úhlavy, ale jen po větších deštích nebo při tání sněhu.

5.12 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

Na vodním toku, konkrétně ve staničení ř. km 6,618, se nachází zařízení využívající obnovitelný zdroj energie. Jedná se o jezovou MVE (Obr. 5.11), jez je ve staničení ř. km 6,595. Součástí MVE, která je v provozu od roku 1995, je Kaplanova turbína. Velikost spádu je 2,30 m a celkový instalovaný výkon činí 18 kW. [29]



Obr. 5.11 – MVE v Lubech

5.13 REKREAČNÍ VYUŽITÍ

Nejvýznamnějším prvkem pro rekreaci je bezesporu asfaltová cyklostezka, která se táhne podél pravého břehu celého řešeného úseku. Stezka o šířce v průměru 3,00 m je určena převážně pro cyklisty, in-line bruslaře a pěší.

5.14 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Stavba nemá celkově negativní vliv na životní prostředí a vegetaci, zachovává ekologické funkce a vazby v krajině. Dojde pouze k dočasnému zhoršení stávajícího životního prostředí v průběhu stavby.

Řešený úsek nespadá do Chráněné krajinné oblasti (CHKO).

6 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Stávající úprava koryta je z hlediska protipovodňové ochrany nedostačující. V místech mostních objektů, lávek, spádového stupně a dalších překážek na toku jsou vytvořeny nánosy, které nepřispívají už tak k omezené kapacitě stávajícího koryta. Svahy jsou převážně nezpevněné a zanesené náletovými dřevinami, které jsou místy doplněné travnatým porostem, keři nebo stromy. Paty svahů nejsou opevněné, z toho důvodu dochází k vymílání a erozi půdy. Dno potoka je zaneseno dnovými splaveninami, které jsou tvořeny zejména štěrkem, kameny a výjimečně i balvany. Šířka dna koryta se nad jezovou konstrukcí ve směru proudu pohybuje v rozmezí hodnot cca 2,00 až 15,00 m. Pod jezovou konstrukcí ve směru proudu se koryto pozvolna zužuje. Hodnoty se pohybují v rozmezí cca od 3,00 do 10,00 m. Sklony svahů jsou v celé délce proměnlivé.



Obr. 6.1 – Stávající úprava koryta (pohled po proudu)

6.1 POPIS PODÉLNÉHO SKLONU A DNA

Sklonitostní poměry odpovídají charakteru řešeného úseku, přirozený podélný sklon dna (bez ovlivnění jezovou konstrukcí) je 4,99 ‰. Podélný sklon nad jezem ve směru proudu byl vypočítán mezi staničením ř. km 7,021 a 6,596 a činí 2,42 ‰. Podélný sklon pod jezem ve směru proudu byl pak vypočítán mezi staničením ř. km 6,591 a 5,972 a tentokrát činí 4,47 ‰. Velikosti podélných sklonů vycházejí z vynesení přehledného podélného profilu stávajícím korytem, k čemuž byl využit program HEC-RAS 4.1.0.

Dno koryta je tvořeno převážně jemnozrnným až střednězrnným materiálem. Výjimku tvoří úsek o délce cca 2,50 m bezprostředně za vývaříštěm jezové konstrukce, v tom je dno značně zaneseno dřevinami, kameny a balvany (Obr. 6.2). Vývar je podrobněji popsán v Kapitole 6.4.



Obr. 6.2 – Zanesené dno za vývaříštěm

6.1.1 Určení drsnosti dna

Určením drsnosti dna se rozumí správné zvolení Manningova součinitele drsnosti n . Jedná se o velmi důležitý ztrátový součinitel, na základě kterého se stanovuje kapacita koryta vodního toku. Chybným určením se mohou získat výsledky, které neodpovídají skutečným.

Proto byla v rámci zpracování provedena řešenou lokalitou osobní pochůzka. Při ní byla současně pořízena fotodokumentace, která byla jedním ze zdrojů pro správné určení drsností. Následující Tabulka 6.1 ukazuje, jaké hodnoty drsnostních součinitelů byly pro výpočet zvoleny. [31]

Na základě dat využití území a terénního průzkumu byl ze studie odtokových poměrů Drnového potoka převzat drsnostní součinitel pro dno vodní plochy ($n = 0,028$) a zahrady ($n = 0,100$). [30]

Tab. 6.1 – Manningův součinitel drsnosti pro různé využití území [30][31]

Typ využití území	Manningův součinitel drsnosti n
Dno vodní plochy	0,028
Břehový travní porost	0,040
Vysoké traviny	0,035
Nízké traviny	0,030

Typ využití území	Manningův součinitel drsnosti n
Řídké křoviny	0,050
Husté křoviny, stromy	0,070
Stromy	0,060
Zahrady, sady	0,100
Beton – hlazený, omítnutý ručně, strojně	0,013
Beton – hlazený, strojně upravený povrch	0,015
Zdivo – z lomového kamene na CM	0,025
Dlažba – kamenná, vyspárovaná	0,025
Dlažba – kamenná, nasucho	0,030
Betonové tvarovky - vyspárované	0,016
Asfalt – hladký	0,013
Dřevěná prkna – se spárami	0,015

Pozn.: Pro výpočet úrovně hladiny vody a kapacity stávajícího koryta jsou použity hodnoty drsnostních součinitelů z Tabulky 6.1.

6.2 POPIS PŘÍČNÉHO ŘEZU

Příčné řezy popisují průtočný profil, který je zpravidla ve tvaru jednoduchého lichoběžníku. Složený průtočný profil se nachází pod jezovou konstrukcí ve směru proudu. Jeho součástí je jednostranná levostranná berma s šířkou cca 1,20 m a sklonem svahu 1:2 (Obr. 6.3). Od ř. km 6,348 do ř. km 6,261 přechází tvar průtočného profilu z jednoduchého do složeného lichoběžníku s jednostrannou bermou, umístěna je tentokrát po pravé straně ve směru proudu. Šířka bermy se pohybuje v rozmezí od 1,00 do 3,00 m se sklonem svahu 1:1,5 až 1:2 (Obr. 6.4).

Průměrná šířka dna, vypočtená ze všech příčných řezů, činí 7,75 m. Sklony levého svahu se pohybují přibližně od 1:0,4 do 1:3,2 a pravého svahu od 1:0,4 do 1:5,0.

Od ř. km 6,348 do ř. km 6,286 se při levém břehu vytyčuje kamenná opěrná zídka, která je součástí rodinného domu a oplocení. Od ř. km 6,286 se vyskytuje taktéž při levém břehu oplocení, které je tvořeno pouze pletivem.

Příčné řezy vycházejí ze stávajícího stavu koryta a zpracovány byly pomocí programu HEC-RAS 4.1.0.



Obr. 6.3 – Opevnění břehu a levostranné bermy (pohled po proudu)



Obr. 6.4 – Opěrná zídka a složený průtočný profil s pravostrannou bermou (pohled po proudu)

6.3 OBJEKTY NA TOKU

6.3.1 Spádový stupeň

V celé délce řešeného úseku je pouze jeden spádový stupeň.

Stupeň se nachází ve staničení ř. km 6,431 a vyznačuje se značným zanesením dřevinami a plávlím (Obr. 6.5).



Obr. 6.5 – Spádový stupeň (pohled po proudu)

6.3.2 Mosty

V řešeném úseku se nacházejí celkem dva mosty. Uváděné rozměry konstrukcí jsou ve většině případů v zaokrouhleném tvaru, slouží tedy pouze pro představu.

Most M1 (KT - 13) – ř. km 5,988

Betonový most, který je dlouhý 8,20 m, využívají převážně chodci a cyklisté, i přesto je přizpůsobený automobilové dopravě z důvodu obsluhy vodního toku, pozemků, cyklostezky atd. Šířka betonové mostovky je 4,30 m a tloušťka 0,40 m.

Z Obrázku 6.6 je zřejmé, že kapacita mostu je značně omezená.



Obr. 6.6 – Betonový most M1 (pohled proti proudu)

Most M2 (KT - 10) – ř. km 6,647

Silniční historický most o celkové délce 20,00 m, je nejvíce vytěžovaným mostem v Lubech. Zrekonstruován byl v roce 2002, současná šířka betonové mostovky činí 5,90 m a její tloušťka je 0,80 m (Obr. 6.7).



Obr. 6.7 – Silniční most M2 (pohled po proudu)

6.3.3 Lávky

V řešeném úseku se nacházejí celkem tři lávky. Dřevěná lávka s označením L2, slouží pouze pro soukromé účely. Uváděné rozměry konstrukcí jsou ve většině případů v zaokrouhleném tvaru, slouží tedy pouze pro představu.

Lávka L1 (KT - 18) – ř. km 6,089

Ocelová lávka o délce 9,00 m je široká přibližně 1,40 m, přičemž tloušťka mostovky je 0,20 m (Obr. 6.8).



Obr. 6.8 – Ocelová lávka L1 (pohled po proudu)

Lávka L2 – ř. km 6,348

Jedná se o dřevěnou lávku, která je umístěna na soukromém pozemku. Zaměření lávky nebylo provedeno. Z Obrázku 6.9 je však možné odhadnout, že lávka o šířce cca 1,00 m má tloušťku mostovky cca 0,20 m.



Obr. 6.9 – Dřevěná lávka L2 (pohled proti proudu)

Lávka L3 (KT - 17) – ř. km 6,481

Ocelová lávka, která je položena na kamenných pilířích, má délku 5,90 m, šířku 0,80 m a tloušťku mostovky 0,15 m (Obr. 6.10).



Obr. 6.10 – Ocelová lávka L3 (pohled proti proudu)

6.3.4 Výustní a přítokové objekty

Při obhlídce lokality bylo vyzorováno velké množství kanalizačních výustí, které by bylo nutné v rámci zpracování prováděcí dokumentace doměřit a zpřesnit jejich lokalizaci. Výjimku tvoří výust o DN1000, která byla jako jediná zaměřena podrobněji.

Mimo výustních objektů byla vyzorována i řada přítokových objektů, staničení a popis těch nejvýznamnějších je následně uveden.

Betonové koryto – ř. km 6,740; šířka 1,55 m; břeh levý (Obr. 6.11)



Obr. 6.11 – Betonové koryto

Přítokový objekt – ř. km 6,574; šířka 2,00 m; výška 1,50 m; břeh pravý (Obr. 6.12)



Obr. 6.12 – Přítokový objekt

Kanalizační výúst – ř. km 6,088; DN1000; materiál plastový; břeh levý (Obr. 6.13)



Obr. 6.13 – Kanalizační výúst

6.4 JEZOVÁ KONSTRUKCE

Jez v Lubech se nachází ve staničení ř. km 6,595, údaj je vztažen ke koruně přelivné hrany. Nabíhající proud je vzhledem k přelivné hraně umístěn kolmo, což dokazuje, že se jedná o přeliv čelný. Jedná se o kombinaci pevného a pohyblivého jezu, jehož součástí není vyřešení rybího přechodu (Obr. 6.14).

Pevná část jezu je betonová. Ta je včetně proudnicové přelivné plochy opevněna kamennou dlažbou z opracovaného kamene. Opevnění je provedeno i u obvodových ploch jezové konstrukce. Koruna jezu je dlouhá 17,90 m a má zaoblený tvar.

Pohyblivou část tvoří základní typ konstrukce - stavidlový uzávěr. Stavidlo, které je široké 2,90 m, plní pravděpodobně pouze funkci odlehčovací, tudíž je při běžných stavech vodní hladiny zcela uzavřeno. Součástí těchto dvou typů jezu a zároveň i rozdělovacím objektem je pilíř o šířce 1,10 m, jehož zhlaví má taktéž tvar zaoblený.

Podjezí je tvořeno kamenným dnem, to s celkovou délkou 7,00 m zastává funkci vývaru. Konkrétně se jedná o vývar kombinovaný, u kterého dochází vzhledem k jeho tvaru a poloze k častému zanášení nejen plávim a dnovými splaveninami, ale i různými nečistotami. Splaveniny jsou v tomto případě tvořeny převážně kameny a balvany o velikost 70 až 500 mm. Napojení na přirozené dno koryta zajišťuje betonový přechod se zkosenou hranou (Obr. 6.2).

Koruna přelivné hrany je u pevné části jezu ve výšce 404,43 m n. m. a u části pohyblivé ve výšce 403,53 m n. m.



Obr. 6.14 – Kombinovaný jez v Lubech

Jez lze na základě nevyřešeného rybího přechodu považovat za migrační překážku, z toho důvodu by měl být při možné rekonstrukci brán zřetel na jeho vybudování.

Dle Českého rybářského svazu se řadí Drnový potok mezi pstruhové revíry, je vedený jako chovný, a proto je lov ryb zakázán. [32]

6.5 OPEVNĚNÍ

V oblasti jezové konstrukce je provedeno opevnění kamennou dlažbou z opracovaného kamene, jak je již uvedeno v Kapitole 6.4. V podjezí až do staničení ř. km 6,552 je opevnění stejného typu. Součástí opevnění pravého břehu je i opevnění přítokového objektu, jak je možné vidět na Obrázku 6.12.

Opevnění nadjezí a okolí stavby MVE (Obr. 5.11) je samozřejmostí, stejně tak i dělicího pilíře a zavazovacích křídel jezové konstrukce (Obr. 6.14, 6.15).



Obr. 6.15 – Celkový pohled na opevnění jezové konstrukce (pohled proti proudu)

Další místo, v němž je provedeno opevnění opracovaným kamenem, je před koncem řešeného úseku u pravého břehu ve směru proudu. Konkrétní kilometráž opevnění je od ř. km 7,011 do ř. km 6,989 (Obr. 6.16).



Obr. 6.16 – Opevnění pravého břehu (pohled po proudu)

V ostatních částech řešeného úseku se nevyskytuje žádné opevnění svahů. Svahy jsou pouze místy doplňovány náletovými dřevinami, travnatým porostem, keři nebo stromy. Paty svahu jsou v některých místech zpevněny dnovými splaveninami, nejedná se však o plnohodnotné opevnění, a proto dochází k vymílání a erozi půdy.

Nehledě na tyto minimální poruchy, jejichž příčinou je ve většině případů zvýšený průtok vody, nebylo nikde vyzorováno výraznější porušení svahů.

6.5.1 Vegetační doprovod

Vegetační doprovod tvoří podél celého toku zejména jehličnaté a listnaté stromy nebo keře.

7 POSOUZENÍ KAPACITY TOKU A OBJEKTŮ NA TOKU

Kapacita stávajícího koryta vodního toku a všech objektů na toku, jako jsou mosty a lávky, je posouzena v programu HEC-RAS verze 4.1.0. Jedná se o matematický model, který umožňuje jednorozměrné výpočty proudění (1D), k nimž program využívá metodu po úsecích.

Pro stanovené průtoky (Q_5 , Q_{20} , Q_{100}) byl po celé délce řešeného úseku proveden výpočet průběhu hladin a to za předpokladu nerovnoměrného ustáleného (Steady flow) a říčního proudění.

7.1 VSTUPNÍ DATA PRO POSOUZENÍ KAPACITY

7.1.1 Geometrická data

Geometrická data Drnového potoka tvoří jednu z dílčích složek vstupních podkladů, která byla následně použita pro výpočet.

Příčné profily – pro posouzení kapacity stávajícího koryta bylo provedeno celkem 59 příčných profilů popisujících řešený úsek. Z hlediska výpočtů výšky hladin vyplývá, že ve většině případů dojde k vybřežení už při převádění průtoku Q_5 ($30,30 \text{ m}^3/\text{s}$), což jen potvrzuje fakt, že je kapacita koryta značně omezena.

Pro stanovení záplavového území by musely být zcela jistě zajištěny podrobnější podklady, např. v podobě digitálního modelu terénu (DMT), aby se docílilo serióznějších výstupů.

Drsnosti – velikost Manningova součinitele drsnosti n byl pro dno určen jako 0,028. Ostatní součinitelé, charakterizující daný typ využití území, jsou uvedeny v Tabulce 6.1.

Objekty na toku – v řešeném úseku se nachází celkem dva mosty (M1, M2) a tři lávky (L1, L2, L3), jejich staničení a podrobnější popis je uveden v Kapitole 6.3.2 a 6.3.3. Přesné rozměry konstrukcí, které byly součástí geodetického zaměření, posloužily jako podklad pro výpočet kapacity stávajícího koryta.

Zaměření objektů není součástí příloh.

7.1.2 Okrajové podmínky

V programu HEC-RAS 4.1.0 byly pro výpočet stanoveny dvě okrajové podmínky.

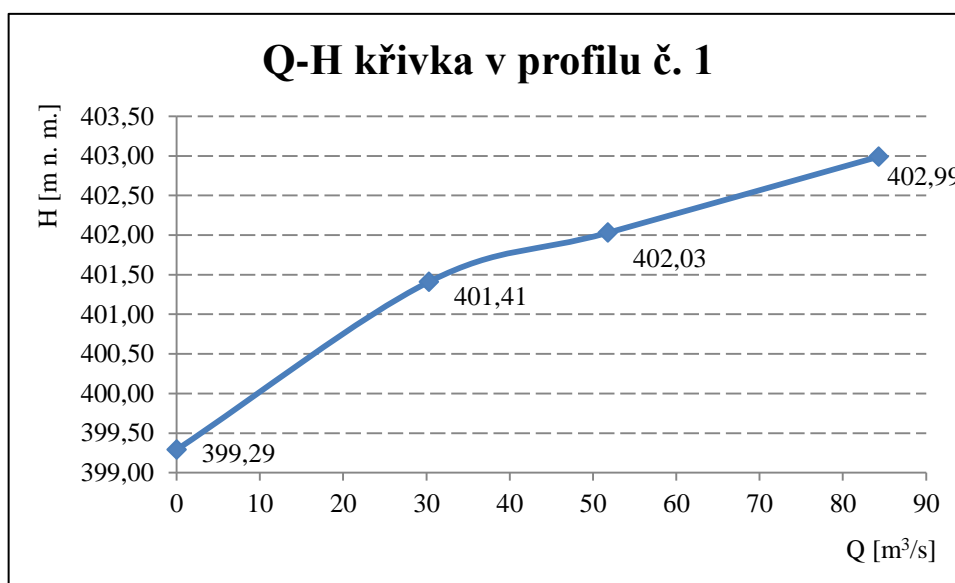
Horní okrajová podmínka – horní okrajovou podmínku tvořila hydrologická data Drnového potoka, konkrétně N-leté průtoky, jejichž velikosti jsou převzaty ze studie odtokových poměrů [30], uvedeny jsou v Tabulce 5.3.

Dolní okrajová podmínka – dolní okrajovou podmínkou je Q-H křivka (Obr. 7.1), která je vztažena k příčnému profilu č. 1 (PF 01) ve staničení ř. km 5,972. Úrovně hladin pro jednotlivé průtoky byly taktéž převzaty ze studie odtokových poměrů Drnového potoka. [30]

Hodnoty průtoků použité pro výpočet včetně jim odpovídající úrovně hladin jsou uvedeny v následující Tabulce 7.1.

Tab. 7.1 – Hodnoty použitých průtoků a úrovně hladin [30]

Q_N	Průtok [m^3/s]	Úroveň hladiny [m n. m.]
Q_5	30,30	401,41
Q_{20}	51,80	402,03
Q_{100}	84,30	402,99



Obr. 7.1 – Q-H křivka v příčném profilu č. 1 - ř. km 5,972

7.2 STANOVENÍ KAPACITY STÁVAJÍCÍHO KORYTA

Při převádění nejmenšího N-letého průtoku $Q_5 = 30,30 m^3/s$ dochází k vybřežení ve většině míst řešeného úseku, jak je již uvedeno v Kapitole 7.1.1, z toho důvodu nelze tento průtok označit jako kapacitní. Úroveň hladiny byla v jednotlivých příčných profilech stanovena i pro $Q_{20} = 51,80 m^3/s$ a $Q_{100} = 84,30 m^3/s$. Výsledky výpočtů průběhů hladin, vzhledem k levému a pravému břehu, jsou uvedeny ve výsledné tabulce, která je součástí Přílohy A.3 – Kapacita koryta a objektů na toku.

Z tabulky jasně vyplývá, že všechny tři průtoky jsou bezpečně převedeny pouze v místě nad jezem ve staničení ř. km 6,596 (PF 38).

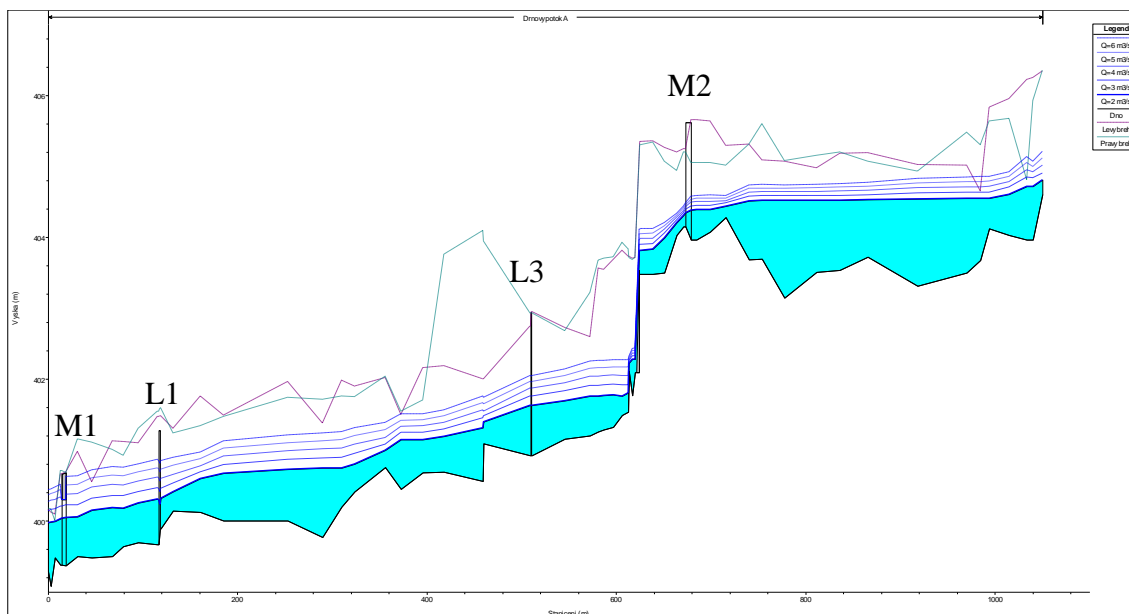
7.2.1 Kapacitní průtok stávajícího koryta

Při výpočtu kapacitního průtoku byl v programu za dolní okrajovou podmínku dosazen sklon dna 0,002 ‰ a za horní okrajovou podmínku byly dosazeny hodnoty průtoků $Q = 2, 3, 4, 5$ a $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Sklon byl určen výpočtem, jehož požadovaným výsledkem bylo úplné vyrovnání úrovní hladin převzatých z Q-H křivky.

Stávající koryto je dostatečně kapacitní pouze při průtoku cca $2 \text{ m}^3/\text{s}$, u vyšších průtoků dochází v několika příčných profilech k vybřežení, což znázorňuje i následující Tabulka 7.2 a Obrázek 7.2.

Tab. 7.2 – Vybřežení při zvolených průtocích

Q [m ³ /s]	Místo vybřežení		
	Profil	Staničení [ř. km]	Břeh
2	---	---	---
3	02	5,975	pravý
	03	5,979	levý + pravý
	57	7,005	levý + pravý
4	01	5,972	levý + pravý
	02	5,975	levý + pravý
	03	5,979	levý + pravý
	54	6,956	levý
	57	7,005	pravý
5	01	5,972	levý + pravý
	02	5,975	levý + pravý
	03	5,979	levý + pravý
	07	6,018	levý
	54	6,956	levý
	57	7,005	pravý
6	01	5,972	levý + pravý
	02	5,975	levý + pravý
	03	5,979	levý + pravý
	07	6,018	levý
	54	6,956	levý
	57	7,005	pravý



Obr. 7.2 – Schéma průběhů hladin jednotlivých průtoků (převzato z HEC-RAS 4.1.0)

7.3 STANOVENÍ KAPACITY OBJEKTŮ NA TOKU

Současně s kapacitou stávajícího koryta byla posouzena na vodním toku také kapacita mostů a lávek. Žádný z objektů není v případě kapacitního průtoku $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ohrožen, stejně tak je tomu i při průtoku $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Z Obrázku 6.6 však vyplývá, že je most s označením M1 velmi málo kapacitní, což jen potvrzuje fakt, že při vyšších průtocích dochází k jeho zahlcení (Obr. 7.2, Tab. 7.3).

Pokud je objekt kapacitní, musí být splněna z hlediska bezpečnosti podmínka minimálního převýšení, která činí $0,50 \text{ m}$. Jedná se o vzdálenost mezi hladinou a spodní částí mostovky. Problematika tohoto typu je podrobněji popsána v normě ČSN 73 6201 – Projektování mostních objektů. [33]

Následující Tabulka 7.3 znázorňuje, zda jsou jednotlivé objekty na toku při daných průtocích kapacitní a pokud ano, jestli je splněna podmínka minimálního převýšení. Velikosti průtoků jsou převzaty z Kapitoly 7.2.1.

Tab. 7.3 – Stanovení kapacity a splnění podmínky min. převýšení

Ozn.	Staničení	Q	Hladina nad objektem	Hladina pod objektem	Spodek mostovky	Rozdíl výšek	Kapacitní objekt	Splnění podmínky min. převýšení
	[ř. km]	[m^3/s]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]		
M1	5,988	2	400,05	400,04	400,30	0,25	ANO	NE
		3	400,22	400,21		0,08	ANO	NE
		4	400,38	400,34		---	NE	---
		5	400,51	400,44		---	NE	---
		6	400,63	400,51		---	NE	---

Ozn.	Staničení [ř. km]	Q [m ³ /s]	Hladina nad objektem [m n. m.]	Hladina pod objektem [m n. m.]	Spodek mostovky [m n. m.]	Rozdíl výšek [m]	Kapacitní objekt	Splnění podmínky min. převýšení
L1	6,089	2	400,32	400,31	401,28	0,96	ANO	ANO
		3	400,47	400,45		0,81	ANO	ANO
		4	400,62	400,60		0,66	ANO	ANO
		5	400,75	400,73		0,53	ANO	ANO
		6	400,86	400,85		0,42	ANO	NE
L3	6,481	2	401,63	401,63	402,94	1,31	ANO	ANO
		3	401,76	401,76		1,18	ANO	ANO
		4	401,87	401,87		1,07	ANO	ANO
		5	401,96	401,96		0,98	ANO	ANO
		6	402,05	402,05		0,89	ANO	ANO
M2	6,647	2	404,38	404,34	405,62	1,24	ANO	ANO
		3	404,44	404,39		1,18	ANO	ANO
		4	404,49	404,43		1,13	ANO	ANO
		5	404,53	404,45		1,09	ANO	ANO
		6	404,57	404,48		1,05	ANO	ANO

Kapacita stávajících objektů byla vyhodnocena i pro N-leté průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Z výsledné tabulky, která je součástí Přílohy A.3 – Kapacita koryta a objektů na toku, je patrné, že jediným dostatečně kapacitním objektem je silniční most s označením M2, ale pouze při průtocích Q_5 a Q_{20} . Bezpečnostní převýšení mezi spodní částí mostovky a úrovní hladiny je v obou případech nedostatečné.

V podrobném podélném profilu, který je součástí Přílohy B.5 – Podrobný podélný profil Drnového potoka, jsou pro jednotlivé N-leté průtoky vykresleny průběhy hladin včetně objektů na toku.

8 NÁVRH PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ

Ideový návrh přírodě blízkého protipovodňové opatření Drnového potoka řeší zejména ochranu v intravilánu obce na návrhový průtok $Q_n = Q_{20} = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$, ale i zlepšení současného stavu koryta vodního toku.

Na řešeném úseku bylo navrženo PBPO zahrnující převážně technická opatření, do kterých spadá ohrázování vodního toku, úprava a zkapacitnění koryta a výstavba protipovodňových zdí. Návrh závisel i na posouzení nutnosti realizace opatření z hlediska ekonomického, jehož výsledkem bylo využití inundačních území pro rozlivy. K případným rozlivům však dojde v takových místech, ve kterých nebudou ohroženy životy obyvatel ani jejich majetek. Rozsahy rozlivů N-letých průtoků Q_5 a Q_{20} jsou součástí přílohy B.7 – Oblasti rozlivů při Q_5 a Q_{20} .

Upravovaný úsek Drnového potoka prochází intravilánem obce Luby, v němž jsou poměrně složité prostorové a pozemkové poměry. Proto jeden z nejdůležitějších podkladů při návrhu PBPO tvořila Příloha B.6 – Pozemky v blízkosti Drnového potoka. Jak napovídá název, výkresová příloha znázorňuje vlastnická práva ke všem pozemkům, které se nacházejí v blízkosti vodního toku. Cílem bylo vypracovat návrh opatření na hranicích s přiléhajícími soukromými pozemky, čehož se v případě varianty „A“ na celém řešeném úseku docílilo. V případě varianty „B“ dojde však ke dvěma zásahům do soukromého pozemku. Podrobnější údaje o daných parcelách jsou uvedeny v následující Tabulce 8.1.

Tab. 8.1 – Dotčené soukromé pozemky v rámci varianty „B“ [17][34]

Číslo parcely	Druh pozemku	Vlastnické právo
807/2	orná půda	Kalaš Václav Ing. Kalaš Karel Ing.
101/1	zahrada	Leistner Václav

Provedení navrhovaného opatření na soukromých pozemcích by při trvalém záboru předpokládalo odkoupení dotčených ploch a majetkové vypořádání, při dočasném záboru souhlas vlastníků dotčených parcel. Pokud by ani jedna z těchto cest nevedla ke spokojenosti obou stran, tak by bylo nutné navrhnout jinou alternativu protipovodňové ochrany.

8.1 VARIANTY ŘEŠENÍ

Výsledkem studie jsou dvě varianty řešení: Varianta „A“ a Varianta „B“. Rozdíl mezi oběma variantami je pouze z hlediska rozsahu protipovodňové zdi. V následujících kapitolách jsou obě dvě varianty podrobněji popsány, staničení bude uváděno v nestandardním tvaru, tj. se zaokrouhlením na pět desetinných míst.

Je to z toho důvodu, aby byla usnadněna orientace v Přílohách B.8, B.9 a B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Při návrhu se vycházelo ze zaměření v profilech koryta pouze po břehovou linii. Pro podrobnější návrh by muselo být provedeno doměření nebo by musel být k dispozici digitální model terénu.

8.1.1 Varianta „A“ (pro ř. km 5,99014 – 6,48058)

V rámci varianty byla navržena levobřežní protipovodňová zeď od ř. km 5,99014 až do ř. km 6,48058. Součástí betonové zídky jsou odnímatelná dřevěná hradidla, která jsou ve staničení od ř. km 6,32737 do ř. km 6,32965. Součástí Přílohy B.8 – Podrobný podélný profil Drnového potoka, je také podrobnější popis těchto objektů z hlediska délek podle staničení a délek skutečných. Celková délka protipovodňové zdi podle již zmiňovaného staničení je 488,16 m, skutečná délka, která odpovídá situaci zájmového území, je 481,30 m. Skutečná délka hradidel, která činí 2,30 m, je oproti staničení delší jen o 2 cm.

8.1.2 Varianta „B“ (pro ř. km 6,09405 – 6,35103)

V rámci druhé varianty byla navržena levobřežní protipovodňová zeď od ř. km 6,09405 až do ř. km 6,35103. Součástí zídky jsou opět odnímatelná dřevěná hradidla, jejichž parametry jsou shodné s Variantou „A“. Celková délka protipovodňové zdi byla ale výrazně zredukována, podle staničení měří 254,70 m a skutečná délka je 278,16 m.

Skutečná délka je v tomto případě jednoznačně větší. Způsobené je to zavázáním zdí do terénu na takovou délku, aby byla protipovodňová ochrana dostatečně účinná. V ř. km 6,09405 a 6,35103 bylo zavázání provedeno přes soukromé pozemky, které jsou uvedeny v Tabulce 8.1.

8.1.3 Porovnání

V případě Varianty „A“ byla navržena zídka mnohem rozsáhlejších rozměrů, a proto by její výstavba byla náročnější z hlediska finanční stránky. Výhoda je však taková, že zajišťuje komplexní ochranu všech pozemků, které se nacházejí v těsné blízkosti vodního toku a zajišťuje tak jejich provozuschopnost i během zvýšeného průtoku vody.

V případě Varianty „B“ byla navržena zídka menších rozměrů a tím bude realizace finančně příznivější. Na základě výpočtů v programu HEC-RAS 4.1.0 byla zpracována Příloha B.7 – Oblasti rozlivů při Q_5 a Q_{20} . Z přílohy je zřejmé, že v místech absence zídky bude při návrhovém průtoku umožněn rozliv vody mimo koryto Drnového potoka. Rozliv způsobí kompletní zatopení přiléhajících pozemků, ale k přímému ohrožení nemovitostí nedojde.

Z pohledu současných priorit jsou při volbě řešení rozhodujícími faktory cena a samozřejmě zajištění bezpečnosti obyvatel a majetku. Na základě těchto skutečností by byla realizace Varianty „B“ příhodnější.

8.2 OBJEKTY PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ

8.2.1 Ochranná hráz

Ochranné hráze se řadí mezi technická opatření, jejichž účelem je udržet průtoky v meziprázích a zabránit tak zaplavení území. Dle Vyhlášky č. 590/2002 Sb. *Vyhláška o technických požadavcích pro vodní díla*, musí být převýšení ochranné hráze při průtoku Q_{100} v rozmezí hodnot 0,3 – 1,0 m. Při ochranně na nižší průtok se navrhuje převýšení do 0,5 m. [35]

Zvolené převýšení navrhovaných homogenních ochranných hrází pro průtok $Q_n = Q_{20}$ je 0,3 m. Návodní a vzdušní líc je ve všech případech ve sklonu 1:2 a mírnějším. Šířka koruny hráze je navržena na 3,0 m. Výška ochranné hráze je vždy stanovena v závislosti na úrovni hladiny v dané lokalitě při návrhovém průtoku Q_n . Výkres ochranné hráze je součástí Příloh B.13 a B.14 – Vzorový příčný řez ochrannou hrází.

Levý a pravý břeh – při levém břehu jsou navrženy celkem tři homogenní ochranné hráze a při břehu pravém dvě ochranné hráze. Jejich bližší specifikace jsou uvedeny v následující Tabulce 8.2.

Tab. 8.2 – Výčet parametrů ochranných hrází na levém a pravém břehu

Břeh	Staničení od – do [km]	Délka podle staničení [m]	Skutečná délka [m]	Max. výška [m]
Levý	6,64996 – 6,66403	14,07	16,20	0,73
	6,77144 – 6,80187	30,43	37,27	1,51
	6,84419 – 6,89463	50,44	47,81	1,58
Pravý	6,64996 – 6,71623	66,27	60,95	1,25
	6,77736 – 6,86642	89,06	83,62	1,56

Kompletní zakreslení všech ochranných hrází na levém i pravém břehu je součástí Příloh B.8 a B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Odvodnění – u levobřežních ochranných hrází, jejichž staničení je v Tabulce 8.2 zvýrazněné kurzívou, je vytvořena konstrukce betonového žlabu pro odvodnění těchto hrází a pro obtok soukromých parcel č. 910/1 a č. 705/4.

8.2.2 Protipovodňová zeď

Protipovodňové zdi jsou dalším technickým opatřením, jejichž účelem je taktéž udržet průtoky v prostoru mezi zdmi.

Zdi jsou navrženy v takových místech, v nichž nebyl možný zábor větší plochy pozemku. Jako v případě ochranných hrází i zde muselo být dodrženo minimální převýšení zídek nad úrovní hladiny návrhového průtoku Q_n , které činí opět 0,3 m. Šířka zdi je 0,5 m a výška je vždy stanovena v závislosti na úrovni hladiny v dané lokalitě při návrhovém průtoku Q_n . Výkres protipovodňové zdi je součástí Příloh B.11 a B.12 – Vzorový příčný řez protipovodňovou zdí.

Levý břeh (Varianta „A“) – mezi staničením ř. km 5,99014 a 6,48058 je při levém břehu navržena protipovodňová zeď. Zeď je ale přerušena odnímatelnými hradidly, a proto jsou v následující Tabulce 8.3 uvedeny parametry dvou zdí.

Tab. 8.3 – Výčet parametrů protipovodňových zdí na levém břehu pro Variantu „A“

Břeh	Staničení od – do [km]	Délka podle staničení [m]	Skutečná délka [m]	Max. výška [m]
Levý	5,99014 – 6,32737	337,23	331,98	2,08
	6,32965 – 6,48058	150,93	149,32	2,21

Kompletní zakreslení protipovodňových zdí na levém břehu je součástí Přílohy B.8 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Levý břeh (Varianta „B“) – mezi staničením ř. km 6,09405 a 6,35103 je při levém břehu navržena protipovodňová zeď. Zeď je přerušena identickými odnímatelnými hradidly, a proto jsou v následující Tabulce 8.4 uvedeny taktéž parametry dvou zdí.

Tab. 8.4 – Výčet parametrů protipovodňových zdí na levém břehu pro Variantu „B“

Břeh	Staničení od – do [km]	Délka podle staničení [m]	Skutečná délka [m]	Max. výška [m]
Levý	6,09405 – 6,32737	233,32	245,50	1,87
	6,32965 – 6,35103	21,38	32,66	1,98

Kompletní zakreslení protipovodňových zdí na levém břehu je součástí Přílohy B.9 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Levý a pravý břeh – od staničení ř. km 6,55200 (PF 30) je návrh PBPO neměnný. Při levém břehu je od tohoto místa navrženo celkem 7 protipovodňových zdí a při břehu pravém dvě protipovodňové zdi. Jejich bližší specifikace jsou uvedeny v následující Tabulce 8.5.

Tab. 8.5 – Výčet parametrů protipovodňových zdí na levém a pravém břehu od ř. km 6,55200

Břeh	Staničení od – do [km]	Délka podle staničení [m]	Skutečná délka [m]	Max. výška [m]
Levý	6,55200 – 6,58669	34,69	48,27	1,65
	6,58669 – 6,59500	8,31	12,42	1,66
	6,66403 – 6,73617	72,14	89,32	1,37
	6,73841 – 6,77144	33,03	35,63	1,47
	6,80187 – 6,82059	18,72	27,25	1,36
	6,82307 – 6,84419	21,12	31,25	1,38
	6,89463 – 7,02100	126,37	139,06	2,25
Pravý	6,71623 – 6,77736	61,13	76,91	1,41
	6,86642 – 7,02100	154,58	177,85	2,32

Kompletní zakreslení všech protipovodňových zdí je součástí Příloh B.8, B.9 a B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Převýšení – z Tabulky 8.5 jasně vyplývá, že je převýšení zídek oproti stávajícímu terénu velmi výrazné. Výšky zdí jsou vztaheny k břehovým liniím, po kterých bylo provedeno zaměření koryta vodního toku. Pro zajištění soustředění velkých průtoků do prostoru mezi zdmi je však nutné, aby byly stanovené výšky zdí dodrženy. Nicméně bezprostředně za zdmi dochází ke vhodnému navyšování terénu, a proto by bylo, dle mého názoru, nejlepším řešením, aby se provedlo jeho dorovnání. Dorovnání terénu by záviselo na domluvě s vlastníky soukromých pozemků, na kterých se terén ve většině případů nachází. Na základě toho by nebylo převýšení protipovodňových zdí tak dramatické, jak vyplývá i z Příloh B.8, B.9 a B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

Odvodnění – pokud nastane průtok větší, než je průtok návrhový ($51,80 \text{ m}^3/\text{s}$), tak dojde k přelítí protipovoňového opatření. Pro odvedení vody ze zaplaveného území by posloužilo výustní potrubí se zpětnou klapkou. Potrubí o DN200 by bylo navrženo ve vzdálenostech cca 100 – 150 m a tvořilo by součást protipovodňových zdí. Umístěné by bylo vždy v nejnižším místě daného úseku.

Pro případný návrh je již zmiňované výustní potrubí se zpětnou klapkou schematicky zakresleno v Příloze B.12 – Vzorový příčný řez protipovodňovou zdí.

Podrobný návrh systému odvodnění není předmětem této bakalářské práce a při zpracování prováděcí dokumentace stavby by bylo nutné umístění výustí dořešit.

8.2.3 Odnímatelná hradidla

Součástí protipovodňových zdí jsou dřevěná odnímatelná hradidla. Mezi jejich výhody zcela jistě patří umožnění průchodu k vodnímu toku a v případě zvýšeného průtoku vody zajištění účinné ochrany. Na řešeném úseku se nacházejí celkem tři systémy odnímatelných hradidel. Jejich specifikace jsou uvedeny v následující Tabulce 8.6.

Tab. 8.6 – Výčet parametrů odnímatelných hradidel na levém břehu

Břeh	Staničení od – do [km]	Délka podle staničení [m]	Skutečná délka [m]	Max. výška [m]
Levý	6,32737 – 6,32965	2,28	2,30	1,50
	6,73617 – 6,73841	2,24	2,50	1,37
	6,82059 – 6,82307	2,48	2,50	1,34

Kompletní zakreslení všech odnímatelných hradidel je součástí Příloh B.8 a B.9 – Podrobný podélný profil Drnového potoka. Podrobnější výkres hradidel je součástí Přílohy B.15 – Vzorový výkres odnímatelných hradidel.

8.3 OBJEKTY NA VODNÍM TOKU

8.3.1 Mosty a lávky

Dle normy ČSN 73 6201 – Projektování mostních objektů, musí být splněna z hlediska bezpečnosti podmínka minimálního převýšení objektů na vodním toku, která činí 0,50 m. Jedná se o vzdálenost mezi úrovní hladiny návrhového průtoku Q_n a spodní částí mostovky. [33]

Stávající výškové umístění mostovek je nevyhovující, jak ukazuje Příloha A.3 – Kapacita koryta a objektů na toku. Jediným kapacitním objektem při návrhovém průtoku $Q_n = Q_{20}$ byl most M2, ale v žádném z případů nebyla splněna podmínka min. převýšení. Proto v rámci návrhu PBPO muselo dojít k navyšování mostovek u mostů M1 a M2 i u lávek L1 a L3. Lávka s označením L2 nebyla zaměřena, ale na základě fotodokumentace (Obr. 6.9) a navržené protipovodňové zdi v místě stávající lávky se taktéž předpokládá její navýšení.

Mostovky již zmiňovaných objektů budou navýšeny o takovou hodnotu, aby bylo dosaženo min. vzdálenosti 0,50 m mezi spodní hranou mostovky a úrovní hladiny návrhového průtoku Q_n v daném místě. Při výškovém posunu se nepředpokládá, že dojde ke změně tloušťky mostovky. Změny výšek mostovek znázorňuje následující Tabulka 8.7.

Tab. 8.7 – Výškový posun mostovek

Objekt	Staničení [km]	Stávající spodek mostovky [m n. m.]	Navržený spodek mostovky [m n. m.]	Výškový posun [m]
M1	5,988	400,30	402,76	2,46
L1	6,089	401,28	402,97	1,69
L3	6,481	402,94	404,77	1,83
M2	6,647	405,62	406,16	0,54

Kompletní zakreslení všech objektů na vodním toku včetně výškových posunů mostovek je součástí Příloh B.8, B.9 a B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka.

8.3.2 Rybí přechod

Stávající jezová konstrukce v Lubech, která je ve staničení ř. km 6,595, není vybavena rybím přechodem, a proto by měl být při možné rekonstrukci jezu brán zřetel na jeho vybudování.

V rámci projektu byl zpracován návrh rybiho přechodu, který však nebyl podložen potřebnými výpočty. Pro skutečný návrh by musely být provedeny náležité hydraulické výpočty včetně podrobnějšího doměření. Koncept tzv. rybochodu se nachází v rozmezí staničení ř. km 6,552 a ř. km 6,595. Zároveň je součástí Přílohy B.4 – Situace zájmového území.

8.4 DOTČENÉ POZEMKY NAVRŽENÝM PBPO

Drnový potok patří do katastrálního území obce Luby. Navržená PBPO jsou ve většině případů na veřejných pozemcích, jejichž vlastnické právo má město Klatovy, nebo Česká republika. Výjimku tvoří soukromé parcely, které jsou uvedeny v Tabulce 8.1.

Tab. 8.8 – Informace o pozemcích dotčených navrženým PBPO na levém a pravém břehu [17][34]

Číslo parcely	Druh pozemku	Vlastnické právo	Břeh	
3933/3	ostatní plocha	Česká republika	levý	
872/22	vodní plocha			
872/2				
st. 529	zastavěná plocha a nádvoří – jez	Město Klatovy		
832/1	ostatní plocha			
815				
812/2				
821				
910/2				
708				
705/2				
697/1				
876/7				
874/5				vodní plocha
873/2				
705/24			zahrada	
705/25				
807/4	orná půda			

Číslo parcely	Druh pozemku	Vlastnické právo	Břeh
872/2	vodní plocha	Česká republika	pravý
876/16		Město Klatovy	
709/10	ostatní plocha		
709/11			
709/12			
726/9			
726/10			
726/5			
720/8			

9 ZÁVĚR

V bakalářské práci byla podrobněji popsána lokalita a samotný Drnový potok, který prochází intravilánem obce Luby. Součástí práce bylo také posouzení úpravy, současného stavu a v neposlední řadě posouzení kapacity koryta vodního toku a objektů na toku s ním spojených.

Při výpočtech průběhů hladin N-letých průtoků byla v programu HEC-RAS 4.1.0 dosazena za dolní okrajovou podmínku známá úroveň hladiny a za horní okrajovou podmínku velikost jednotlivých průtoků. Na základě výpočtů bylo možné konstatovat, že je kapacita koryta a kapacita většiny objektů nedostačující. Kapacitní průtok, který koryto bezpečně převedlo, byl stanoven pouze na $2 \text{ m}^3/\text{s}$, u vyšších průtoků už docházelo k vybřežení.

Z důvodu omezené kapacity koryta musel být problém vybřežení – nejen při povodňových průtocích – vyřešen ideovým návrhem přírodě blízkého protipovodňového opatření. V rámci bakalářské práce bylo navrženo opatření na návrhový průtok $Q_n = Q_{20}$, které zahrnovalo převážně opatření technická. Konkrétně se jednalo o protipovodňové zdi, ochranné hráze a odnímatelná hradidla. Součástí návrhu PBPO bylo také využití inundačních území pro rozlivy tak, že by nemohlo dojít k ohrožení obyvatel nebo jejich majetku. S touto variantou se počítá zejména v oblastech pod jezem ve směru proudu, ve kterých k případným rozlivům zcela jistě dojde. U všech prvků technického opatření bylo dodrženo minimální převýšení 0,30 m nad úrovní hladiny návrhového průtoků Q_n . V rámci návrhu musel být u všech stávajících objektů na toku proveden i výškový posun mostovek. Minimální vzdálenost 0,50 m mezi spodní hranou mostovky a úrovní hladiny návrhového průtoků Q_n byla v daném místě dodržena.

Daná situace byla vyřešena v podobě dvou variant, které se liší pouze z hlediska stavebního rozsahu protipovodňové zdi. Varianta „B“ se jeví jako výhodnější z důvodu celkově ekonomičtější výstavby zdi a zejména proto, že negativní dopad na životní prostředí bude menší a při rozlivu vody zároveň nedojde k přímému ohrožení obyvatel a nemovitostí.

Nutno podotknout, že se při návrhu vycházelo ze zaměření v profilech koryta pouze po břehovou linii. Pro podrobnější návrh by muselo být provedeno doměření nebo by musel být k dispozici digitální model terénu.

Díky navrhovaným úpravám řešeného úseku (ř. km 5,972 – ř. km 7,021) by bylo možné docílit bezpečného průchodu povodně intravilánem obce Luby při návrhovém průtoků $Q_n = Q_{20} = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bakalářská práce splnila všechny cíle, které byly v jejím úvodu stanoveny.

V Brně dne 25. 5. 2018

David Černý
autor práce

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

10.1 INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [2] Možnosti řešení povodňových situací v Česko-slovenském příhraničí: Protipovodňová ochrana a povodně. *Cs-povodne.eu* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/O-povodnich>, <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni>
- [3] Povodňový plán České republiky: Povodňová charakteristika území ČR; Grafická část. *Dppcr.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.dppcr.cz/html_pub/
- [6] Digitální povodňový plán ČR: Mapy záplavových území. *Webmap.dppcr.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: http://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/isapi.dll?MAP=zatopy
- [7] Studie protipovodňových opatření: Plzeňský kraj; Záplavová území. *Mapy.kr-plzensky.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://mapy.kr-plzensky.cz/gis/studie_protipovodnova_opatreni/
- [8] Ministerstvo životního prostředí: Povodňový plán ČR. *Env.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.env.cz/cz/povodnovy_plan_cr
- [9] Ministerstvo životního prostředí: Hlásná a předpovědní povodňová služba; Metodický pokyn OOV MŽP č. 9. *Env.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.env.cz/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba, [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/\\$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hlasna_predpovedni_povodnova_sluzba/$FILE/OOV_Metodicky_pokyn_HPPS_20111231.pdf)
- [10] Český hydrometeorologický ústav: Hlásná a předpovědní povodňová služba - hlásné profily. *Hydro.chmi.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_main.php?kat=HLPRF
- [11] HG Partner: Protipovodňové opatření (PPO). *Hgpartner.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.hgpartner.cz/sluzby/povodnove-opatreni/>
- [14] Návrhy opatření na vodních tocích a nivách: Základní typy opatření v území (PBPO, PPO). *Vuv.maps.arcgis.com* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://vuv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=372983d553a64fa0be8bc977c11c2b8d>
- [16] Drnový potok. *Wikipedia.org* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Drnov%C3%BD_potok
- [17] Český úřad zeměměřický a katastrální: Nahlížení do katastru nemovitostí. *Cuzk.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [19] Drnový potok: Pramen Drnového potoka. *Hauner.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.hauner.cz/GC5DE53/>

- [20] Klatovy - moje město: Geologie. *Klatovymojemesto.majestat.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.klatovymojemesto.majestat.cz/rubriky-1/geologie>
- [21] Česká geologická služba: Geologické mapy. *Geology.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/index.php?start_y=834200&start_x=1109900http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?map_a=g50&y=834200&x=1109900&r=2000&s=1&legselect=0
- [22] Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: Mapy klimatických regionů. *Mapy.vumop.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz/>
- [23] Český hydrometeorologický ústav: Mapy charakteristik klimatu. *Portal.chmi.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- [24] Stavby a průtoky na vodních tocích: Drnový potok. *Pvl.cz* [online]. Povodí Vltavy, státní podnik [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=DPKL&oid=3>
- [25] Český statistický úřad: Charakteristika okresu Klatovy. *Czso.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/11252/17840999/charakteristika_klatovy.pdf/6dc8f1e2-4826-433f-b258-356d06c83770?version=1.5
- [26] Ministerstvo zemědělství: Odběry a vypouštění. *Eagri.cz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/odbery-a-vypousteni.html>
- [28] Jakost povrchových vod ve vložených profilech: Drnový potok. *Pvl.cz* [online]. Povodí Vltavy, státní podnik [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/isvs/jvp/cz/default.htm>
- [29] Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie: MVE Luby u Klatov. *Calla.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=654>
- [32] Český rybářský svaz: Drnový potok. *Rybsvaz.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.rybsvaz.cz/?page=reviry/revir&lang=cz&id_reviry=483
- [34] IKatastr: Katastr nemovitostí a katastrální mapa. *Ikatastr.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.ikatastr.cz/ikatastr.htm#zoom=19&lat=49.37996&lon=13.30279&layers_3=0B0000FFTFFFT&ilon=13.302536
- [35] Vyhláška č. 590/2002 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích pro vodní díla. *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-590?text=p%C5%99ev%C3%BD%C5%A1en%C3%AD>
- [36] Evidenční list hlásného profilu: Klatovy (Drnový potok). *Edpp.cz* [online]. Elektronický digitální povodňový portál [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/evidencni-list/klatovy-drnovy-potok->

10.2 LITERATURA

- [4] Povodí Vltavy, státní podnik: Plán dílčího povodí Berounky - úvod. *Povodí Vltavy, státní podnik*. 2016.
- [5] Krajský úřad Plzeňského kraje: Odbor životního prostředí. *Krajský úřad Plzeňského kraje*. 2016.
- [12] MŽP: Zvýšení protipovodňové ochrany v povodí - přírodě blízká protipovodňová a protierozní opatření. Praha: *Ministerstvo životního prostředí*. 2010. ISBN 978-80-254-6828-9.
- [13] ČSKI: Podklady pro aktualizaci metodiky pro navrhování PBPO. *Česká společnost krajinných inženýrů*.
- [15] MŽP: Věstník Ministerstva životního prostředí - metodické pokyny a návody. Praha: *Ministerstvo životního prostředí*. 11/2008. ISSN - tištěná verze 0862-9013.
- [18] Povodí Vltavy, státní podnik: Plán dílčího povodí Berounky - charakteristiky dílčího povodí. *Povodí Vltavy, státní podnik*. 2016.
- [27] ČSN 75 7221. *Kvalita vod: Klasifikace kvality povrchových vod*. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [30] VRV a. s.: Studie odtokových poměrů Drnového potoka – návrh záplavového území v úseku ř. km 0,0 - 20,9. *Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.* Praha. 2015.
- [31] MATTAS, Daniel. *Výpočet průtoku v otevřených korytech*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014. ISBN 978-80-87402-27-6.
- [33] ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [37] ČSN 75 1400. *Hydrologické údaje povrchových vod*. Praha: Český normalizační institut, 2014.

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1	Legenda k základním typům opatření (Obr. 4.1) [14].....	24
Tab. 5.1	Specifické informace předpovědního a měrného profilu [10].....	29
Tab. 5.2	N-leté průtoky na vodním toku - varianta č. 1 [24].....	30
Tab. 5.3	N-leté průtoky na vodním toku - varianta č. 2 [30].....	30
Tab. 5.4	N-leté průtoky přes jezovou konstrukci [30].....	31
Tab. 5.5	Vybrané orientační hodnoty směrodatné chyby [37]	31
Tab. 5.6	Množství odebrané podzemní vody (v tis. m ³ /měsíc) [26].....	32
Tab. 5.7	Počet hodin odběru podzemní vody [26]	32
Tab. 5.8	Množství odebrané podzemní vody (v tis. m ³ /měsíc) [26].....	33
Tab. 5.9	Počet hodin odběru podzemní vody [26]	33
Tab. 5.10	Množství odebrané povrchové vody (v tis. m ³ /měsíc) [26].....	33
Tab. 5.11	Počet hodin odběru povrchové vody [26]	33
Tab. 5.12	Ukazatelé jakosti povrchové vody pro rok 2013 - profil č. 1 [28]	34
Tab. 5.13	Ukazatelé jakosti povrchové vody pro rok 2013 - profil č. 2 [28]	34
Tab. 5.14	Zaokrouhlené množství vypouštěných vod (v tis. m ³ /měsíc) [26]	35
Tab. 5.15	Počet hodin vypouštění vod [26].....	35
Tab. 5.16	Vypouštěné znečištění (v mg/l z celkového množství) [26]	35
Tab. 5.17	Produkované znečištění (v mg/l z celkového množství) [26]	35
Tab. 6.1	Manningův součinitel drsnosti pro různé využití území [30][31].....	38
Tab. 7.1	Hodnoty použitých průtoků a úrovní hladin [30].....	50
Tab. 7.2	Vybřežení při zvolených průtocích	51
Tab. 7.3	Stanovení kapacity a splnění podmínky min. převýšení	52
Tab. 8.1	Dotčené soukromé pozemky v rámci varianty „B“ [17][34]	54
Tab. 8.2	Výčet parametrů ochranných hrází na levém a pravém břehu	56
Tab. 8.3	Výčet parametrů protipov. zdí na levém břehu pro Variantu „A“	57
Tab. 8.4	Výčet parametrů protipov. zdí na levém břehu pro Variantu „B“.....	57
Tab. 8.5	Výčet parametrů protipov. zdí na levém a pravém břehu od ř. km 6,55200 ...	58
Tab. 8.6	Výčet parametrů odnímatelných hradidel na levém břehu.....	59
Tab. 8.7	Výškový posun mostovek	59
Tab. 8.8	Informace o pozemcích dotčených navrženým PBPO na levém a pravém břehu [17][34].....	60

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1	Hlavní povodí České republiky [4]	13
Obr. 3.2	Dílčí povodí České republiky [4]	13
Obr. 3.3	Záplav. území Q_5 [7]	12
Obr. 3.4	Záplav. území Q_{20} [7]	12
Obr. 3.5	Záplav. území Q_{100} [7]	14
Obr. 3.6	Hierarchická návaznost dPP [2]	16
Obr. 3.7	Ohrožené objekty povodní v blízkosti Drnového potoka [3]	16
Obr. 3.8	Hlásné profily ČR (kategorie A, kategorie B) [10]	17
Obr. 3.9	Hlásné profily povodí Berounky [10]	16
Obr. 3.10	Hlásný profil Klatovy (kat. C) [3]	18
Obr. 3.11	Hlásný profil kat. C, Klatovy - Drnový potok (vybavení: vodočetná lať)	18
Obr. 4.1	Základní typy opatření [15]	24
Obr. 5.1	Vodohospodářská mapa 1 : 50 000	25
Obr. 5.2	Geologická mapa [21]	27
Obr. 5.3	Legenda ke geologické mapě (Obr. 5.2) [21]	27
Obr. 5.4	Mapa klimatických regionů [22]	28
Obr. 5.5	Charakteristika klimatických regionů [22]	28
Obr. 5.6	Průměrná roční teplota vzduchu [23]	28
Obr. 5.7	Průměrný úhrn srážek [23]	29
Obr. 5.8	Předpovědní a měrný profil [10]	30
Obr. 5.9	Výměra lesní půdy [18]	32
Obr. 5.10	Černá stavba	34
Obr. 5.11	MVE v Lubech	36
Obr. 6.1	Stávající úprava koryta (pohled po proudu)	37
Obr. 6.2	Zanesené dno za vývařišťem	38
Obr. 6.3	Opevnění břehu a levostranné bermy (pohled po proudu)	40
Obr. 6.4	Opěrná zídka a složený průtočný profil s pravostrannou bermou (pohled po proudu)	40
Obr. 6.5	Spádový stupeň (pohled po proudu)	41
Obr. 6.6	Betonový most M1 (pohled proti proudu)	41
Obr. 6.7	Silniční most M2 (pohled po proudu)	42
Obr. 6.8	Ocelová lávka L1 (pohled po proudu)	43
Obr. 6.9	Dřevěná lávka L2 (pohled proti proudu)	43
Obr. 6.10	Ocelová lávka L3 (pohled proti proudu)	44
Obr. 6.11	Betonové koryto	44
Obr. 6.12	Přítokový objekt	45
Obr. 6.13	Kanalizační výust	45
Obr. 6.14	Kombinovaný jez v Lubech	46

Obr. 6.15	Celkový pohled na opevnění jezové konstrukce (pohled proti proudu).....	47
Obr. 6.16	Opevnění pravého břehu (pohled po proudu).....	47
Obr. 7.1	Q-H křivka v příčném profilu č. 1 - ř. km 5,972	50
Obr. 7.2	Schéma průběhů hladin jednotlivých průtoků (převzato z HEC-RAS 4.1.0).....	52

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	Česká republika
dPP	digitální povodňový plán
ORP	obce s rozšířenou působností
GIS	geografický informační systém
Q_N	N-letá povodeň jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za N let (N-letý průtok)
Q_5	pětiletá povodeň jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 5 let (pětiletý průtok)
Q_{20}	dvacetiletá povodeň jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 20 let (dvacetiletý průtok)
Q_{100}	stoletá povodeň jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jedenkrát za 100 let (stoletý průtok)
SPA	stupeň povodňové aktivity
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
PBPO	přírodě blízké protipovodňové opatření
PPO	protipovodňové opatření (textová část)
PPO	protipovodňová (výkresová část)
OOV	Odbor ochrany vod
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ČOV	čistírna odpadních vod
BSK_5	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní
$CHSK_{Cr}$	chemická spotřeba kyslíku dichromanem
$N-NH_4^+$	amoniakální dusík
$N-NO_3^-$	dusičnanový dusík
P_c	celkový fosfor
NL	nerozpuštěné látky
$N_{anorg.}$	anorganicky vázaný dusík
MVE	malá vodní elektrárna
CHKO	chráněná krajinná oblast
CM	cementová malta
ř. km	říční kilometr
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
DMT	digitální model terénu
ČSN	Česká technická norma
KÚ	konec úseku
ZÚ	začátek úseku
PF	profil
Q_N	N-letý průtok
Q_n	návrhový průtok

14 SEZNAM PŘÍLOH

14.1 TEXTOVÁ ČÁST

- A.1 – Evidenční list hlásného profilu - Drnový potok
- A.2 – Stavy a průtoky na vodních tocích - Drnový potok
- A.3 – Kapacita koryta a objektů na toku

14.2 VÝKRESOVÁ ČÁST

B.1 – Situace širších vztahů - ZM ČR	1:10 000
B.2 – Situace zájmového území Varianta „A“	1:1000
B.3 – Situace zájmového území Varianta „B“	1:1000
B.4 – Situace zájmového území Varianta „A+B“	1:1000
B.5 – Podrobný podélný profil Drnového potoka Stávající stav	1:1000/100
B.6 – Situace zájmového území Pozemky v blízkosti Drnového potoka	1:2000
B.7 – Situace zájmového území Oblasti rozlivů při Q ₅ a Q ₂₀	1:2000
B.8 – Podrobný podélný profil Drnového potoka Navržená opatření - levý břeh Varianta „A“ (pro ř. km 5,99014 - ř. km 6,48058)	1:1000/100
B.9 – Podrobný podélný profil Drnového potoka Navržená opatření - levý břeh Varianta „B“ (pro ř. km 6,09405 - ř. km 6,35103)	1:1000/100
B.10 – Podrobný podélný profil Drnového potoka Navržená opatření - pravý břeh	1:1000/100
B.11 – Vzorový příčný řez PF 08 - ř. km 6,040 Varianta „A“	1:50
B.12 – Vzorový příčný řez Protipovodňová zeď	1:50
B.13 – Vzorový příčný řez PF 43 - ř. km 6,656	1:50
B.14 – Vzorový příčný řez Ochranná hráz	1:50
B.15 – Vzorový výkres odnímatelných hradidel	1:50