STUDIE EKONOMICKÉ EFEKTIVITY

POSOUZENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVITY VELKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ V SÍDLECH HRÁDEK NAD NISOU, CHOTYNĚ, CHRASTAVA A BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU

ČERVEN 2020

Vodohospodářský rozvoj a výstavba
akciová společnost
Nábřežní 4, Praha 5, 150 56

VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA
akciová společnost
150 56 Praha 5 - Smíchov, Nábřežní 4
DIVIZE 02

tel: 605 210 951
e-mail: urban@vrv.cz

POSOUZENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVITY VELKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ V SÍDLECH HRÁDEK NAD NISOU, CHOTYNĚ, CHRASTAVA A BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU

Zpracoval: Ing. Filip Urban
Ing. Lukáš Smelík, Ph.D.

Schválil: Ing. Jan Cihlář
ředitel divize 02

V Praze, dne 19. 6. 2020

Obsah

1 Základní údaje ... 7
1.1 Seznam zkratek ... 8
1.2 Předmět zpracování ... 9
2 Zajištění stávajících podkladů ... 10
2.1 Geodetické podklady ... 10
2.2 Hydrologické podklady ... 11
2.3 Historické povodně ... 11
2.4 Předchozí studie ... 12
2.4.1 Zpracování studií odtokových poměrů na vybraných úsecích toků s významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry ... 12
2.4.2 Chrastava - řešení PPO zástavby podél Lužické Nisy a Jeřice, studie proveditelnosti ... 13
2.4.3 Studie odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření pro povodí Lužické Nisy 15
2.4.4 Koncepce protipovodňové ochrany Města Liberec, studie ... 18
2.5 Hydrodynamický model ... 20
2.5.1 Rozsah modelu ... 20
2.5.2 Okrajové podmínky ... 21
2.5.3 Manningův součinitel drsnosti n ... 21
3 Rozsah ohrožení ... 22
3.1 Povodňové ohrožení z Lužické Nisy ... 22
3.1.1 Hrádek nad Nisou ... 22
3.1.2 Chotyně ... 23
3.1.3 Bílý Kostel nad Nisou ... 23
3.1.4 Chrastava ... 24
3.2 Neškodný průtok ... 25
3.3 Průtočná kapacita silničních a železničních mostů a lávek ... 26
4 Návrh protipovodňové ochrany ... 27
4.1 Variantní řešení ... 27
4.2 Retenční nádrž v profilu Andělská Hora ... 27
4.2.1 Transformace povodňových vln ... 28
4.2.2 Výběr a parametry návrhového profilu nádrže ... 30
4.2.3 Ovlivněné průtoky pod VD ... 32
4.3 Liniová protipovodňová opatření ... 33
4.4 Liniová ochrana a retenční nádrž ... 34
4.5 Investiční náklady jednotlivých opatření ... 35
4.6 Podrobný návrh liniových PPO pro jednotlivé obce ... 36
4.6.1 Hrádek nad Nisou - Stará celnice ... 37
4.6.2 Hrádek nad Nisou - levý břeh ... 38
4.6.3 Hrádek nad Nisou - pravý břeh ... 40
4.6.4 Chotyně - Dlouhá mez ... 44
4.6.5 Chotyně - penzion ... 44
4.6.6 Chotyně - hřiště ... 45
4.6.7 Chotyně - u mostu ... 47
4.6.8 Hrádek nad Nisou - Dolní Suchá ... 49
4.6.9 Bílý Kostel - železniční stanice - pravý břeh ... 51
4.6.10 Bílý Kostel - u č.p. 203 - levý břeh ... 52
4.6.11 Bílý Kostel - železniční stanice - levý břeh ... 53
4.6.12 Bílý Kostel - kostel ... 54
4.6.13 Bílý kostel - koloniál, muzeum a MVE - pravý břeh ... 56
4.6.14 Chrastava - průmysl ... 59
4.6.15 Chrastava - PELA ... 60
4.6.16 Andělská Hora - u mostu - pravý břeh ... 61
4.6.17 Andělská Hora - pod mostem - levý břeh ... 62
4.6.18 Andělská Hora - nad mostem - levý břeh ... 63
4.6.19 Chrastava - Jeřice - levý břeh ... 64
4.6.20 Chrastava - Jeřice - pravý břeh - od ČOV po silnici I. třídy ... 66

4.6.21 Chrastava - Jeřice - pravý břeh - autobusové nádraží ... 67
4.6.22 Machnín - Lužická Nisa - pravý břeh - mateřská škola ... 69
4.6.23 Machnín - Lužická Nisa - levý břeh ... 70
4.6.24 Machnín - Lužická Nisa - pravý břeh – u mostu ... 70
5 Stanovení potenciálních povodňových škod ... 72
5.1 Příprava vstupních dat ... 72
5.2 Princip výpočtu povodňových škod ... 72
5.2.1 Principy stanovení přímých potenciálních škod ... 72
5.2.2 Analytická metoda výpočtu povodňového rizika ... 72
5.3 Penalizace za oříznutý objem ... 75
5.4 Vyhodnocení škod ... 76
5.4.1 Hrádek nad Nisou ... 76
5.4.2 Chotyně ... 78
5.4.3 Bílý Kostel nad Nisou ... 80
5.4.4 Chrastava ... 82
6 Posouzení ekonomické efektivity ... 84
6.1 Škody v chráněné lokalitě ... 84
6.2 Maximální investiční náklady ... 84
6.3 Srovnání ekonomické efektivnosti jednotlivých opatření ... 85
7 Projednání návrhů ... 86
8 Zdroje financování ... 87
8.1 Operační program životního prostředí – 1.3 ... 87
8.1.1 Liniové PPO – 1.3.1 ... 87
8.1.2 Opatření s retencí - 1.3.3 ... 88
8.2 MZE – 129 260 Podpora prevence před povodněmi III. ... 88
8.2.1 129 265 – Opatření podél vodních toků ... 88
8.2.2 129 264 – Opatření s retencí ... 89
8.3 Projednání a návrh dalšího postupu ... 89
9 Závěr a doporučení ... 90
10 Normy, zákony, vyhlášky ... 92
11 Publikace ... 92
12 Přílohy ... 93

1 Základní údaje

Vodní tok	Lužická Nisa, ř. km 0,000 - 20,000, ID 10100061 Jeřice, ř. km 0,000 - 1,400, ID 10100341
Kraj	Liberecký
ORP	Liberec
Město, obec	Hrádek nad Nisou, Chotyně, Bílý Kostel nad Nisou, Chrastava
Název akce	POSOUZENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVITY VELKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ V SÍDLECH HRÁDEK NAD NISOU, CHOTYNĚ, CHRASTAVA A BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU
Objednatel	**Liberecký kraj** U Jezu 642/2a 460 01 Liberec
Zpracovatel dokumentace	**Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.** Nábřežní 4 150 56 Praha 5
Datum zpracování	**červen 2020**

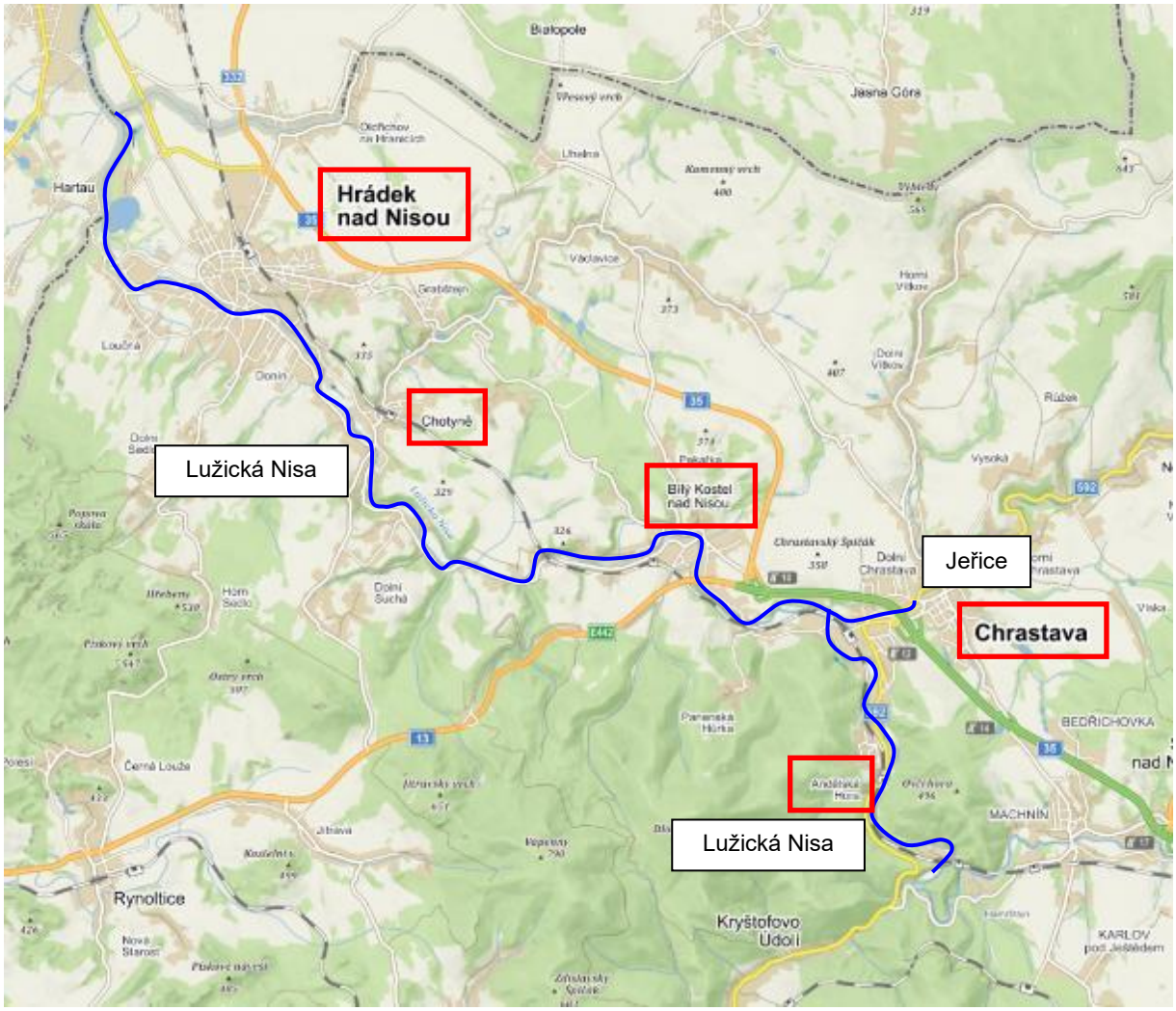
1.1 Seznam zkratek

AKM	Administrativní kilometráž
AZZU	Aktivní zóna záplavového území
Bpv	Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
Č.p.	Číslo popisné
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CHOPAV	Chráněná oblast přirozené akumulace vod
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DKM	Digitální kilometráž
DMT	Digitální model terénu
DUR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
DMR 4G	Digitální model reliéfu 4. generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
PD	Projektová dokumentace
PHO	Pásmo hygienické ochrany vod
PF	Příčný profil
PP	Podélný profil
PPO	Portipovodňová ochrana
OPŽP	Operační program životní prostředí
Q_M	M-denní průtok
Q_N	N-letý průtok, návrhový 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)
RSO	Registr sčítacích obvodů
Ř. KM	Říční kilometr
SO	Stavební objekt
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TPV	Teoretická povodňová vlna
VD	Vodní dílo
VRV	Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
VUT	Vysoké Učení Technické v Brně
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigua Masaryka
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZM	Základní mapa
ZÚ	Záplavové území
ŽB	Železobeton

1.2 Předmět zpracování

Předmětem zpracování je vypracování koncepce protipovodňové ochrany obcí a měst podél Lužické Nisy od Chrastavy po státní hranici. Koncepce bude zaměřena na zpracování variantního řešení protipovodňové ochrany technického přírodě blízkého charakteru. Přírodě blízká protipovodňová opatření budou sloužit nejen k ochraně proti povodním, ale zároveň jako estetický prvek veřejného prostoru a biokoridor. Rozsah zpracování protipovodňové ochrany na Lužické Nise bude proveden od ř. km 20,0 (Chrastava-Andělská hora) až po ř. km 0,0 (Hrádek nad Nisou, státní hranice).

Pro variantní řešení bude stanoven odborný odhad nákladů jednotlivých variant opatření. Bude provedeno vyhodnocení ekonomické efektivity navržených opatření ve vztahu k povodňovým škodám, což je klíčový ukazatel pro hodnocení projektů přihlášených do dotačního programu Prevence před povodněmi III (MZE), včetně formulace doporučení možností dalšího postupu ve vztahu k aktuálním dotačním titulům. Bude provedena identifikace dotčených pozemků.



2 Zajištění stávajících podkladů

2.1 Geodetické podklady

Hlavními topologickými daty byl digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen z geodetického zaměření a digitálního modelu reliéfu (DMR) popisujícího inundační území.

Digitální model reliéfu DMR 5G

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Geodetické zaměření

Bylo převzato zaměření příčných profilů koryta, které bylo pořízeno v letech 1996 a 2012 Povodím Labe, státním podnikem. Výškový systém dat je Bpv, souřadnicový systém JTSK. V roce 2010 napáchala povodeň značné škody na vodních tocích a objektech na nich. Pro účely projektové dokumentace obnovy po povodni bylo provedeno zaměření a návrh obnovy. Byla převzata dokumentace liniových oprav, mostních objektů a lávek.

Základní mapa České republiky 1:10 000

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území, hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů.

ZABAGED - Výškopis

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) je digitální geografický model území České republiky (ČR). Výškopisnou část ZABAGED® tvoří 3 typy objektů vrstevnic se základním intervalem 5, 2, nebo 1 m v závislosti na charakteru terénu. Obsah datové sady ZABAGED® - výškopis - 3D vrstevnice je doplněn vybranými dalšími výškopisnými prvky – klasifikovanými hranami a body, které byly vyhodnoceny stereofotogrammetrickou metodou při zpřesňování vrstevnicového výškopisu a jsou uživateli nabízeny k případnému dalšímu využití. Všechny objekty jsou reprezentovány trojrozměrnou vektorovou prostorovou složkou.

Ortofoto mapa

Digitální zdánlivě bezešvé ortofoto České republiky v barevné škále 8 bitů. Pixel rastrového obrazu Ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,25 m území ve střední rovině terénu. Polohová přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinatém terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m.

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) - polohopis

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) je digitální geografický model území České republiky (ČR). Polohopisnou část ZABAGED® tvoří v současné době 116 typů geografických objektů sídel, komunikací, rozvodných sítí a produktovodů, vodstva, územních jednotek a chráněných území, vegetace a povrchu, terénního reliéfu a vybrané údaje o geodetických bodech. Objekty jsou reprezentovány dvourozměrnou vektorovou prostorovou složkou a popisnou složkou, obsahující kvalitativní a kvantitativní informace o objektech.

Objekty DIBAVOD

DIgitální BÁze VOdohospodářských Dat (DIBAVOD) referenční geografická databáze vytvořená primárně z odpovídajících vrstev ZABAGED® a cílově určená pro tvorbu tematických kartografických výstupů s vodohospodářskou tématikou a tématikou ochrany vod nad Základní mapou ČR 1:10 000, resp. 1: 50 000, včetně Mapy záplavových území ČR 1:10 000, a dále pro prostorové analýzy v prostředí geografických informačních systémů a zpracování reportingových dat podle Rámcové směrnice 2000/60/ES v oblasti vodní politiky. **DIBAVOD** je průběžně aktualizovaný a doplňovaný "živý produkt" spravovaný a vyvíjený na Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M.,v.v.i..

2.2 Hydrologické podklady

Vodní tok: Lužická Nisa
Jeřice

Lužická Nisa pramení v Nové Vsi nad Nisou a teče dále do Polska, kde se vlévá do Odry. Začátek řešeného území je v Hrádku nad Nisou na státní hranici na ř.km. 0,0 a končí nad železničním mostem v obci Andělská Hora na ř.km. 20,0, resp. profilem 19,970. V tomto úseku bylo provedeno hydraulické modelování. Zátopa případné nádrže ovšem zasahuje až do ř. km. Rozdíl nadmořských výšek dna koryta je 67,88 m, průměrný spád dna je tedy 3,4 ‰. V rámci řešeného území přitéká do Lužické Nisy velké množství vodotečí. V povodí Lužické Nisy ve velké množství menší či větších přehrad a rybníků, které mají velký vliv na průtok vody zejména při vyšších stavech. Mezi největší vodní přehrady patří vodní nádrž (dále jen v.n.) Mšeno, v.n. Bedřichov a v.n. Harcov. V rámci hydrologie byla získána hydrologická data z povodí IV. řádu (viz Tab. 2), která jsou ovlivněna manipulací na nádržích.
Jeřice pramení v Oldřichově v Hájích a je pravostranným přítokem Lužické Nisy v Chrastavě. Začátek řešeného území je v Chrastavě na soutoku s Lužickou Nisou a konec je na úrovni autobusového nádraží.
Součástí řešení Lužické Nisy jsou dva obtoky v Hrádku nad Nisou.

Souřadnice hydrologických profilů

	Profil	x	y	m n.m.
Lužická Nisa - Počáteční profil	Hrádek n N., státní hranice, ř. km 0,000	960500.46	702885.74	234,42
Lužická Nisa - Uzávěrový profil	Andělská Hora ř. km 19,970	970975.90	693842.80	302,30
Jeřice - Počáteční profil	Chrastava, soutok s Luž. N., ř. km 0,000	967652.61	695073.11	280,37
Jeřice - Uzávěrový profil	Chrastava, autobusové nádr., ř. km 1,400	967722.43	693806.41	289,12

leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$

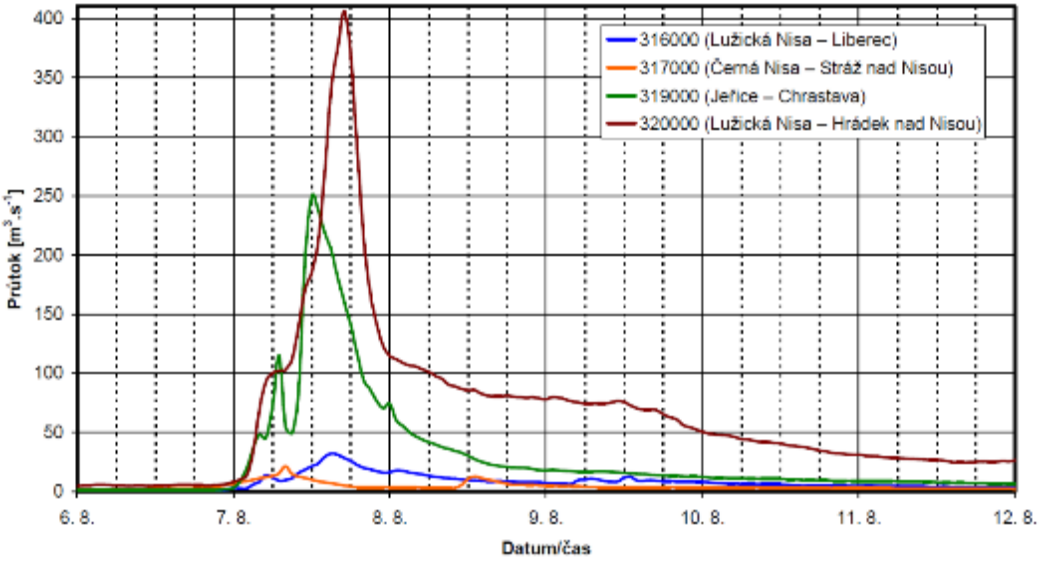
profil	ČHP	Q5	Q20	Q100	Třída dat	OD_DO
Lužická Nisa - st. hranice	2-04-07-0370	101,0	195,0	353,0	III	0,000 - 5,832
Lužická Nisa - nad Václavickým potokem	2-04-07-0350	96,4	186,0	336,0	III	5,832 - 14,777
Lužická Nisa - nad Jeřicí	2-04-07-0230	74,6	139,0	243,0	III	14,777 - 19,970
Jeřice - pod Albrechtickým potokem	2-04-07-0340	27,8	55,4	105,0	IV	0,000 - 1,400

2.3 Historické povodně

Povodeň v srpnu 2010 zasáhla oblast Libereckého a Ústeckého kraje, zejména povodí Lužické Nisy, Smědé, Ploučnice a Kamenice. Povodňové stavy na ostatním území ČR již nebyly významné. Při vyhodnocení povodně byl zaznamenán rozliv a povodňové značky. Kulminační průtoky se vyhodnocovaly matematickým modelem proudění, srážkoodtokovým modelem a odečtem z měrné křivky limnigrafické stanice v Hrádku nad Nisou. Kulminační průtok dosáhl 7. 8. 2010 hodnoty 410 m3/s. Průběh povodňových vln je zobrazen v grafu níže.
Z evidenčního listu hlásného profilu Hrádek nad Nisou lze vyčíst, kdy byly další velké povodně na Lužické Nise. Jedná se o tyto vodní stavy (zvýrazněny jsou povodně za posledních 20 let:

395 cm – 7.8.2010
315 cm – 14.8.2002
261 cm – 21.7.1981
253 cm – 10.3.2000
240 cm – 21.7.2011
236 cm – 9.8. 1977
235 cm – 12.7.1996
228 cm – 2.8.1977
228 cm – 7.7.1997
aj.

Hlásný profil kategorie C je zřízen také na Jeřici v Chrastavě.



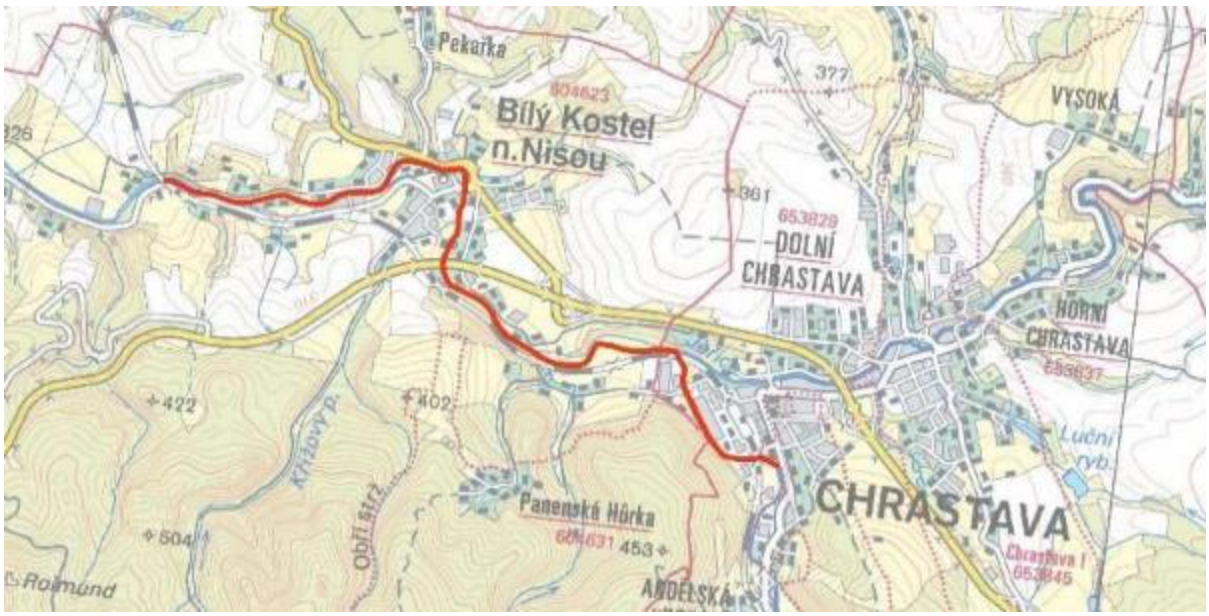
Průběh průtoků na Lužické Nise a přítocích

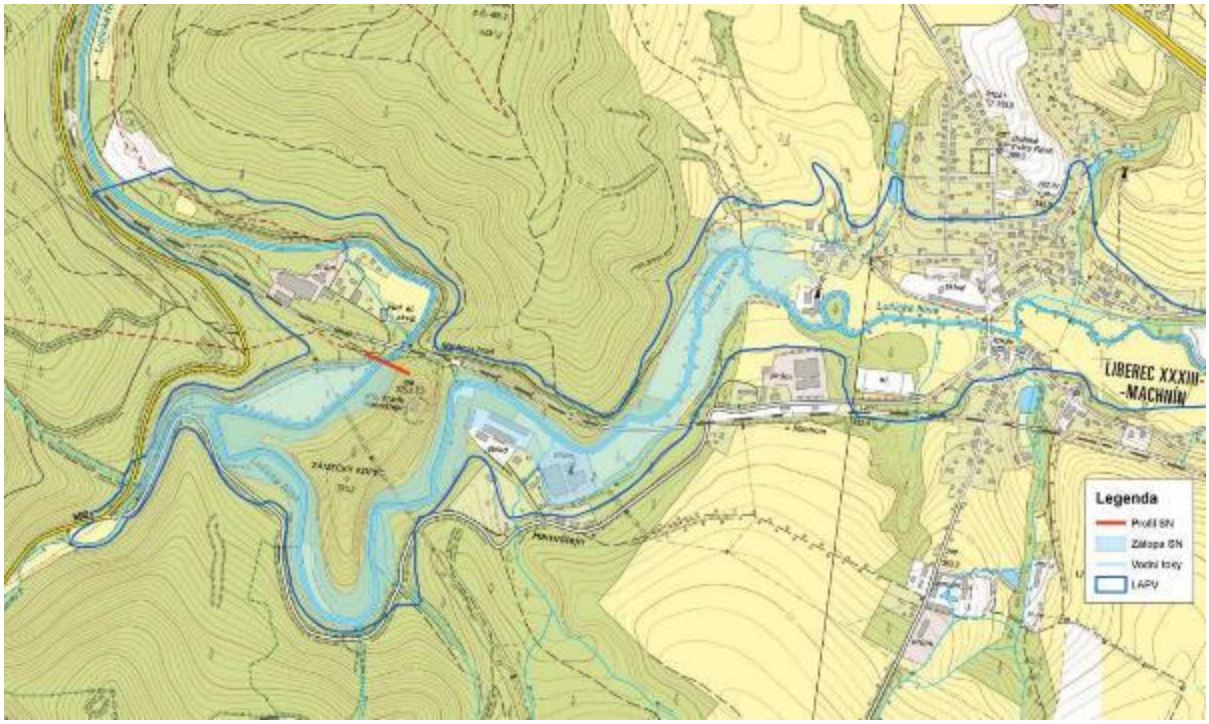
2.4 Předchozí studie

V rámci této studie byly zohledněny, některé výstupy z předchozích protipovodňových studií.

2.4.1 Zpracování studií odtokových poměrů na vybraných úsecích toků s významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry

Studie z července 2015 byl zpracován úsek z Bílého Kostela do Chrastavy (viz obrázek níže). Cílem studie bylo na základě matematického modelu stanovit škody, navrhnout protipovodňová opatření, posoudit efektivitu opatření, stanovit objem vody za linií PPO a shrnout majetkoprávní vztahy. Součástí studie bylo posoudit stávající profil VN a nový profil SN v Andělské hoře (viz obrázek na druhé straně).





Profil a zátopa VN (tmavě modrý obrys) a navržený profil SN (červeně) se zátopou (světle modrá plocha)

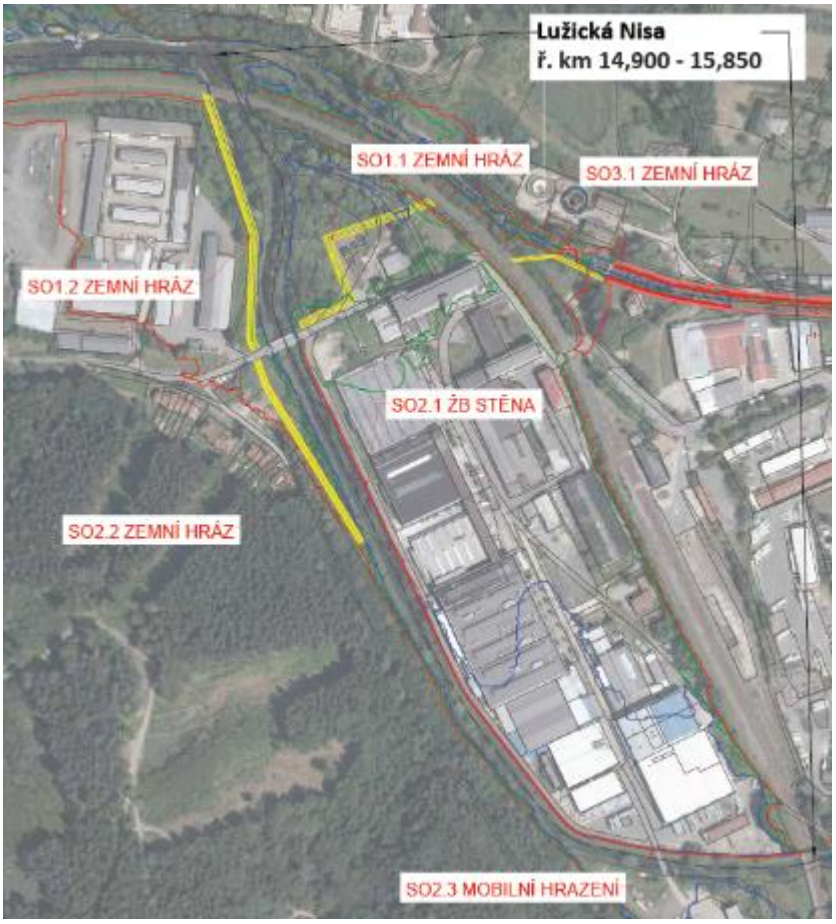
2.4.2 Chrastava - řešení PPO zástavby podél Lužické Nisy a Jeřice, studie proveditelnosti

Studie z prosince roku 2017 se zaměřuje na protipovodňovou ochranu města Chrastava. Ve variantě ochrany na Q20 a ochrany na Q100 jsou variantě navrženy ochranné hráze, nábřežní zdi a nábřežní stěny.

Řešená část toku Lužická Nisa protéká městem Chrastava. Jedná se o území od soutoku s řekou Jeřice až po železniční přejezd nad průmyslovým areálem. Lužická Nisa má v této části lichoběžníkový tvar koryta, na pravém břehu se nachází průmyslový areál a na levém břehu je zeleň bez stavebních objektů. Zájmová lokalita je ve spodní části (v blízkosti soutoku s Jeřicí) ohrožována povodňovými průtoky Q_{20} a Q_{100}. V místě mezí železničním a silničním mostem je, levý břeh ohrožen již povodní Q_{20}. Nachází se zde několik firemních budov. Na pravém břehu jsou ohroženy budovy čistírny odpadních vod.

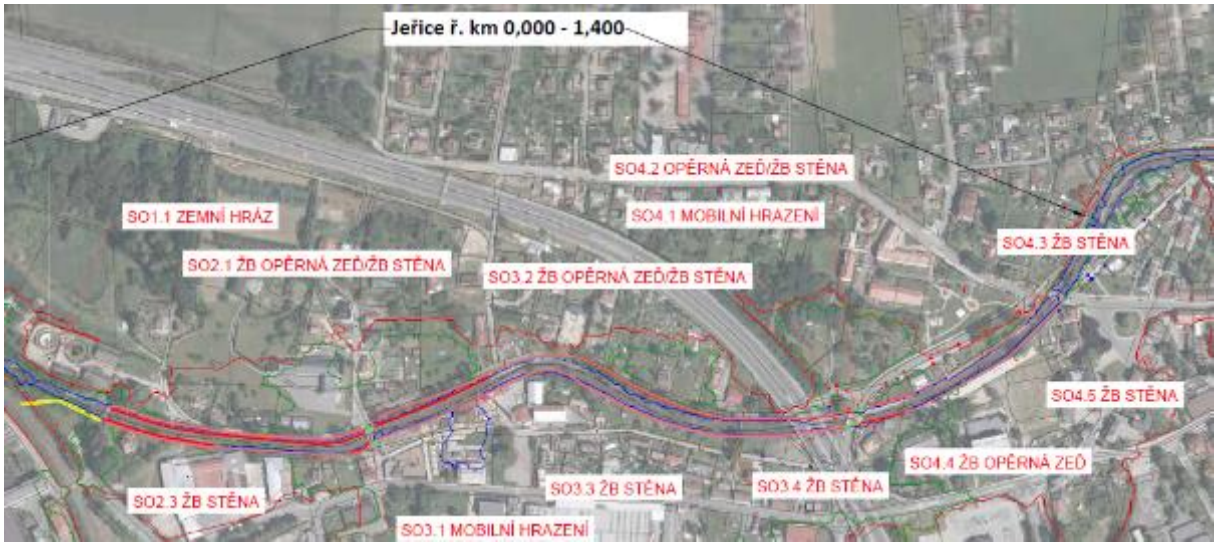
Řešená část toku Jeřice je dolní část toku Jeřice protékající v obci Chrastava. Jeřice zde ústí do vodního toku Lužická Nisa, sklon toku je v zájmové části mírný. Koryto má v obci tvar neupraveného lichoběžníku a je ohraničené zrekonstruovanými nábřežními zdmi, které byly zbudovány po povodni v roce 2010. Zájmová část je charakteristická velkým množstvím pevných lávek, zvedacích lávek a silničních mostů.

Navrhovaná protipovodňová řešení Lužické Nisy jsou zamýšlena tak, aby provedla bezpečně průtok Q_{100}. Dle povodňového scénáře je v současnosti ohrožen především průmyslový areál nacházející se na pravém břehu řeky. Před soutokem Lužické Nisy a Jeřice jsou na Q_{100} ohroženy oba břehy



Návrhy liniové PPO v intravilánu Chrastavy - Lužická Nisa, Q100

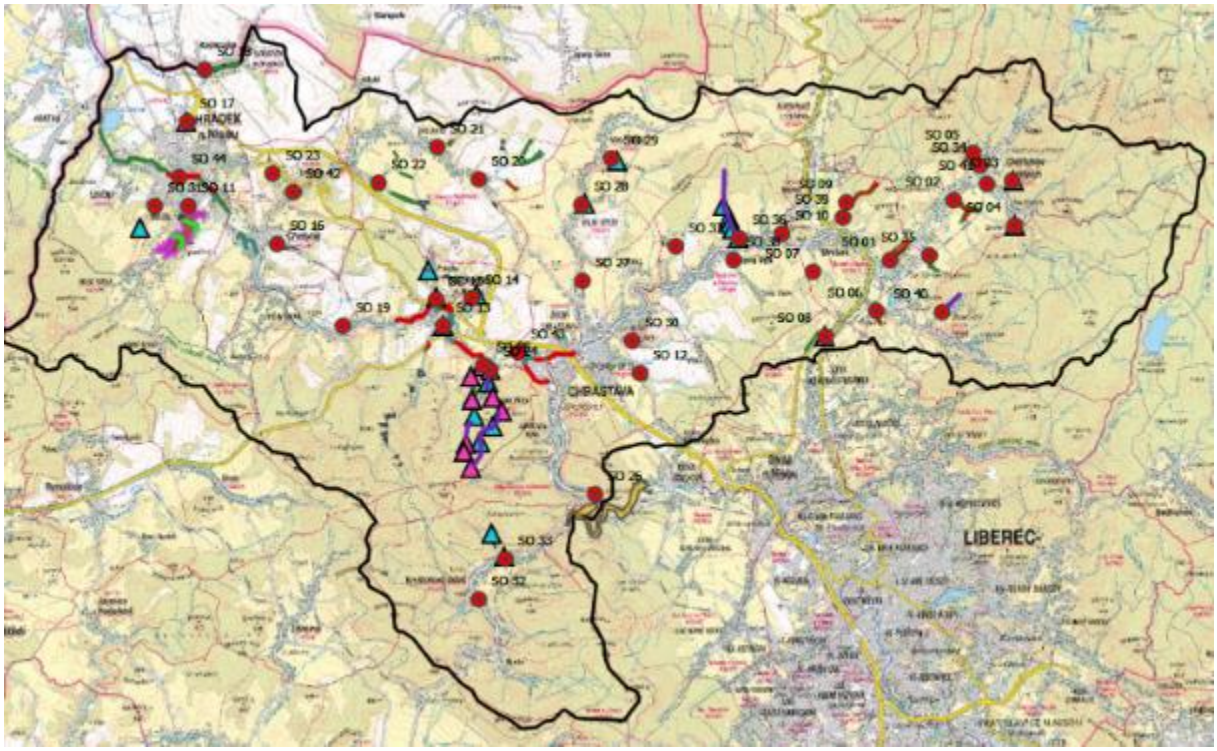
Navrhovaná protipovodňová řešení Jeřice jsou zamýšlena tak, aby provedla bezpečně průtok Q_{100}. Dle povodňového scénáře jsou v současnosti ohroženy oba břehy, na kterých se ve většině řešeného úseku nachází zástavba (rodinné domy). V řešeném úseku bude nutné kromě vybudování nových protipovodňových opatření také navýšení současné konstrukce nábřežních zdí. Návrhy PPO jsou řešeny do ř. km 1,398, nicméně vlivem výstavby PPO dojde k navýšení vodní hladiny, který se propaguje až do ř. km 1,553. Lze předpokládat, že návrhy dalších konstrukcí směrem proti proudu by tento vliv posunul výše proti toku a znamenalo by to liniově sevřít koryto Jeřice až do míst, kde se nenachází žádná zástavba. Krom ekonomického hlediska je toto řešení velice komplikované z pohledu majetkoprávního, technického i estetického.



Návrhy liniové PPO v intravilánu Chrastavy - Jeřice, Q100

2.4.3 Studie odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření pro povodí Lužické Nisy

Studie z května roku 2018 se zaměřuje zejména na opatření v ploše povodí (obrázek níže), ovšem pro ucelený pohled na problematiku protipovodňové ochrany se zabývá i návrhem liniových protipovodňových opatření v Hrádku nad Nisou, Chotyni, Chrastavě, Bílém Kostele nad Nisou a v lokalitě Chrastava (elektrárna) a návrhem suché nádrže v profilu Andělská hora, tak jako předchozí studie. Návrhy této studie byly výchozím podkladem pro návrh opatření. Ukázka jednoho z výstupů z projektu je uvedena na viz obrázek níže.



Ucelená protipovodňová opatření v ploše povodí Lužické Nisy

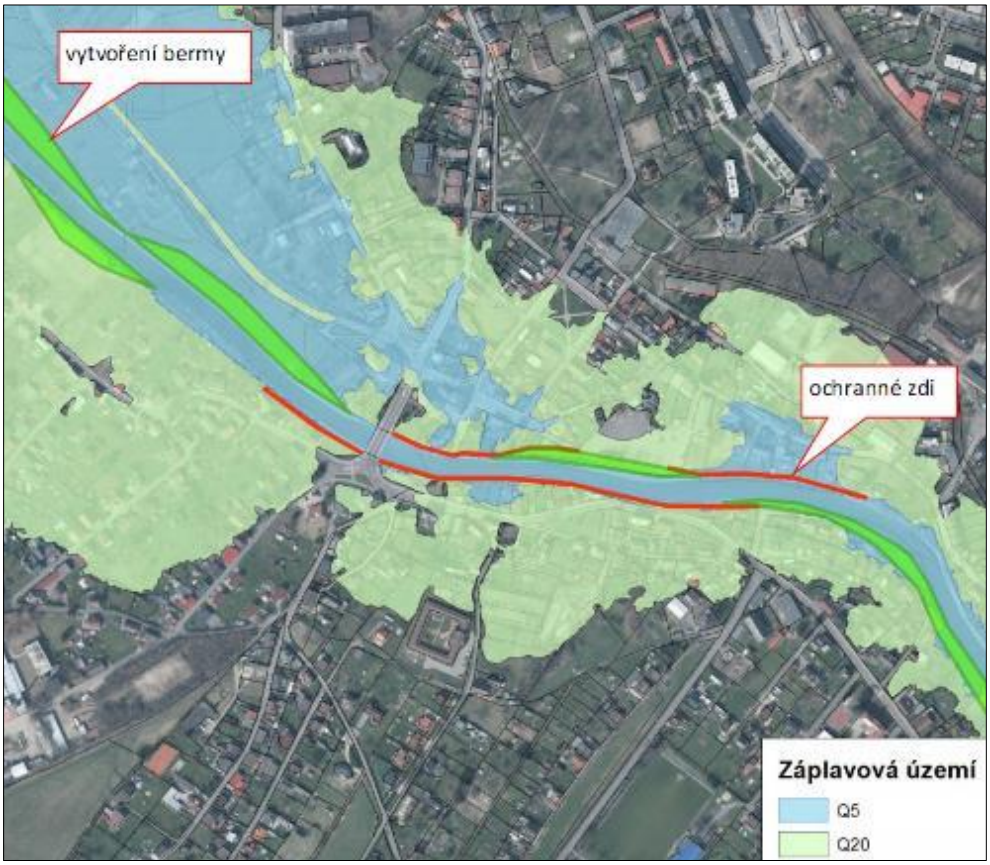
Z výsledků zpracované analytické části vyplývá, že se v řešeném nachází řada kritických bodů, ve kterých dochází k ohrožení obcí a měst a jejich infrastruktury. Kromě toho byly zjištěny lokality ohrožené povodněmi přímo z říční sítě. V případě lokalit ohrožených hlavními toky jsou častěji aplikována také opatření technického rázu, jako jsou zkapacitnění mostů, propustků nebo koryt v intravilánu. Přitom je kladen důraz na zachování případně obnovu přírodě blízkého morfologického stavu toku a nivy. Lokality ohrožené přívalovou povodní jsou řešeny s větším důrazem na zpomalení odtoku a zadržování vody v povodí.

V lokalitách, kde byl hydromorfologický stav toku vyhodnocen jako špatný, jsou navrhována opatření na zlepšení stavu. Cílem návrhů opatření tedy bylo zvýšení protipovodňové ochrany ohrožené zástavby, ale bez větších zásahů do řešeného území. Velký důraz je kladen na preventivní opatření. Některá navržená technická opatření mají kromě protipovodňového efektu také vliv na snížení dlouhodobého odnosu splavenin.

Byla navržena přírodně blízká protipovodňová opatření (PBPO) - www.vrv.cz/luzickanisa

PBPO v zastavěných oblastech, zkapacitnění koryta a urychlení odtoku, složený profil se stěhovavou kynetou – revitalizovaným korytem, možnost ohrázování zastavěných území.
V zastavěných územích a v jejich blízkosti je nezbytné v rámci protipovodňové ochrany zajistit bezpečné a rychlé odvedení povodňových průtoků. Jedním ze způsobů řešení protipovodňové ochrany přírodě blízkým způsobem v omezených prostorových možnostech intravilánu je vytvoření tzv. složeného profilu koryta se stěhovavou kynetou. Bermy pak zastávají funkci náhradní nivy. Prostor nad bermami zajišťuje dostatečnou kapacitu pro převedení povodňových průtoků, kyneta pro běžné průtoky umožňuje obnovu přirozené morfologie vodního toku, včetně zachování migrační prostupnosti a chodu splavenin. Kyneta je dimenzována na tzv. korytotvorný průtok a je vedena v trase iniciálního tvaru dle geomorfologické analýzy. Významným efektem v prostoru intravilánu obcí je posílení

estetických hodnot toku a možnosti využití rekreačního potenciálu vodních prvků. Při řešení náhradních niv je ve vhodných lokalitách účelné umístit tzv. povodňové parky. V lokalitách, které to umožňují, je žádoucí doplnit návrh výsadbou vegetace. Vzhledem k umístění opatření v zastavěném území mají výsadby dřevin spíše charakter parkové úpravy. Vegetace zde nesmí vytvářet překážku odtoku.



Návrhy liniové PPO v intravilánu Hrádku nad Nisou

PBPO v nezastavěném území, snížením kapacity koryta revitalizací a formou zvýšení kapacity rozlivů do údolní nivy, které se podílí na transformaci povodňových průtoků.
Opatření spočívá v obnově přirozené vazby koryta toku na údolní nivu, která se aktivně zapojí do procesu transformace povodňových průtoků. Opatření je žádoucí především na upravených tocích mimo zastavěná území, kde je možno využít prostor údolní nivy k rozlivu povodní. V řešeném úseku toku je snížena kapacita koryta na tzv. korytotvorný průtok a provedena rekonstrukce iniciálního tvaru trasy dle geomorfologické analýzy. Důležitá je členitost koryta v podélném i příčném profilu. V území podél toku je optimální vytvořit tzv. meandrový pás, kde bude docházet k samovolnému vývoji koryta. V závislosti na geomorfologickém typu mohou být v prostoru nivy vytvořena nivní ramena či odstavená ramena, která zvyšují pestrost biotopů a přispívají ke komplexnosti revitalizace území. Součástí revitalizace toku je rovněž obnova nivní vegetace, která posiluje ekologickou hodnotu území a zároveň působí příznivě na zpomalování povodňových průtoků a na stabilitu koryta i nivy. Obnova nivní vegetace by měla být realizována minimálně v prostoru vymezeného meandrového pásu. Jedná se o přírodě blízké protipovodňové opatření, které dosahuje většího protipovodňového účinku v kombinaci s dalšími typy protipovodňových opatření.

PBPO transformací povodňové vlny v suchých nádržích.
Suché nádrže patří z hlediska protipovodňové ochrany k opatřením s nejvýznamnějším efektem. Opatření je žádoucí především na tocích mimo zastavěná území, kde je možno využít prostor údolní nivy k rozlivu povodní. Účinnost suchých nádrží záleží především na poměru objemu retenčního prostoru vůči objemu povodňové vlny a na správném dimenzování výpustných zařízení. Umístění hráze suché nádrže je třeba optimalizovat dle morfologie terénu, způsobu využívání území a podle požadovaného transformačního efektu a zároveň tak, aby nedošlo k výraznému narušení krajinného rázu území. Proto se hráze suchých nádrží navrhují zpravidla jako zemní sypaná tělesa. Funkční objekty tvoří zpravidla spodní výpust (nebo výpusti) a bezpečnostní přeliv. Objekt spodní výpusti může být manipulovatelný, pokud to vyžaduje její funkce. Funkční objekty je doporučeno navrhovat dle technických

možností a nároků tak, aby působily v krajině co nejméně rušivě (využití přírodních materiálů, krytí konstrukcí zemními přísypy, přizpůsobení morfologii terénu apod.). Hráze a funkční objekty u přírodě blízkých protipovodňových opatření musí být konstruovány tak, aby nebyla přerušena kontinuita chodu splavenin a aby byla zachována migrační prostupnost objektů, v závislosti na vyskytujících se živočišných druzích.

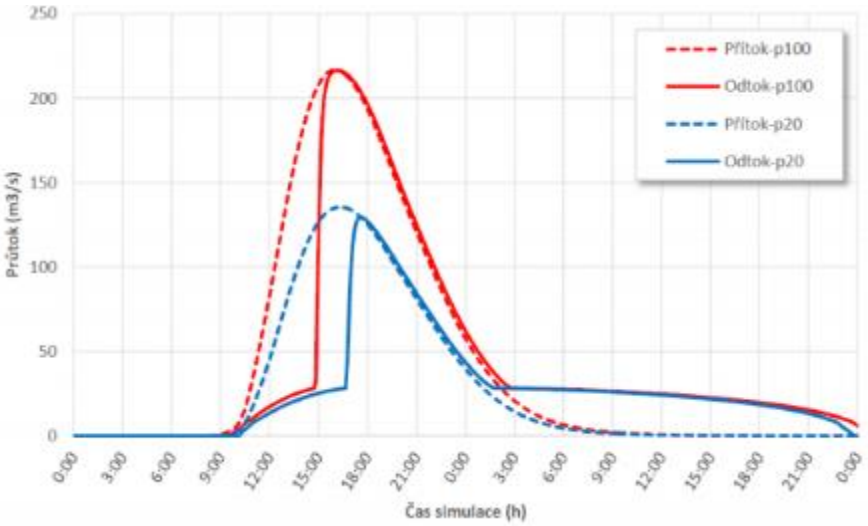
Byla posuzována suchá nádrž v profilu Andělská hora, která vychází ze studie „Zpracování studií odtokových poměrů na vybraných úsecích toků s významným povodňovým rizikem v dílčím povodí Lužické Nisy a ostatních přítoků Odry, 07/2015“. Profil evidovaný v LAPV pro vodárenskou nádrž s objemem 14,18 mil. m3 zasahuje zátopou do místní části Machnín města Liberec. V zátopě se vyskytuje přes 150 budov, několik průmyslových areálů, železnice, silnice a jiné. Z těchto důvodů byl navržen nový profil suché nádrže. V zátopě nového profilu zůstává průmyslový areál bývalé prádelny, který je dnes opuštěný.

Základní parametry navrhované suché nádrže

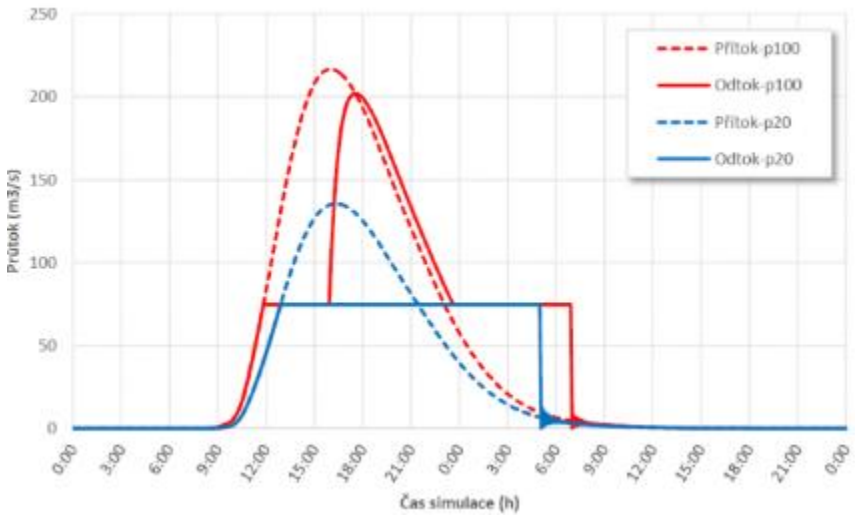
Parametr	Hodnota	Jednotka
Délka hráze	170	m
Maximální výška hráze	14	m
Kóta max. hladiny	315.50	m n. m.
Kóta dna nádrže	302.00	m n. m.
Max. objem nádrže	1.5	mil. m^3
Max. plocha zátopy	34.6	ha

Vyhodnocení suché nádrže bylo provedeno výpočtem transformace povodňových vln pro dva neškodné odtoky. Jedním neškodným odtokem byl průtok 28.3 m3/s, kterému odpovídá kapacita koryta, tj. nedojde k vybřežení ani v lokalitách, kde nedochází k povodňovému ohrožení. Druhým je průtok Q5 pod nádrží, který měl hodnotu 74.6 m3/s.

Výpočty transformace povodňových vln potvrdily fakt, že nový profil suché nádrže na místo stávajícího profilu Andělská Hora dokáže ztransformovat průtok Q20 na menší než Q5. Nicméně stále se jedná o průtok, při kterém dochází k rozlivu do okolní nivy toku. Ve studii, kde byla suchá nádrž navržena, se dále o tomto profilu neuvažovalo jako o protipovodňovém opatření pro řešenou lokalitu i vhledem ke skutečnosti, že dochází ke střetu s AOPK. Tento profil však zůstává jako poslední vhodný profil v povodí Lužické Nisy (s objemem cca 1,5 mil. m^3).



Transformace povodňových vln na neškodný odtok, kterého nebylo dosaženo při Q20 ani Q100



Transformace povodňových vln na průtok Q5, kterého bylo dosaženo při Q20, ale nedosaženo při Q100

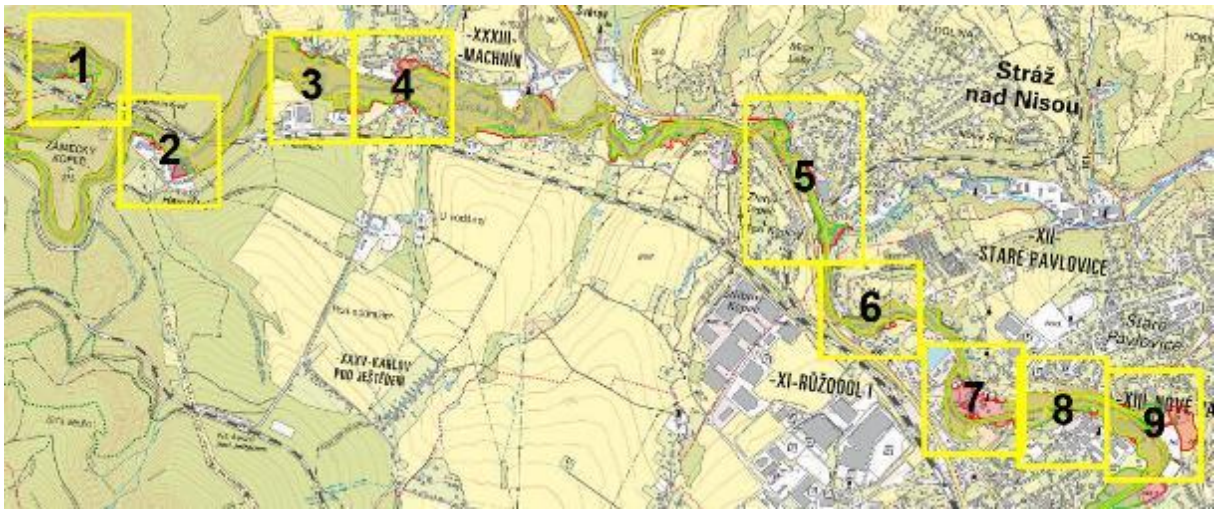
2.4.4 Koncepce protipovodňové ochrany Města Liberec, studie

Studie z listopadu roku 2019 se zaměřuje na vypracování koncepce protipovodňové ochrany města Liberce. Koncepce bude zaměřena na dopracování variantního řešení protipovodňové ochrany města a navrhované prvky budou technického charakteru, přírodě blízkého a jejich kombinace. Přírodě blízká protipovodňová opatření budou sloužit nejen k ochraně proti povodním, ale zároveň jako estetický prvek veřejného prostoru a bude vytvářet opatření ke snížení vlivu městských tepelných ostrovů vlivem vytvoření vodních prvků. Rozsah zpracování protipovodňové ochrany na Lužické Nise bude proveden na celém území města Liberec, tedy od ř. km 19,000 (Machnín) až po ř. km 41,5 (Proseč nad Nisou).

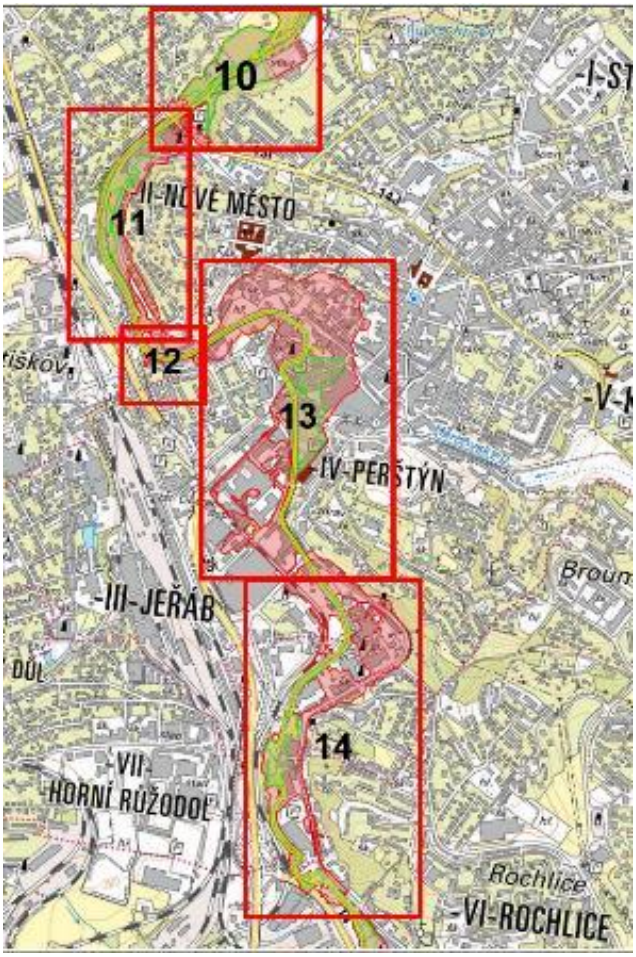
Ve studii jsou navrženy jako statická PPO železobetonové zdi, zemní hráze a jako mobilních hrazení gumové vaky napouštěné vodou, které mají vzhledem častěji používaným hliníkovým profilů mnoho výhod.
Železobetonové zdi jsou problematické z hlediska architektonického rázu, především v centru města. Jsou dražší než zemní hráze. Nevýhodou zemních hráze je velký zábor pozemku na jejich vybudování (cca 4-5 m šířky na 1 m výšky).

Rozsah matematického modelu

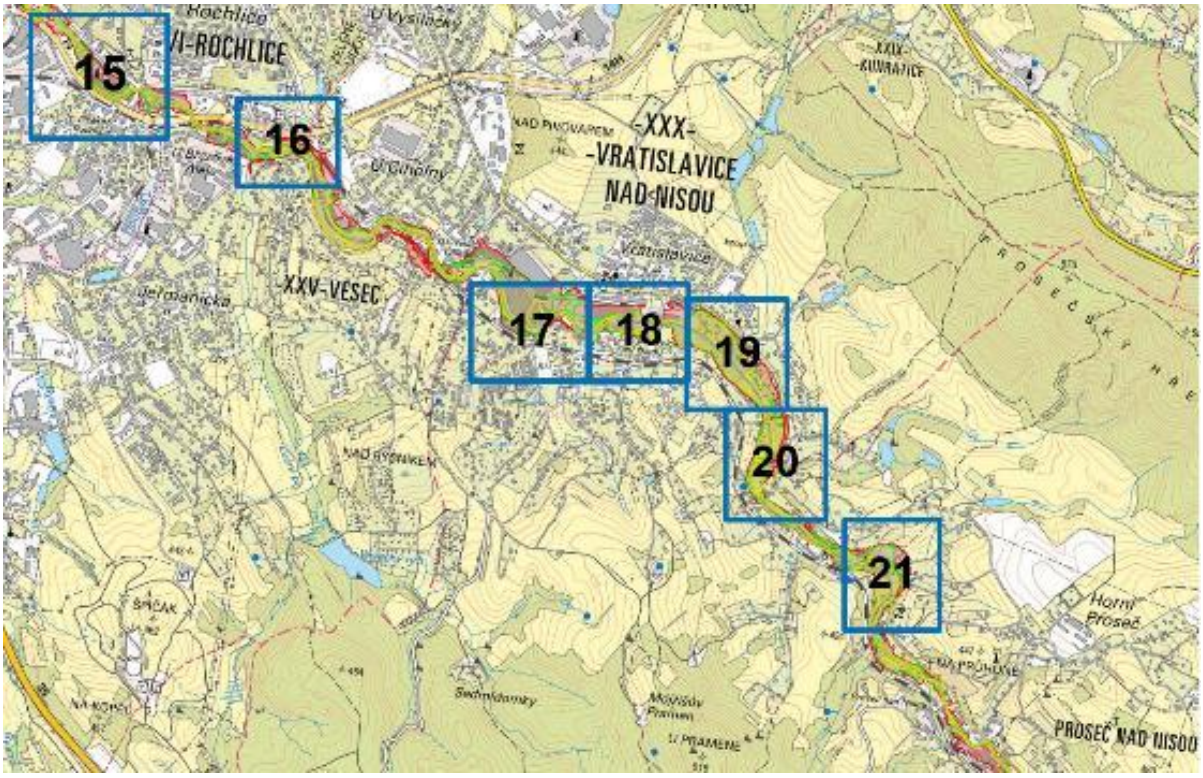
Tok Lužické Nisy je celé délce na území Liberce rozdělen na 22 úseků. Každý jednotlivý úsek lze řešit zvlášť. Což může býti výhodné z majetkoprávních důvodů a také s ohledem na efektivitu jednotlivých částí. Jednotlivé úseky byly vybrány, tak aby se navzájem neovlivňovali, tedy pokud by se postavil jeden úsek, tak aby se nezhoršili odtokové podmínky v jiné části města a mohlo se PPO v jednotlivých úsecích realizovat na sobě časově nezávisle.



PPO pod Libercem



PPO v Liberci



PPO nad Libercem

2.5 Hydrodynamický model

Pro výpočet byl použit matematický program vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center- HEC), který spadá pod tým inženýrů institutu vodních zdrojů (Institute for Water Resources - IWR) americké armády. Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém - RAS). První verze HEC- RAS 1.0 byla uvedena v červenci roku 1995. Nejnovější verze je v současnosti HEC- RAS 5.0.7.

Předpoklady výpočtu

- Průtok vody v řece je nerovnoměrný ustálený.
- Proudění je pozvolna měnící se. Nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu.
- K náhlé změně průřezu může dojít pouze v objektech, jako jsou jezy, mosty nebo propustky
- Sklon řeky je menší než i = 0,1.
- Proudění je jednorozměrné, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

2.5.1 Rozsah modelu

Hydrodynamický model byl sestaven na podkladu geodetických podkladů ze zaměření koryta a digitálního modelu terénu DMR 5G. Hydrodynamický model byl proveden na 1D výpočetní síti, v Hrádku nad Nisou byl z důvodu složitých poměrů a plochému území zvolen model 2D.
Model zahrnuje území podél Lužické Nisy od státní hranice po železniční most u Hamrštejnu v km 19,8 a území podél Jeřice od soutoku s Lužickou Nisou po soutok s Vítkovským potokem. Stávající záplavové území pro Lužickou Nisu bylo převzato z nedávno zpracovaných Map rizik. Stávající záplavové území pro Jeřici bylo stanoveno na základě modelu zpracovaném pro dříve zpracovávaná PPO v Chrastavě.

2.5.2 Okrajové podmínky

Dolní okrajová podmínka definuje charakteristiky proudění v dolní části sestaveného modelu. Pro potřebu modelu byl zvolen předpoklad ustáleného rovnoměrného proudění i = 0.002. Horní okrajové podmínky definují velikosti průtoků na horním okraji 1D modelu, v jednotlivých částech toků.

2.5.3 Manningův součinitel drsnosti n

Důležitým ztrátovým součinitelem, který je zahrnut v rovnicích počítajících průtok vody, je Manningův drsnostní součinitel n. Závisí především na druhu koryta, zda je přirozené či uměle vytvořené a na velikosti a tvaru koryta v podélném i příčném směru.
Vliv na hodnotu má geologie území, předpokládaná hloubka vody v poměru s velikostí frakce dnových sedimentů, technický stav koryta (je-li zanesené jemnými splaveninami, existence popadaných kmenů apod.). V inundaci je rozhodující druh vegetace a roční období, do kterého datujeme výpočet, tj. jedná-li se o intravilán města nebo o zemědělsky obhospodařované území, lesy nebo pastviny apod. Nejpřesnější odhad Manningova n je ze zpětného výpočtu, kdy známe průtok i výšku hladiny v řece. Postupnou změnou n se na konec přiblížíme s vypočítanými hodnotami ke skutečně naměřené hodnotě.
Do modelu byl zadán součinitel návrhový drsnosti pro koryto v hodnotě 0,055 až 0,060 a v území za břehovou hranou vyšší hodnotou 0,240.

3 Rozsah ohrožení

Rozsah ohrožení pro průtokové scénáře Q_5, Q_{20} a Q_{100} byl stanoven na základě dopočítané úrovně hladiny v korytě a zaplaveného území. Záplavová čára představuje průnik těchto hladin s digitálním modelem terénem. Výsledné záplavové čáry byly upraveny tak, že z nich byly odstraněny „drobné“ ostrůvky, které představují nerovnosti terénu uvnitř záplavového území. Rozsah zaplavení je následně okomentován v následujících kapitolách, kdy je území rozděleno na jednotlivé úseky.

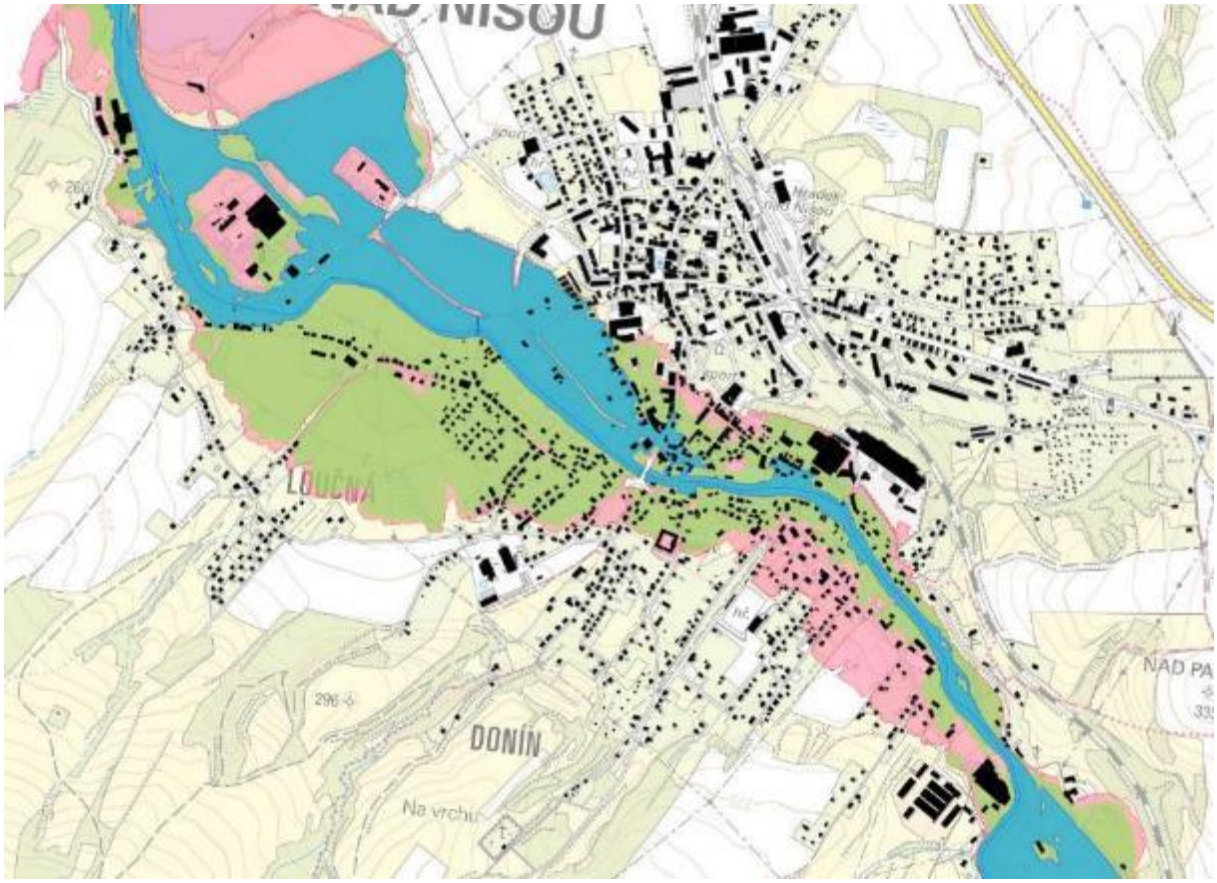
3.1 Povodňové ohrožení z Lužické Nisy

Obecným problémem řešené oblasti jsou velké kulminační průtoky (Q_{100} = 353 $m^3.s^{-1}$ Hrádek n. Nisou), dále rychlý průběh povodně, kdy lze z teoretických povodňových vln (TPV) pro úsek koryta Lužické Nisy nad Jeřicí stanovit délku povodňových vln na cca 70 hodin a **nástup kulminačního průtoku na cca 10 hodin**. V případě stoleté povodně je průtok Q20 dosažen za pouhých 5 hodin. Tak rychlý nástup povodně téměř neumožňuje v blízké Chrastavě a dalších obcích níže po toku Lužické Nisy dostatečnou přípravu na povodeň, např. instalaci mobilních protipovodňových stěn ve větším rozsahu atd. Rovněž objem povodně je značný, a tak je jeho akumulace v rozlivech pouze omezená.

Na následujícím obrázku je znázorněn rozliv vody pro všechny tři výpočetní scénáře Q_5, Q_{20} a Q_{100}. Z rozlivu je patrné, že území je významně ohrožováno již při průtoku Q_5 a Q_{20}.

3.1.1 Hrádek nad Nisou

V Hrádku nad Nisou dochází k zaplavení již od průtoku Q5. K zásadnějším škodám a zaplavení velkého množství objektů dochází zejména až při Q20. K výraznějšímu navýšení záplavového území při Q100 dochází převážně na levém břehu ve východní části Hrádku. Vhodný prostor k rozlivům je zejména v západní části, ovšem zde se nachází zástavba a při ohrázování levého břehu dojde ke značnému snížení prostoru pro rozliv. Bude tedy navrženo zkapacitnění koryta a doplňkově ohrázování, v intravilánu ochrana pomocí zdí.

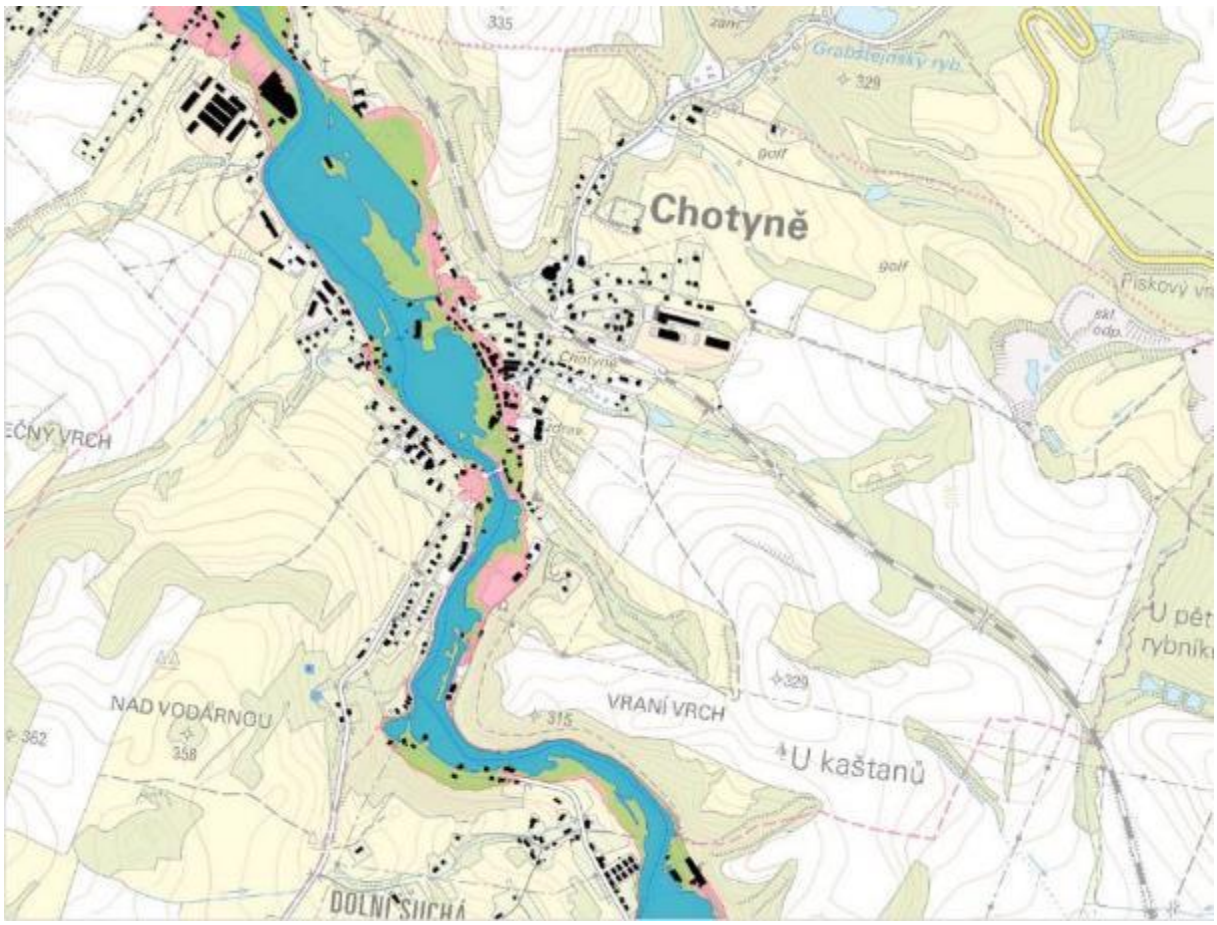


Stávající záplavové území v Hrádku nad Nisou - modře Q5, zeleně Q20, červeně Q100

3.1.2 Chotyně

V Chotyni dochází až na ojedinělé případy k zaplavení až od průtoku Q20. K zásadnějším škodám a zaplavení většího množství objektů dochází zejména až při Q100 a to na pravém břehu. Vhodný prostor k rozlivům je na pravém břehu v jižní části s loukami, ve střední části, kde se ale nachází sportovní areál a zejména na sever od obce, kde byla v dřívějších studiích navržena boční nádrž. Ta ale svou kapacitou v plochém území téměř nemohla ovlivnit velikost povodňových průtoků. Střední část obce bude ohrázována, případně ochráněna zdmi.

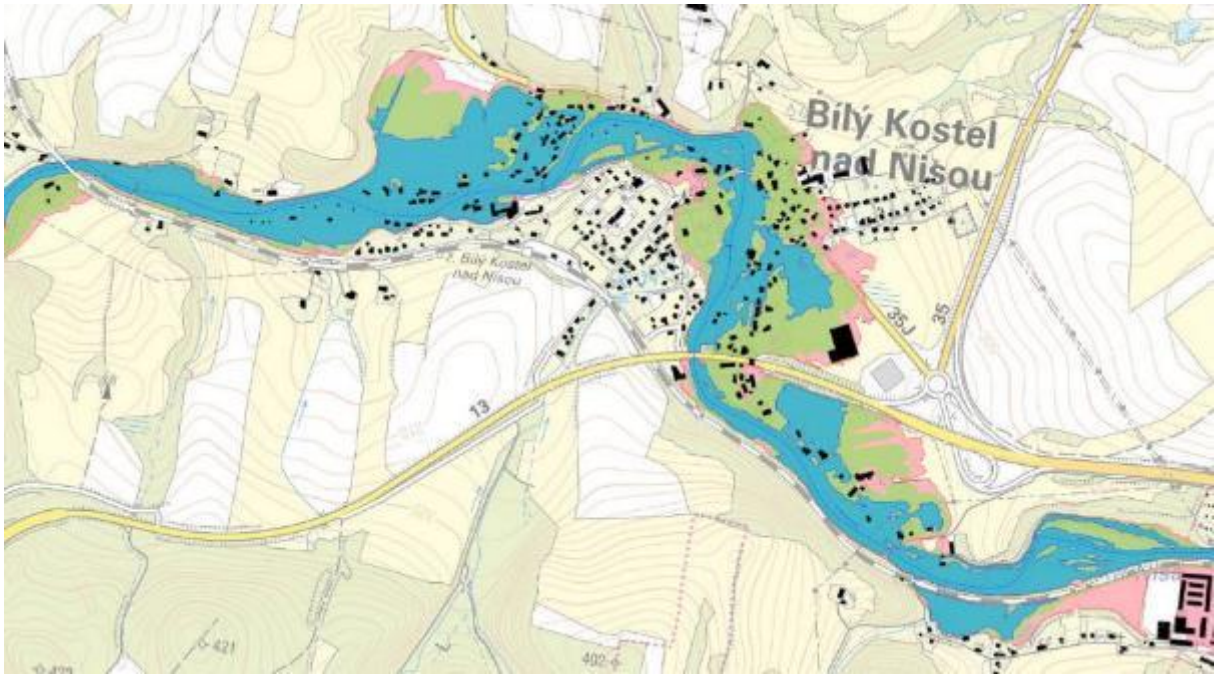
Jižně od Chotyně se nachází část Dolní Suchá, která spadá pod Hrádek nad Nisou. Zde dochází k zaplavení území za jezem a to na levém břehu. K zaplavení prvních domů dochází při průtoku Q5, ale k většímu zaplavení dochází až od průtoku Q20.



Stávající záplavové území v Chotyni - modře Q5, zeleně Q20, červeně Q100

3.1.3 Bílý Kostel nad Nisou

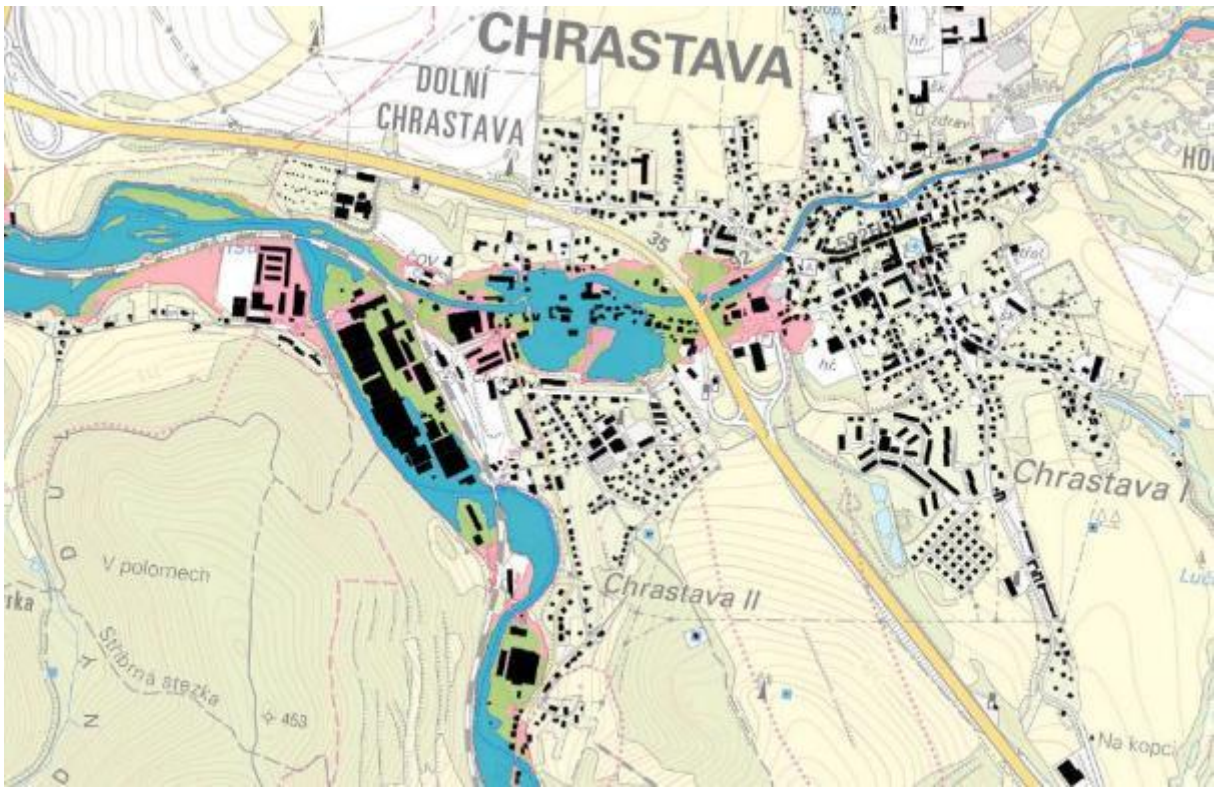
V Bílém Kostele nad Nisou dochází k zaplavení objektů již při Q5 a to zejména na pravém břehu. Při průtoku Q20 dojde k dalšímu navýšení objektů, opět zejména na pravém břehu. Při Q100 dojde již k mírnému nárůstu zaplavených objektů. Vhodný prostor k rozlivům je v jižní a východní části obce na pravém břehu, ovšem tento prostor se nachází až za zástavbou. Ve střední části obce je možný rozliv na levém břehu v rekreační oblasti. Přes navržené rozšíření koryta by podstatná část obce musela být ohrázována, případně by musely být zřízeny zdi v místech, kde se zástavba nachází velmi blízko toku.



Stávající záplavové území v Bílém Kostele nad Nisou - modře Q5, zeleně Q20, červeně Q100

3.1.4 Chrastava

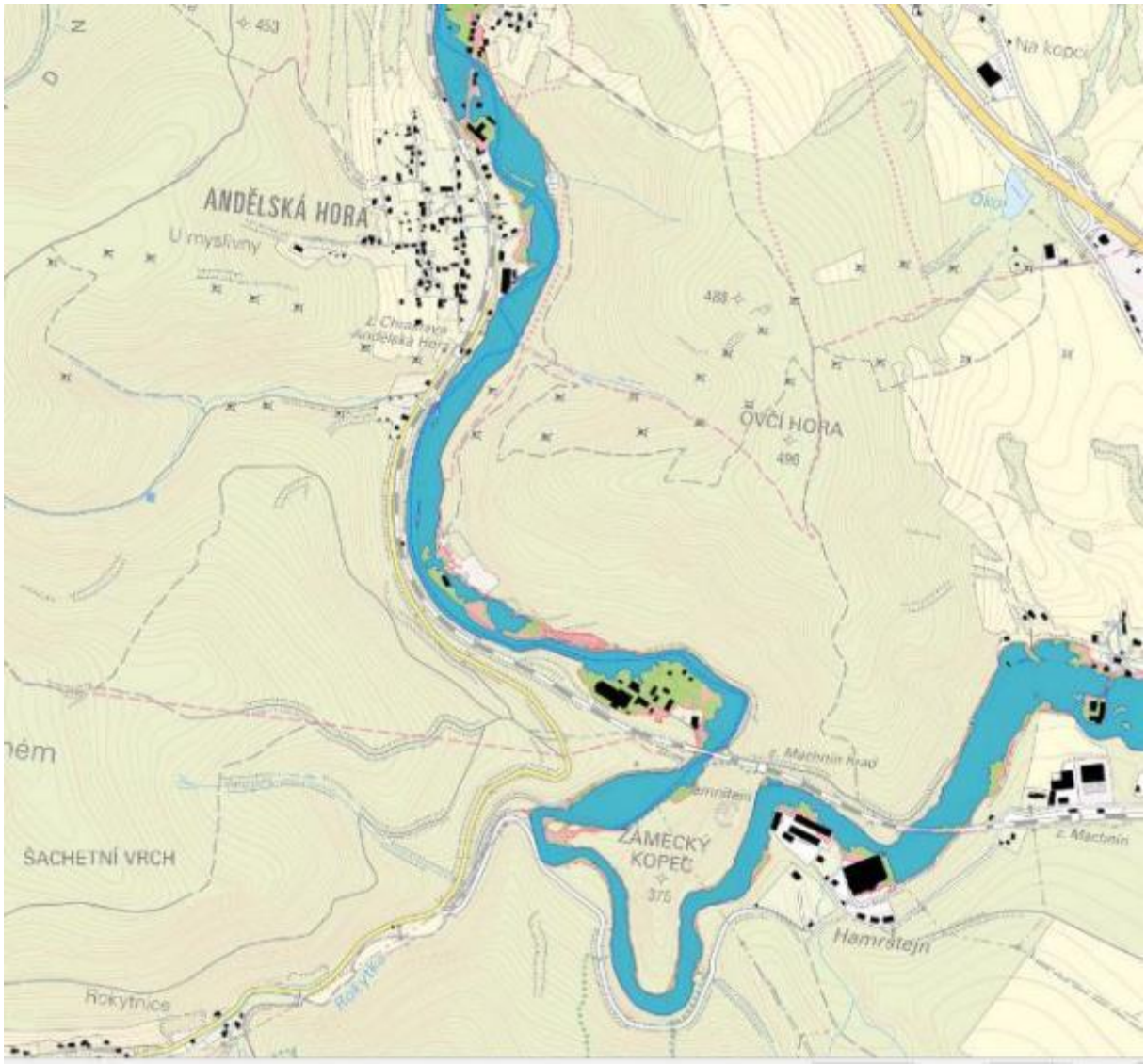
Část Chrastavy je ovlivněna Lužickou Nisou, část ovlivněnou Jeřicí. K zaplavení objektů dochází již při Q5. Na Lužické Nise jsou to průmyslové objekty na pravém břehu, na Jeřici spíše domy na levém břehu. K dalšímu zaplavení dochází při průtoku Q20 a dále i při průtoku Q100. Prostor k rozlivům se nachází pouze poblíž soutoku. Rozšíření koryta je možné spíše na Lužické Nise. Vzhledem k blízkosti zástavby u toku bude v případě návrhu použito zejména ochranných zdí.



Stávající záplavové území v Chrastavě - modře Q5, zeleně Q20, červeně Q100

V Andělské Hoře, která patří k Chrastavě dochází k zaplavení objektů zejména až při Q20 a to na obou březích poblíž silničního mostu. Při Q100 dojde k mírnému nárůstu zaplavených objektů. Vhodný prostor k rozlivům je v jižní části na pravém břehu a v severní části na levém břehu, ovšem tento prostor není příliš velký. V blízkosti silničního mostu bude potřeba ochrana pomocí zdí.

V části Chrastavy u elektrárny dochází k zaplavení objektů zejména při Q20 a to pouze na levém břehu. Jedná se o prostor vhodný k rozlivům. Ochranou se zabývalo několik dřívějších studií a většinou se jedná o liniovou ochranu pomocí hrází a doplňkově zdí.



Stávající záplavové území v Chrastavě - Andělské Hoře a oblasti elektrárny - modře Q5, zeleně Q20, červeně Q100

3.2 Neškodný průtok

Rozsah stávajících záplavových území byl srovnán s umístěním objektů podél toku. Na základě této analýzy byl stanoven neškodný průtok v jednotlivých úsecích vodních toků. Mapa neškodných průtoků je přílohou č.9.
Lze konstatovat, že ve většině zastavěného území se míra ochrany před povodněmi pohybuje minimálně na jednom z břehů koryta od $<Q_5$ po Q_5.
V Hrádku nad Nisou je míra ochrany většinou na Q_5, zbývající úseky jsou chráněny na $<Q_5$.
V Chotyni je je míra ochrany většinou na Q_5, zbývající úseky jsou chráněny na $<Q_5$.
V Bílém Kostele nad Nisou je míra ochrany většinou na $<Q_5$, zbývající úseky jsou chráněny na Q_5.
V Chrastavě je míra ochrany většinou na $<Q_5$ až Q_5, zbývající úseky jsou chráněny na Q_{20}, místy až Q_{100}.

3.3 Průtočná kapacita silničních a železničních mostů a lávek

Pro každý most v řešeném úseku byla zjištěna stávající průtočná kapacita. Nekapacitní most nad sebou vzdouvá vodu, což může vést k rozlivu, zatápění majetku a také k jeho poškození, což může vést až k odříznutí přístupu do obce nebo města. V tabulce uvedené níže znamená:

- POD - hladina při daném povodňovém průtoku nedosahuje nejvyššího místa spodku mostovky,
- PO - hladina při daném pov. průtoku je nad nejvyšším místem spodku a pod nejnižším místem vrchu mostovky,
- NAD - hladina při daném povodňovém průtoku dosahuje nad nejnižší místo vrchu mostovky.

Průtočná kapacita mostů a lávek

Tok	Typ	Obec	Staničení	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Lužická Nisa	Silniční	Hrádek	1936.8	POD	PO	NAD
Lužická Nisa	Silniční	Hrádek	2370.2	PO	PO	PO
Lužická Nisa	Lávka	Hrádek	3120.0	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Hrádek	3731.0	POD	POD	PO
Lužická Nisa	Silniční	Hrádek	4579.1	POD	PO	NAD
Lužická Nisa	Lávka	Chotyně	6032.2	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Chotyně	6512.1	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Lávka	Chotyně	6785.3	POD	POD	NAD
Lužická Nisa	Lávka	Bílý Kostel	9092.5	POD	POD	PO
Lužická Nisa	Lávka	Bílý Kostel	9950.5	POD	PO	NAD
Lužická Nisa	Železniční	Bílý Kostel	10401.0	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Bílý Kostel	10612.9	POD	PO	NAD
Lužická Nisa	Lávka	Bílý Kostel	11785.6	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Bílý Kostel	12536.7	POD	PO	PO
Lužická Nisa	Lávka	Bílý Kostel	12744.9	PO	NAD	NAD
Lužická Nisa	Silniční	Bílý Kostel	13074.0	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Bílý Kostel	13872.9	POD	POD	PO
Lužická Nisa	Železniční	Chrastava	14928.3	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Chrastava	15153.3	POD	POD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Chrastava	15729.1	NAD	NAD	NAD
Lužická Nisa	Železniční	Chrastava	15858.7	POD	POD	PO
Lužická Nisa	Lávka	Chrastava	15875.9	POD	PO	NAD
Lužická Nisa	Silniční	Chrastava	16765.8	POD	NAD	POD
Lužická Nisa	Silniční	Chrastava	18016.8	POD	PO	POD
Lužická Nisa	Silniční	Chrastava	19259.7	PO	NAD	NAD
Lužická Nisa	Železniční	Chrastava	19724.3	POD	POD	POD
Jeřice	Lávka	Chrastava	377.3	POD	POD	POD
Jeřice	Silniční	Chrastava	643.4	NAD	NAD	NAD
Jeřice	Lávka	Chrastava	1016.0	POD	POD	POD
Jeřice	Silniční	Chrastava	1147.7	NAD	NAD	NAD
Jeřice	Silniční	Chrastava	1378.3	POD	POD	PO

Pozn.: Staničení objektů dle TPE je uvedeno v Příloze 8 - Psané podélné profily

4 Návrh protipovodňové ochrany

V předchozí kapitole byla popsána problematika povodní na Lužické Nise. V intravilánech obcí a měst bývá zástavba umístěna poblíž koryta toku, což omezuje možnost zvýšení kapacity koryta jeho rozšířením. Liniové prvky pak bývají poměrně rozměrné a omezují přístup k vodnímu toku. Území kolem koryta Lužické Nisy v řešených obcích je nepříznivé pro transformaci povodně v inundaci. Široká plochá území by byla vhodná k rozlivům, ale nachází se v intravilánech. V případě liniové ochrany v intravilánech pak dochází k vyloučení dalšího prostoru, kde dochází k rozlivům. Naopak v extravilánech, které by bylo vhodné k rozlivům využít, se nacházejí uzavřená údolí.

4.1 Variantní řešení

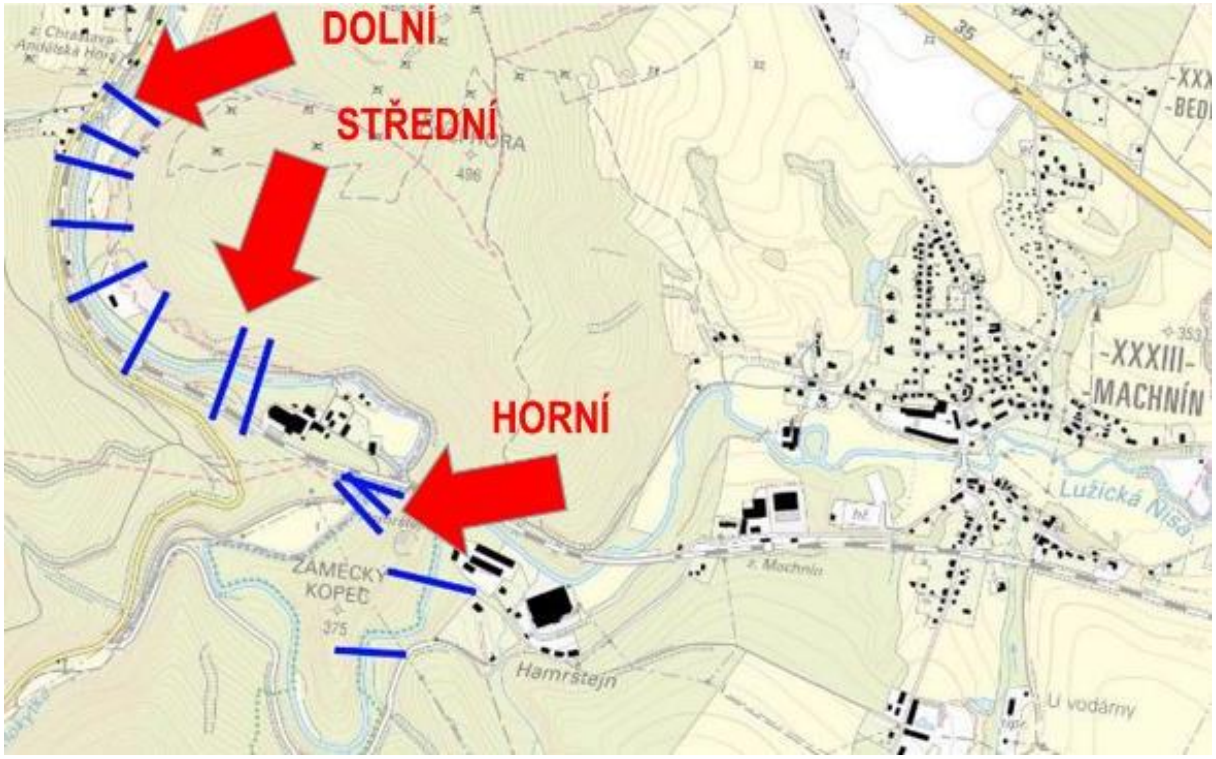
Pro dané území jsou navrženy 3 varianty protipovodňových opatření:

1. **RETENČNÍ NÁDRŽ V PROFILU ANDĚLSKÁ HORA**
2. **LINIOVÁ OPATŘENÍ A ZKAPACITNĚNÍ KORYTA**
3. **LINIOVÁ OPATŘENÍ, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA A RETENČNÍ NÁDRŽ V PROFILU ANDĚLSKÁ HORA**

Bližší informace o jednotlivých opatřeních jsou uvedeny v následujících kapitolách.

4.2 Retenční nádrž v profilu Andělská Hora

V profilu Andělská Hora byl v rámci chráněných lokalit akumulace povrchových vod (LAPV) již dříve uvažována vodní nádrž. Přestože byl tento profil při aktualizaci LAPV vyřazen a dřívější studie ukázaly, že návrh menší nádrže je v tomto profilu není pro účely transformace povodňových vln přínosný, byly rozpracovány varianty nádrže mezi Chrastavou a Machnínem. V rámci této studie byl stanoven objem hrází a objem akumulace vody ve 13 testovaných profilech, viz obrázek níže. Dříve byla uvažována i boční polozahloubená nádrž v Chotyni pod soutokem Lužické Nisy s Václavickým potokem, která měla mít hloubku do 1,2 m a objem 70 tis. m^3. Nádrž by ale měla malý objem a nevýznamný dopad na kulminační průtoky v Hrádku nad Nisou. Další profily vhodné k rozlivům nebo stavbě nádrže mezi Libercem a státní hranicí nejsou. Specifikem území je, že tam, kde by byly rozlivy možné, jsou obce a města a mimo obce jsou buď úzká údolí nebo plochá území výše nad vodním tokem, takže je není možné k takovým účelům využít. Byly testovány i varianty kombinace dvou nebo tří nádrží, z nich ale žádná kombinace neumožňuje potřebnou výši transformace.



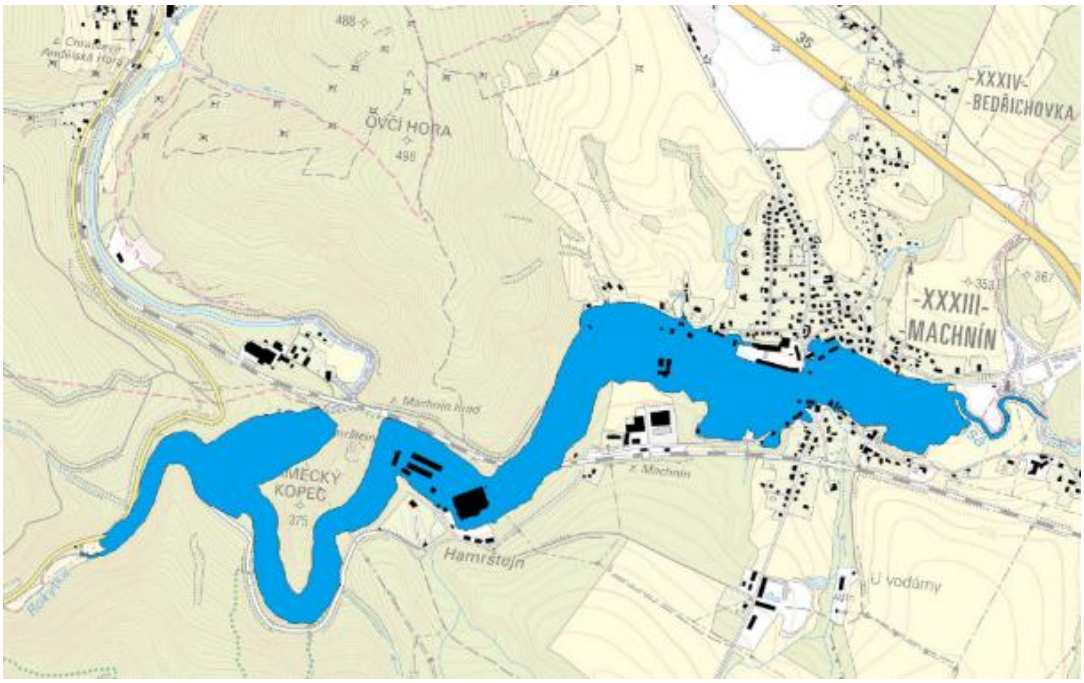
Pro ověření transformačního účinku byly z těchto 13 profilů vybrány 3 nejvýhodnější profily (červeně) podle:
- objemu zátopy (V-zátopa) - dolní nádrž
- poměru objemu zátopy (V-zátopa) k objemu hráze (V-hráz) – střední nádrž
- nejmenšího počtu střetů (pouze PR Hamrštejn) – **horní nádrž (vybraná varianta)**

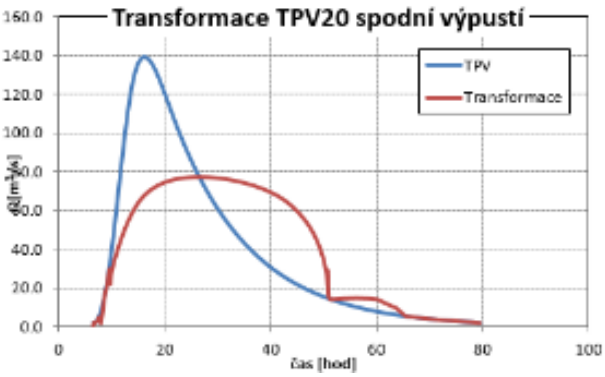
Varianta 9 má sice velmi výhodný poměr mezi objemem zátopy a hráze, ale nachází se již velmi blízko železničnímu mostu. Varianta 12 má sice nejvýhodnější poměr mezi objemem zátopy a hráze, ale objem zátopy není dostatečný.

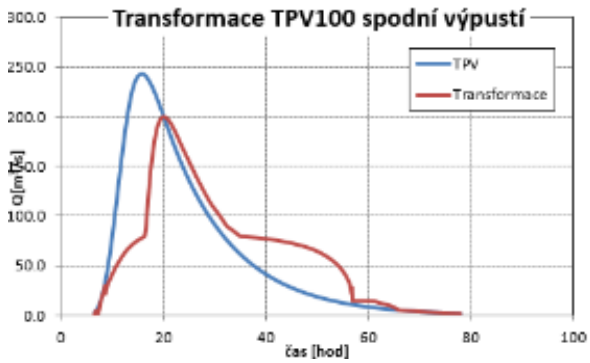
	Hmax – neškodná (nezatopení železnice)				**Hmax = 320 m n.m.**		
Číslo profilu	**Hmax (m n.m.)**	**V-hráz**	**V-zátopa**	**Efektivita**	**V-hráz**	**V-zátopa**	**Efektivita**
1 - dolní	306	33 809	1 116 373	33,0	203 179	8 074 058	39,7
2	307	34 092	1 250 150	36,7	172 030	7 520 758	43,7
3	308	39 413	1 416 661	35,9	179 474	7 271 026	40,5
4	310	56 323	1 765 895	31,4	188 853	6 772 831	35,9
5	312	78 904	2 127 555	27,0	198 689	6 276 307	31,6
6	315	95 936	2 844 786	29,7	167 603	5 737 773	34,2
7-střední	316	58 164	2 819 055	48,5	96 665	5 108 036	52,8
8	316	96 037	2 716 547	28,3	155 216	4 950 346	31,9
9	320	55 193	3 197 839	57,9	55 193	3 197 839	57,9
10-horní	**320**	**60 083**	**3 166 088**	**52,7**	**60 083**	**3 166 088**	**52,7**
11	320	78 439	3 104 302	39,6	78 439	3 104 302	39,6
12	320	16 950	1 426 876	84,2	16 950	1 426 876	84,2
13	320	24 858	1 234 645	49,7	24 858	1 234 645	49,7

4.2.1 Transformace povodňových vln

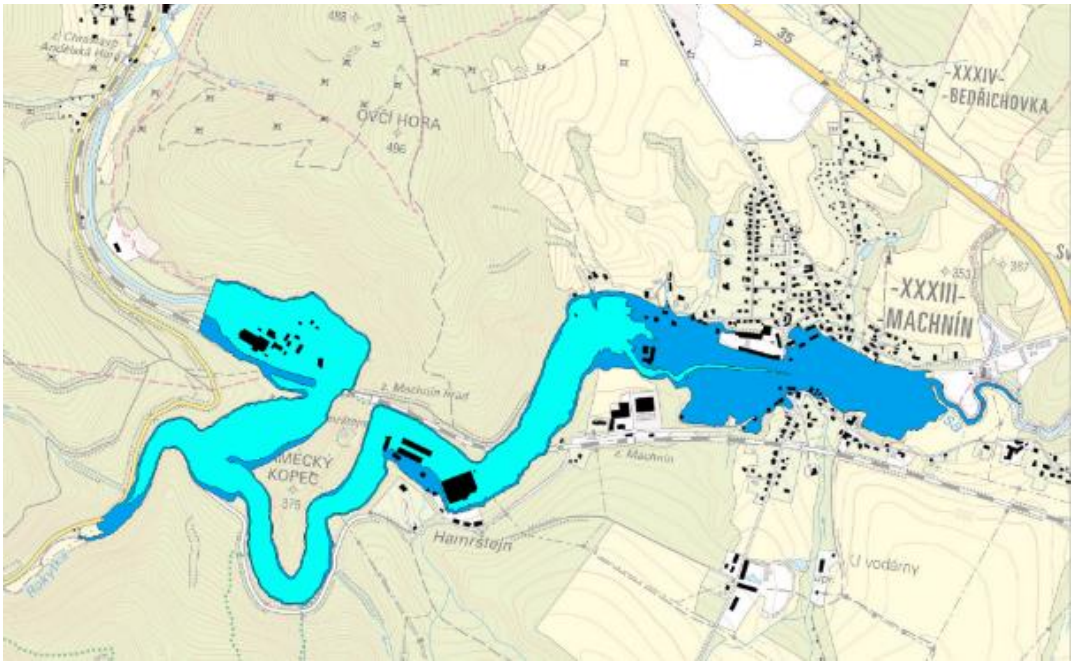
Na obrázku níže je znázorněna horní nádrž na maximální kótě 320 m n.m. a objemu 3,8 mil. m^3, kdy ještě v Machníně nezpůsobí velké zatopení objektů a kdy má ještě potenciál k transformaci povodňových vln, zejména TPV Q20 a to z cca 140 m^3/s na 80 m^3/s. U TPV Q100 dochází k transformaci z cca 250 m^3/s na 200 m^3/s, což má na obce níže po toku zanedbatelný vliv.

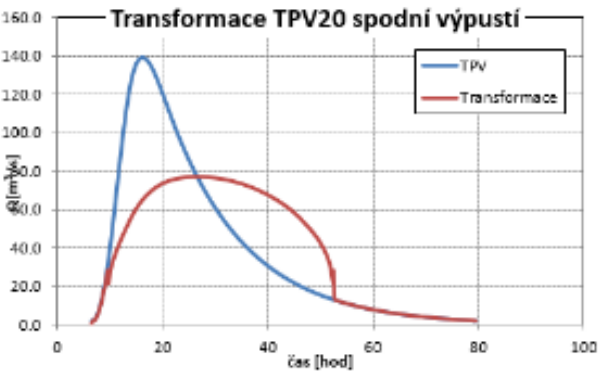


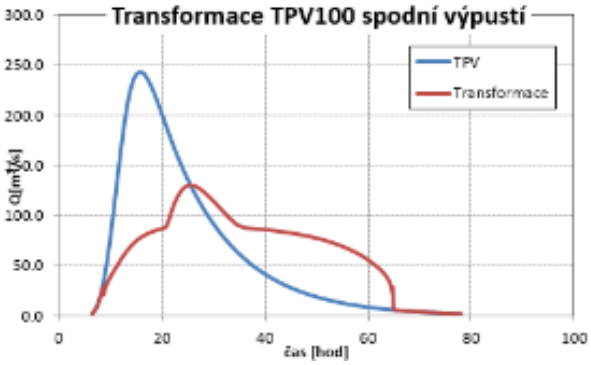




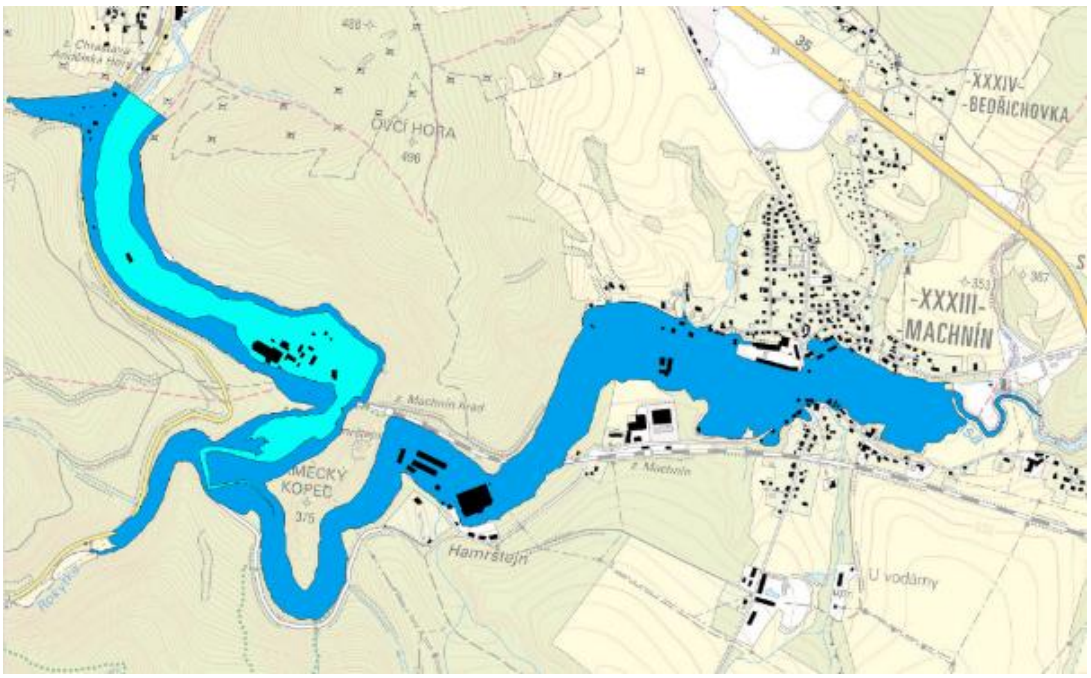
Na obrázku níže je znázorněna <u>střední nádrž</u> na maximální kótě 320 m n.m. (tmavší modrá barva) a objemu 5,9 mil. m^3, která byla podrobena transformaci. Pro ilustraci je uvedena varianta na kótě 316 m n.m. (světlejší modrá barva) a objemu 2,8 mil. m^3, kdy ještě nedojde k zatopení přilehlé železniční trati. V obou případech by došlo k zatopení oblasti Chrastava - elektrárna. Kulminační průtok TPV Q20 se transformuje z cca 140 m^3/s na 80 m^3/s. U TPV Q100 dochází k transformaci z cca 250 m^3/s na 130 m^3/s, což má na obce níže po toku stále zanedbatelný vliv.

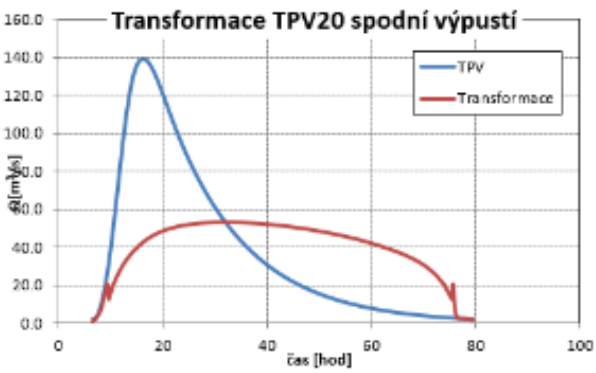


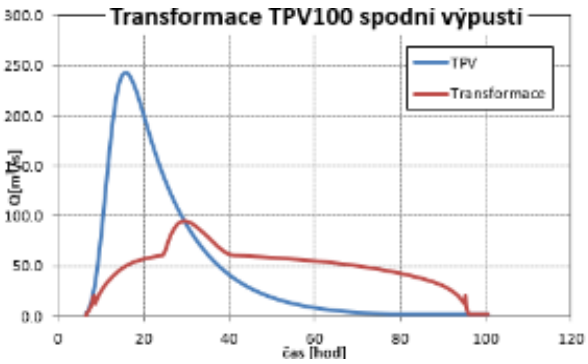




Na obrázku níže je znázorněna dolní nádrž na maximální kótě 320 m n.m. (tmavší modrá barva) a objemu 9,2 mil. m^3, která byla podrobena transformaci. Pro ilustraci je uvedena varianta na kótě 305 m n.m. (světlejší modrá barva) a objemu 1,1 mil. m^3, kdy ještě nedojde k zatopení přilehlé železniční trati a domů za tratí. V obou případech by došlo také k zatopení oblasti Chrastava - elektrárna. Kulminační průtok TPV Q20 se transformuje z cca 140 m^3/s na 55 m^3/s. U TPV Q100 dochází k transformaci z cca 250 m^3/s na 100 m^3/s, což má ale na obce níže po toku stále zanedbatelný vliv.







Obecně lze říci, že pro smysluplnou transformaci by měl být objem povodně alespoň 4 až 5 mil. m^3. Tohoto objemu lze bez zatopení železniční trati dosáhnout pouze v horním profilu na kótě maximální hladiny 320 m n.m. s tím, že bude zasažena část obce Machnín, kde by muselo dojít k výkupu několika nemovitostí a protipovodňové ochraně několika dalších nemovitostí. Ve všech variantách dochází ke střetu s Přírodní rezervací Hamrštejn.

4.2.2 Výběr a parametry návrhového profilu nádrže

V kapitole 4.2. byly vybrány tři nejvhodnější profily hráze. Pomocí hodnotících kritérií jsou vyjadřujících územní střety je vybrána výsledná varianta, se kterou bude dále uvažováno pro další výpočty a stanovení škod a investičních nákladů. Z POHLEDU ÚZEMNÍCH STŘETŮ BYL VYBRÁN HORNÍ PROFIL.

Profil	Klady	Zápory
Dolní	+ objem zátopy až 8,1 mil. m^3 pro kótě 320 m n.m. + největší (ale nedostačující) vliv na ochranu území + snížení kulminačního průtoku Q100 o 150 m^3/s	- zatopena železniční trať při kótě 320 m n.m. - zatopena příjezdová cesta do Kryštofova údolí - malý objem zátopy při kótě 306 m n.m. (nešk.) - zatopení cyklostezky - zatopení areálu elektrárny v Chrastavě - zásah do PR Hamrštejn - velký zásah do území – majetkové poměry - zaplavení části domů v Machníně
Střední	+ podobný objem zátopy jako horní nádrž + výhodný poměr objemu hráze a zátopy + snížení kulminačního průtoku Q100 o 120 m^3/s + nezatopení železniční trati a Machnína na kótě 316 s podobným zásobním objemem jako horní n.	- zatopena železniční trať při kótě 320 m n.m. - zatopení cyklostezky - zatopení areálu elektrárny v Chrastavě - zásah do PR Hamrštejn - zaplavení části domů v Machníně
Horní	+ největší objem při nezatopení železniční trati - 3,2 mil. m^3 při kótě 320 m n.m. + výhodný poměr objemu hráze a zátopy + možnost provozu elektrárny v Chrastavě - tunel + snížení kulminačního průtoku Q100 o 50 m^3/s	- zásah do PR Hamrštejn - zaplavení části domů v Machníně

Manipulace na vybrané variantě nádrže může být navržena na:

1) <u>neškodný průtok</u> - neškodné průtoky pod nádrží jsou místy menší než Q5; nádrž dokáže transformovat povodňové vlny na průtok Q5 do průtoku téměř Q20. Škrcením odtoku lze snížit TPV5 až na průtok 20 m^3/s.

2) <u>efektivní transformace Q20</u> - velikost spodních výpustí umožňuje transformovat průtok z téměř Q20 na Q5 bez dosažení bezpečnostního přelivu bez škrcení spodní výpusti

3) <u>efektivní transformace Q100</u> - velikost kulminačního průtoku se sníží o cca 50 m^3/s

Základní parametry horní nádrže pro efektivní transformaci Q100:

Typ hráze:	sypaná (z pohledu velikosti bezpečnostního přelivu je vhodnou variantou i tížní betonová hráz)
Délka koruny hráze:	106 m
Šířka koruny hráze:	4,0 m
Sklon návodního líce (předpoklad):	1:3
Sklon vzdušního líce (předpoklad):	1:2,2
Kóta dna spodní výpusti:	302,1 m n.m.
Kóta koruny bezpečnostního přelivu:	318,3 m n.m.
Kóta max. hladiny:	320,0 m n. m.
Kóta koruny hráze:	321,0 m n.m.
Max. výška hráze nad terénem:	18 m
Objem hráze:	60 000 m^3
Objem zátopy:	3 166 000 m^3
Počet spodních výpustí	2
Průměr spodních výpustí	2,0 m
Délka bezpečnostního přelivu	75 m
Výška přepadového paprsku	1,7 m

Parametry bezpečnostního přelivu budou upraveny dle určení kategorie nádrže (předpoklad II až III) a požadované míry bezpečnosti VD. V souvislosti se stavbou nádrže vzniknou vyvolané investice ve formě přeložek částí silnic, cyklostezek, úpravě mostů atd. Některé objekty v zátopě nelze ochránit a budou proto muset být odstraněny. Zbývající domy budou chráněny stavebními objekty SO-22-xx až SO-24-xx, které jsou popsány v kapitole 4.6.
V současnosti je uvažováno s retenční nádrží, ale v souvislosti se stávajícím obdobím sucha je možné funkci nádrže změnit a přidat i částečné využití objemu pro vodárenské využití.

4.2.3 Ovlivněné průtoky pod VD

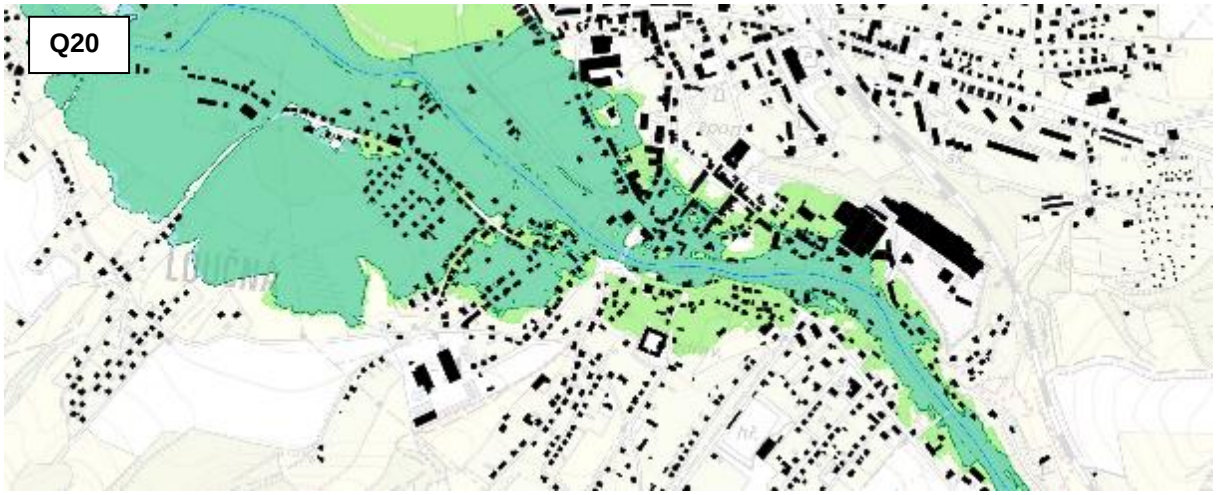
V profilu hráze je ovlivnění N-letých průtoků největší a s přibývajícími přítoky resp. rostoucí plochou mezipovodí pod vodním dílem se snižuje. Pro to, aby bylo možné definovat účinek nádrže (ovlivnění průtoků) pod vodním dílem, byla provedena schematizace dle metodiky (Metodika pro posuzování protipovodňových opatření navržených do III. etapy programu „prevence před povodněmi“) z podkladu plochy povodí, N-letých průtoků a hodnoty redukce kulminačních průtoků na vodním.

Pro vybraný profil nádrže (horní) byly spočítány hodnoty redukce kulminačního průtoku a redukované N-leté průtoky. Hodnota snížení kulminačního průtoku je nepřímo úměrná k ploše povodí zvoleného profilu až do desetinásobku plochy povodí nad vodním dílem, kdy se vliv VD ztrácí.

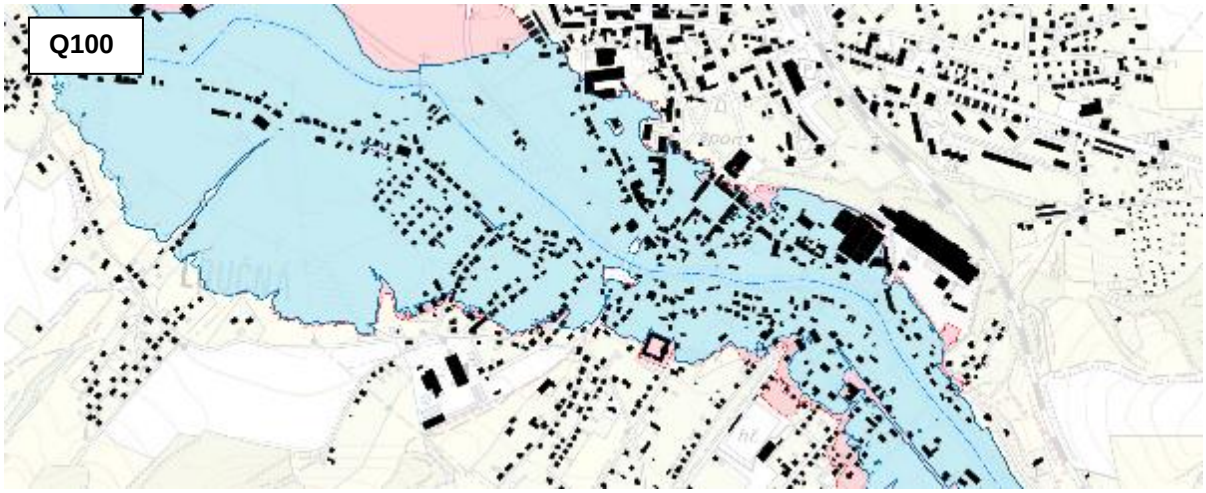
Profil	Plocha povodí (km^2)	QN současné (m^3/s)			Redukce (snížení průtoku)			QN redukované (ovlivněné)			Vliv na obec
		5	20	100	5	20	100	5	20	100	
nad Jeřicí	213.47	74.6	139	243	0.0	-62	-22	74.6	77	221	Chrastava
nad Václavickým p.	326.02	96.4	186	336	0.0	-59	-20	96.4	127	316	Chrastava, Bílý potok, Chotyně
st. Hranice	370.02	101	195	353	0.0	-57	-20	101	138	333	Hrádek

Přestože dojde k transformaci povodňové vlny v místě nádrže, níže po toku se vliv nádrže velmi snižuje, takže k požadované ochraně jednotlivých obcí není bez dodatečné liniové ochrany dosaženo.

I kdyby byla zvolena maximalistická varianta nádrže v profilu 1, tak jak je zobrazeno na obrázku níže, kde světlejší zelenou barvou je znázorněno stávající záplavové území Q20 a tmavší barvou záplavové území s ovlivněním nádrží v centru Hrádku nad Nisou, nedojde k výraznější ochraně území.



Na obrázku níže je červenou barvou znázorněno stávající záplavové území Q100 a modrou barvou záplavové území s ovlivněním nádrží.



4.3 Liniová protipovodňová opatření

Variantou, která zásadně zvýší protipovodňovou ochranu, je zvětšení rozměrů vlastního koryta, tzv. zkapacitnění. Doplněním zkapacitnění jsou liniová protipovodňová opatření tam, kde zkapacitnění koryta nepřináší požadovanou míru ochrany před povodněmi. Obecně lze navrhnout několik základních druhů liniových ochran s tím, že výsledný výběr je závislý na prostorových, technických, finančních a ekologických možnostech. Obvykle se navrhují statická liniová PPO (železobetonové zdi a zemní hráze) nebo mobilní liniová PPO (gumové vaky napouštěné vodou, hliníkové profily). Vzorové příčné řezy jsou uvedeny v příloze 7. V případě zkapacitnění koryta lze využít příležitost prostor koryta zpřístupnit jak obyvatelům, tak přírodním procesům migrace živočichů, rostlin a utváření tvaru koryta. V případě, že se nacházejí opatření po obou stranách toku, předpokládá se jejich souběžná výstavba z důvodu vzájemného ovlivňování úrovní hladin. Návrhy hrází byly provedeny tak, aby vysoké hráze nezasahovaly příliš do soukromých pozemků. V takovém případě bylo přistoupeno k návrhu zdí. Návrhy zdí byly provedeny tak, aby vysoké zdi nebyly umístěny blízko domům. Vzhledem k velkému podélnému sklonu koryta, který je cca 3,4 ‰ a který může způsobovat velké vlny na hladině, je převýšení hrází a zdí stanoveno na 0,5 m.
Problémem protipovodňových opatření jsou přítoky, které v této oblasti slouží jako korat pouze v období s dešti a v bezdeštném období jsou suché. Aby nemusely vznikat komplikované systémy přečerpávání nebo ohrázování těchto toků, doporučuje se zmírnit jejich vliv budováním opatřeními přímo v povodí. V rámci návrhů se neuvažují nové nábřežní zdi, ale pouze jejich navýšení. Stávající zdi by měly být před návrhem prověřeny, zda jsou stavěny na dodatečné zatížení.

Zkapacitnění koryta
Tam, kde je to prostorově možné, bylo navrženo zkapacitnění koryta formou jedno nebo oboustranných berem. Rozšíření koryta je navrženo na maximální možnou míru tak, aby i přes zásah do soukromých pozemků nedošlo k výraznému omezení možností využití pozemků. Jsou navrženy pozvolné svahy koryta tak, aby byl umožněn přístup a jejich údržba. Nyní slouží koryto zejména v Hrádku nad Nisou jako kanál, kam není možné vstoupit a z urbanistického pohledu se jedná o prostor, který je nevyužitý po většinu roku.

Zemní hráz s podzemní těsnící stěnou
Těleso zemní hráze má lichoběžníkový tvar a je tvořeno hutněným násypem. Pro návrh liniových prvků protipovodňové ochrany je uvažována bezpečnostní rezerva 50 cm nad dopočítanou hladinu při průtoku.
Pro návrhy vzorových příčných řezů je hloubka konstrukce zjednodušeně stanovena jako N násobek průměrné výšky nadzemní konstrukce. Zemní hráz je v porovnání se ŽB zdí z pohledu průsaku odolnější a na základě geologických dat je uvažováno s hloubkou podzemní části jako s jednonásobek (1xH) výšky nadzemní části. Minimální hloubka založení je dána nezámrznou hloubkou, kterou je 0,8 m. Nevýhodou zemních hrází je velký zábor pozemku na jejich vybudování (minimálně 4-5 m šířky na 1 m výšky). Předpokládá se šířka koruny hráze 2 m, je-li výška hráze do 2 m. V opačném případě je šířka koruny hráze 3 m. Sklon hráze lze předpokládat 1:3 na návodním líci a 1:2 na vzdušním.

Železobetonová zeď (stěna) s podzemní těsnící stěnou
Jedná se o železobetonovou zeď založenou na ŽB základu umístěném na podkladním betonu tloušťky 0,05 m. Tento základ má především funkci statickou. Pro návrhy vzorových příčných řezů je hloubka konstrukce zjednodušeně stanovena jako N násobek průměrné výšky nadzemní konstrukce. Na základě dostupných geologických dat se pro železobetonovou stěnu jedná o jednonásobek výšky nadzemní části (1xH). Minimální hloubka založení je dána nezámrznou hloubkou, kterou je 0,8 m. Maximální hloubka založení je 5,0 m, což odpovídá hloubce zastiženého kvartéru (vycházíme z geologické prozkoumanosti). V dalším stupni projektové dokumentace bude tento předpoklad zpřesněn na základě podrobného inženýrsko - geologického průzkumu. Železobetonové zdi jsou problematické z hlediska architektonického rázu, především v centru města. Jsou dražší než zemní hráze. V kapitole 4.6 nejsou uváděny maximální výšky hrází, protože se linie osy návrhu pohybuje na hraně koryta a rozlišení digitálního modelu terénu převedeného do rastrové sítě 2x2 m jej nemusí postihnout. Mohou tak vznikat chyby a zavádějící výšky opatření.

Opěrná železobetonová zeď na ochranu před povodněmi
Konstrukčně se jedná o železobetonovou opěrnou zeď založenou na ŽB základu. Lícová strana je opatřena kamenným obkladem. Konstrukce je tvořena betonem C30/37. Koruna zdi je opatřena římsou, na které je uloženo zábradlí. Konstrukce je na rubové straně opatřena drenáží DN 200, která je obsypána propustným materiálem frakce 8/32 mm. Dle potřeb je možné rubou stranu také opatřit kamenným obložením či pohledově upravit.

Mobilní hrazení s podzemním těsněním
Mobilní hrazení bude využito v podmínkách, kde není umožněno zřízení trvalých ochranných opatření. Mobilní hradící konstrukce je umístěna na železobetonový základ s integrovaným těsněním, která jsou osazována do vertikálních nosných prvků, kotvených do spodní stavby. Je uvažováno s hloubkou podzemní konstrukce jako N násobkem průměrné výšky nadzemní části konstrukce, jedná se tedy o trojnásobek výšky (3xH). Minimální hloubka založení je dána nezámrznou hloubkou, kterou je 0,8 m. Problémem mobilních hrazení je nutnost skladování a také časová náročnost a pracnost k jejich naložení, odvozu a vlastnímu postavení. Vzhledem k charakteru reliéfu a blízkosti hor jsou postupové doby povodní krátké, tak jako čas na postavení mobilních hrazení. V případě mobilních hrazení se uvažuje o gumových vacích plněných vodou. Ty jsou oproti klasickým hliníkovým profilům méně náročné na množství pracovníků, které je budou převážet a stavět. Gumové vaky se napouští vodou přímo z řeky čerpadlem a poté se zpět vypustí.

Zásady navrhování zkapacitnění mostních objektů
Pro všechna zkapacitnění mostních objektů je uvažováno s bezpečnostní rezervou 0.5 m nad kontrolní návrhový průtok (KNP) Q_{100}. Kapacita navržených mostních objektů byla posouzena pomocí průtoku Q_{100}. Kategorie mostních objektů dle tab. 12.1 ČSN 73 6201 je kategorie č. 3, jejíž definice je následující:

3. kategorie – trvalé mostní objekty na silnicích i místních komunikacích nezařazené do 1. nebo 2. kategorie (snadno nahraditelné) a na účelových komunikacích. Patří sem rovněž dlouhodobé zatímní mostní objekty s návrhovou životností delší než 5 roků.

Navržená protipovodňová opatření jsou navrhována tak, aby provedla bezpečně průtok dle kapitoly 4.4, což odpovídá průtokům pro Q_{20} a Q_{100} bez bezpečnostní rezervy. V dalším stupni projektové dokumentace bude nutné provést statické posouzení na konkrétní návrhy na základě podrobných inženýrskogeologických průzkumů a posouzení proudění podzemní vody pro návrh podzemní konstrukce a přesné geometrické zaměření řešeného úseku a ověření skutečnosti v problémových částech jednotlivých úseků.

Odborný odhad investičních nákladů na zbudování PPO má několik nejistot:
- neznalost geologického podloží, které ovlivňuje hloubku těsnící stěny u ŽB zdí a hloubku zavazovacího ozubu u zemních hrází,
- neznalost statiky stávajícího opevnění koryta, v případě špatného statického stavu stávajícího opevnění koryta bude nutná kompletní rekonstrukce

Řešený úsek toku Lužické Nisy je rozdělen na 20 úseků, úsek Jeřice na 2 úseky. Každý jednotlivý úsek lze řešit zvlášť, což může být výhodné z majetkoprávních důvodů a také s ohledem na efektivitu jednotlivých částí. V souběhu opatření na obou březích se nedoporučuje provádět stavbu odděleně, jinak by mohlo dojít k zhoršení odtokových podmínek na druhém břehu nebo v jiné části obce. Postup zpracování byl zvolen od nejníže položeného úseku dále směrem proti proudu k nejvýše položenému úseku.

V následujícím textu jsou popsány návrhy pro návrhové průtoky Q_{20} i Q_{100} s vyobrazením opatření pro Q_{100}. Hrázky mají šířku v koruně 2,0 m a sklony svahů 1:2 vzdušní a 1:3 návodní. Pořadí stavebních objektů je číslováno ve směru toku. Liniová opatření jsou navrhována vždy v kombinaci se zkapacitněním toku, proto nejsou v některých případech dotažena až na úroveň stávajícího záplavového území.

4.4 Liniová ochrana a retenční nádrž

Vzhledem k tomu, že samotná retenční nádrž v návrhových parametrech neumožňuje dostatečnou protipovodňovou ochranu a samotné liniové prvky jsou i přes zkapacitněním koryta stále místy dost vysoké, je uvažována kombinace těchto dvou opatření.
V ideálním případě by bylo vhodné doplnit výše uvedená opatření o opatření v ploše povodí, aby se povodňové kulminační průtoky a rychlosti odtoku snížily v horních částech povodí pomocí soustavy dalších menších nádrží, tůní, přehrážek, změnách způsobu využití zemědělských a lesních ploch a také způsobu hospodaření na těchto plochách. Opatření v ploše povodí lze převzít z dříve zpracovaného projektu (viz kapitola 2.4.3 této studie). Opatření z plochy povodí jsou zmíněna u konkrétních přítoků ovlivňujících liniová opatření v kapitole 4.6.

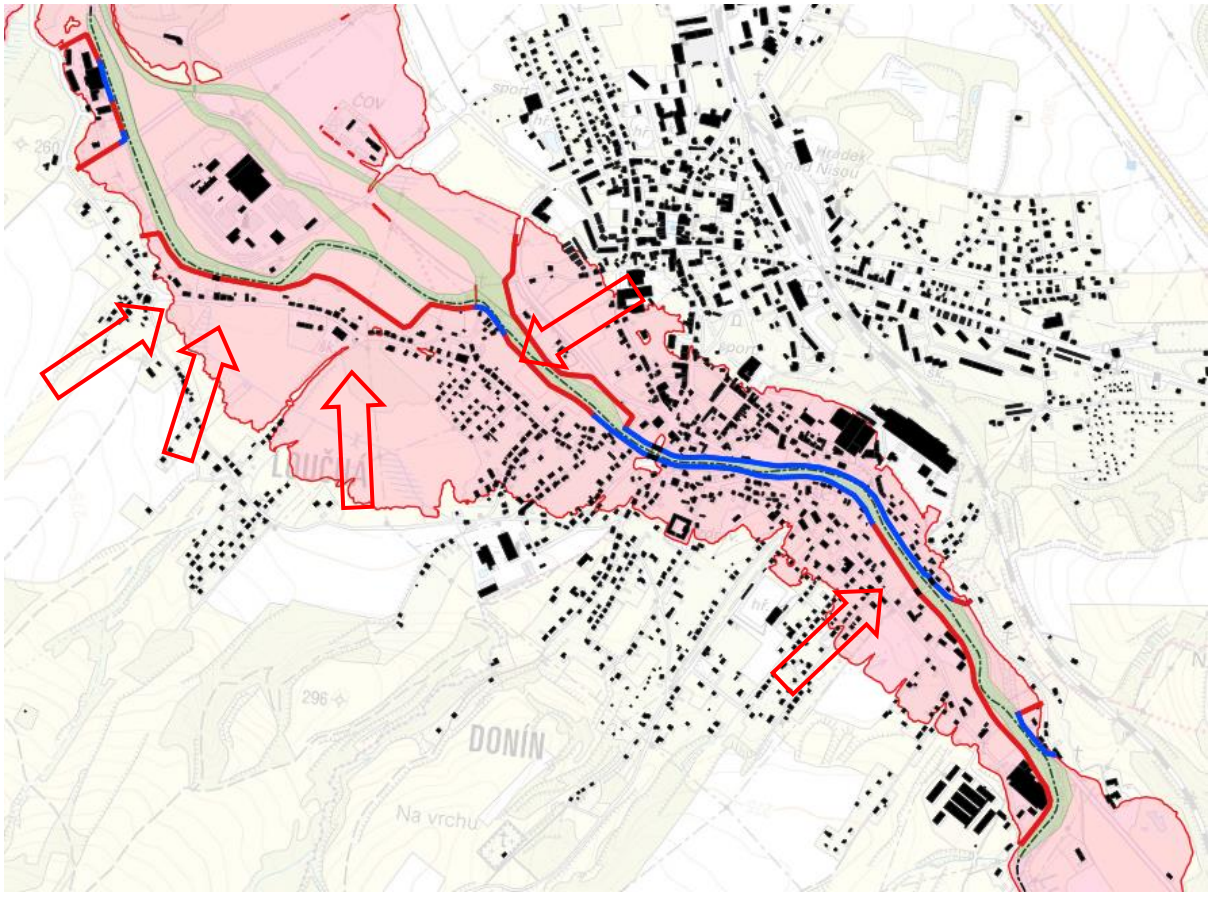
4.5 Investiční náklady jednotlivých opatření

Pro výpočet investičních nákladů byly používány agregované ceny, které shrnuje následující tabulka.

Druh opatření	Cena za jednotku	Jednotka
zemní ochranná hráz	700	Kč/m^3
ochranná zídka-nadzemní č.	16200	Kč/m^2
ochranná zídka-podzemní č. (min. 1m)	16500	Kč/m^2
zkapacitnění bermou	1000	Kč/m^3
hráz nádrže včetně objektů a založení	1800	Kč/m^3
úprava mostního objektu - místní kom.	285000	Kč/m
mobilní hrazení	16200	Kč/m^2
lávka pro pěší	90000	Kč/m
silniční most III.tř.	285000	Kč/m
silniční most II.tř.	370000	Kč/m
silniční most I.tř.	431700	Kč/m
místní a účelové komunikace	19000	Kč/m
cyklostezky a obslužné komunikace	3000	Kč/m

4.6 Podrobný návrh liniových PPO pro jednotlivé obce

Souhrnná protipovodňová opatření pro **Hrádek nad Nisou** jsou znázorněna na obrázku níže. V dalších kapitolách jsou blíže znázorněna jednotlivá ucelená liniová opatření. Šipky v mapě znázorňují místo přítoku. V dříve provedeném dotazníkovém šetření bylo upozorňováno na problémy s povodněmi přicházejícími od Donínského potoka, ve spodní části Václavice a v Oldřichově.



Parametr - pro maximální variantu	Q_{20}	Q_{100}
Počet ochráněných domů s č.p.	347	439
Počet obyvatel	1041	1317
Celkový počet chráněných budov	467	614
Chráněná plocha (km^2)	0,78	1,02

Pozn.: Maximální varianta návrh liniových opatření a retenční nádrž, není uvažován návrh na Q5. Přepočet na počet obyvatel je proveden vynásobením počtu chráněných domů číslem 3, což je průměrný počet osob v domácnosti.

Níže uvedené mapy jsou pro variantu max. rozsahu - Q_{100} - liniová opatření vč. zkapacitnění koryta, bez nádrže.

4.6.1 Hrádek nad Nisou - Stará celnice

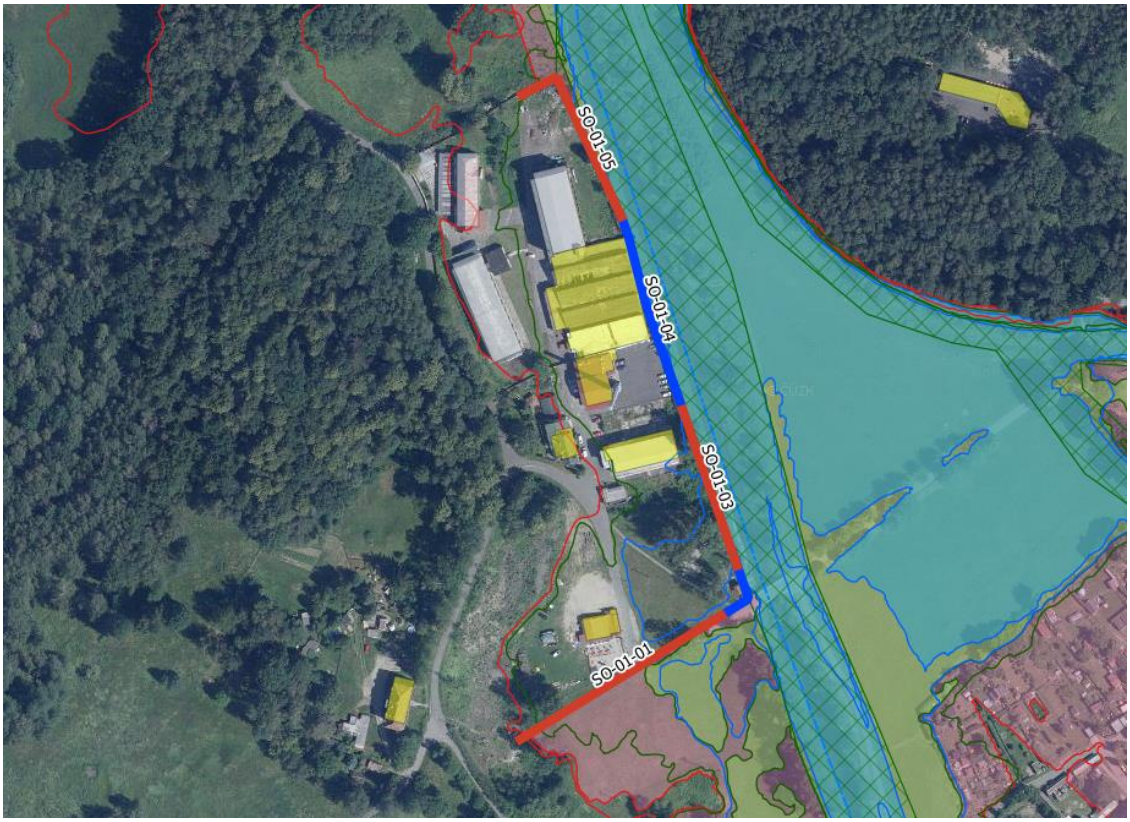
Staničení toku: ř. km 1,600 - 1,930
Břeh: levý
Obec: Hrádek nad Nisou
Popis území a investic: Dochází k zaplavení budov průmyslového areálu a komerčních budov. U mostu se nachází limnigrafická stanice, kde by konečná podoba byla odsouhlasena s vlastníkem. Silnice vedoucí k mostu by byla součástí hrázky. Most v km 1,937 bude rozšířen (propustky) z důvodu rozšíření koryta.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-01-01	Zemní hráz	114	0.39	126	1.33
SO-01-02	ŽB zeď	30	0.40	30	1.47
SO-01-03	Zemní hráz	90	1.03	90	2.08
SO-01-04	ŽB zeď	100	0.79	100	1.79
SO-01-05	Zemní hráz	61	0.49	99	1.16
Investiční náklady (mil. Kč)		4,1		9,3	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-01-01	Zemní hráz	0	0.00	120	0.68
SO-01-02	ŽB zeď	14	0.29	30	0.77
SO-01-03	Zemní hráz	90	0.59	90	1.40
SO-01-04	ŽB zeď	100	0.37	100	1.12
SO-01-05	Zemní hráz	9	0.44	70	0.73
Investiční náklady (mil. Kč)		2,7		5,4	



4.6.2 Hrádek nad Nisou - levý břeh

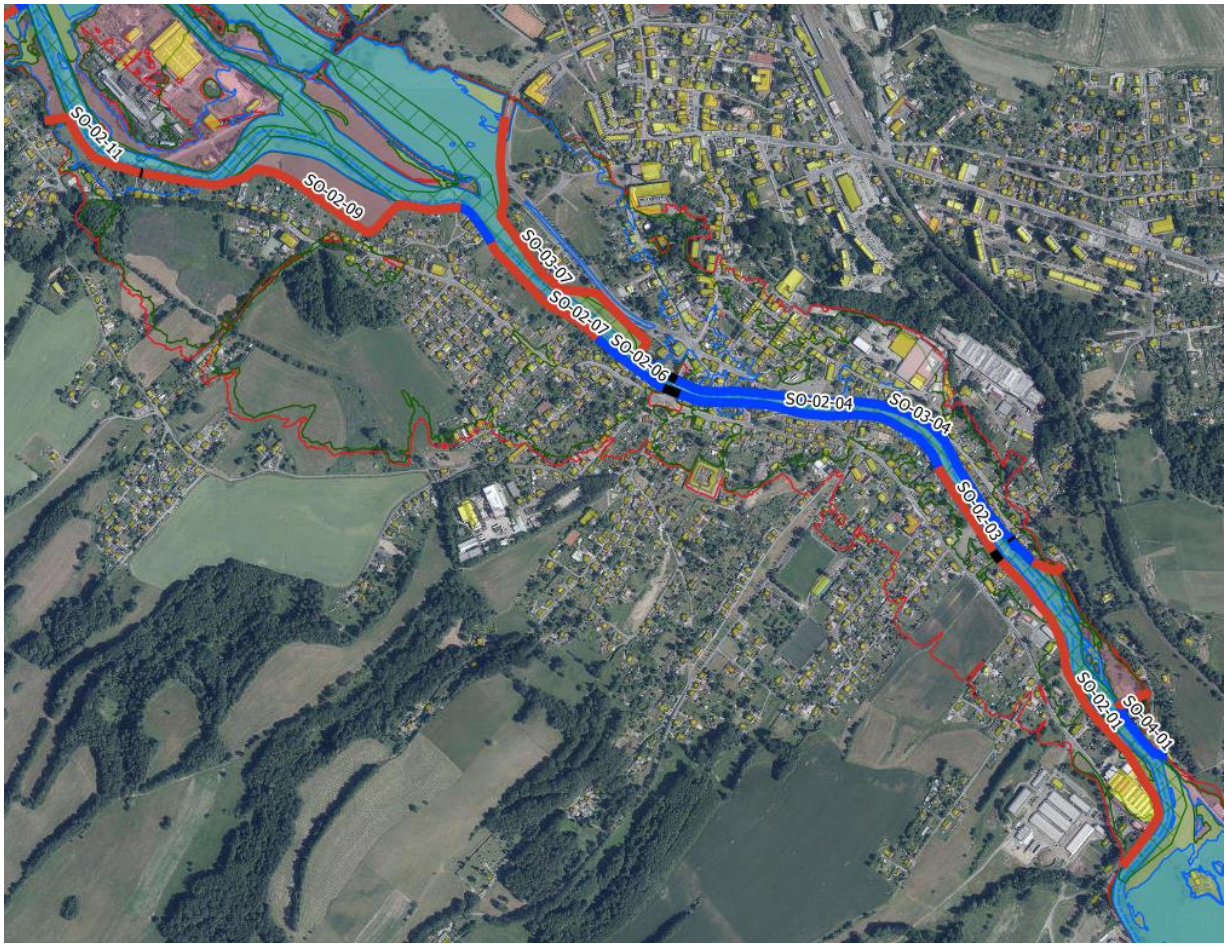
Staničení toku:	ř. km 2,185 - 5,400
Břeh:	levý
Obec:	Hrádek nad Nisou
Popis území a investic:	Vzhledem k blízkosti domů u nábřežních zdí není možné koryto více rozšířit. Navržené ŽB zdi (stěny) budou místy, zejména u SO-02-03, SO-02-04 a SO-02-06 velmi vysoké. Most v km 2,370 a v km 4,579 bude prodloužen z důvodu rozšíření koryta. Dojde k přeložkám cyklostezek z důvodu rozšíření koryta. Součástí opatření je prohloubení dvou obtokových koryt vedoucích severně od opatření, se kterými dále souvisí zkapacitnění mostků a přeložky cyklostezek. Drobné nestálé přítoky Nisy (cca 4-6) jsou po většinu roku suchými kanály. Jejich podchycením se zabýval dřívější projekt (kapitola 2.4.3), kde bylo navrženo opatření SO31 (vodní nádrž a přehrážka) a opatření SO 11 (mokřad/tůň, agrotechnická opatření, průlehy). Opatření SO-02-02 by bylo možné naradit zvýšením mostu a vedením silnice nad hrázkou.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-02-01	Zemní hráz	311	0.73	770	1.41
SO-02-02	Mobilní hraz.	0	0.00	6	1.33
SO-02-03	Zemní hráz	210	1.05	210	2.62
SO-02-04	ŽB zeď	609	1.98	609	3.48
SO-02-05	Mobilní hraz.	0	0.00	0	0.00
SO-02-06	ŽB zeď	174	2.07	174	3.17
SO-02-07	Zemní hráz	320	0.66	320	1.57
SO-02-08	Mobilní hraz.	94	1.33	100	1.80
SO-02-09	Zemní hráz	708	0.45	738	1.13
SO-02-10	ŽB zeď	0	0.00	6	0.67
SO-02-11	Zemní hráz	157	0.42	231	1.29
Investiční náklady (mil. Kč)		57,9		106,9	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-02-01	Zemní hráz	0	0.00	658	0.90
SO-02-02	Mobilní hraz.	0	0.00	6	0.67
SO-02-03	Zemní hráz	180	0.48	210	1.90
SO-02-04	ŽB zeď	609	1.34	609	2.79
SO-02-05	Mobilní hraz.	0	0.00	0	0.00
SO-02-06	ŽB zeď	174	1.60	174	2.58
SO-02-07	Zemní hráz	183	0.59	320	1.00
SO-02-08	Mobilní hraz.	93	1.14	100	1.28
SO-02-09	Zemní hráz	344	0.28	709	0.56
SO-02-10	ŽB zeď	0	0.00	6	0.33
SO-02-11	Zemní hráz	40	0.33	227	0.63
Investiční náklady (mil. Kč)		40,0		80,4	



4.6.3 Hrádek nad Nisou - pravý břeh

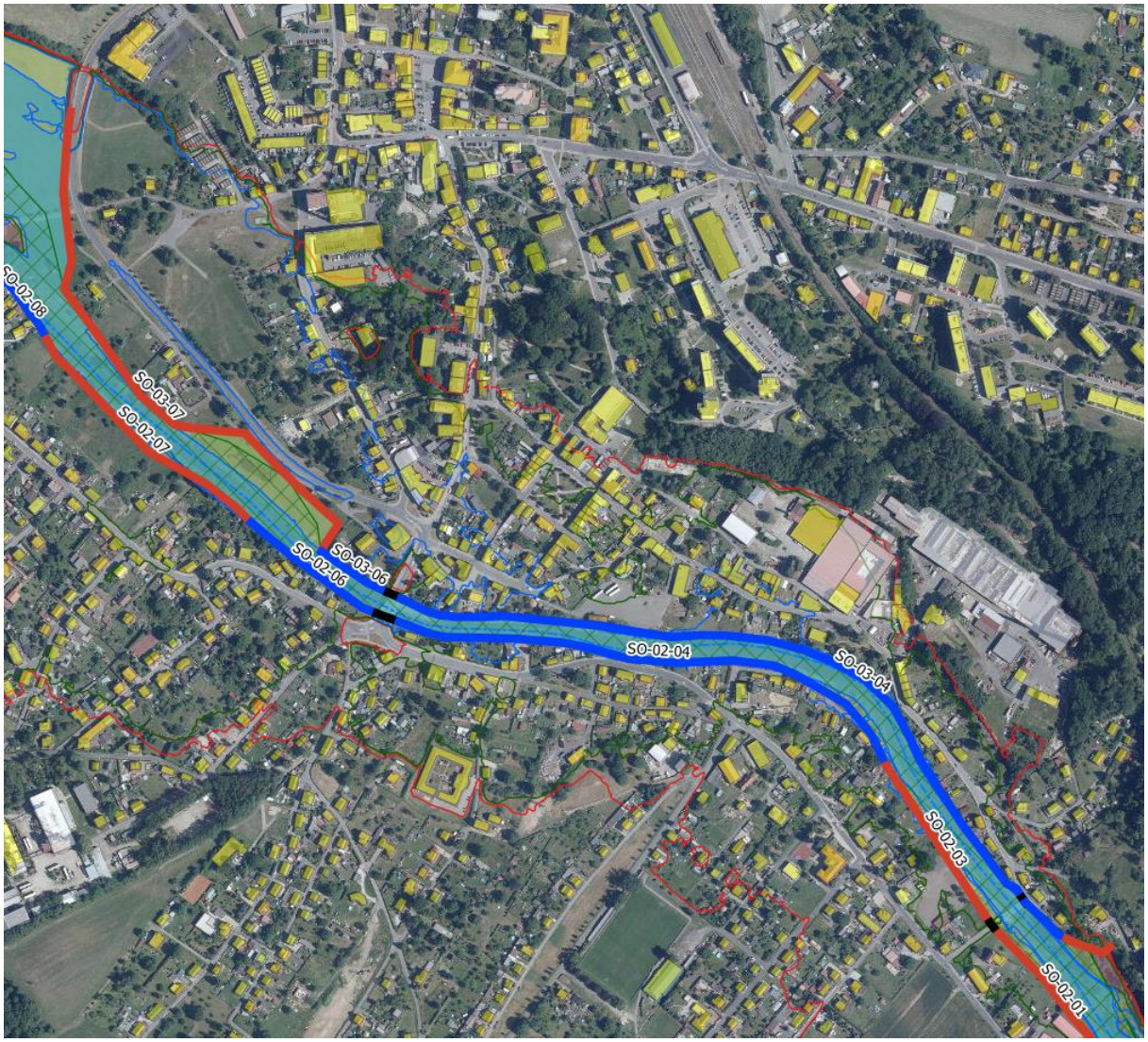
Staničení toku: ř. km 3,140 - 4,680
Břeh: pravý
Obec: Hrádek nad Nisou
Popis území a investic: Vzhledem k blízkosti domů u nábřežních zdí není možné koryto více rozšířit. Navržené ŽB zdi (stěny) budou místy, zejména u SO-03-02, SO-03-04 a SO-03-06 velmi vysoké. Dojde k úpravám cyklostezek, které budou přeloženy horizontálně nebo vertikálně na nově budované hrázky. Drobné nestálé přítoky Nisy (cca 1) jsou po většinu roku suchými kanály. Jejich podchycením se zabýval dřívější projekt (kapitola 2.4.3), kde bylo navrženo opatření SO17 (úprava propustku, revitalizace toku).

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

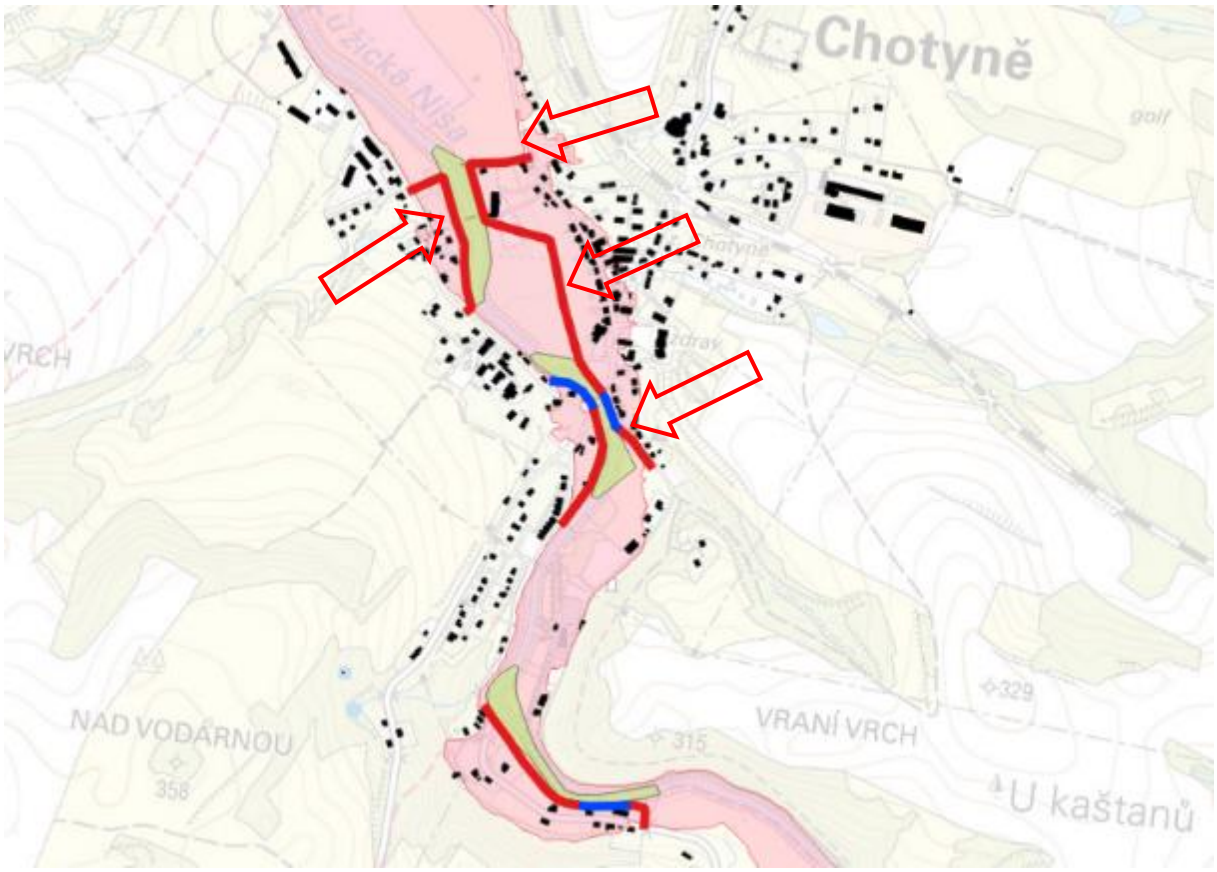
St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-03-01	Zemní hráz	51	0.45	54	1.98
SO-03-02	ŽB zeď	61	0.80	62	2.47
SO-03-03	Mobilní hraz.	0	0.00	4	1.50
SO-03-04	ŽB zeď	833	1.74	835	3.26
SO-03-05	Mobilní hraz.	0	0.00	0	0.00
SO-03-06	ŽB zeď	88	1.35	88	2.41
SO-03-07	Zemní hráz	618	0.67	622	1.41
Investiční náklady (mil. Kč)		54,3		104,9	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-03-01	Zemní hráz	0	0.00	53	1.34
SO-03-02	ŽB zeď	7	1.14	62	1.76
SO-03-03	Mobilní hraz.	0	0.00	4	0.75
SO-03-04	ŽB zeď	823	1.13	835	2.55
SO-03-05	Mobilní hraz.	0	0.00	0	0.00
SO-03-06	ŽB zeď	88	0.90	88	1.81
SO-03-07	Zemní hráz	362	0.51	602	0.88
Investiční náklady (mil. Kč)		33,8		80,3	



Souhrnná protipovodňová opatření pro **Chotyni** jsou znázorněna na obrázku níže. V dalších kapitolách jsou blíže znázorněna jednotlivá ucelená liniová opatření. Šipky v mapě znázorňují místo přítoku.



Parametr - pro maximální variantu	Q_{20}	Q_{100}
Počet ochráněných domů s č.p.	29	47
Počet obyvatel	87	141
Celkový počet chráněných budov	37	64
Chráněná plocha (km^2)	0,06	0,09

Pozn.: Maximální varianta návrh liniových opatření a retenční nádrž, není uvažován návrh na Q5. Přepočet na počet obyvatel je proveden vynásobením počtu chráněných domů číslem 3, což je průměrný počet osob v domácnosti.

Níže uvedené mapy jsou pro variantu max. rozsahu - Q_{100} - liniová opatření vč. zkapacitnění koryta, bez nádrže.

4.6.4 Chotyně - Dlouhá mez

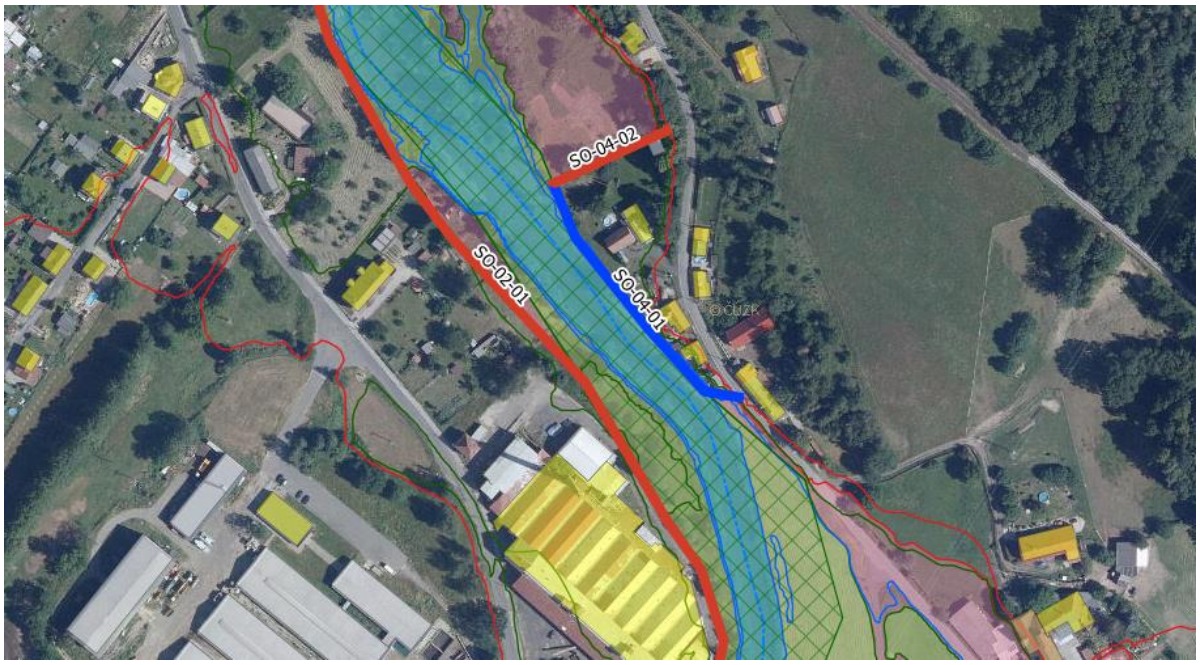
Poznámka: Ochrana souvisí hydraulicky s návrhy PPO v Hrádku nad Nisou, ale katastrálně a výpočtově je dále řazena k Chotyni
Staničení toku: ř. km 4,965 - 5,180
Břeh: pravý
Obec: Chotyně
Popis území a investic: Navržená opatření je nutno ověřit geodetickým zaměřením. Je možné, že domy jsou umístěny nad úrovní Q100, což pomocí DMR nelze spolehlivě ověřit.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-04-01	ŽB zeď	138	0.99	142	2.09
SO-04-02	Zemní hráz	0	0.00	61	1.25
Investiční náklady (mil. Kč)		4,5		10,0	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-04-01	ŽB zeď	121	0.61	140	1.50
SO-04-02	Zemní hráz	0	0.00	59	0.64
Investiční náklady (mil. Kč)		3,2		7,0	



4.6.5 Chotyně - penzion

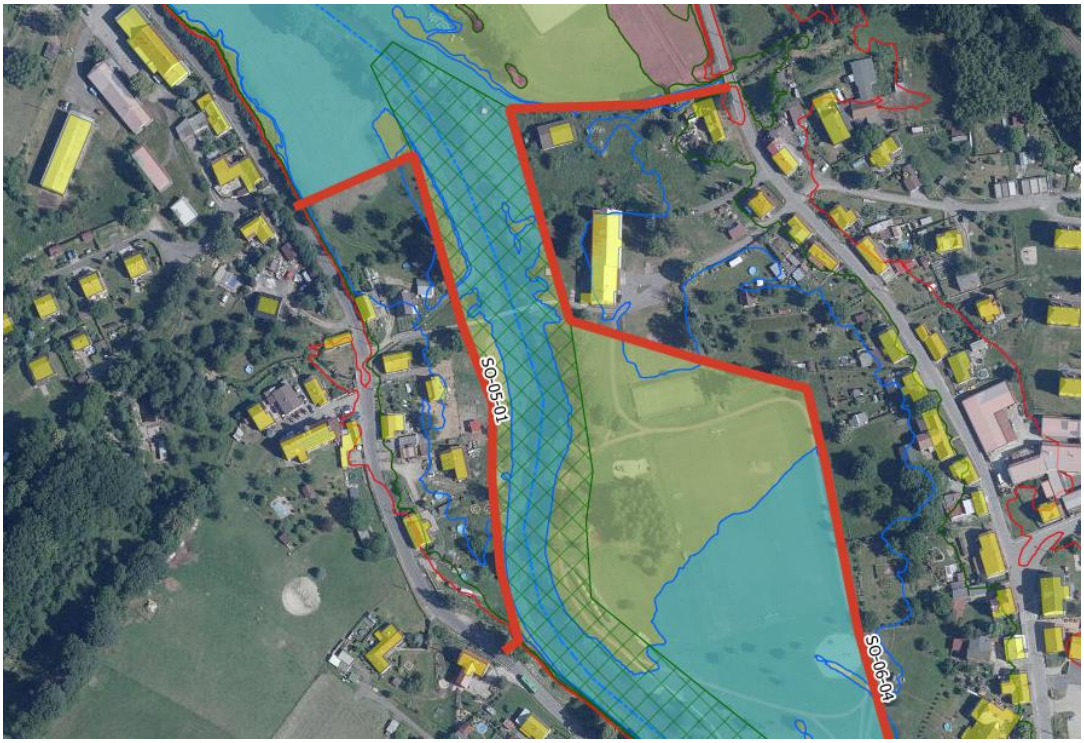
Staničení toku: ř. km 5,935 - 6,200
Břeh: levý
Obec: Chotyně
Popis území a investic: Součástí bude ohrázování nebo zatrubnění přítoku v délce cca 60 m. Na přítoku je stanoven kritický bod, a tudíž by se mělo navrhnout i opatření v povodí. Dojde k úpravě nájezdu stezky.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-05-01	Zemní hráz	319	0.84	325	1.50
Investiční náklady (mil. Kč)		0,8		2,0	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-05-01	Zemní hráz	299	0.54	323	1.12
Investiční náklady (mil. Kč)		0,4		1,2	



4.6.6 Chotyně - hřiště

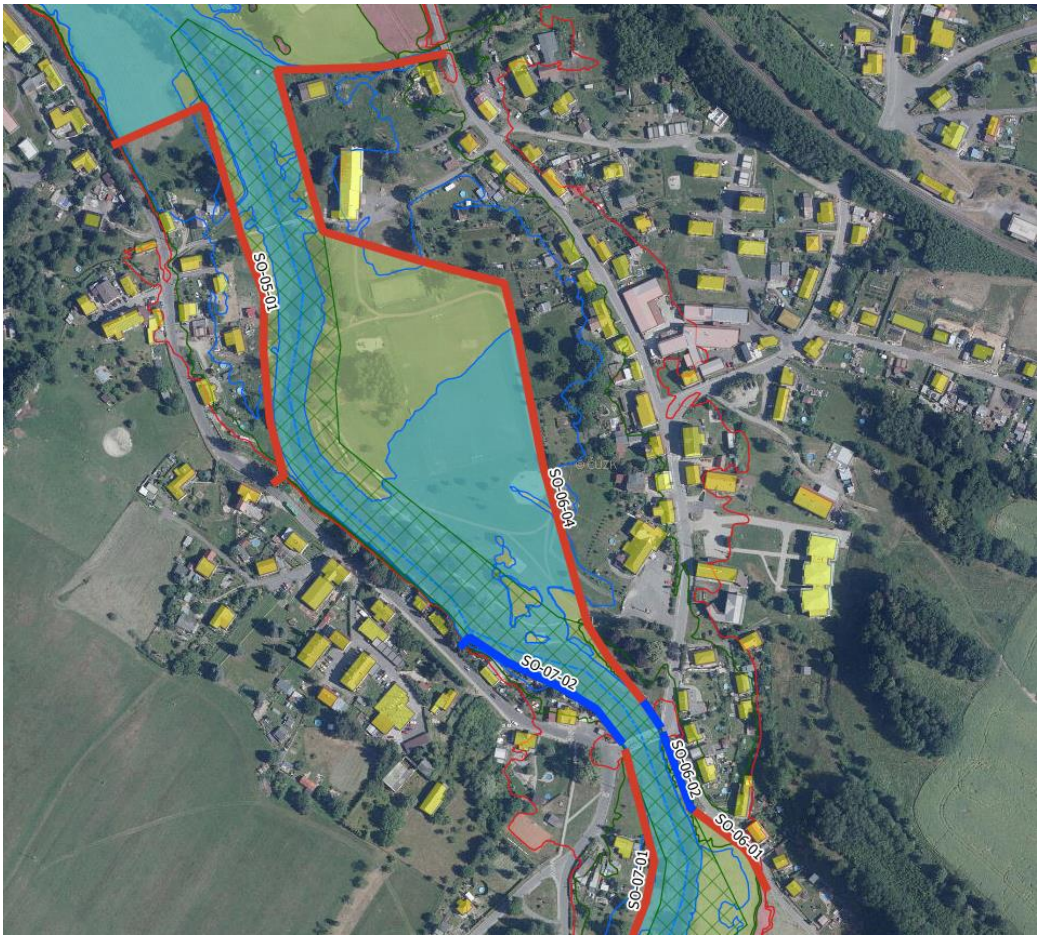
Staničení toku: ř. km 5,930 - 6,630
Břeh: pravý
Obec: Chotyně
Popis území a investic: Dojde ke zkapacitnění a úpravě Václavického potoka, případně drobnému přesunutí dále od zástavby. V souvislosti s Václavickým potokem byla dříve navržena řada opatření v ploše povodí - SO23 (mokřady/tůně), SO42 (navýšení hráze a úprava bezpečnostního přelivu na Grabštejnském rybníku), SO22 (revitalizace, mokřad/tůň, vodní nádrž), SO21 (mokřad/tůň, suchá nádrž), SO20 (revitalizace, vodní nádrž, mokřad/tůň). Ve sportovním areálu dojde k úpravě stezek. Z důvodu ponechání území přirozeným rozlivům byla navržená odsunutá hrázka. Pod sportovním areálem se nachází zatrubnění potoka - dříve navrženo opatření SO16 (vodní nádrž).

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-06-01	Zemní hráz	23	0.30	76	1.08
SO-06-02	ŽB zeď	0	0.00	52	0.88
SO-06-03	ŽB zeď	0	0.00	19	0.53
SO-06-04	Zemní hráz	618	0.98	662	1.57
Investiční náklady (mil. Kč)		1,9		6,6	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-06-01	Zemní hráz	0	0.00	71	0.52
SO-06-02	ŽB zeď	0	0.00	51	0.41
SO-06-03	ŽB zeď	0	0.00	0	0.00
SO-06-04	Zemní hráz	608	0.69	662	1.19
Investiční náklady (mil. Kč)		1,1		4,0	



4.6.7 Chotyně - u mostu

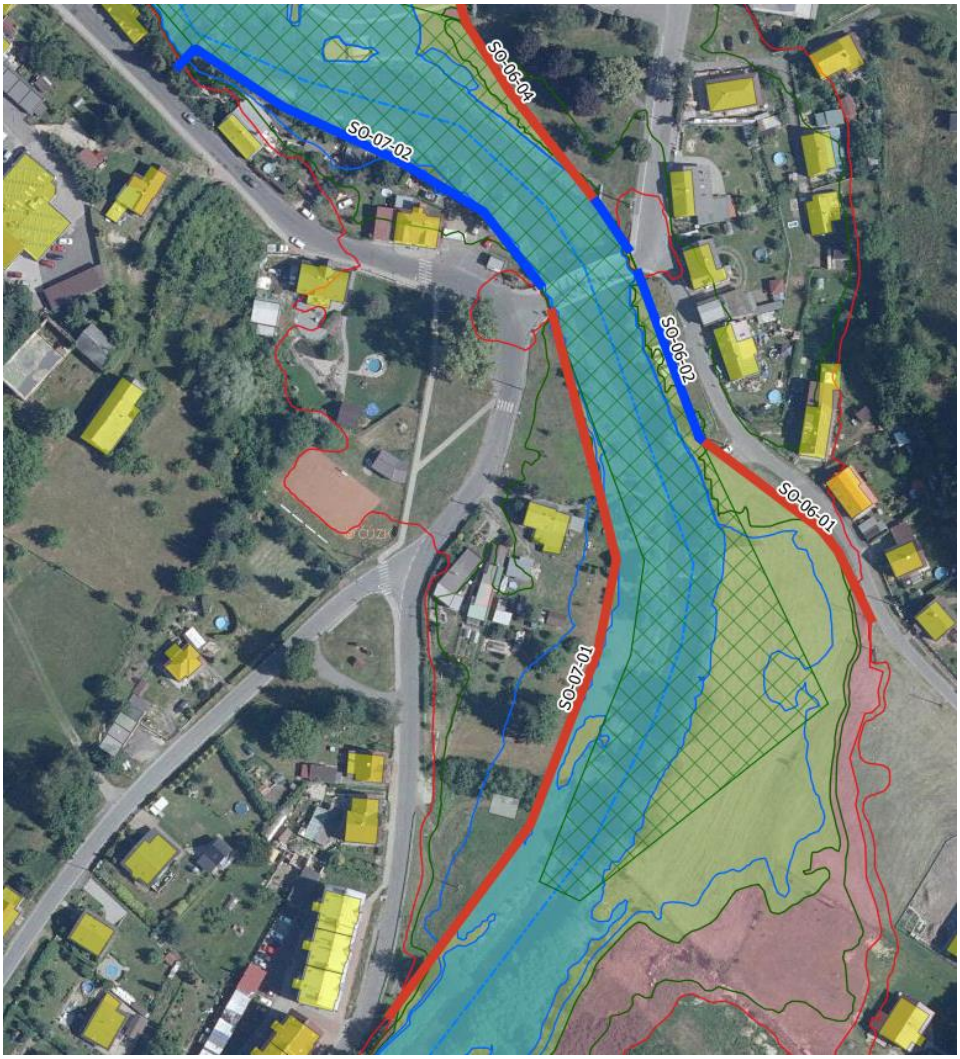
Staničení toku: ř. km 6,400 - 6,755
Břeh: levý
Obec: Chotyně
Popis území a investic: Navržené ŽB zdi jsou poměrně vysoké. Vzhledem k blízkosti domů u toku by mělo být provedeno geodetické zaměření pro zpřesnění návrhů.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-07-01	Zemní hráz	211	1.25	224	2.10
SO-07-02	ŽB zeď	130	1.82	132	2.44
Investiční náklady (mil. Kč)		8,7		12,9	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-07-01	Zemní hráz	207	0.86	214	1.60
SO-07-02	ŽB zeď	142	1.39	130	2.08
Investiční náklady (mil. Kč)		7,0		10,3	


SO-06-04
SO-07-02
SO-06-02
SO-06-01
SO-07-01

4.6.8 Hrádek nad Nisou - Dolní Suchá

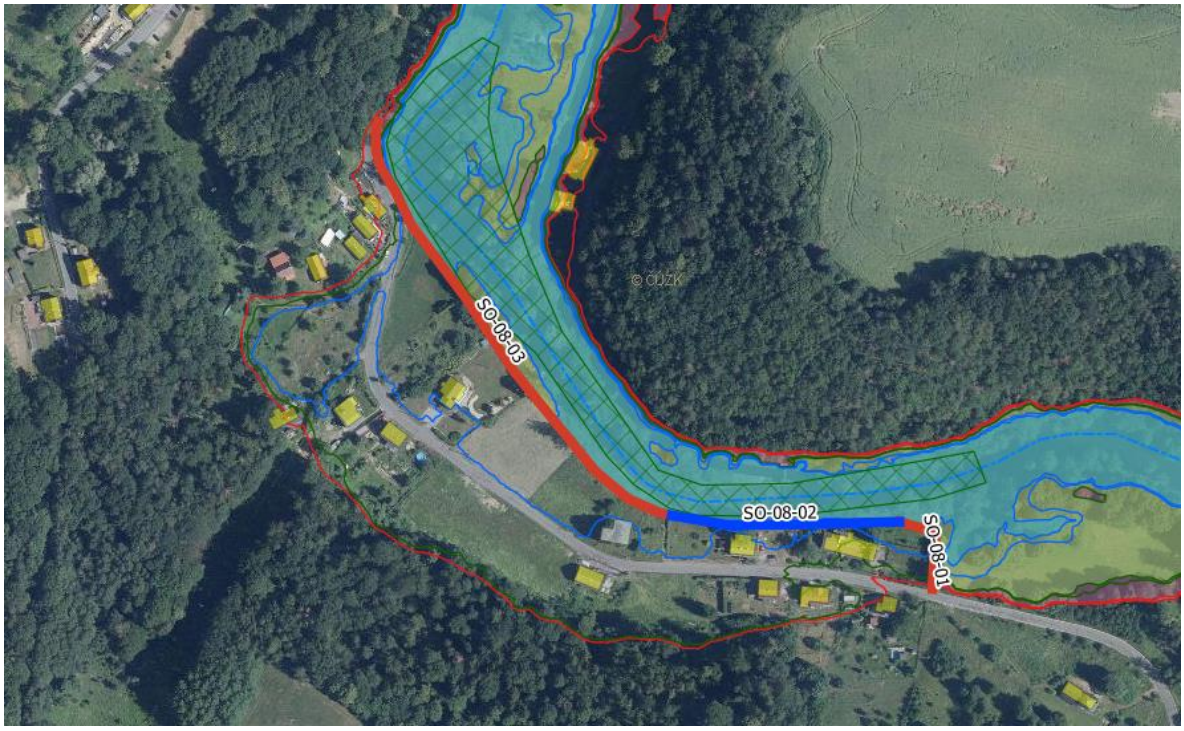
Poznámka:	Ochrana se nachází poblíž Chotyně, ale katastrálně a výpočtově je dále řazena k Hrádku nad Nisou
Staničení toku:	ř. km 7,165 - 7,545
Břeh:	levý
Obec:	Hrádek nad Nisou
Popis území a investic:	V místě SO-08-03 se nachází propustek. Ten by měl být kapacitní tak, aby vody netekly do chráněného území. Případně je možné navrhnout navýšení silnice, která by měla funkci hrázky.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

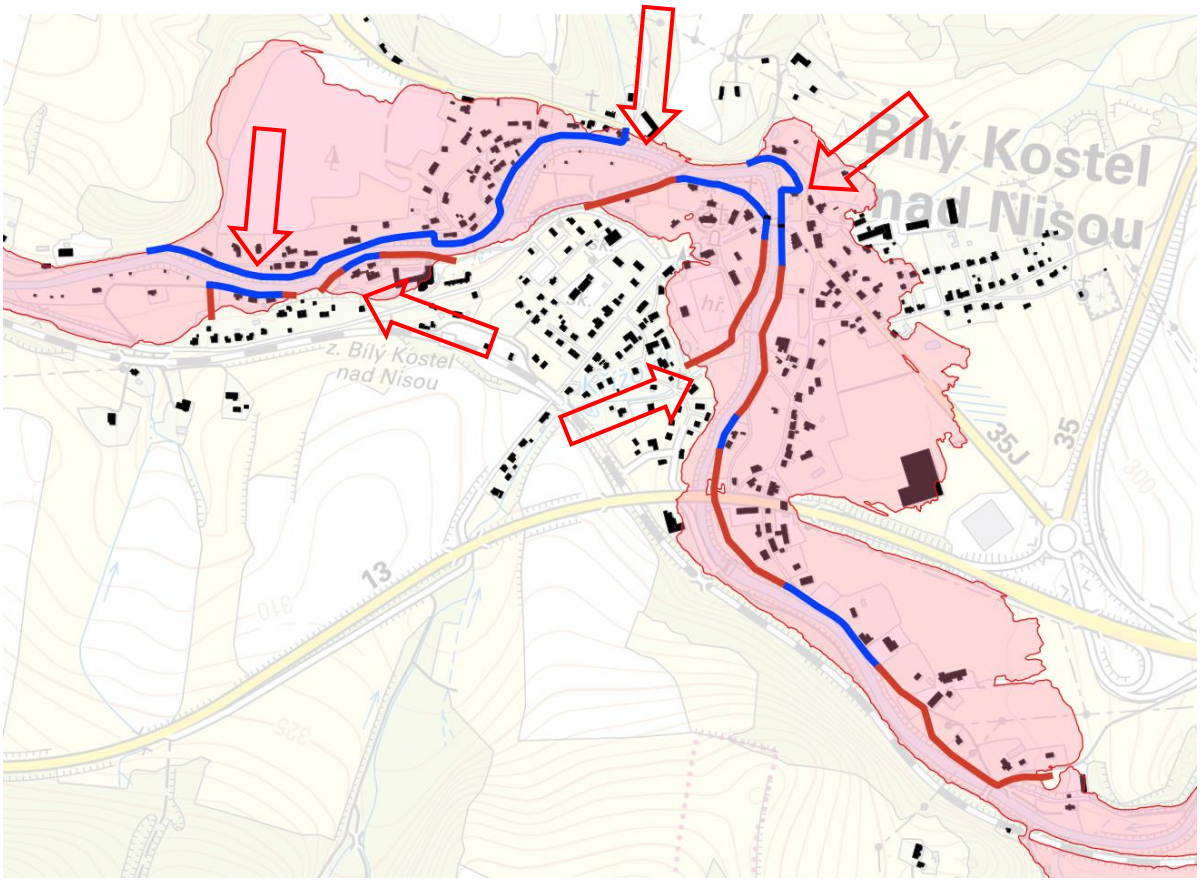
St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-08-01	Zemní hráz	48	1.38	53	2.45
SO-08-02	ŽB zeď	133	1.72	133	2.85
SO-08-03	Zemní hráz	237	1.59	237	2.75
Investiční náklady (mil. Kč)		9,3		17,2	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-08-01	Zemní hráz	43	0.86	51	1.84
SO-08-02	ŽB zeď	133	1.16	133	2.20
SO-08-03	Zemní hráz	231	1.07	257	1.71
Investiční náklady (mil. Kč)		6,0		11,9	



Souhrnná protipovodňová opatření pro **Bílý Kostel nad Nisou** jsou znázorněna na obrázku níže. V dalších kapitolách jsou blíže znázorněna jednotlivá ucelená liniová opatření. Šipky v mapě znázorňují místo přítoku. V dříve provedených dotaznících byly hlášeny problémy s povodněmi od Farského potoka a odvodňovacího kanálu.



Parametr - pro maximální variantu	Q_{20}	Q_{100}
Počet ochráněných domů s č.p.	111	120
Počet obyvatel	333	360
Celkový počet chráněných budov	159	175
Chráněná plocha (km^2)	0,50	0,59

Pozn.: Maximální varianta návrh liniových opatření a retenční nádrž, není uvažován návrh na Q5. Přepočet na počet obyvatel je proveden vynásobením počtu chráněných domů číslem 3, což je průměrný počet osob v domácnosti.

Níže uvedené mapy jsou pro variantu max. rozsahu - Q_{100} - liniová opatření vč. zkapacitnění koryta, bez nádrže.

4.6.9 Bílý Kostel - železniční stanice - pravý břeh

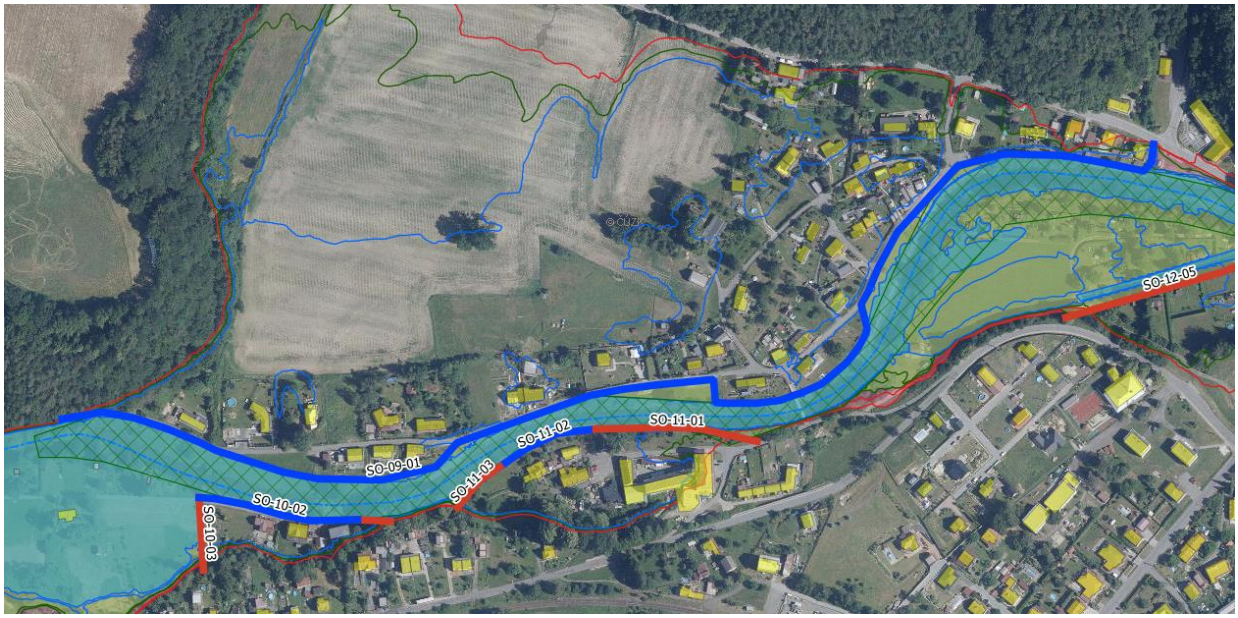
Staničení toku: ř. km 11,165 - 12,165
Břeh: pravý
Obec: Bílý Kostel nad Nisou
Popis území a investic: Po celé délce je navržena ŽB zeď. Toto řešení je zvoleno z prostorových důvodů, kdy je málo prostoru mezi domy a tokem nebo silnicí a tokem. Hrázky by bylo možné navrhnout jen v krátkých úsecích. V některých místech jsou navrženy velmi vysoké zdi. Problematický může být přítok v dolní části opatření (z Borečku), který odvodňuje velmi ploché území a je tak problematické zachytit vody. Mohlo by být navrženo ohrázování za domy severním směrem, které by složilo jako suchá nádrž. Silnice v místě horního přítoku je níže než hladina Q100. Buď by byla ochrana tzv. na Q90, případně by se musela navýšit silnice nebo protáhnout zeď směrem k jezu. V povodí horního přítoku bylo dříve navrženo opatření SO15 (přehrážky, vodní nádrž).

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-09-01	ŽB zeď	1036	1.50	1055	2.73
Investiční náklady (mil. Kč)		50,7		94,1	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-09-01	ŽB zeď	1031	0.97	1045	1.98
Investiční náklady (mil. Kč)		33,3		67,7	



4.6.10 Bílý Kostel - u č.p. 203 - levý břeh

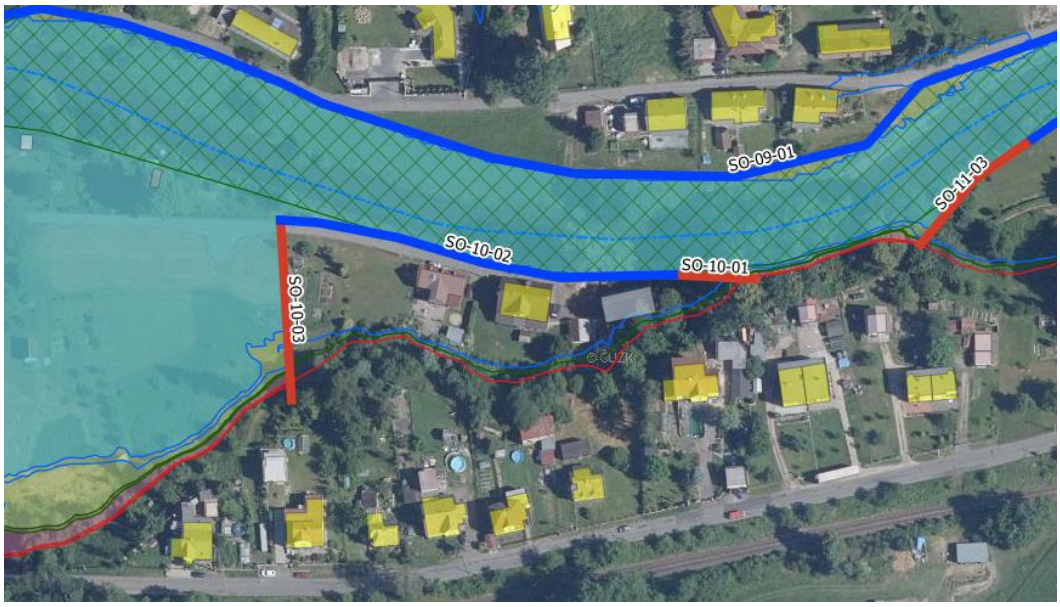
Staničení toku: ř. km 11,280 - 11,440
Břeh: levý
Obec: Bílý Kostel nad Nisou
Popis území a investic: Jedná se o ochranu dvou objektů, který je navržena z důvodu ochrany ve chvíli, kdy na druhém břehu bude realizováno PPO. Zdi by byly navíc velmi vysoké a dále by musel být vyřešen příjezd pomocí nájezdů na hrázku. Mobilní hrazení není navrženo.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-10-01	Zemní hráz	20	0.95	26	1.73
SO-10-02	ŽB zeď	131	1.35	131	2.48
SO-10-03	Zemní hráz	48	1.46	55	2.44
Investiční náklady (mil. Kč)		6,1		11,6	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-10-01	Zemní hráz	13	19	23	1.35
SO-10-02	ŽB zeď	143	131	131	1.89
SO-10-03	Zemní hráz	59	47	52	1.94
Investiční náklady (mil. Kč)		4,9		8,7	



4.6.11 Bílý Kostel - železniční stanice - levý břeh

Staničení toku: ř. km 11,480 - 11,750
Břeh: levý
Obec: Bílý Kostel nad Nisou
Popis území a investic: v dolní části opatření je zaústěn kanál, který vzniká jako přepad před elektrárnou. Je potřeba ověřit jeho funkčnost a případné navazující investice.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-11-01	Zemní hráz	92	1.08	132	2.08
SO-11-02	ŽB zeď	86	1.30	86	2.63
SO-11-03	Zemní hráz	46	1.57	48	2.71
Investiční náklady (mil. Kč)		4,3		9,6	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-11-01	Zemní hráz	86	0.83	118	1.53
SO-11-02	ŽB zeď	86	1.00	86	1.95
SO-11-03	Zemní hráz	45	1.29	47	2.13
Investiční náklady (mil. Kč)		3,2		6,7	

4.6.12 Bílý Kostel - kostel

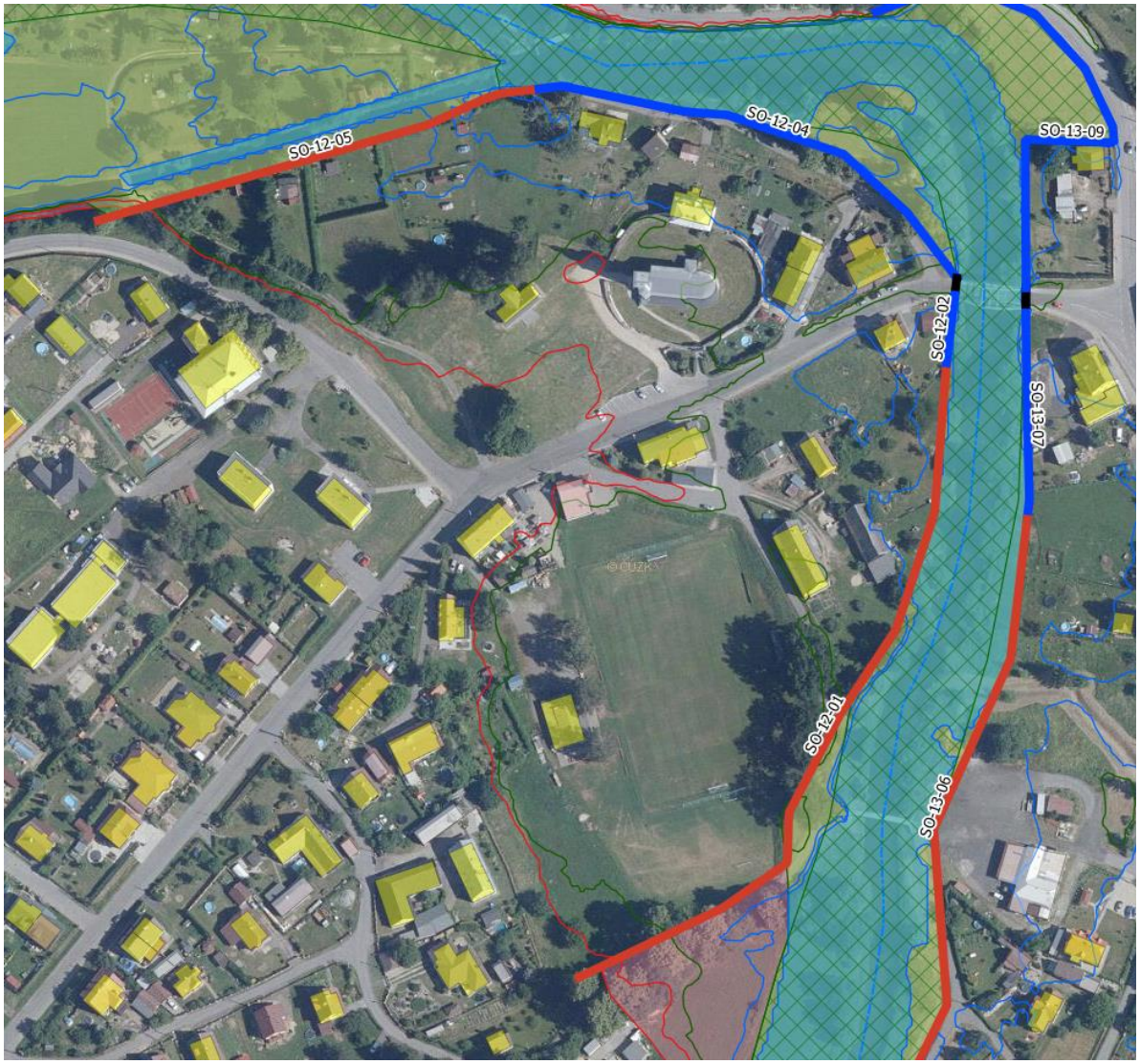
Staničení toku: ř. km 12,100 - 12,870
Břeh: pravý
Obec: Bílý Kostel nad Nisou
Popis území a investic: Navržené opatření chrání část obce s kostelem a vede podél kanálu vedoucího k MVE a v horní části končí u Křížkovského potoka, kde bylo v dřívějším projektu navrženo opatření SO13 (revitalizace, mokřad/tůň, úprava koryta a propustku, 9 vodních nádrží).

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-12-01	Zemní hráz	270	0.91	300	2.40
SO-12-02	ŽB zeď	26	1.27	26	2.92
SO-12-03	Mobilní hraz.	0	0.00	7	0.86
SO-12-04	Zemní hráz	187	1.47	187	2.53
SO-12-05	Zemní hráz	159	0.86	170	2.04
Investiční náklady (mil. Kč)		11,2		23,8	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-12-01	Zemní hráz	144	0.83	293	1.43
SO-12-02	ŽB zeď	25	0.88	26	1.88
SO-12-03	Mobilní hraz.	0	0.00	7	0.29
SO-12-04	Zemní hráz	178	1.11	187	1.84
SO-12-05	Zemní hráz	157	0.39	163	1.28
Investiční náklady (mil. Kč)		7,7		15,3	


SO-12-05
SO-12-04
SO-13-09
SO-12-02
SO-13-07
SO-12-01
SO-13-06

4.6.13 Bílý kostel - koloniál, muzeum a MVE - pravý břeh

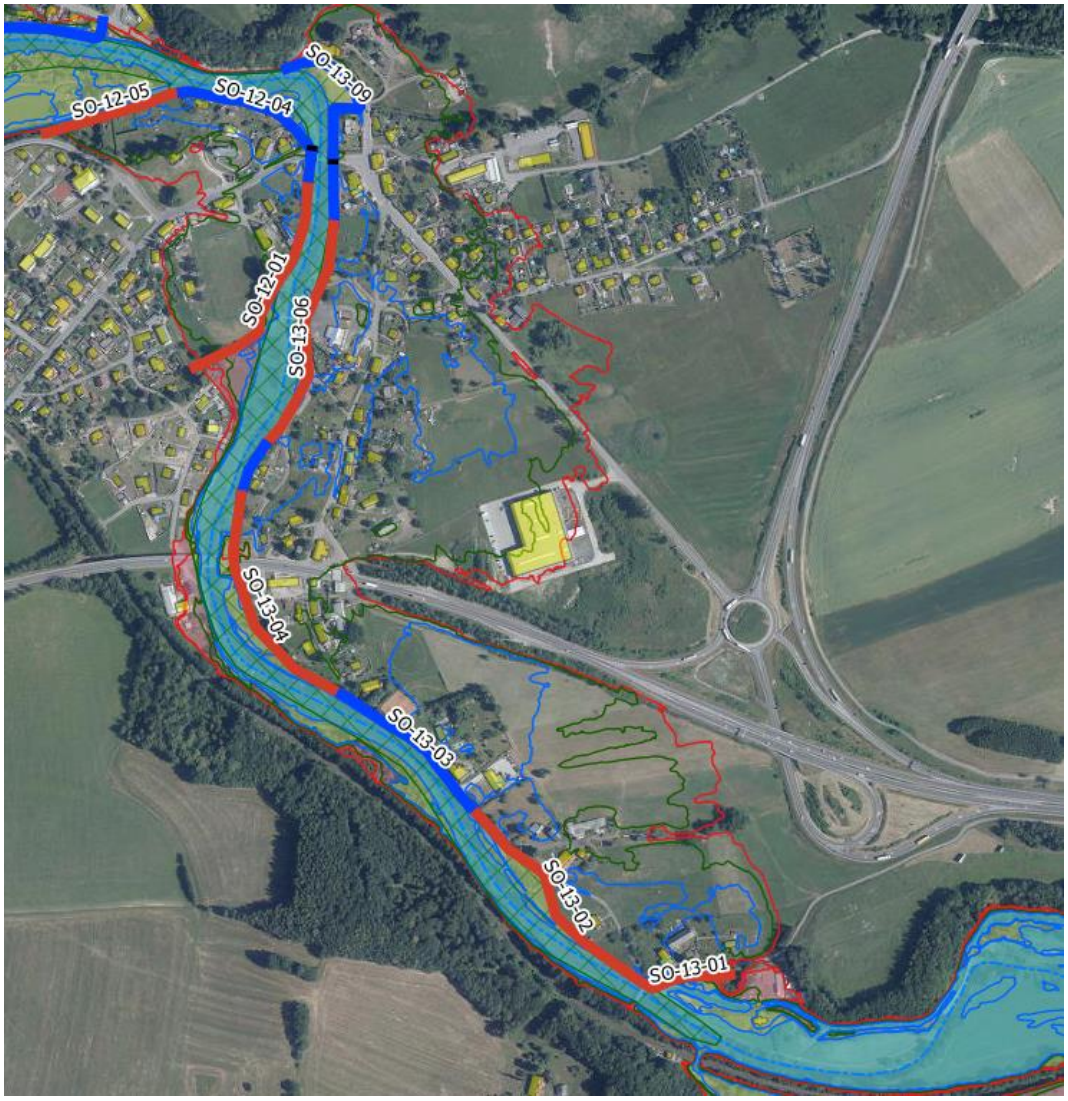
Staničení toku: ř. km 12,410 - 13,970
Břeh: pravý
Obec: Bílý Kostel nad Nisou
Popis území a investic: Jedná se území, kde je místy dost prostoru mezi tokem a zástavbou, takže je možné liniová opatření odsadit. Podstatnou investicí bude zaústění Farského potoka, které je možné řešit zatrubněním, ohrázováním, stavbou zdí (zejména u mostu) nebo posunutím koryta dále od zástavby. Jedná se o úsek délky až 150 m. Možná je i kombinace těchto opatření v součinnosti s opatřením SO14 (nádrž, přehrážka, mokřad/tůň). Dojde k úpravám delších částí cyklostezky - celkem cca 500 m (umístění na hráz). U Křížkovského potoka by měla být nadzvednuta rozšířena lávka z důvodu rozšíření koryta. V horní části v místě zaústění odtoku z MVE bude potřeba navýšit cyklostezku na úroveň mostovky, aby nebylo potřeba požít mobilní hrazení u mostu.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

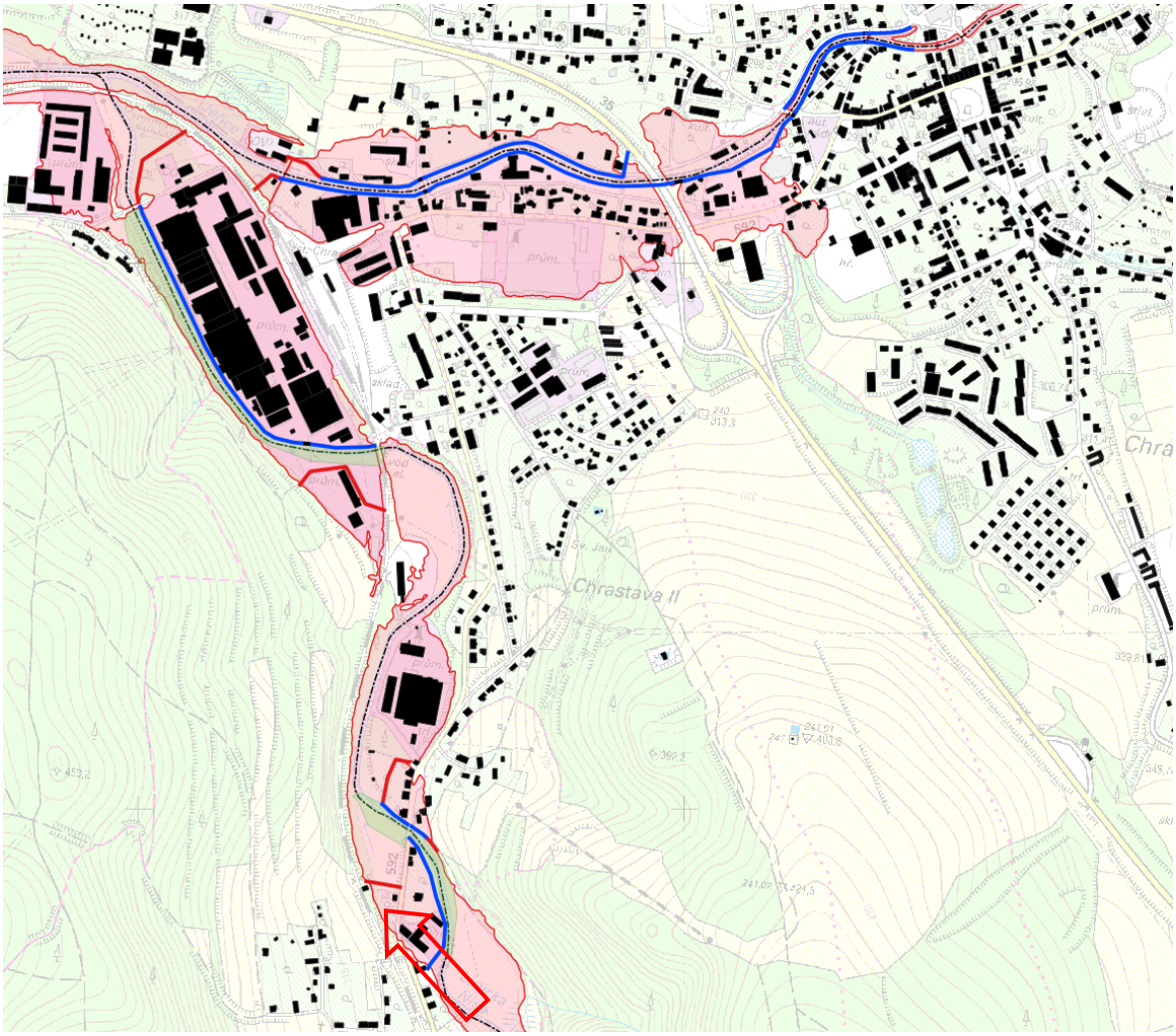
St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-13-01	Zemní hráz	55	0.69	108	1.55
SO-13-02	Zemní hráz	301	1.13	302	2.17
SO-13-03	ŽB zeď	230	0.52	230	1.64
SO-13-04	Zemní hráz	310	0.73	310	1.97
SO-13-05	ŽB zeď	70	1.83	70	3.24
SO-13-06	Zemní hráz	300	1.57	300	3.10
SO-13-07	ŽB zeď	84	1.55	84	3.23
SO-13-08	Mobilní hraz.	0	0.00	7	1.43
SO-13-09	ŽB zeď	187	1.32	216	2.28
Investiční náklady (mil. Kč)		26,0		58,3	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-13-01	Zemní hráz	35	0.37	89	0.88
SO-13-02	Zemní hráz	276	0.72	302	1.54
SO-13-03	ŽB zeď	94	0.29	230	0.96
SO-13-04	Zemní hráz	52	1.29	310	1.20
SO-13-05	ŽB zeď	70	1.30	70	2.37
SO-13-06	Zemní hráz	300	1.01	300	2.16
SO-13-07	ŽB zeď	84	1.07	84	2.17
SO-13-08	Mobilní hraz.	0	0.00	7	0.29
SO-13-09	ŽB zeď	177	0.00	204	1.63
Investiční náklady (mil. Kč)		11,7		30,5	


SO-12-05
SO-12-04
SO-13-09
SO-12-01
SO-13-06
SO-13-04
SO-13-03
SO-13-02
SO-13-01

Souhrnná protipovodňová opatření pro **Chrastavu** jsou znázorněna na obrázku níže. V dalších kapitolách jsou blíže znázorněna jednotlivá ucelená liniová opatření. Šipky v mapě znázorňují místo přítoku. V dříve provedených dotaznících byly hlášeny problémy s povodněmi podél Lužické Nisy, Jeřice a Vítkovského potoka. Návrh protipovodňových opatření v Chrastavě vychází ze studie „Chrastava - řešení PPO zástavby podél Lužické Nisy a Jeřice, studie proveditelnosti“. Ochrana byla prodloužena nad autobusové nádraží k Vítkovskému potoku. Protipovodňová ochrana objektů v místě elektrárny v Chrastavě poblíž Hamrštejnu byla navržena v rámci dřívějšího projektu „Koncepce protipovodňové ochrany Města Liberec“ zpracovaném VRV a.s. v roce 2019.



Parametr - pro maximální variantu	Q_{20}	Q_{100}
Počet ochráněných domů s č.p.	74	128
Počet obyvatel	222	384
Celkový počet chráněných budov	148	220
Chráněná plocha (km^2)	0,25	0,35

Pozn.: Maximální varianta návrh liniových opatření a retenční nádrž, není uvažován návrh na Q5. Přepočet na počet obyvatel je proveden vynásobením počtu chráněných domů číslem 3, což je prům. počet osob v domácnosti.

Níže uvedené mapy jsou pro variantu max. rozsahu - Q_{100} - liniová opatření vč. zkapacitnění koryta, bez nádrže.

4.6.14 Chrastava - průmysl

Staničení toku: ř. km 15,000 - 15,875
Břeh: pravý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Podstatné je zejména ochránění průmyslového areálu, které je sice obehnáno plotem z ŽB panelů, ale neplní funkci PPO. Je zde navrženo rozšíření koryta. Vzhledem ke svahu na levém břehu je ale toto rozšíření nedostatečné. Proto je navržena ŽB zeď doplněná o mobilní hrazení u mostu do PELY. Možnost levnější hrázky a příjezd do areálu z druhé strany směrem od železnice by vyžadovalo stavební úpravy skladů.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-14-01	ŽB zeď	121	1.42	122	2.48
SO-14-02	Mobilní hraz.	6	1.17	6	2.33
SO-14-03	ŽB zeď	555	0.99	556	2.12
SO-14-04	Zemní hráz	172	0.99	175	1.99
Investiční náklady (mil. Kč)		24,4		50,4	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-14-01	ŽB zeď	120	0.68	121	1.53
SO-14-02	Mobilní hraz.	6	0.50	6	1.33
SO-14-03	ŽB zeď	202	0.50	555	1.14
SO-14-04	Zemní hráz	170	0.43	173	1.25
Investiční náklady (mil. Kč)		8,5		27,7	

4.6.15 Chrastava - PELA

Staničení toku: ř. km 15,720 - 15,845
Břeh: levý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Je navržena hrázka, na kterou bude potřeba zřídit nájezdy, aby byl umožněn příjezd od/k mostu. Most bude potřeba rozšířit, ale vzhledem ke konstrukci spíše pořídit nový, delší.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-15-01	Zemní hráz	204	0.75	208	1.88
Investiční náklady (mil. Kč)		0,4		1,8	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-15-01	Zemní hráz	0	0.00	204	0.86
Investiční náklady (mil. Kč)		0,0		0,5	

4.6.16 Andělská Hora - u mostu - pravý břeh

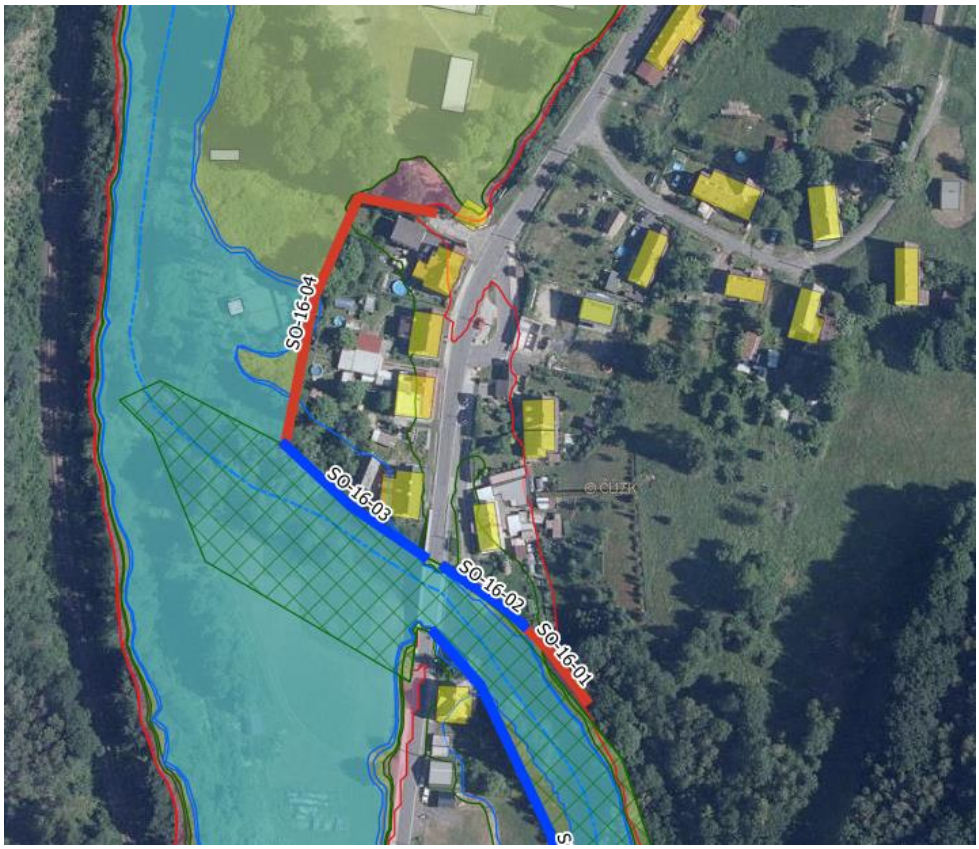
Staničení toku: ř. km 16,690 - 16,900
Břeh: pravý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Jedná se o ochranu domů, které jsou velmi blízko mostu a toku. Je navržena vysoká ŽB zeď. V případě potřeby je možné provést ohrázování i podél níže umístěného průmyslového areálu. Nad mostem bude potřeba zajistit přístup na pozemky, které jsou obsluhovány polní cestou (umístit na hráz SO-16-01 a násyp k navržené zdi SO-16-02.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-16-01	Zemní hráz	11	0.91	32	1.03
SO-16-02	ŽB zeď	31	0.84	32	1.78
SO-16-03	ŽB zeď	57	1.75	58	2.64
SO-16-04	Zemní hráz	81	1.07	111	1.69
Investiční náklady (mil. Kč)		4,5		7,8	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-16-01	Zemní hráz	8	0.38	12	0.92
SO-16-02	ŽB zeď	26	0.31	32	0.91
SO-16-03	ŽB zeď	55	1.16	56	1.88
SO-16-04	Zemní hráz	58	0.64	95	1.03
Investiční náklady (mil. Kč)		2,8		4,8	



4.6.17 Andělská Hora - pod mostem - levý břeh

Staničení toku: ř. km 16,760 - 16,720
Břeh: levý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Je chráněn jeden dům. Náhon z elektrárny vedle domu je částečně zasypán. Je potřeba ověřit, zda nebude elektrárna v budoucnu zprovozněna. V takovém případě by náhon musel být zatrubněn nebo dům ohrázovat i ze západní strany.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-17-01	Zemní hráz	56	1.43	64	2.13
Investiční náklady (mil. Kč)		0,3		0,7	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-17-01	Zemní hráz	53	0.87	61	1.41
Investiční náklady (mil. Kč)		0,1		0,3	

4.6.18 Andělská Hora - nad mostem - levý břeh

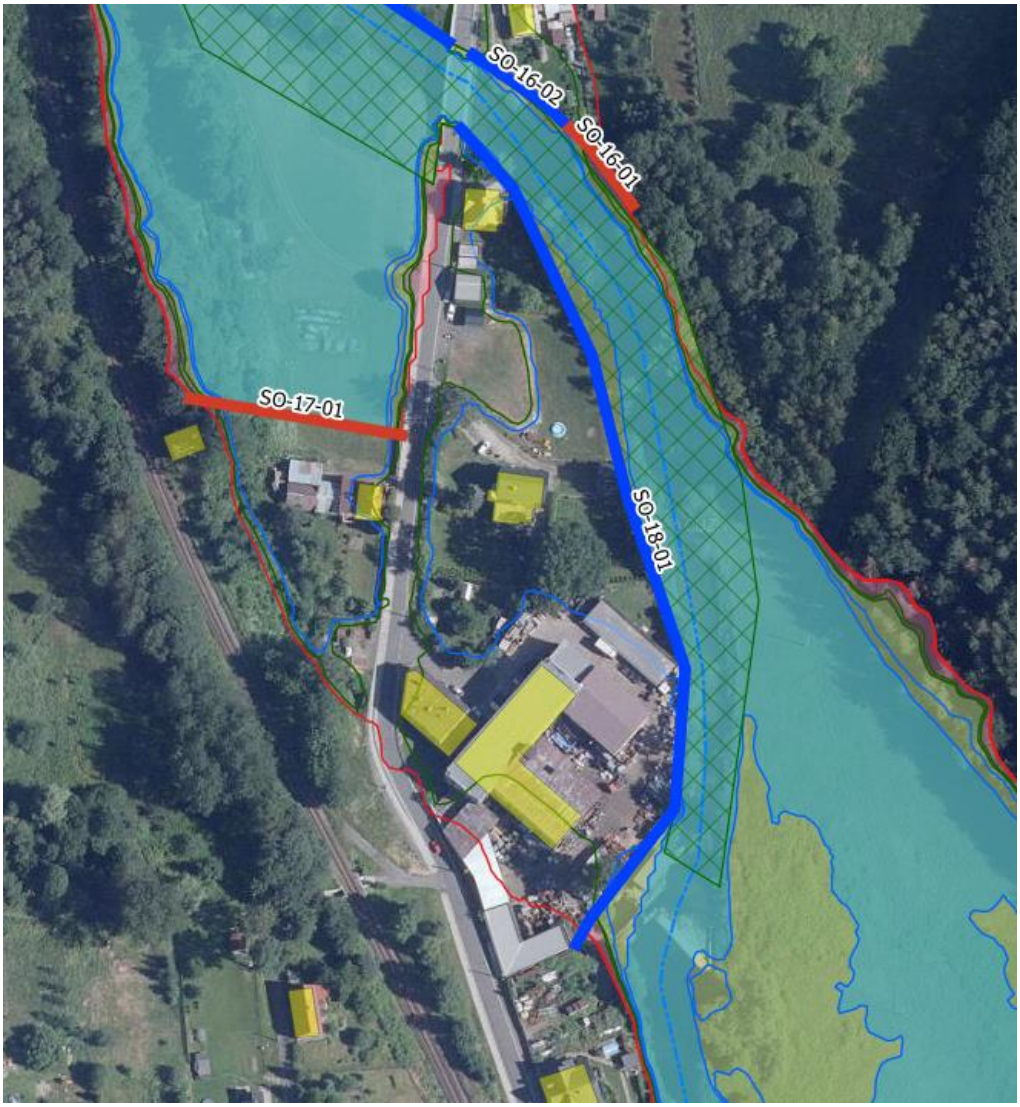
Staničení toku: ř. km 16,765 - 17,050
Břeh: levý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Je chráněn prostor mezi mostem a jezem. Část opatření by bylo možné realizovat hrází.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-18-01	ŽB zeď	254	1.51	265	2.62
Investiční náklady (mil. Kč)		12,6		22,7	

Návrhové parametry varianty liniových opatření s nádrží (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-18-01	ŽB zeď	233	0.85	254	1.63
Investiční náklady (mil. Kč)		7,1		13,5	



4.6.19 Chrastava - Jeřice - levý břeh

Staničení toku:	ř. km 0,350 - 1,678
Břeh:	levý
Obec:	Opatření začíná na úrovni čistírny odpadních vod. V případě nerealizace opatření na Lužické Nise doplnit mobilní hrazení do železničního viaduktu. Jsou navrženy převážně ŽB zdi, které se umístí většinou za stávající nábřežní zdi. Je nutné ověřit jejich stav statikem. Jsou navrženy mobilní prvky hrazení, ale bez současného vybudování ochranných nádrží v povodí je pravděpodobné, že se je nepodaří včas před povodní postavit. V úseku se nachází dvě lávky, které je možné za povodní zvednout. Je ke zvážení, zda lávky nezvednout stále a vytvořit k nim odpovídající zvýšené nájezdy. V horní části opatření je do Jeřice zaústěn Jílový potok, který je v posledním úseku zatrubněn. Je potřeba udělat pasport zatrubnění a zvážit případnou PPO u na tomto potoku v jeho otevřené části.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže i s nádrží jsou shodné - vliv nádrže nedosahuje na Jeřici (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-19-01	ŽB zeď	64	0.59	81	1.57
SO-19-02	Mobilní hraz.	2	1.00	2	2.50
SO-19-03	ŽB zeď	193	1.13	199	2.15
SO-19-04	ŽB zeď	188	1.08	250	1.76
SO-19-05	Mobilní hraz.	0	0.00	11	1.45
SO-19-06	ŽB zeď	483	2.61	483	3.64
SO-19-07	Mobilní hraz.	7	2.29	7	2.71
SO-19-08	ŽB zeď	269	1.20	269	2.06
SO-19-09	Zemní hráz	32	0.78	53	1.08
Investiční náklady (mil. Kč)		67,5		108,9	

4.6.20 Chrastava - Jeřice - pravý břeh - od ČOV po silnici I. třídy

Staničení toku: ř. km 0,370 - 1,030
Břeh: pravý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Chráněný úsek se nachází u ČOV a končí poblíž silniční estakády, do jejíhož břehu je zavázána. Navržné zdi jsou místy velmi vysoké. To je potřeba ověřit geodetickým zaměřením, neboť DMR není na hraně toku tak přesný. Křížení s cyklostezkou je navrženo na obou koncích a bude realizováno nájezdy. V horní části je možné, že bude potřeba potřeba zeď posunout blíže k estakádě a vytvořit přes ní nájezdy nebo zvolit variantu opevněné hrázky. Ochrana v úseku od mostu silnice I. třídy po autobusové nádraží na pravém břehu Jeřice není navrhována, protože by byla vzhledem ke své výšce nákladná, zahrnovala mobilní prvky a ochraňovala by pouze areál chovatelů. V dřívějším projektu byla ochrana navržena. Je ke zvážení, zda lávky nezvednout stále a vytvořit k nim odpovídající zvýšené nájezdy. Během návrhu je potřeba počítat s blízkostí vzrostlých stromů.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže i s nádrží jsou shodné - vliv nádrže nedosahuje na Jeřici (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-20-01	ŽB zeď	421	2.10	424	3.05
SO-20-02	Mobilní hraz.	7	2.43	7	2.86
SO-20-03	ŽB zeď	128	0.90	184	1.48
SO-20-04	Zemní hráz	56	0.54	78	1.26
Investiční náklady (mil. Kč)		33,2		51,9	

4.6.21 Chrastava - Jeřice - pravý břeh - autobusové nádraží

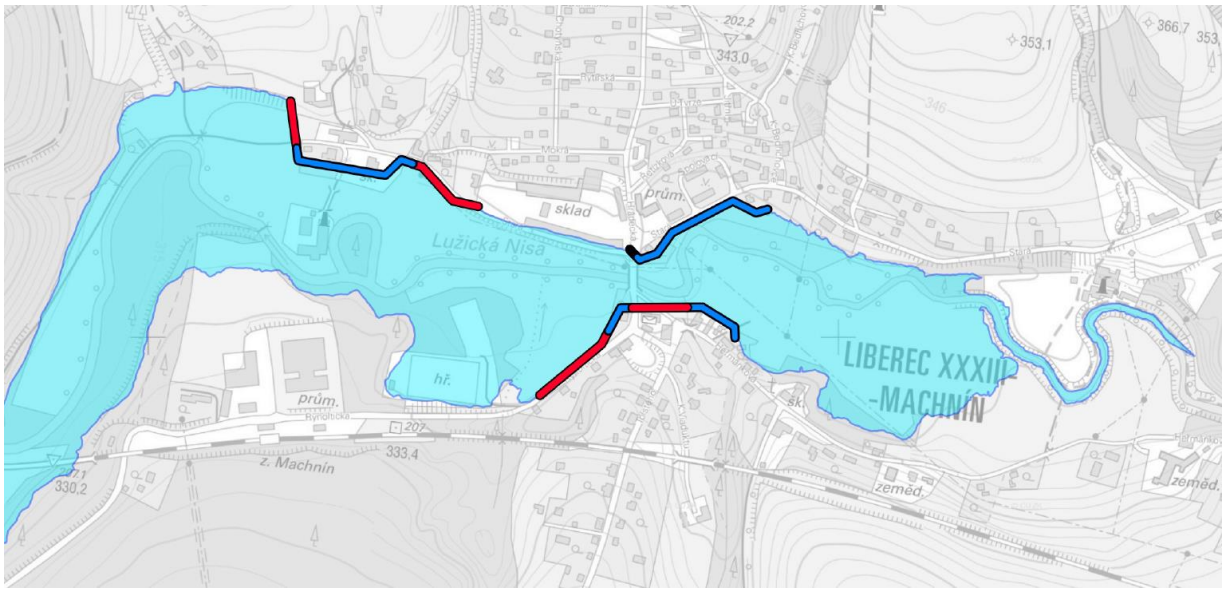
Staničení toku: ř. km 1,380 - 1,678
Břeh: pravý
Obec: Chrastava
Popis území a investic: Ochrana je navržena z důvodu stavby PPO na levém břehu a vyvolaným zvýšením hladiny v toku. Horní část ŽB zdi kopíruje přítok Jeřice, Vítkovský potok.

Návrhové parametry varianty liniových opatření bez nádrže i s nádrží jsou shodné - vliv nádrže nedosahuje na Jeřici (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka Q_{20} (m)	Průměrná výška Q_{20} (m)	Délka Q_{100} (m)	Průměrná výška Q_{100} (m)
SO-21-01	ŽB zeď	0	0.00	78	1.17
SO-21-02	Mobilní hraz.	0	0.00	2	1.50
SO-21-03	ŽB zeď	88	0.82	217	1.47
Investiční náklady (mil. Kč)		2,6		13,5	

SO-21-01
SO-19-01
SO-21-03
SO-19-03

Souhrnná protipovodňová opatření pro **Machnín** jsou znázorněna na obrázku níže. Jedná se o vyvolaná opatření na ochranu před hladinou v retenční nádrži, která je navržena na kótu 320 m n.m. Dříve navržená opatření PPO ze studie zpracované pro Liberec a nejbližší okolí tímto nemají význam. V dalších kapitolách jsou blíže znázorněna jednotlivá ucelená liniová opatření.



4.6.22 Machnín - Lužická Nisa - pravý břeh - mateřská škola

Staničení toku:	ř. km 2,900 - 3,200
Břeh:	pravý
Obec:	Machnín
Popis území a investic:	Jedná se o návrh velmi vysokých zdí. Alternativně se nabízí výkup dotčených nemovitostí.

Návrhové parametry varianty liniových opatření v nádrži (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka (m)	Průměrná výška (m)
SO-22-01	Zemní hráz	118	2.31
SO-22-02	ŽB zeď	196	3.41
SO-22-03	Zemní hráz	67	3.48
Investiční náklady (mil. Kč)		25,1	

4.6.23 Machnín - Lužická Nisa - levý břeh

Staničení toku: ř. km 3,300 - 3,700
Břeh: levý
Obec: Machnín
Popis území a investic: Jsou navržena opatření poblíž mostu. Přes silnici je sice navržena hrázka, ale jedná se spíše o navýšená silnice v místě nájezdu na most. Není navrženo postavit most na vyšší úroveň hladiny, neboť je možné se do jižní části machnína dostat přes Liberec nebo Chrastavau.

Návrhové parametry varianty liniových opatření v nádrži (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka (m)	Průměrná výška (m)
SO-23-01	ŽB zeď	92	1.66
SO-23-02	Zemní hráz	80	1.16
SO-23-03	ŽB zeď	55	1.95
SO-23-04	Zemní hráz	136	0.53
Investiční náklady (mil. Kč)		9,0	

4.6.24 Machnín - Lužická Nisa - pravý břeh – u mostu

Staničení toku: ř. km 3,400 - 3,700
Břeh: pravý
Obec: Machnín
Popis území a investic: Je ochráněna silnice a domy podél ní. Objekt v blízkosti mostu se nachází také v blízkosti Nisy, a tak je možné jej ochránit pouze vysokými zdmi. Mobilní hrazení je možné nahradit úpravou nivelety silnice u most, resp. jeho navýšením.

Návrhové parametry varianty liniových opatření v nádrži (číslování stavebních objektů je ve směru toku):

St. objekt	Typ	Délka (m)	Průměrná výška (m)
SO-24-01	ŽB zeď	209	1.48
SO-24-02	Mobilní hraz.	16	1.00
Investiční náklady (mil. Kč)		10,4	

SO-24-01

5 Stanovení potenciálních povodňových škod

Potenciální povodňové škody byly stanoveny podle Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (kapitola 5.2 Povodňové riziko – kvantitativní vyjádření (potenciální škody) uveřejněné ve Věstníku Ministerstva životního prostředí z května 2011.

5.1 Příprava vstupních dat

Pro účely stanovení rozsahu vyhodnocení škod byla stanovena záplavová území na Lužické Nise a Jeřici v řešeném úseku, a to pro současný stav, tak pro tři návrhové stavy. Rovněž byly stanoveny mapy hloubek pro účely stanovení výše škod. /zemí bylo dále rozděleno na jednotlivé obce. Další podklady, používanými pro stanovení škod je Registr sčítacích obvodů (RSO). Ke stanovení druhu povrchu slouží data ZABAGED.

5.2 Princip výpočtu povodňových škod

5.2.1 Principy stanovení přímých potenciálních škod

Přímé potenciální povodňové škody se stanovují postupem založeným na aplikaci ztrátových křivek (ZK). Konstrukce ztrátových křivek (Broža, 2006; Horský, 2008; Satrapa, 1999) vycházejí z pořizovacích cen jednotlivých posuzovaných kategorií objektů a dále z detailního rozboru působení záplavy na jednotlivé kategorie objektů a dílčí části jejich konstrukcí. Každá ztrátová křivka je vyjádřena v určitém intervalu hodnot potenciálního poškození. Horní a dolní mez škody je použita z důvodu různých možností uplatnění poruch dílčích částí konstrukce na výsledné škodě. Skutečná škoda, vyjadřující náklady na uvedení stavby do původního provozuschopného stavu, se pohybuje uvnitř uvedeného intervalu. Pořizovací ceny jsou odvozeny z cenových ukazatelů ve stavebnictví, které jsou zpracovávány firmou ÚRS pro jednotlivé kategorie podle Jednotné klasifikace stavebních objektů (JKSO). Pro vyčíslení potenciálních povodňových škod metodou ztrátových křivek se využívá následující vztah:

$$D_{ik} = E_{ik} \cdot C_k \cdot L_k$$

kde

i index objektu v dané kategorii objektů,

k index jednotlivých hodnocených kategorií,

E množství či velikost zasaženého objektu dle kategorie [ks], [m], [m^2], nebo [m^3],

C jednotková cena měrné jednotky dle hodnocené kategorie [Kč/ks], [Kč/m], [Kč/m^2], nebo [Kč/m^3]

L ztráta pro jednotlivé kategorie vyjádřená v závislosti na zaplavení či hloubce zaplavení [%],

D škoda daného objektu a kategorie [Kč].

Základní princip výpočtu pro jednotlivé kategorie škod je stále stejný, liší se pouze v měrných jednotkách a cenách jednotlivých kategorii objektů. Jsou užívány délkové jednotky [m], jednotky obestavěného prostoru [m^3] a plošné jednotky [m^2]. U stavebních objektů závisí ztráta na hloubce zaplavení, u kategorií jako jsou inženýrské sítě, dopravní infrastruktura, zemědělství závislost na hloubce zaplavení není.

Škody na objektech D_k se sčítají pro jednotlivé kategorie dle vztahu:

$$\mathrm{D_k} = \sum_i \mathrm{D_{ik}}$$

Celková škoda *D* v hodnoceném území se sčítá přes jednotlivé kategorie škod (aktivit) pro dané *QN*, tedy scénář nebezpečí.

$$\mathrm{D_N} = \sum_k \mathrm{D_k}\ \mathrm{D_N} = \sum_{ik} \mathrm{D_k}$$

Výběr objektů pro hodnocení ztrát se provádí pomocí průniku vybraných vrstev modelu ZABAGED a rozlivů pro jednotlivé doby opakování Q_N. Pro výpočet škod byly použity rozlivy Q_5, Q_{20}, a Q_{100}.

5.2.2 Analytická metoda výpočtu povodňového rizika

Výpočet povodňového rizika byl převzat z Metodiky pro posuzování protipovodňových opatření navržených do II. etapy programu „Prevence před povodněmi“ (r. 2007-2012 - Čihák, Satrapa, Fošumpaur). Analytický postup vychází ze znalosti rozdělení pravděpodobnosti ročních kulminačních průtoků. Toto rozdělení pravděpodobnosti lze odvodit přímo z čáry N-letých průtoků. Pro průměrné povodňové riziko na jeden rok platí:

$$R = E(D) = \int_{Qa}^{Qb} D(Q).f(Q)dQ$$

kde R = E(D) je průměrné povodňové riziko na jeden rok [Kč],
D(Q) je výše škody při průtoku Q [Kč],
Q je průtok [$m^3.s^{-1}$],
f(Q) je hustota pravděpodobnosti ročních kulminačních průtoků [-],
Q_a, resp. Q_b je průtok, při kterém právě začínají vznikat škody, resp. průtok, při kterém je pravděpodobnost škod již blízká nule [$m^3.s^{-1}$].

Výše uvedený vztah lze tudíž zapsat jako:

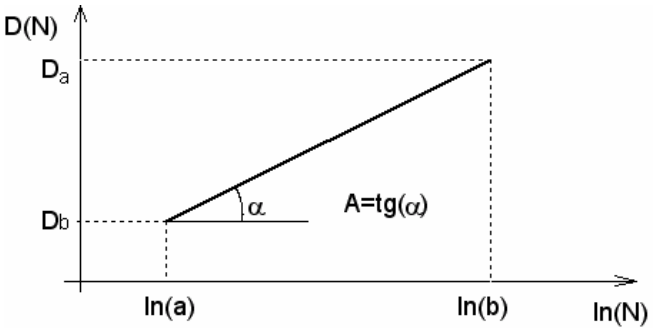
$$R = \int_{Q_a}^{Q_b} D(Q).dF(Q) = -\int_{Q_a}^{Q_b} D(Q).dP(Q) = -\int_{a}^{b} D(N).d\frac{1}{N}$$

Dále se vychází z předpokladu lineární závislosti mezi výší škod a logaritmem doby opakování:

$$D(N) = D_a + A(\ln N - \ln a)$$

Kde

$$A = (D_b - D_a)/(\ln b - \ln a)$$

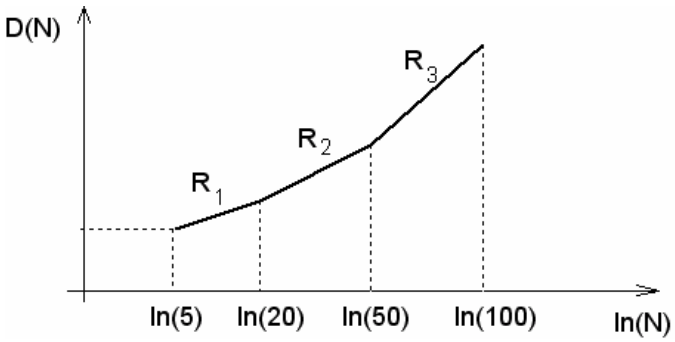


Za tohoto předpokladu je povodňové riziko:

$$R = -\int_{a}^{b} (D_a - A\ln a + A\ln N)\mathrm{d}\frac{1}{N} =$$

$$= -\frac{1}{b}\left[D_a + A(1 + \ln b - \ln a)\right] + \frac{1}{a}(D_a + A)$$

Pro stanovení povodňového rizika na základě povodňových škod pro povodně Q_5, Q_{20}, Q_{50} a Q_{100}, lze řešení zpřesnit linearizací po úsecích podle následujícího obrázku.



Potom se povodňové riziko určí pro každý interval zvlášť. Celkové povodňové riziko je pak dáno součtem rizik v jednotlivých intervalech:

$$R = \sum_{i=1}^{3} R_i \qquad [\text{Kč/rok}]$$

Výpočet současné hodnoty rizika

Pro výpočet současné hodnoty rizika (kapitalizované riziko) je použit diskontní přístup. Výpočet kapitalizovaného rizika je ovlivněn velikostí diskontní sazby. Na základě vývoje diskontní sazby v ČR podle informací ČNB a vzhledem k dalšímu předpokládanému vývoji je uvažována jednotná hodnota diskontní sazby ve výši 3%. Současná hodnota rizika vychází ze vztahu pro výpočet věčné renty:

$$R_s = \frac{R}{DS}$$

kde R_s současná hodnota rizika [Kč]
R průměrné povodňové riziko na rok [Kč]
DS roční diskontní sazba v desetinném tvaru [-]

Poměrový ukazatel efektivnosti PPO

Poměrový ukazatel vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost investice. Ukazatel vyjadřuje poměr, kdy v čitateli je redukce současné hodnoty rizika vlivem realizace PPO a ve jmenovateli je hodnota celkových nákladů na PPO:

$$PU = \frac{R_s(\text{bez PPO}) - R_s(\text{po realizaci PPO})}{I}$$

kde R_s (bez PPO) současná hodnota kapitalizovaného rizika před realizací PPO [Kč]
R_s (po realizaci PPO) hodnota kapitalizovaného rizika po realizaci PPO [Kč]
I celkové náklady na realizaci PPO [Kč]

Ukazatel *PU* vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost opatření pomocí bezrozměrné veličiny, která udává, o kolik bude sníženo současné riziko jednou korunou investice. V případě, že *PU* nabývá hodnot větších než 1, jde z dlouhodobého hlediska o rentabilní investici a naopak.

Doba návratnosti

Tento ukazatel slouží pro orientační vyčíslení ekonomické efektivnosti PPO pomocí doby návratnosti. Porovnání doby návratnosti jednotlivých PPO s mezními únosnými hodnotami podle tuzemských a zahraničních zkušeností poskytne další nástroj pro objektivní posouzení akcí v mezinárodním kontextu. Hodnota doby návratnosti je dána podle vztahu:

$$DN = \frac{I}{R(\text{bez PPO}) - R(\text{po realizaci PPO})}$$

kde I celkové náklady na realizaci PPO [Kč]
R (bez PPO) současná hodnota rizika před realizací PPO [Kč]
R (po realizaci PPO) hodnota rizika po realizaci PPO [Kč]

Na následujícím obrázku je uveden příklad podrobnosti výčtu jednotlivých škod pro konkrétní území a jednotlivé návrhové průtoky.

typ škody	parametr	SOUČASNÝ STAV			NÁVRHOVÝ STAV		
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
budovy	budovy (m^2)	25,124	107,529	136,908	60,903	101,099	129,272
	počet budov	81	430	566	49	110	181
	škody (Kč)	**20,591,323**	**114,840,605**	**213,514,626**	**55,743,527**	**140,295,951**	**243,480,919**
vybavení budov	vybavení budov (m^2)	371	23,369	57,789	1,279	3,750	13,440
	škody (Kč)	**660,467**	**41,631,133**	**102,950,332**	**2,277,792**	**6,680,544**	**23,942,653**
sportovní plochy	sportovní plochy (m^2)	0	0	26	0	0	0
	škody (Kč)	**0**	**0**	**4,097**	**0**	**0**	**0**
pozemní komunikace	silnice, dálnice (m^2)	2,814	14,095	26,241	3,478	8,147	18,439
	ulice (m^2)	17,851	63,398	92,346	7,791	19,677	41,352
	cesta (m^2)	5,662	9,967	12,422	1,216	3,722	4,468
	parkoviště (m^2)	978	1,398	1,398	0	0	864
	železnice (m^2)	0	0	0	85	88	91
	škody (Kč)	**2,675,915**	**8,708,085**	**12,975,756**	**1,288,281**	**3,158,169**	**6,451,398**
inženýrské sítě	inženýrské sítě (m)	4,400	12,657	18,308	1,812	4,603	8,593
	škody (Kč)	**969,335**	**2,788,262**	**4,033,207**	**399,222**	**1,013,963**	**1,893,116**
mosty	mosty, lávky (m^2)	1,066	1,168	1,246	2,156	3,151	4,566
	škody (Kč)	**3,353,324**	**8,414,762**	**15,698,782**	**12,545,680**	**16,607,087**	**28,144,459**
zemědělství	zemědělství (ha)	18.8	49.5	64.3	3.4	7.0	11.2
	škody (Kč)	**266,064**	**700,893**	**909,648**	**47,671**	**98,435**	**158,056**
průmysl	plocha budov (m^2)	5,589	37,023	42,788	35,561	65,720	77,546
	škody (Kč)	**18,886,327**	**125,101,208**	**144,580,792**	**120,159,032**	**222,067,927**	**262,026,449**
celkové škody	(Kč)	47,402,755	302,184,947	494,667,239	192,461,206	389,922,077	566,097,050
celkové škody	(mil. Kč)	47.40	302.18	494.67	192.46	389.92	566.10
roční riziko dle N letosti	(mil. Kč/rok)	6.04	21.94	14.95	24.52	40.36	18.21
průměrné roční riziko	(mil. Kč/rok)	47.38			87.91		
diskontní sazba	%	3.0			3.0		
kapitalizované riziko	(mil. Kč)	1,579.2			2,930.3		

5.3 Penalizace za oříznutý objem

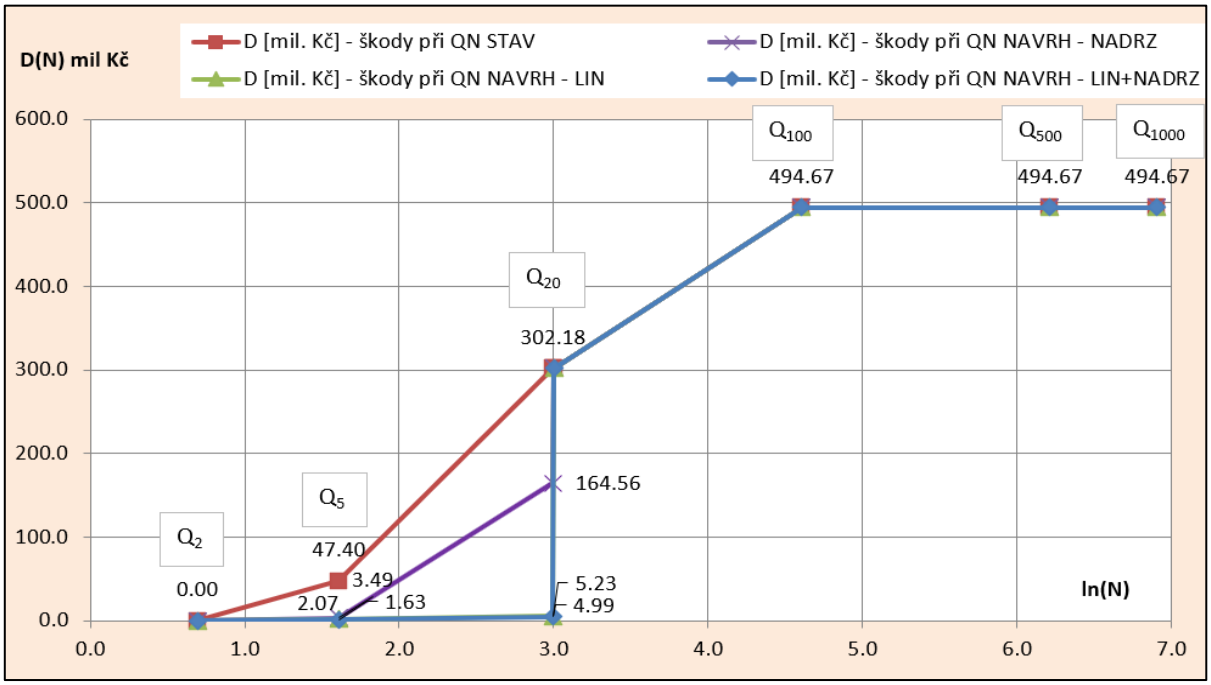
V rámci dotačního titulu „Prevence před povodněmi III“ je přihlíženo k objemu vody, který je oříznut při návrhovým průtoku navrhovaným protipovodňovým opatřením. Jedná se o objem vody, který by se bez navržených PPO rozlil do inundačního území. K této penalizaci je přistoupeno pouze v případě, když není součástí navrhovaných opatření i opatření k zadržení alespoň tohoto objemu formou retence v povodí (suché či polosuché nádrže). Objem vody z map hloubek je vypočten pro návrhový průtokový scénář Q_{100}.

5.4 Vyhodnocení škod

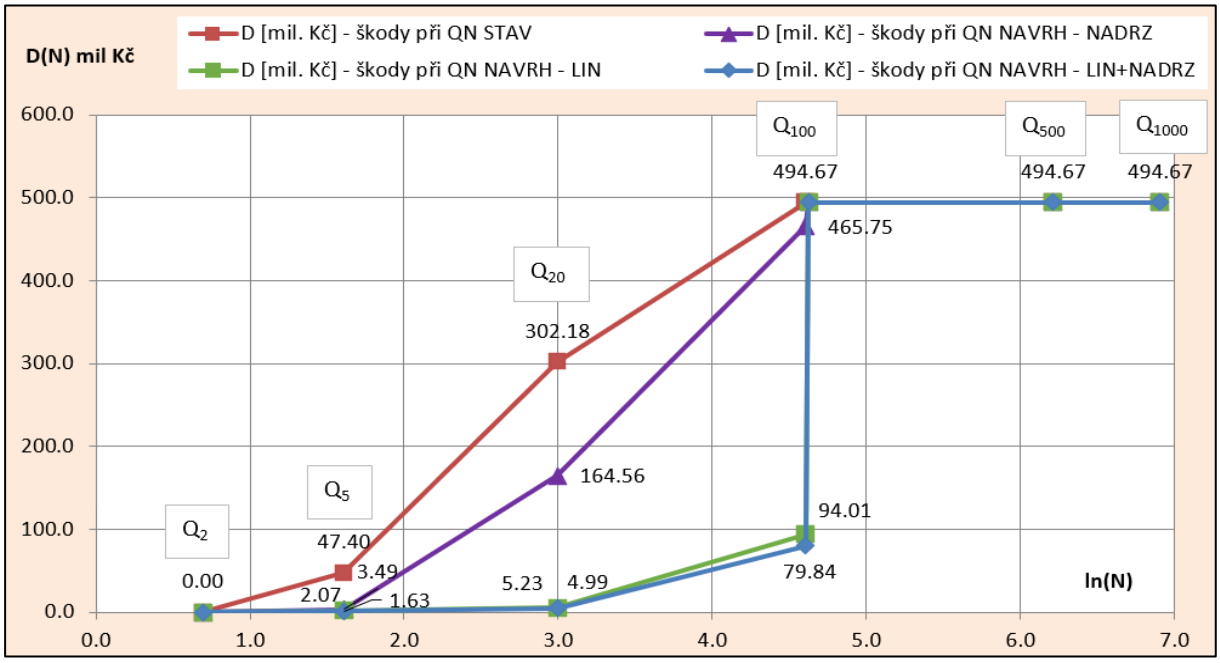
5.4.1 Hrádek nad Nisou

Škody (mil. Kč.)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Současný stav	47	302	495
Návrh - nádrž	3	165	466
Návrh - liniové	2	5	94
Návrh - liniové + nádrž	2	5	80

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Hrádek nad Nisou			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	44.5	23.4	9.8	9.7
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	1,483.3	780.1	327.1	323.2
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	703.2	1,156.2	1,160.2
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	125.6	82.5
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	251.0	251.0
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	17.7	17.7
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	187.7	0.0



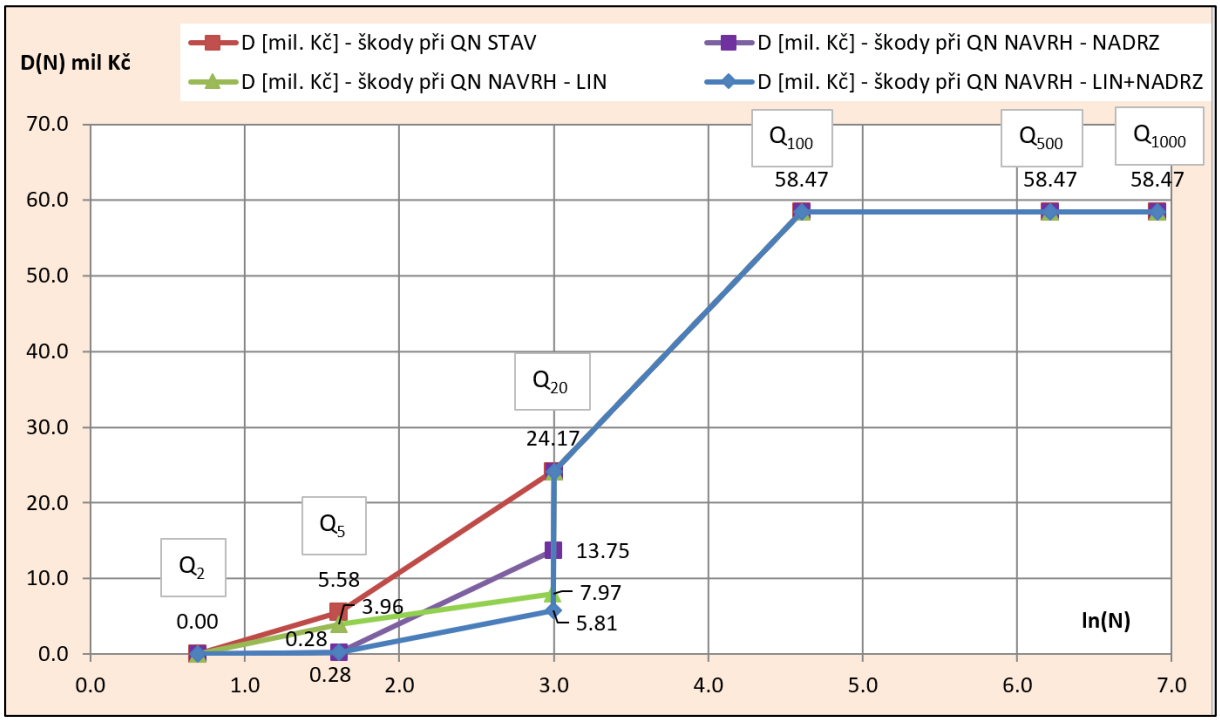
NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Hrádek nad Nisou			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	47.4	25.8	6.7	6.4
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	1,579.2	861.6	223.3	212.3
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	717.6	1,355.9	1,366.9
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	238.2	178.0
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	251.0	251.0
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	17.7	17.7
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	366.7	0.0



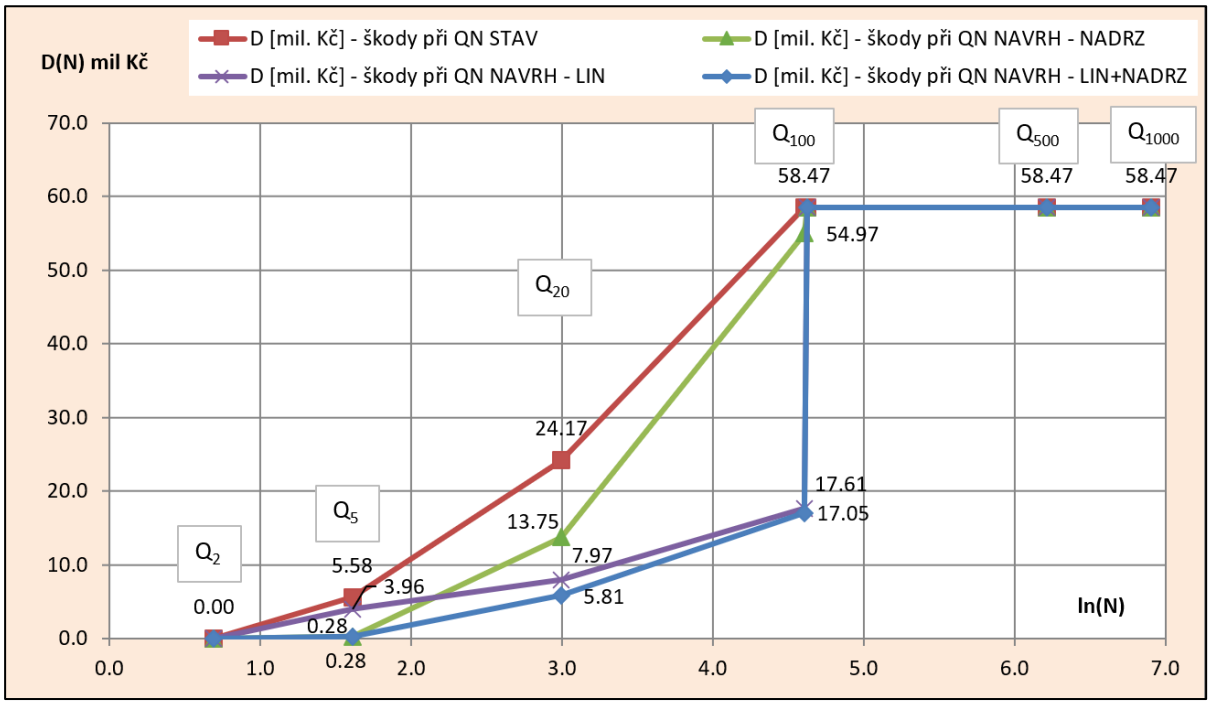
5.4.2 Chotyně

Škody (mil. Kč.)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Současný stav	6	24	58
Návrh - nádrž	0	14	55
Návrh - liniové	4	8	18
Návrh - liniové + nádrž	0	6	17

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Chotyně			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	4.1	2.1	2.4	1.4
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	137.3	69.6	80.5	47.6
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	67.6	56.8	89.7
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	15.8	11.6
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	59.3	59.3
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	3.0	3.0
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	11.8	0.0



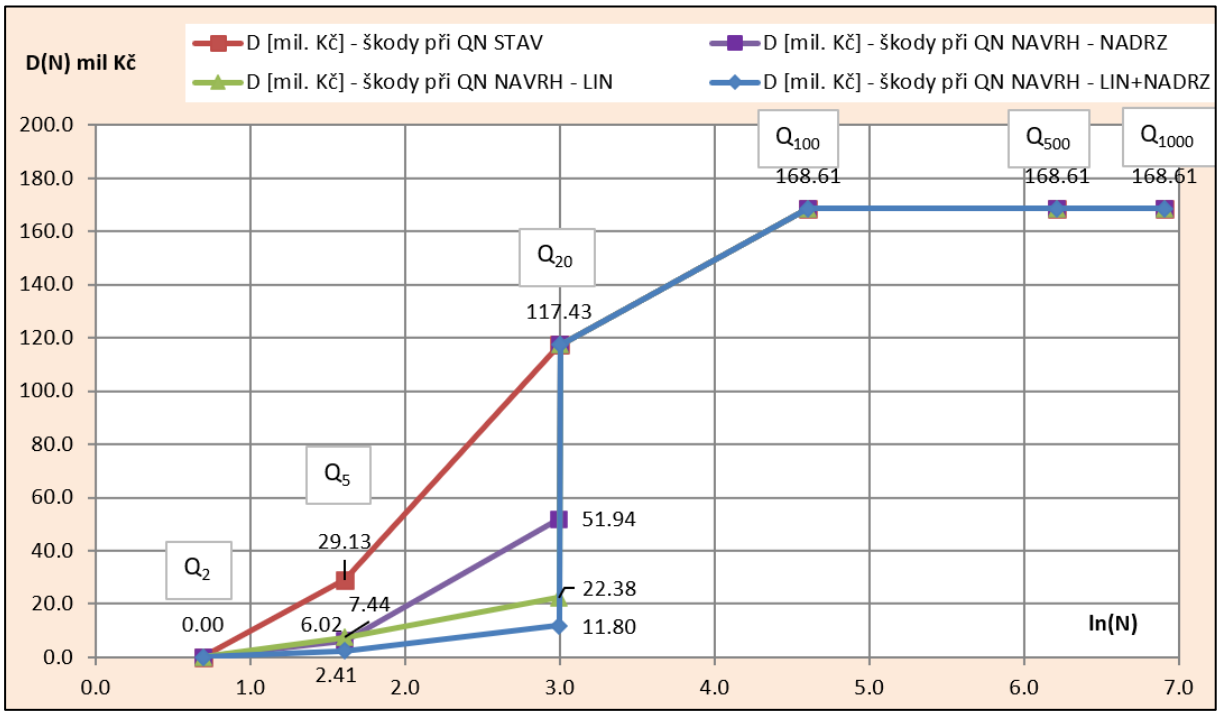
NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Chotyně			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	4.6	2.5	2.3	1.3
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	154.4	85.0	77.2	44.0
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	69.4	77.2	110.3
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	31.5	22.5
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	59.3	59.3
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	3.0	3.0
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	28.1	0.0



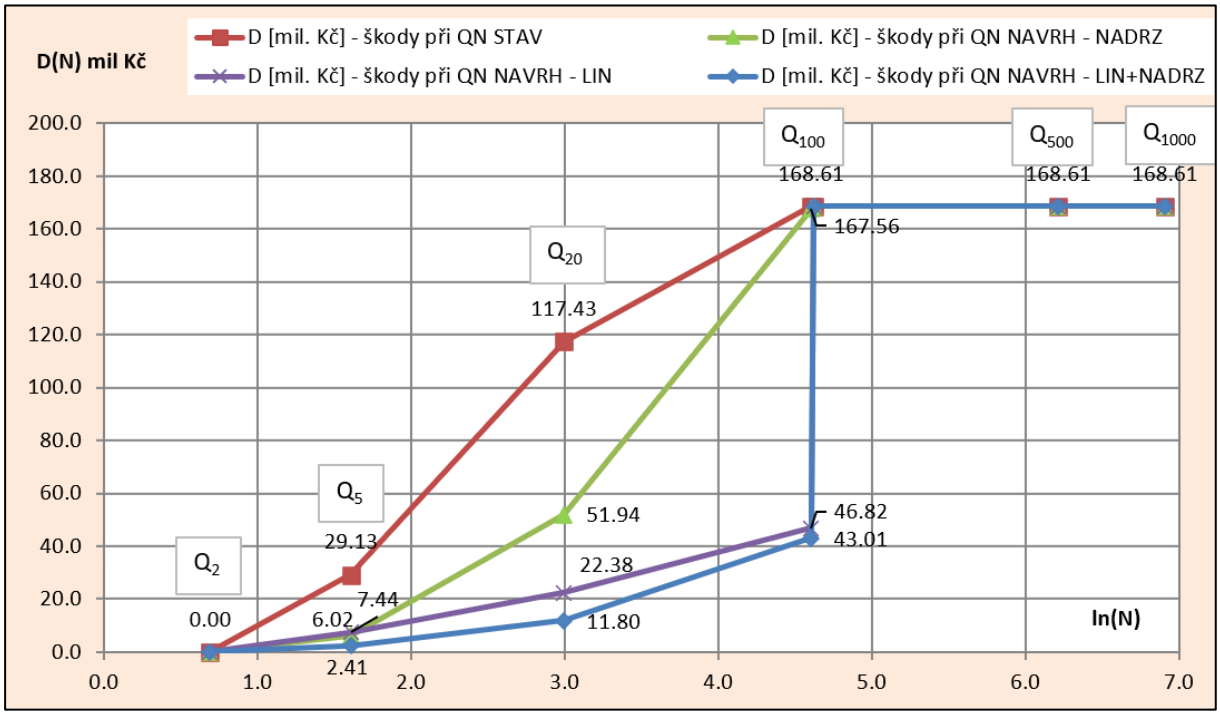
5.4.3 Bílý Kostel nad Nisou

Škody (mil. Kč.)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Současný stav	29	117	169
Návrh - nádrž	6	52	168
Návrh - liniové	7	22	47
Návrh - liniové + nádrž	2	12	43

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Bílý Kostel nad Nisou			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	19.4	8.9	6.8	4.8
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	647.7	296.9	225.1	159.0
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	350.8	422.6	488.7
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	98.3	60.8
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	68.0	68.0
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	4.5	4.5
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	106.3	0.0



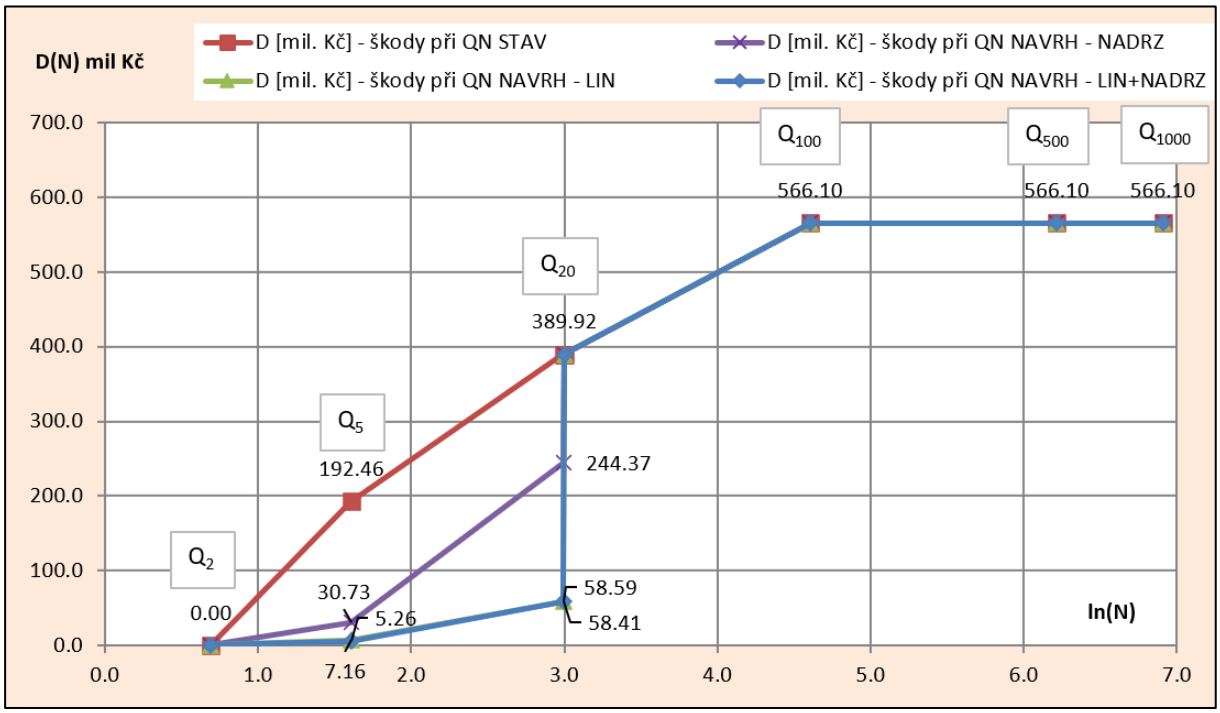
NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Bílý Kostel nad Nisou			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	20.2	9.7	5.7	3.7
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	673.2	321.9	189.9	121.9
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	351.3	483.3	551.3
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	197.3	128.9
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	68.0	68.0
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	4.5	4.5
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	213.4	0.0



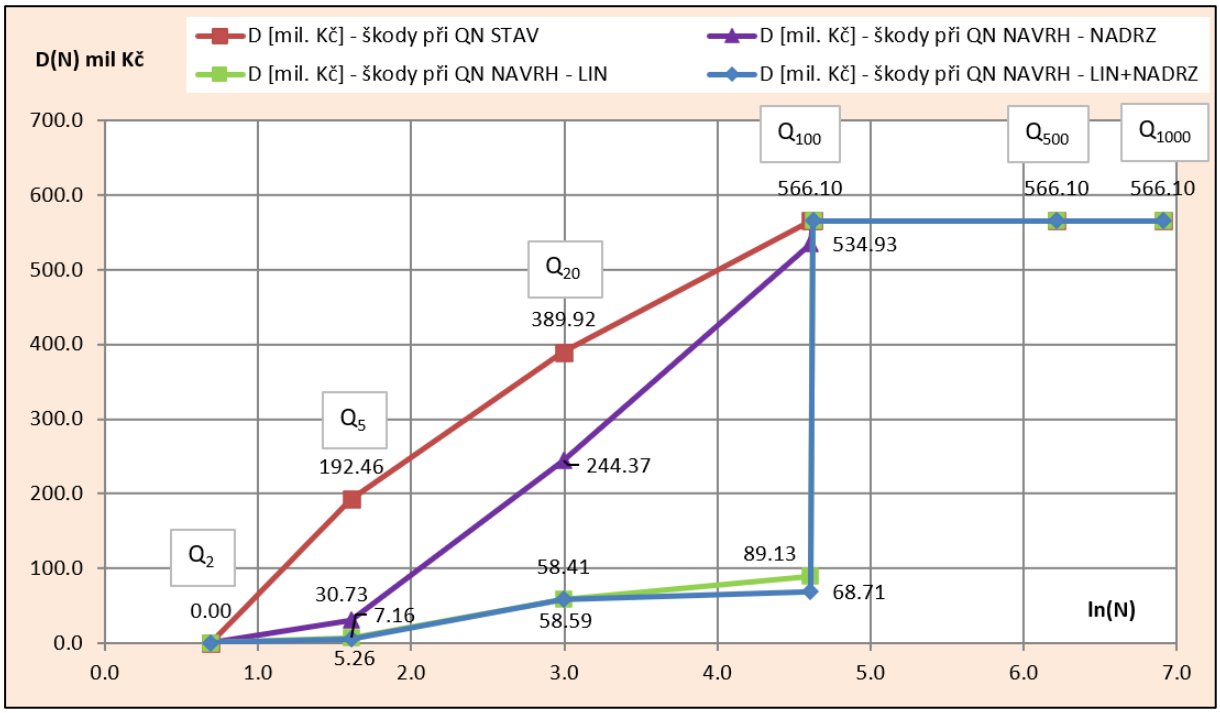
5.4.4 Chrastava

Škody (mil. Kč.)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Současný stav	192	390	566
Návrh - nádrž	31	244	535
Návrh - liniové	7	58	89
Návrh - liniové + nádrž	5	59	69

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Chrastava			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	85.6	38.0	17.3	16.9
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	2,851.9	1,265.8	576.9	563.5
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	1,586.1	2,275.0	2,288.4
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	145.5	121.7
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	53.3	53.3
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	7.8	7.8
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	51.1	0.0



NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Chrastava			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	88.2	40.1	12.8	12.1
Diskontní sazba	DS	%	3.0	3.0	3.0	3.0
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	2,939.7	1,338.1	427.0	403.4
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	1,601.7	2,512.7	2,536.3
Investiční náklady - liniová opaření	I-lin	mil. Kč	-	-	257.8	221.2
Investiční náklady - zkapacitnění koryta	I-kor	mil. Kč	-	-	53.3	53.3
Investiční náklady - vyvolané (infrastruktura)	I-vyv	mil. Kč	-	-	7.8	7.8
Penalizace za odebraný objem	I-pen	mil. Kč	-	-	117.7	0.0



6 Posouzení ekonomické efektivity

Maximální efektivní náklady jsou rovny velikosti potencionálních škod způsobených povodní. Tyto škody jsou stanoveny vždy pro celou řešenou lokalitu (rozsah zaplavení) pro dva průtokové scénáře Q_{20} a Q_{100}. Potencionální škody byly stanoveny podle Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (kapitola 5.2 Povodňové riziko – kvantitativní vyjádření (potencionální škody) z února 2020).

Posouzení ekonomické efektivity proběhlo pro tři návrhové stavy:

- Návrh liniových opatření včetně zkapacitnění toku
- Návrh suché retenční nádrže
- Návrh liniových opatření včetně zkapacitnění toku a návrh retenční nádrže

6.1 Škody v chráněné lokalitě

Princip výpočtu byl proveden na základě znalosti stávajícího zaplavení a návrhů protipovodňových opatření. Pro jednotlivé lokality byl vyhotoven rozsah zaplavení, který bude vlivem PPO odstraněn (rozsah ochráněného území). Pro tento rozsah zaplavení byly napočítány škody na majetku dle platné metodiky. Výše škod se tak rovná maximálním možným investičním nákladům, který pro daný úsek nelze překročit, aby bylo možné žádat o finanční podporu z programu MZE – Prevence před povodněmi. Škody jsou vypočteny pro návrhový průtok Q_{100} a Q_{20}. Výsledkem je průměrné roční riziko, které hrozí pro lokalitu a je vyjádřeno ve výši škod za rok (Kč/rok). Kapitálové riziko představuje výši škod z dlouhodobého pohledu.

6.2 Maximální investiční náklady

Maximální investiční náklady pro návrhový průtok QN jsou vypočítané na základě znalosti celkových stávajících škod pro tři průtokové scénáře Q5, 20 a 100, stanoveného neškodného průtoku pro řešenou lokalitu a znalosti celkových škod pro návrhový stav pro tři průtokové scénáře Q5, 20 a 100 za předpokladu, že škody pro vyšší povodně, než Q100 již dále nerostou.

6.3 Srovnání ekonomické efektivnosti jednotlivých opatření

V následující tabulce je provedeno srovnání ekonomické efektivnosti pro navrhovaná opatření včetně zohlednění penalizace. V investičních nákladech v kapitole 5.4 není uveden podíl na stavbě retenční nádrže, neboť jej nelze jednoduše rozdělit. Investiční náklady na retenční nádrž jsou uvedeny až při stanovení celkové efektivity návrhů.

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Všechny obce a města			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	153.6	72.4	36.3	32.8
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	5,120.2	2,412.4	1,209.5	1,093.2
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	2,707.8	3,910.7	4,027.0
Investiční náklady - toky (lin + kor + vyv + pen)	I-tok	mil. Kč	-	0.0	1,206.8	741.3
Investiční náklady - retenční nádrž (+ vyvolané)	I-nadrz	mil. Kč	-	188.8	0.0	188.8
Investiční náklady na PPO	I	mil. Kč	-	188.8	1,206.8	930.1
Poměrový ukazatel efektivnosti PPO	**PU**	**-**	**-**	**14.3**	**3.2**	**4.3**
Absolutní efektivnost	AU	mil. Kč	-	2,519.0	2,703.9	3,096.8
Doba návratnosti	DN	roky	-	2.3	10.3	7.7

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Všechny obce a města			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	160.4	78.2	27.5	23.4
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	5,346.5	2,606.5	917.3	781.7
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	2,740.0	4,429.2	4,564.8
Investiční náklady - toky (lin + kor + vyv + pen)	I-tok	mil. Kč	-	0.0	1,915.4	1,015.2
Investiční náklady - retenční nádrž	I-nadrz	mil. Kč	-	188.8	0.0	188.8
Investiční náklady na PPO	I	mil. Kč	-	188.8	1,915.4	1,204.0
Poměrový ukazatel efektivnosti PPO	**PU**	**-**	**-**	**14.5**	**2.3**	**3.8**
Absolutní efektivnost	AU	mil. Kč	-	2,551.2	2,513.7	3,360.8
Doba návratnosti	DN	roky	-	2.3	14.4	8.8

Ve srovnání je potřeba zaměřit se na parametr „poměrový ukazatel efektivnosti PPO“. Vyjadřuje poměr mezi škodami za návrhové období a investicemi do PPO. Čím je větší, tím je opatření výhodnější. Z tabulky vyplývá, že nejvýhodnější variantou bude vybudování samostatné retenční nádrže. Toto řešení ale nesplňuje očekávání a požadavky na dostatečnou ochranu majetku. **V případě prosazení návrhu retenční nádrže, je nejvýhodnější variantou stavba liniových PPO, zkapacitnění koryta a stavba retenční nádrže, která vychází jak z pohledu ochrany, tak efektivity nejlépe.** V případě stavby liniových PPO a zkapacitnění koryta vychází návrhy jak z pohledu ochrany, tak efektivity rovněž efektivně

7 Projednání návrhů

Návrhy protipovodňové ochrany v řešených obcích a městech byly projednány dne 5.8.2020 na Povodí Labe s Ing. Jiřím Kladivem a Ing. Jiřím Skořepou.

Návrhy byly projednány také se zástupci dotčených obcí. V Hrádku nad Nisou byly návrhy projednány dne 30. 7. 2020 s místostarostou Pavlem Farským, v Chotyni dne 3. 8. 2020 se starostkou Jakou Mlejneckou, v Bílém Kostele nad Nisou dne 3. 8. 2020 se starostou Ing. Jiřím Formánkem a v Chrastavě s tajemníkem Ing. Miroslavem Chválou a investičním referentem Ing. Danielem Fadrhoncem. Zástupci jednotlivých obcí s návrhy souhlasí a mají zájem dále pokračovat v projektové přípravě. Požadavek Hrádku nad Nisou a Chrastavy je ochrana na Q100. Tato ochrana je doporučena i pro Chotyni a Bílý Kostel, neboť návrhy vychází efektivně. Bude záležet na rozhodnutí obcí, zda by neuvažovali pouze o ochraně na Q0 z důvodu příliš vysokých liniových PPO.

8 Zdroje financování

V současné době je možné financovat protipovodňová opatření z finančních zdrojů Evropské Unie (OPŽP) a z vládních zdrojů Ministerstva Životního prostředí. V následujících kapitolách jsou uvedeny základní informace o dotačních titulech z Operačního programu životního prostředí a Ministerstva zemědělství. Pro oba dva možné zdroje jsou dotační programy děleny na liniová opatření (navrhovaná v této studii) a na opatření s retencí. Vzhledem k tomu, že do budoucna není vyloučena možnost kombinace těchto tipů opatření (suchá nádrž nad obcí a částečné zkapacitnění toku), jsou uvedeny dotační tituly i pro opatření s retencí.

8.1 Operační program životního prostředí – 1.3

Pro financování z Operačního programu životního prostředí lze na navrhovaná opatření požádat v rámci Prioritní osy 1., specifický cíl 1.3: Zajistit povodňovou ochranu intravilánu. Tento specifický cíl má svá obecná kritéria a dělí se na aktivity 1.3.1 až 1.3.4. Pro navrhovaná opatření v rámci studie lze požádat o finance z aktivit 1.3.1 a 1.3.3.

Obecná kritéria přijatelnosti pro specifický cíl 1.3

- Soulad žádosti s aktuální výzvou.
- Soulad údajů uvedených ve formuláři žádosti s relevantními doklady předkládanými jako přílohy k žádosti (zejména s projektovou dokumentací).
- Projektová dokumentace je v odpovídajícím stupni přípravy, obsahuje položkový rozpočet a umožňuje posouzení opatření a posouzení možnosti poskytnutí podpory na jeho realizaci, průběžnou a závěrečnou kontrolu z věcného, ekonomického a ekologického hlediska.
- Pokud příjemce podpory není vlastníkem nebo nájemcem pozemku, musí disponovat smlouvou, případně jiným písemným dokumentem, ve kterém vlastník pozemku vyjádří souhlas s realizací projektu a umožní příjemci podpory zajištění udržitelnosti po dobu nejméně 5 let od ukončení realizace projektu.

Podpora v rámci SC 1.3 bude poskytována z prostředků FS ve výši 85 % celkových způsobilých výdajů.

8.1.1 Liniové PPO – 1.3.1

Pro financování z Operačního programu životního prostředí lze na navrhovaná opatření požádat v rámci Prioritní osy 1., specifický cíl 1.3: Zajistit povodňovou ochranu intravilánu, aktivita **1.3.1 – Zprůtočnění nebo zvýšení retenčního potenciálu koryt vodních toků a přilehlých niv, zlepšení přirozených rozlivů**

Typ podporovaných projektů:

- zvýšení kapacity koryta složeným profilem, vložení stěhovavé (meandrující) kynety pro běžné průtoky v intravilánu obcí; úpravy nevhodného opevnění,
- zvýšení členitosti a zlepšení morfologie koryta vodních toků; na některých místech s tvorbou mokřin a tůní,

Specifická kritéria přijatelnosti pro aktivitu 1.3.1

- Soulad se státní politikou plánování v oblasti vod, tvořenou zpracovaným Plánem hlavních povodí České republiky a navazujícími plány národní části mezinárodní oblasti povodí a plány oblastí povodí včetně programů opatření (pro období do 22. 12. 2015), po 22. 12. 2015 tvořenou zpracovávanými Plány pro zvládání povodňových rizik a plány dílčích povodí.
- Soulad se směrnicemi Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavujícími rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky, a 2007/60/ES, o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- Návrh revitalizované kynety koryta zajišťuje v rozsahu území využitelného pro revitalizaci zlepšení současného ekologického stavu vod (úprava kynety do potenciálního geomorfologického typu přirozeného toku), migrační prostupnost a potřebný transport splavenin.
- Projekt zachovává (případně zvyšuje) průtočnou kapacitu stanovenou pro danou obec či město a nezvyšuje povodňové nebezpečí.
- Projekt obsahuje posouzení transformačního účinku protipovodňového opatření a nezhoršuje povodňové riziko dále po toku.
- Projekt je v souladu s aktuální platnou metodikou Ministerstva životního prostředí, která stanoví postup při navrhování přírodě blízkých protipovodňových opatření, zveřejněnou na www.povis.cz.

8.1.2 Opatření s retencí - 1.3.3

Pro výstavbu vodních děl umožňující retenci je možné financování z Operačního programu životního prostředí lze na navrhovaná opatření požádat v rámci Prioritní osy 1., specifický cíl 1.3: Zajistit povodňovou ochranu intravilánu, aktivita **1.3.3 – Obnovení, výstavba a rekonstrukce, případně modernizace vodních děl sloužící povodňové ochraně**

Typ podporovaných projektů:

- výstavba ochranných nádrží (suchých nádrží, retenčních nádrží, poldrů), Ochrannou nádrží se rozumí:

Suchá nádrž – Vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže téměř shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru; plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok ve vodním toku; může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajinotvornou či ekologickou funkci.
Retenční nádrž – Vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, která plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok ve vodním toku, a ve které objem prostoru stálého nadržení je menší než 20 % celkového objemu nádrže; hladina stálého nadržení přitom plní funkci zajišťující zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti hráze vodní nádrže.
Poldr – Uměle vytvořený prostor přiléhající k vodnímu toku, který při povodni zadržuje vodu, plní retenční funkci a snižuje tak povodňový průtok ve vodním toku; po průchodu povodňové vlny se ochranný prostor vyprázdní; záplavová oblast se obvykle zemědělsky nebo lesnicky využívá.

- vybudování nebo rekonstrukce bezpečnostních přelivů vodních nádrží.

Specifická kritéria přijatelnosti pro aktivitu 1.3.3

- Soulad se státní politikou plánování v oblasti vod, tvořenou zpracovaným Plánem hlavních povodí České republiky a navazujícími plány národní části mezinárodní oblasti povodí a plány oblastí povodí včetně programů opatření (pro období do 22. 12. 2015), po 22. 12. 2015 tvořenou zpracovávanými Plány pro zvládání povodňových rizik a plány dílčích povodí.
- Soulad se směrnicemi Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavujícími rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky, a 2007/60/ES, o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.
- Projekt obsahuje posouzení transformačního účinku protipovodňového opatření a snižuje povodňové riziko v zastavěném území.
- Projekt je v souladu s aktuální platnou metodikou Ministerstva životního prostředí, která stanoví postup při navrhování přírodě blízkých protipovodňových opatření, zveřejněnou na www.povis.cz.

8.2 MZE – 129 260 Podpora prevence před povodněmi III.

8.2.1 129 265 – Opatření podél vodních toků

Navrhovatel zajistí:

- DUR
- Rozpočet
- vyjádření správce povodí

Žadatel:

- státní podniky Povodí
- Lesy ČR

Forma a výše podpory:
státní podniky Povodí

- maximálně do výše **85%** celkových nákladů

Lesy ČR

- maximálně do výše **70%** celkových nákladů

8.2.2 129 264 – Opatření s retencí

Navrhovatel zajistí:

- DUR
- Rozpočet
- vyjádření správce povodí

Žadatel:

- státní podniky Povodí
- Lesy ČR
- Obce

Forma a výše podpory:

státní podniky Povodí

- maximálně do výše **95%** celkových nákladů
- maximálně do výše **70%** celkových nákladů z rekonstrukce VD za účelem zvyšování bezpečnosti (retenční objem je min. 10% z celkového objemu nádrže)

Lesy ČR

- maximálně do výše **70%** celkových nákladů

Obce

- maximálně do výše **90%** celkových nákladů

8.3 Projednání a návrh dalšího postupu

Pro další rozhodování bude nezbytné projednání se správcem toku Povodím Ohře, státní podnik. Ten je v rámci získání finančních prostředků z prostředků MZE klíčovým subjektem, který je formálním žadatele o dotaci. Město Děčín vystupuje v roli NAVRHOVATELE, který má povinnost připravit projektovou dokumentaci k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby, zajistit platné uzemní rozhodnutí a kladný posudek od strategického experta. Následně dojde k uzavření smlouvy mezi městem, správcem povodí a poskytovatelem dotace a správce povodí přejímá úlohu ŽADATELE. Správce povodí zajistí projekt pro stavební povolení a vydané stavební povolení.

9 Závěr a doporučení

Studie posouzení ekonomické efektivity se zabývá protipovodňovou ochranu v obcích a městech ležících podél Lužické Nisy mezi Libercem a státní hranicí. Poslední velká povodeň proběhla v roce 2010 a napáchala velké škody. V souvislosti s touto událostí byla v rámci předchozí studie navržena protipovodňová opatření v Liberci a nejbližším okolí. Tato studie doplňuje opatření na zbývajícím úseku Lužické Nisy. Specifikem řešeného území je, že v místech vhodných k rozlivům se nacházejí města a obce a v extravilánech obcí se naopak nachází údolí. Dalším specifikem území je rychlý nástup povodní, který omezuje použití mobilních protipovodňových prvků. V intravilánech se neškodný průtok pohybuje v rozmezí <Q_5 až Q_5. Pro dané území byly navrženy a posouzeny 3 varianty protipovodňových opatření.

Jedná se o návrh následujících opatření:

- RETENČNÍ NÁDRŽ V PROFILU ANDĚLSKÁ HORA
- LINIOVÁ OPATŘENÍ A ZKAPACITNĚNÍ KORYTA
- LINIOVÁ OPATŘENÍ, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA A RETENČNÍ NÁDRŽ V PROFILU ANDĚLSKÁ HORA

Retenční nádrž na Lužické Nise je navržena ve staničení ř.km 19,8, tj. nad železničním mostem, s výškou maximální hladiny 320 m n. m. a maximálním objemem zátopy 3,2 mil. m³. Lokalizace hráze nádrže a maximální úroveň hladiny je optimalizována, aby byl zajištěn maximální možný retenční objem s minimálními střety. Do návrhu nádrže je zároveň zahrnuta protipovodňová ochrana MČ Machnín, která ohrožena povodněmi z Lužické Nisy a zároveň pro zajištění maximálního možného retenčního objemu, k ní dosahuje hladina při maximální hladině

Výpočtem transformace povodňových vln bylo zjištěno, že navržená nádrž umožňuje transformaci povodňové vlny a snížení kulminačního průtoku z Q_{20} na cca Q_5. Transformací povodňové vlny Q_{100} se sníží kulminační průtok o cca 20 %. Účinek transformace povodní níže po toku nemá zásadní vliv na snížení rozlivů v řešených obcích z důvodu četných přítoků. **Varianta realizace samotné retenční nádrže nepřináší dostatečnou ochranu před povodněmi v řešených obcích a městech.** V případě realizace nádrže by nebyla potřeba výstavba opatření navržených ve studii zabývající se PPO v Liberci a okolí. Vzhledem k současné problematice sucha je možné část objemu nádrže využít pro vodárenské účely.

Nosnými prvky liniové ochrany je zkapacitnění vodního toku pomocí berem a doplnění tohoto opaření o další liniové prvky, zejména pak ochranné hráze, ochranné zdi a mobilní hrazení, případně zkapacitnění mostů a lávek. V Hrádku nad Nisou je navržen vytvoření dvou obtokových koryt, která zvyšují průtočnost pravého inundačního území. V současné době je již toto inundační území uzpůsobeno k rozlivu, ke kterému však dochází až při vyčerpání kapacity koryta. Cílem je odlehčit korytu Lužické Nisy již při nižších průtocích, aby se snížení hladiny propagovalo výše proti toku do úseku s prostorovými limity v centrální části Hrádku nad Nisou.

Matematickým modelem byl posouzen vliv opatření na odtokové poměry a stanoveny návrhové hladiny, na základě kterých byly určený návrhové parametry opatření.

Investiční náklady navržených variantních opatření:

Investiční náklady (mil. Kč)	Hrádek n/N		Chotyně		Bílý Kostel n/N		Chrastava	
	Q_{20}	Q_{100}	Q_{20}	Q_{100}	Q_{20}	Q_{100}	Q_{20}	Q_{100}
Liniové + zkapacitnění	582.0	873.6	90.0	122.0	277.2	483.2	257.7	436.6
Liniové + zkapacitnění v součinnosti s nádrží	351.2	446.7	73.9	84.8	133.4	201.4	182.8	282.3
Nádrž	188.8							

Pro navržená opatření byl proveden výpočet ekonomické efektivity dle metodiky „Prevence před povodněmi III. etapa“. Z výsledků vyplývá, že navržená protipovodňová opatření jsou jako celek ekonomicky efektivní a z tohoto podhledu mají šanci na získání dotačních peněz z programu MZE „Prevence před povodněmi III. etapa“.

REALIZACÍ NAVRŽENÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ PRO PRŮTOK Q20 I Q100 BUDOU VYNALOŽENÉ INVESTIČNÍ PROSTŘEDKY POUŽITY EFEKTIVNĚ.

Je navrženo realizovat PPO najednou, a to z důvodu dosažení efektivnosti jako celku a také z důvodu ovlivňování průtoků níže a výše po toku po realizaci PPO.

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q20			Všechny obce a města			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	153.6	72.4	36.3	32.8
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	5,120.2	2,412.4	1,209.5	1,093.2
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	2,707.8	3,910.7	4,027.0
Investiční náklady na PPO	I	mil. Kč	-	188.8	1,206.8	930.1
Penalizace	I-pen	mil. Kč	-	-	357.0	-
Poměrový ukazatel efektivnosti PPO	**PU**	**-**	**-**	**14.3**	**3.2**	**4.3**
Absolutní efektivnost	AU	mil. Kč	-	2,519.0	2,703.9	3,096.8
Doba návratnosti	DN	roky	-	2.3	10.3	7.7

NÁVRHOVÁ OCHRANA NA PRŮTOK Q100			Všechny obce a města			
			Stávající stav	Návrh		
Parametr	Označení	Jednotky		nádrž	liniové	lin+nádrž
Průměrné roční riziko	R	mil. Kč/rok	160.4	78.2	27.5	23.4
Současná hodnota rizika	RS	mil. Kč	5,346.5	2,606.5	917.3	781.7
Maximální investiční náklady	Imax	mil. Kč	-	2,740.0	4,429.2	4,564.8
Investiční náklady na PPO	I	mil. Kč	-	188.8	1,915.4	1,204.0
Penalizace	I-pen	mil. Kč	-	-	726.0	-
Poměrový ukazatel efektivnosti PPO	**PU**	**-**	**-**	**14.5**	**2.3**	**3.8**
Absolutní efektivnost	AU	mil. Kč	-	2,551.2	2,513.7	3,360.8
Doba návratnosti	DN	roky	-	2.3	14.4	8.8

Aby byla zajištěna protipovodňová ochrana, je nutná realizace liniových opatření. Doporučuje se současně realizovat i retenční opatření, které zajistí částečné snížení kulminačních průtoků a zároveň slouží jako kompenzační opatření za odebraný objem retence z inundačního území vlivem liniových opatření.

Zástupci jednotlivých obcí a správce vodního toku s návrhy souhlasí a mají zájem dále pokračovat v projektové přípravě. Požadavek Hrádku nad Nisou a Chrastavy je ochrana před povodněmi na úroveň Q_{100}. Tato ochrana je doporučena i pro Chotyni a Bílý Kostel nad Nisou, neboť návrhy vychází efektivně. Volba míry ochrany bude záležet na rozhodnutí v jednotlivých obcích, a to zejména z důvodu příliš vysokých liniových PPO.

Na základě projednání studie a výsledků ekonomické efektivity je doporučeno podrobnější rozpracování jednotlivých opatření, projednání s vlastníky pozemků, správci inženýrských sítí a orgány státní správy. Lze očekávat složitý proces přípravy stavby nádrže v oblasti ochrany životního prostředí z důvodu umístění nádrže a zátopy do přírodní rezervace Hamrštejn. Pro znalost majetkoprávní situace v jednotlivých úsecích je nutné vypracovat majetkoprávní elaborát, dle kterého dojde k identifikaci dotčených vlastníků pozemků a majetků. V případě výstavby PPO na městských pozemcích nebo na pozemcích státních organizací, bývá majetkoprávní vypořádání jednoduší než na soukromých. Dále by mělo proběhnout jednání s vlastníky sítí, které je nutné přeložit při stavbě PPO a zahrnout jejich podmínky pro přemístění sítí.

10 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování jsou v souladu s následujícími dokumenty v jejich platném znění:

1. ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
2. ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
3. TNV 75 2102 Úpravy potoků.
4. TNV 75 2103 Úpravy řek.
5. ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
6. TNV 75 2415 Suché nádrže.
7. TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
8. TNV 75 2931 Povodňové plány.
9. [Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
10. Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
11. Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
12. Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
13. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

11 Publikace

1. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, United States Geological Survey Water, G.J. Arcement Jr. and V.R. Schneider
2. Roughness characteristics of natural channels, United States Geological Survey Water, Harry H. Barnes Jn. 1967
3. Zákon o vodách č. 254/2001 Sb
4. Sborník odborné konference s mezinárodní účastí VODNÍ TOKY 2011
5. Applied hydraulics in engineering, Henry Madison Morris, James M. Wiggert 1972
6. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, United States Geological Survey Water, G.J. Arcement Jr. and V.R. Schneider
7. Katalog drsností, Ústav vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně
8. Metodika stanovení aktivní zóny záplavového území, Ing. Jan Špatka, Ph.D., 2005
9. Hydraulic Performance of Bridge Rails and Traffic Barriers - Randall J. Charbeneau, Brandon Klenzendorf, Michael E. Barrett, 2009
10. Mapy.cz
11. Maps.google.com

12 Přílohy

1. Přehledná mapa navržených opatření
    - 1.1 Přehledná mapa navržených opatření, retenční nádrž
    - 1.2 Přehledná mapa navržených opatření, liniová opatření
    - 1.3 Přehledná mapa navržených opatření, liniová opatření a retenční nádrž
2. Podrobná mapa navržených opatření,
    - 2.1 Podrobná mapa navržených opatření, liniová opatření
    - 2.2 Podrobná mapa navržených opatření, liniová opatření a retenční nádrž
3. Přehledná mapa rozlivů
    - 3.1 Přehledná mapa rozlivů, současný stav
    - 3.2 Přehledná mapa rozlivů, návrhový stav, retenční nádrž
    - 3.3 Přehledná mapa rozlivů, návrhový stav, liniová opatření
    - 3.4 Přehledná mapa rozlivů, návrhový stav, liniová opatření a retenční nádrž
4. Přehledná mapa hloubek
    - 4.1 Přehledná mapa hloubek, současný stav
    - 4.2 Přehledná mapa hloubek, návrhový stav, retenční nádrž
    - 4.3 Přehledná mapa hloubek, návrhový stav, liniová opatření
    - 4.4 Přehledná mapa hloubek, návrhový stav, liniová opatření a retenční nádrž
5. Přehledná mapa hladin
    - 5.1 Přehledná mapa hladin, současný stav
    - 5.2 Přehledná mapa hladin, návrhový stav, retenční nádrž
    - 5.3 Přehledná mapa hladin, návrhový stav, liniová opatření
    - 5.4 Přehledná mapa hladin, návrhový stav, liniová opatření a retenční nádrž
6. Vzorové řezy navržené retenční nádrže
7. Vzorové řezy navržených liniových opatření
8. Psané podélné profily
9. Přehledná mapa neškodných průtoků, současný stav