



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE HRADISKO V K. Ú. RADSLAVICE

REVITALIZATION OF THE HRADISKO SMALL WATER RESERVOIR IN THE RADSLAVICE
CADASTRAL AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Iva Mrázová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV PASEKA

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Iva Mrázová
Název	Revitalizace malé vodní nádrže Hradisko v k. ú. Radslavice
Vedoucí práce	Ing. Stanislav Paseka
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

PODKLADY A LITERATURA

1. Šálek, J., Mika, Z., Tresová, A. - Rybníky a účelové nádrže, SNTL 1989
2. Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, ČVUT 2002
3. Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, příklady, ČVUT 2002
4. Doležal, P. Projekt vodního hospodářství krajiny – studijní opora. Brno: VUT v Brně, 2006. 143 s.
5. ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
6. Další odborná literatura související s problematikou malých vodních nádrží
7. Průzkum lokality

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Studentka v bakalářské práci provede zjednodušený návrh revitalizace stávající malé vodní nádrže Hradisko v k. ú. Radslavice. Vodní nádrž Hradisko je situována na Pustiměřském potoce a byla vybudována v letech 1960 až 1964. Revitalizovaná vodní nádrž bude tvořit významný krajinný prvek, který bude přispívat k zadržení vody v povodí. Bakalářská práce může v budoucnu sloužit jako podklad pro podrobnější projektovou dokumentaci.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce „Revitalizace malé vodní nádrže Hradisko v k. ú. Radslavice“ se zabývá problematikou malých vodních nádrží jako takových a zdůrazňuje význam retence vody v krajině. Malá vodní nádrž je důležitým krajinným prvkem a podílí se nejen na tvorbě ekologické stability, ale také na zlepšení kvality vody v povodí, mikroklimatu či zvýšení zásob podzemní vody. Práce se skládá ze dvou částí. První, teoretická část, je ve formě rešerše se zaměřením na stručný popis problematiky malých vodních nádrží, na jejich využití, strukturu, faktory ovlivňující jejich stav a jejich nedostatek na území ČR. Ve druhé, praktické části, na základě podložených informací o malé vodní nádrži Hradisko, je snaha o detailní průzkum aktuálního stavu nádrže, zajištění potřebných podkladů a potencionální návrh řešení vodní nádrže Hradisko. Práce byla průběžně zpracována ve spolupráci s bývalým starostou obce Pustiměř a dalšími občany obcí Zelená Hora a Radslavice.

KLÍČOVÁ SLOVA

malá vodní nádrž, revitalizace, rekonstrukce

ABSTRACT

The main goal of this thesis is to introduce the topic of small water reservoirs as an important landscape element, which contributes not only to creation of ecological stability, but also improves the quality of water in the catchment area, the microclimate, as well as helps to increase the groundwater reserves. The thesis consists of two parts. The first part of the thesis is theoretical and offers a brief description of the small water reservoirs, along with their main function, structure, history, and factors affecting their condition and causing the lack of them in the Czech Republic. The second part is practical and focuses on a review and the current state of a small water reservoir Hradisko in Radslavice. This part also includes a suitable suggestion for a solution regarding this case. The thesis was prepared in cooperation with the former mayor of Pustiměř and residents of Zelená Hora and Radslavice.

KEYWORDS

small water reservoir, revizalitation, reconstruction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Iva Mrázová Revitalizace malé vodní nádrže Hradisko v k. ú. Radslavice. Brno, 2020. 72 s., 11 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Stanislav Paseka

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Revitalizace malé vodní nádrže Hradisko v k. ú. Radslavice zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 3. 2020

Iva Mrázová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Stanislavovi Pasekovi za trpělivé vedení v průběhu vypracovávání práce a za užitečné rady, které mi během této bakalářské práce poskytl. Dále bych chtěla poděkovat bývalému panu starostovi obce Pustiměř Mgr. Miloši Nevřalovi za poskytnutí cenných informací o historii, budování a provozu malé vodní nádrže Hradisko. Velké díky rovněž patří rodině za její podporu, pomoc a čas.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. Malá vodní nádrž.....	3
3.1. Historie vodních nádrží	3
3.2. Funkce a rozdělení vodních nádrží	4
3.2.1. Malá vodní nádrž a její funkce	4
3.2.2. Rozdělení malých vodních nádrží podle jejich účelu	4
3.2.3. Rozdělení malých vodních nádrží dle způsobu zásobování vodou	6
3.2.4. Rozdělení malých vodních nádrží dle polohy v krajině	7
3.3. Zaniklé rybníky	8
3.4. Současné problémy malých vodních nádrží	9
3.4.1. Problémy vodohospodářské	10
3.4.2. Problémy technické	10
3.4.3. Problémy ekologické	10
3.4.4. Problémy ekonomické	10
3.4.5. Problémy legislativní	11
3.4.6. Problémy majetkoprávní.....	11
3.5. Výstavba, údržba, opravy, rekonstrukce a revitalizace vodních nádrží	11
3.5.1. Výstavba malých vodních nádrží.....	11
3.5.2. Údržba a opravy malých vodních nádrží	12
3.5.3. Rekonstrukce MVN	12
3.5.4. Revitalizace MVN	13
3.6. Ztráta vody z MVN	15
3.6.1. Ztráta vody výparem.....	15
3.6.2. Ztráta vody transpirací rostlin.....	15
4. Použitý software	17
4.1. ArcMap	17
4.1.1. Vstupní data	17
4.2. Projekt RAIN	18
4.3. Práce v programu HEC-HMS	21
4.3.1. Model řešeného povodí.....	22
4.3.2. Meteorologická data	23
4.3.3. Časové okno.....	24
4.3.4. Časové řady dat.....	24

4.3.5.	Párová data (Paired Data)	24
4.3.6.	Vstupní data	25
4.3.6.1.	Podpovodí	25
4.3.6.2.	Úsek	27
5.	PRAKTICKÁ ČÁST - REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE	
	HRADISKO V K. Ú. RADSLAVICE	29
5.1.	Charakteristika území	29
5.1.1.	Lokalizace území	29
5.1.2.	Významné objekty a plochy	29
5.2.	Historie řešeného území	30
5.3.	Charakteristika MVN.....	34
5.4.	Přírodní poměry	34
5.4.1.	Geomorfologické charakteristiky	34
5.4.2.	Geologické poměry.....	35
5.4.3.	Pedologické poměry	36
5.4.4.	Klimatické poměry	37
5.4.4.1.	Posouzení vlhkostních poměrů	38
5.4.5.	Hydrologie a hydrografie.....	38
5.5.	Majetko-právní vztahy	40
5.6.	Stávající stav	41
5.6.1.	Současný stav MVN Hradisko	41
5.6.2.	Současný stav koryta Pustiměřského potoka.....	42
5.6.3.	Výpar z vodní hladiny	47
5.6.4.	Ztráta vody evapotranspirací	48
5.7.	Výstupy z ArcMap	49
5.8.	Výstupy z HEC-HMS	50
5.9.	Důvody revitalizace.....	54
5.10.	Řešení aktuálního stavu.....	55
5.10.1.	Zátopa	55
5.10.2.	Hráz.....	55
5.10.3.	Funkční objekt	56
5.10.4.	Bezpečnostní přeliv.....	57
5.10.5.	Výpustní objekt, požerák	58
5.10.6.	Odpadní potrubí	58
5.10.7.	Úprava koryta pod hrází/ za přelivným objektem.....	59

6. ZÁVĚR.....	60
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
8. SEZNAM TABULEK	65
9. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	66
10. SEZNAM GRAFŮ.....	68
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69
12. SEZNAM PŘÍLOH	72

1. ÚVOD

Voda je základ života a zároveň nejrozšířenější kapalinou na planetě Zemi. V civilizovaných oblastech naší planety bereme vodu jako něco zcela samozřejmého – otočím kohoutkem a ona teče. O vodě se uvažuje jako o obchodní komoditě, zaplatím a dostanu ji.

Vodní zdroje patří k základům vzniku naší civilizace a jejich přítomnost rozhodovala nejen o rozvoji, nýbrž také o zániku starověkých i středověkých států. Jelikož se zdá, že je vody zatím dostatek, lidská populace nedokáže plně docenit její úlohu v historii vývoje lidské komunity. Není náhoda, že veškerá města, vesnice i osady jsou postaveny poblíž některého vodního zdroje. Vodní plochy byly určitými zdroji potravy, byly považovány za tepny obchodu a také jako zdroj závlahy. Potenciál vody se postupem času využíval i v mnoha jiných směrech, například jako zdroj mechanické energie pro pohon mlýnských kol, strojů, hamrů a dalších. Přírodní zdroje povrchové vody začaly být s rozvojem lidské populace nedostatečné a nestálé, a tak se hledala řešení, jakými způsoby vodu v krajině zadržovat. Řešením byla výstavba umělých vodních nádrží, které sloužily k retenci vody za určitými účely, jako zásobárna pitné vody, vody určené pro závlahy, rybolov či jako ochrana před povodněmi. Malé vodní nádrže mohou plnit více důležitých funkcí v krajině, a to včetně redukce případně eliminace znečištění, které je transportováno říční sítí. Po stránce vodohospodářské zadržují vodu v povodí a ovlivňují její další distribuci, mají velký vliv na hladinu podzemní vody a půdní vláhu. [1] [2]

Malé vodní nádrže patří ve středoevropském prostoru k jednomu ze základních elementů zemědělské krajiny. Představují tak jednu z nejhodnotnějších přírodních složek kulturní krajiny. Postupem času se staly organickou součástí krajiny a svým způsobem nahradily jezera, která se na našem území prakticky nevyskytují. V současnosti není na území ČR tolik vodních ploch jako dříve. Počet zaniklých rybníků je neporovnatelný s jejich úbytkem za poslední století. Sucho, které se na našem území čím dál více rozpíná, není podmíněno pouze horkými dny, ale rovněž nedostatkem malých vodních nádrží, které jsou nezbytným krajino tvorným prvkem. [2]

V této bakalářské práci se budu zabývat problematikou malých vodních nádrží a následně vše rozpracuji na konkrétním příkladu malé vodní nádrže Hradisko, která se nachází v katastrálním území Radslavice v Jihomoravském kraji.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popsat problematiku malých vodních nádrží, která zahrnuje jejich historii, funkce, základní dělení a současné problémy týkající se jejich provozu. Následně vše rozpracovat na konkrétním příkladu pomocí modelování v prostředí programu HEC-HMS. Návrhy řešení dané problematiky budou vycházet z podkladů získaných při rekognoskaci současného stavu dané oblasti a z vyhodnocení některých základních charakteristik, které nějakým způsobem ovlivňují koncepci malé vodní nádrže.

Cílem je rovněž seznámit samosprávy tří dotčených okolních obcí se závěry, které se týkají současného stavu a návrhu možné rekonstrukce malé vodní nádrže Hradisko.

3. Malá vodní nádrž

3.1. Historie vodních nádrží

Rybníky jsou zásadní součástí naší krajiny, ve které plní řadu významných funkcí. Nejen že vytváří dobré prostředí pro chov ryb, představovaly také zdroj pitné či užitkové vody, poskytovaly společnosti zásobu vody pro pohon mlýnů, vodních pil nebo hamrů, byly významným ochranným prvkem sídel proti šíření požáru či případným dobyvatelům. [3]

Již v 8. a 9. století se začaly na našem území uměle budovat malé vodní nádrže. Dochovalo se několik písemných dokladů, ve kterých se pojednávalo o rybnících na Českomoravské vrchovině, Kroměřížsku, Brněnsku či v okolí Prahy i jinde. Udává se, že od konce 13. století se na území České republiky nacházelo několik set těchto nádrží. Úroveň výstavby rybníků se zvyšovala díky technickým poznatkům o výstavbě a chovu ryb, nasbíraným z různých výprav a tažení. Hráze se začaly zpevňovat tarasy, zaváděly se výpustě s čepovými uzávěry a bezpečnostní přelivy byly obkládány dřevěnými kládami s kamennou výplní ve čtvercové vazbě aj. Od 14. století se budovaly stále vyšší zemní hráze v širokých údolích nebo v močálových územích, díky vyšší a rozvinutější technické úrovni. Naši předci byli natolik zruční při navrhování a výstavbě rybníků, že začali být velice žádaní i v okolních státech. Nařízením českého krále římského císaře Karla IV. „*O ústrojích rybníků na státní útraty, aby království naše české mělo hojnost ryb a výparů*“ byla výstavba rybníků ještě zdůrazněna a podtržena. K utlumení výstavby došlo v období husitských válek, kdy byla spousta hrází stržena a zničena. Znovu se s rybníkářstvím začalo od konce 15. století. [1][4]

Rybníky byly budovány napříč celým státem, zejména kolem Prahy, v severních Čechách (Doksy) a na Českomoravské vrchovině (Dářko). Z hlediska výnosu byla produkčně nejvýnosnější moravská rybníční oblast, vedoucí na jih od Brna až k rakouským hranicím. K významným rybníkářům patří dva olomoučtí biskupové – Stanislav Thurso a jeho nástupce Jan Skála z Doubravky a Hradiště, který byl autorem latinského spisu o rybníkářství a rybách s názvem „*Libellus de piscinis at piscium, qui in illis aluntur naturis*“ vydaného v roce 1547. Počátkem 16. století byla zásluhou Štěpánka Netolického vytvořena ucelená rybníční soustava, jejíž rybníky soustřeďovaly vodu z celkem malého povodí. Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan (1535 – 1604), který byl nejvýznamnějším rybníkářem na našem území, zvětšil řadu Štěpánkových rybníků, vybudoval největší třeboňské rybníky, mezi které patří Nevděk a Rožmberk. V 16. století za Rudolfa II. v roce 1585 bylo na území České republiky asi 180 000 ha vodních ploch, což nebylo nikdy v následujících stoletích překonáno. Období třicetileté války přispělo ke stagnaci ve výstavbě rybníků a teprve na konci 19. století se začalo budovat rybníkářství a chov ryb na pevném základě. Začaly se rekonstruovat hlavní jihočeské rybníky a rekonstrukce trvala až do období 1. světové války. [1][4]

Po vzniku Československé republiky v roce 1919 došlo ke znárodnění velkých rybníčních soustav, hlavně Švarcenberské na Třeboňsku a Lichtenštejnské na jižní Moravě. Pozemková reforma podpořila nárůst rybníků ve správě státu a zbytek rybníků zůstal v soukromých rukou. [1]

Po skončení války v roce 1945 přešly rybníky do majetku státu a následně vznikl státní podnik Státní rybářství. V té době byly rybníky postupně obnoveny a začala vznikat nová hospodářská a organizační struktura pro výstavbu a obnovu zrušených rybníků. Rozšířila se výstavba malých účelových nádrží. [5]

Díky privatizaci bývalých podniků Státního rybářství, ke které došlo v roce 1989, začaly převážně na jejich základě vznikat akciové společnosti a společnosti s ručením omezeným a do sektoru ryb vstoupily také soukromé osoby. [5]

3.2. Funkce a rozdělení vodních nádrží

3.2.1. Malá vodní nádrž a její funkce

Malé vodní nádrže jsou důležitou součástí krajiny a mohou plnit mnoho důležitých a nezastupitelných funkcí. Při dobrém návrhu, kvalitní výstavbě a vhodném provozování tyto nádrže významně přispívají k ochraně a k rozvoji životního prostředí. [4]

Malé vodní nádrže mohou plnit funkci akumulaci, ochrannou, vyrovnávací, asanační, zachytnou, čistící a vsakovací. Jsou značně významné také z estetického, rekreačního a hygienického hlediska. [1]

Každá nádrž plní určitou funkci dominantní a další funkce vedlejší. Malé vodní nádrže podstatně přispívají ke zlepšení kvality vody v povodí a mají nezastupitelný význam jako primární zdroj vody v oblastech s menšími vodními toky a řídkou hydrografickou sítí. Z vodohospodářského pohledu jsou nádrže důležitým retenčním prostorem v povodí, v jistých případech s okolní krajinou mohou zadržet množství vody v průběhu povodní a také ovlivňují výšku hladiny podzemní vody. [3] Významně ovlivňují dosažení souladu mezi kvalitou vody, kapacitou vodních zdrojů, nároky všech uživatelů v rámci daného času a prostoru v souladu s požadavky tvorby a ochrany životního prostředí. Malé vodní nádrže mohou tvořit vzájemně propojené rybniční soustavy, které mohou zpětně ovlivňovat přírodní a životní prostředí a plnit řadu významných funkcí. [1]

Mezi funkce malých vodních nádrží patří jejich příznivý vliv na zvyšování kvality povrchových vod. Při průtoku vody účelovou nádrží rybničního typu či rybníkem dochází v důsledku přirozeného biologického čištění ke snížení fosforečnanů o 60 až 90 %, dusičnanů o 25 až 50 %, nerozpuštěných látek 90 až 98 % a amoniaku o 20 až 40 %. Při průtoku vody malými vodními nádržemi dochází k odbourávání velkého množství choroboplodných zárodků, a to v rozsahu 95 až 99 %. [4]

3.2.2. Rozdělení malých vodních nádrží podle jejich účelu

Rozdělení malých vodních nádrží dle jejich účelu (Šálek, 2001).

- *Zásobní (akumulační) nádrže* – nádrže akumulující pohotovou zásobu vody v době jejího nadbytku s možností jejího využívání v období, kdy je jí nedostatek.
- *Ochranné (retenční) nádrže* – objekty zachycující povodňové odtoky a v ochranném (retenčním) prostoru a transformují povodňové vlny. Tím částečně až úplně chrání území před negativními účinky velkých vod.
- *Nádrže upravující vlastnosti vod (čistící nádrže)* – nádrže určené k řízené úpravě vlastností vody (chemických, fyzikálních a biologických). Při úpravě bývají využívány především přírodní způsoby úpravy a čištění vody, probíhající ve vodním prostředí.
- *Rybochovné nádrže (speciální rybníky)* – rybníky, které vytvářejí adekvátní vodní prostředí pro chov ryb.

- *Hospodářské nádrže* – speciální nádrže, které jsou určeny k plnění konkrétních hospodářských funkcí.
- *Provozní nádrže* – jsou vodní nádrže různého typu a uspořádání, které jsou určeny pro konkrétní provozní potřeby.
- *Asanační nádrže* – nádrže používané k asanaci zaplavením území narušeného lidskou činností, k zachycení a uskladnění látek poškozující životní prostředí.
- *Rekreační nádrže* – nádrže určené k provozování vodních sportů, které jsou doplněny speciálním vybavením, upraveným přístupem do vody a specifickou úpravou okolí těchto nádrží.
- *Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě* – nádrže, které jsou navrženy speciálně ke zlepšování okrasného a estetického účinku krajiny, parků, sídliště, architektury apod. Jsou to konstrukčně a tvarově rozmanitá uspořádání malých vodních nádrží s různým vybavením.

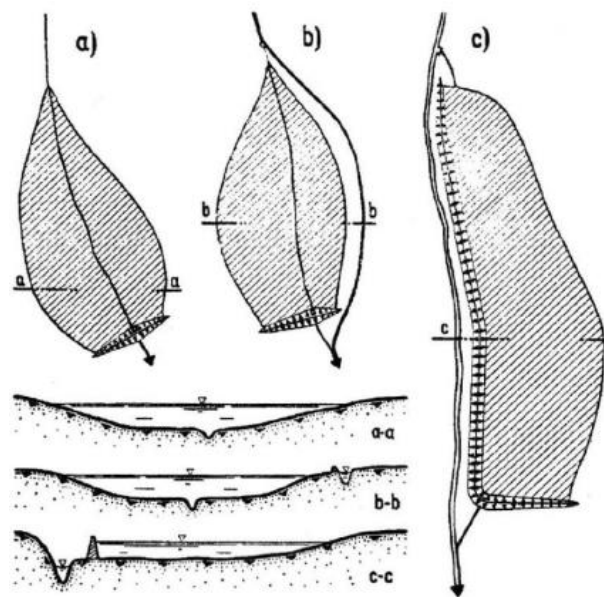
Tabulka 3.1 Rozdělení malých vodních nádrží z funkčního hlediska [1]

<p>Zásobní nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - vodárenské - průmyslové - závlahové - energetické - zálohové - kompenzační - aktivizační - retardační 	<p>Rybochovné nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - hlavní rybníky - komorové rybníky - speciální komory - karanténny rybníky - sádky - výtažníky - plůdkové výtažníky - výtěrové a třecí rybníky
<p>Nádrže upravující vlastnosti vody</p> <ul style="list-style-type: none"> - usazovací - chladící - předehřívací - dočišťovací biologické - aerobní biologické - anaerobní biologické 	<p>Ochranné (retenční) nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - dešťové - vsakovací (infiltrační) - protierozní - suché retenční (poldry) - retenční nádrže s malým zásobním prostorem - nárazové
<p>Hospodářské nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - protipožární - napájecí a plavící - výtopové zdrže - pro chov drubeže - pro pěstování vodních rostlin 	<p>Speciální účelové nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - vyrovnávací - recirkulační - rozdělovací - přečerpávací - splavňovací (klauzury) - závlahové vodojemy
<p>Asanční nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - skladovací - záchytné - rekultivační - otevřené vyhnívací - laguny 	<p>Nádrže krajinnotvorné a v obytné zástavbě</p> <ul style="list-style-type: none"> - okrasné - hydromeliorační - umělé mokřady - návesní rybníčky
<p>Rekreační nádrže</p> <ul style="list-style-type: none"> - přírodní koupaliště - nádrže pro plavání a vodní sporty 	<p>Nádrže na ochranu bioty</p> <ul style="list-style-type: none"> - na ochranu fauny - na ochranu flory

3.2.3. Rozdělení malých vodních nádrží dle způsobu zásobování vodou

U malých vodních nádrží je několik způsobů přítoku vodního zdroje, podle kterých je lze rozdělit. [1]

- *Nebeské nádrže* jsou typ nádrže dešťové, která je zásobena rozptýleným povrchovým přítokem. Většina vody v nádrži je získána na jaře při tání sněhové pokrývky a na podzim díky častým srážkám.
- *Pramenné nádrže* jsou nádrže napájeny z pramenů ve svém dně, svazích či těsně nad vzduťm. Voda v těchto nádržích je chladnější, čistá a bez organických látek.
- *Říční nádrže* čerpají vodu z řek a potoků a dělí se na průtočné a neprůtočné.
- *Průtočné nádrže* jsou nádrže ležící přímo na vodním toku, bývají napájeny řekami, říčkami či potoky, jejichž údolí bylo přehrazeno hrází. Průtočné nádrže bývají zanášeny sedimenty a jejich hladina značně kolísá.
- *Neprůtočné nádrže* zahrnují boční či břehové nádrže, do kterých je voda přiváděna kanály s regulovaným přítokem. [1]



Obrázek 3.1 Rozdělení malých vodních nádrží dle polohy k toku a) nádrž průtočná, b) nádrž průtočná s obtokovým kanálem, c) nádrž neprůtočná [2]

3.2.4. Rozdělení malých vodních nádrží dle polohy v krajině

Rozdělení malých vodních nádrží dle polohy v krajině bere v úvahu vliv prostředí, ve kterém se nachází.

- *Návesní nádrže* jsou většinou umístěny na okraji obcí či přímo v obcích, rozměry nádrží jsou většinou menší a mezi nejčastěji využívanými nádržemi patří nádrže zásobní, požární, ochranné a rybochovné. Problém těchto nádrží spočívá v kontaminaci způsobené splachy z ulic a jiných zpevněných ploch.
- *Polní nádrže* jsou většinou umístěny v polích a ve většině případů se jedná o nádrže rybochovné. Budují se v dobře osluněných polích, které jsou chráněny před studenými větry, ovšem v období dešťů a tání sněhu se do nich splavují hnojiva, ornice a jiné chemické látky, což má za důsledek rychlé zanášení a zarůstání nádrží.

- *Luční nádrže* jsou podobné polním nádržím, ovšem u lučních nádrží nedochází k tak rychlému a výraznému zanášení díky okolním trvalým travním porostům.
- *Lesní nádrže* jsou nádrže situované v lesním prostředí. Tím, že jsou obklopeny vegetací, která jim vrhá přirozený stín, mají tyto typy nádrží nižší teplotu vody stejně jako přitékající voda. Lesní nádrže bývají zanášeny travním porostem a spadaným listí. [6]

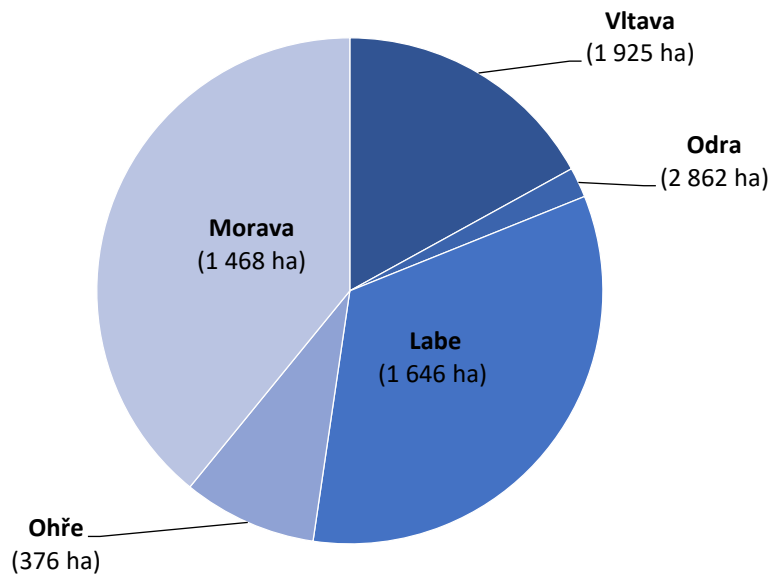
3.3. Zaniklé rybníky

Na území ČR bylo ministerstvem zemědělství za posledních deset let k roku 2019 evidováno 43 nových rybníků, což je pouhý zlomek oproti počtu zaniklých rybníků. V současné době jsou vyhlášeny dotační tituly v rámci rezortů Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí, které mají snahu o obnovu a údržbu rybníčních sítí a zřizování mokřadů a tůní za účelem zvýšení retence a akumulace vody v krajině. Jedná se například o program 129 280 „Podpora retence vody v krajině – rybníky a vodní nádrže“, jehož cílem je zadržení vody v krajině, posílení protipovodňových funkcí rybníků a zvýšení jejich bezpečnosti. V rámci tohoto programu je podporována výstavba nových, obnova zaniklých či rekonstrukce stávajících malých vodních nádrží větších než 2 ha, odbahnění značně zanesených rybníků o rozloze 2-30 ha. Zároveň jsou dostupné finanční prostředky, určené na odstraňování havarijních situací na rybnících a případných škod vzniklých při povodních. Dle schválené dokumentace je doba trvání tohoto programu v rozmezí let 2016-2021. To by mělo vést ke zlepšení situace v počtu rybníků na území České republiky. [3] [7]

Nejednotnost odhadů ohledně přesného počtu a lokalizace zaniklých či dochovaných rybníků z historických dob byla důvodem k vypracování databáze zaniklých a historických rybníků České republiky. Podkladem pro tuto databázi posloužilo II. vojenské mapování, které proběhlo na území ČR v letech 1836–1852 na podkladě přesných geodetických měření, v měřítku 1:28 800 (Cajthaml, 2012). V rámci databáze historických rybníků bylo na území dnešní ČR identifikováno celkem 33 173 historických rybníků o celkové výměře 63 923 ha. V současnosti je zachováno celkem 43 888 ha historických rybníků a 15 794 ha zaniklo. [3]

Portál Naše voda uvedl, že zhruba od 1. poloviny 19. století zaniklo na území České republiky celkem 4 927 rybníků o celkové rozloze přes 10 654 hektarů. Údajně zaniklo v povodí Vltavy 837 rybníků, v povodí Odry 95 rybníků, v povodí Labe 1 646 rybníků, v povodí Ohře 422 rybníků a v povodí Moravy 1 927 rybníků. [8]

V následujícím grafu je ilustračně znázorněna celková výměra vodních ploch zaniklých rybníků u jednotlivých povodí.



Graf 3.1 Množství zaniklých rybníků od 1. poloviny 19. století na území ČR [8]

Další zrušené rybníky byly například na Břeclavsku, kde bylo zrušeno 56 rybníků, na Kroměřížsku bylo zrušeno asi 40 rybníků. Na Vyškovsku bylo zrušeno 15 rybníků, z nichž největší se nacházel v obci Pavlovice a zaujímal celkovou plochu 3,38 ha. Na povodí řeky Moravy bylo zrušeno nejvíce rybníků z celého území ČR, což má za důsledek, že tato dříve úrodná oblast trpí čím dál více suchem. [8]

3.4. Současné problémy malých vodních nádrží

Malé vodní nádrže jsou podstatnou složkou krajiny díky jejich pozitivnímu vlivu na ekologickou stabilitu. V současnosti je stav u většiny malých vodních nádrží na území České republiky výsledkem dlouhodobého nezájmu o údržbu, nedostatku financí pro preventivní opatření či opravy. Tato problematika malých vodních nádrží představuje rozsáhlý a provázaný komplex hledisek, které se vzájemně ovlivňují. Při řešení problémů týkajících se malých vodních nádrží, je důležité posuzovat jejich vazbu na celý komplex vodohospodářských problémů v celém povodí, i jejich vzájemné interakce. [2]

Problémy, které se vztahují k dané problematice malých vodních nádrží, jsou rozděleny do následujících skupin:

- problémy vodohospodářské
- problémy technické
- problémy ekologické
- problémy ekonomické
- problémy legislativní
- problémy majetkoprávní

3.4.1. Problémy vodohospodářské

Primárním problémem malých vodních nádrží bývá jejich zanášení sedimenty. Proces zanášení vodních nádrží sedimenty je způsobován erozními procesy, vznikajícími především na zemědělské půdě v povodí nádrže, vlivem hnojení a ošetřováním zemědělské půdy. Sedimenty zmenšují vodní prostor v nádrži, obsahují značné množství toxických látek (těžkých kovů), které se pak dále dostávají do vodního prostředí, omezují provoz jednotlivých objektů v nádrži a mají mnoho dalších negativních dopadů na funkci nádrže a kvalitu vody v nádrži. [2]

3.4.2. Problémy technické

U většiny hrází a funkčních objektů jejich současný stav odpovídá udržbě, stáří a dispozici finančních prostředků, potřebných na údržbu malých vodních nádrží. [2]

Tabulka 3.2 Nejčastější závady u MVN [2]

Pořadí dle četnosti	Charakteristika závady	Výskyt závad [%]
1.	neuspokojivý stav výpustného zařízení	39
2.	neudržovaná vegetace	35
3.	zamokření podhrází	34
4.	nevyrovnaná koruna hráze	30
5.	špatný stav přelivu	26
6.	deformace povrchu hráze	25
7.	porušené opevnění hráze	24
8.	vývěry vody, kaverny v tělese hráze, omezená průjezdnost	12

3.4.3. Problémy ekologické

K ekologickým problémům malých vodních nádrží patří především problematika týkající se kvality vody, jakosti sedimentů v závislosti na jejich využití či zneškodnění, dále ochrana fauny, flory a ekosystémů. Kvalita vody v nádrži je ovlivňována působením plošných či bodových zdrojů znečištění. K významným plošným zdrojům znečištění patří zemědělská výroba a také atmosférické depozice. K bodovým zdrojům znečištění lze zařadit skládky, sílážní jámy a sídla, či objekty živočišné výroby. Mezi významné složky určující kvalitu vody v nádržích patří fosfor a dusík, které způsobují při vhodných podmínkách eutrofizaci povrchových vod. Eutrofizace způsobuje nejprve přemnožení planktonu a sinic, který velice rychle pokrývá celou hladinu nádrže. Po určité době probíhá masové odumření této mikroflóry a to má za následek nedostatek kyslíku ve vodě. [2]

3.4.4. Problémy ekonomické

Současný stav malých vodních nádrží, jejich funkčních objektů a zanesených retenčních prostorů je zapříčiněno nevhodnou státní politikou v minulých desetiletích, kdy byly nádrže využívány pouze komerčně s hlavním cílem získání co největšího zisku z chovu ryb na úkor nedostatku financí na běžné údržby či opravy. Jelikož noví vlastníci nejsou v současné době schopni bez finanční podpory státu řešit nápravu tohoto stavu, problémy na malých vodních nádržích nadále přetrvávají nebo se dokonce zhoršují. V rozmezí let 1970 – 1991 bylo financování zajišťováno ze Státního fondu pro zúrodnění půdy.

Po převedení zůstatku těchto financí do Státního fondu životního prostředí, které proběhlo v roce 1992, nebyly uvolněny žádné finanční prostředky na obnovu, údržbu, odbahnění ani rekonstrukce malých vodních nádrží. Situace se zlepšila po vytvoření krajinotvorných programů na Ministerstvu životního prostředí ČR a také dotací týkajících se péče o vodní komponenty v krajině Ministerstva zemědělství ČR. Účast státu je na financování v oblasti malých vodních nádrží minimální a většina výdajů jde z finančních prostředků vlastníků nádrží. Dle nejnovějších zpráv a programů MŽP a MZ by se tato situace měla postupně zlepšit. [2]

3.4.5. Problémy legislativní

Malé vodní nádrže jsou součástí komplexu vodního hospodářství každého povodí a je nezbytné, aby byla stanovena jednoznačná pravidla, zahrnující základní principy vodohospodářské politiky ČR. Jedná se především o základní právní normu týkající se vodního hospodářství, tj. Zákon č. 20/2004 Sb. o vodách (vodní zákon) a dále jeho prováděcí vyhlášky (předpisy). [9] Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla, byla vydána ve spojitosti se zákonem o územním plánování a se stavebním řádem (stavebním zákonem). [10] Zákon č. 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny, díky kterému získávají rybníky jako celek status významného krajinného prvku, s patřičnou ochranou, ovšem bez jakékoli obsáhlejší specifikace či věcného rozlišení. [2] [11]

3.4.6. Problémy majetkoprávní

Část malých vodních nádrží byla po roce 1989 dle zákona 229/91 Sb. (15) převedena do vlastnictví původních vlastníků nebo jejich právních nástupců. V rámci transformací a privatizací některých organizací přešla část malých vodních nádrží na nově ustanovené právní subjekty, např. akciové společnosti Povodí, rybářství, fyzické či právnické osoby aj. [2]

3.5. Výstavba, údržba, opravy, rekonstrukce a revitalizace vodních nádrží

3.5.1. Výstavba malých vodních nádrží

Vybudování nádrže by mělo posílit ekologickou hodnotu v krajinném prostoru, nikoliv ji jakýmkoli způsobem poškodit. Malá vodní nádrž může obohatit například území ekologicky degradované zemědělskou činností či technickými úpravami vodních toků. Na druhou stranu není možné podporovat výstavbu nádrží, které by nějakým způsobem ohrožovaly nebo dokonce zlikvidovaly přírodě blízké mokřady, nivní louky, lužní porosty nebo přirozená koryta vodních toků. Podporu zasluhují takové nádrže, jejichž výstavba je ze stavebně-technického a vodohospodářského hlediska efektivní. Efektivnost nádrže se projevuje především příznivým poměrem mezi nákladností hráze a objektů nádrže a množstvím zadržené vody, resp. plochou hladiny nádrže. Z hlediska efektivnosti může být pochybná nádrž na poměrně vodném toku, která bude pravděpodobně vyžadovat velkou kapacitu bezpečnostního přelivu, či nádrž v relativně sklonitém a sevřeném údolí, která může být neefektivní vzhledem k poměru nákladovosti a mohutnosti hráze vůči malému objemu zadržené vody nebo hladinové plochy. Výstavbu průtočné nádrže může komplikovat skutečnost, že tak vznikne překážka na vodním toku, která by znemožňovala

migraci vodních živočichů. Výstavbu boční nádrže je nezbytné kriticky posuzovat z hlediska využitelnosti takového díla pro veřejné vodohospodářské funkce, jakými jsou podpora samočištění či povodňová retence vody. [12]

3.5.2. Údržba a opravy malých vodních nádrží

V případě údržby se jedná o práce menšího rozsahu, kterými udržujeme nádrž, objekty a další zařízení v dobrém funkčním stavu. Jde především o čištění, úpravu, nátěry, kosení či zavlažování svahů, odstraňování splavenin a jiné práce v souladu s podmínkami provozního řádu. [4]

Malé vodní nádrže by měly disponovat manipulačním a provozním řádem, kde jsou uvedena pravidla pro řízení a údržbu malých vodních nádrží.

Manipulační řád představuje soubor předpisů, zásad a směrnic určujících manipulaci s vodou ve vodním díle či s vodním dílem ovlivněného území. Úkolem manipulačního řádu je stanovení účelného využívání vody dle relevance hospodářských a společenských zájmů. Pro každé vodohospodářské dílo je zpracován pouze jeden manipulační řád. Na období, kdy je vodohospodářské dílo ve zkušebním provozu, je zpracován prozatímní manipulační řád. [1]

Opravy se zaměřují na odstranění případných vad či škod, které vznikly při provozu nádrže, či atmosférickými vlivy a to především přívalovými srážkami, mrazem, cizími zásahy atd. Opravy jsou soustředěny na určitou část nádrže a obvykle nevyžadují speciální vybavení. Nemění charakter ani původní uspořádání stavby. [4]

Mezi nejčastější příčiny narušení hráze patří:

- narušení mrazem, erozní porušení hráze dešťovou a cizí vodou
- deformace koruny transportními prostředky či jiným mechanickým poškozením
- průsaky hrází (sufozí a erozí), abrazní narušení vodou z nádrže
- narušení vlivem vegetace (např. stromy, živočichy apod.)
- poškození hráze při opravách bezpečnostních přelivů, výpustného zařízení či instalaci nových odběrných objektů
- snížení funkce filtračních zařízení či jeho poškození vlivem vegetace
- změnou hydrogeologických či technických podmínek, vlivem agresivní vody, cizími zásahy aj. [4]

Veškeré narušení či změny hráze je nezbytné ihned po zjištění odstranit. U objektů se většinou jedná o opravy hrazení, uzávěrů, česlí a komunikací, poškozených povrchů objektů apod. [4]

3.5.3. Rekonstrukce MVN

Za rekonstrukci se považuje závažná změna, úprava či přestavba zasahující do podstaty malé vodní nádrže. Ve většině případů se jedná o náročnější stavební práce, tzn. rekonstrukce hráze a dalších hlavních objektů, zejména bezpečnostních přelivů, výpustí či odběrných objektů. Zásahy tohoto rozsahu se provádí jedině na vypuštěné nádrži.

Náročnější rekonstrukční práce, při kterých dochází k otevření hráze, vyžadují mimořádnou pečlivost při uvedení hráze do původního stavu. U takových prací bývá zapotřebí také výměna vypustného zařízení malé vodní nádrže, přestavba bezpečnostních přelivů, dodatečné zvyšování hráze a především potom rekonstrukce hráze a objektů po protržení hráze a obnova nádrže, která byla po mnoho let mimo provoz. [4]

Projekty na rekonstrukci se věnují také využití či zneškodnění sedimentu vytěženého ze zátopy, což je v dnešní době svázáno s poměrně náročnými pravidly. [12]

Specifické jsou rekonstrukce intravilánových nádrží tzv. „návesáků“. Rekonstrukce těchto nádrží bývají poměrně nákladné a tento typ nádrží nemá pro růst biodiverzity nijak zvláštní význam. [12]

V současnosti jsou rekonstrukce malých vodních nádrží podporovány Ministerstvem životního prostředí. Jedná se o obnovy stávajících, neboli bývalých nádrží. [12]

3.5.4. Revitalizace MVN

Revitalizací malých vodních nádrží se rozumí činnost, kterou se obnovují narušené či zničené základní ekologické funkce těchto nádrží. Mezi základní revitalizační opatření u malých vodních nádrží patří odstranění nežádoucích sedimentů, úprava a vyrovnání dna nádrže, odstranění nežádoucích předmětů, úprava litorální zóny, úprava břehů nádrže, doplnění mokřadní vegetací či keřovým porostem, vytvoření infiltračních pásů (travních, stromových) kolem nádrže, obnova či rekonstrukce hrází a objektů na malých vodních nádržích, zapojení malých vodních nádrží do přírodního ekosystému atd. [1]

Při odbahňování malých vodních nádrží jde o odstranění sedimentů z přítoku suspendovaných látek z povodí a stabilizaci břehů malé vodní nádrže. Postupné omezování, až znemožňování veškerých funkcí malých vodních nádrží je důsledkem zabahňování. Sediment by se měl v pravidelných intervalech těžit. Průzkumové práce, jejichž cílem je návrh odbahnění nádrže, se zaměřují na stanovení složení a množství sedimentů. Průzkum může být proveden při napuštěné i vypuštěné nádrži. Vzorky odebrané z nádrže v rámci průzkumu, slouží ke stanovení zrnitostního složení, obsahu organické hmoty, obsahu těžkých kovů a dalších polutantů. [z]

Těžba bahna je řešena následujícími způsoby:

- mokrou cestou pomocí sacích bagrů
- suchou cestou na vysušené nádrži, při které se používají stroje pro zemní práce
- kombinací obou předchozích způsobů

Bahno se těží postupně tak, že se odtěží materiál stejného složení a vlastností. Proces těžby bahna probíhá po vrstvách a ukončí se zhruba 10–15 cm nad původním dnem, aby byla zachována úrodnost nádrže. [4]

Vytěžené bahno se využívá následujícími způsoby:

- pro výrobu kompostů v souladu s ČSN 46 5735
- pro rekultivaci písčitých půd
- ke hnojení zemědělských a lesních půd
- pro rekultivaci výsypek, hald a těžbou narušených ploch

- ke zúrodňování malých vodních nádrží, které mají sterilní dno

Bahno, které se používá ke hnojení, nesmí v půdách zvýšit kritický obsah rizikových prvků na přípustnou hranici. [13]

Dosud se většina sedimentů z malých vodních nádrží ukládá na zemědělské plochy, ovšem tyto postupy podléhají stále přísnější kontrole a omezením ze strany chemických a fyzikálních vlastností materiálů. [12]

Opatření, kterými se dá zamezit zanášení nádrží:

- úprava a protierozní organizace celého povodí
- vybudování sedimentační nádrže před nádrží vlastní
- odstranění příčin zarůstání nádrží biomasou a eutrofizace
- návrh opráření na snížení břehové abraze
- návrh usměrňovacích staveb, které zajistí rovnoměrné rozdělování sedimentů po celé nádrži [4]

Tabulka 3.3 Přehled revitalizačních opatření na malé vodní nádrži [4]

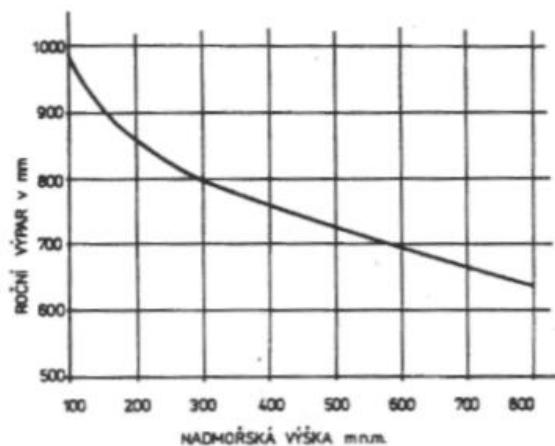
Revitalizační zásah	Účinky vyvolané revitalizací	Konečné účinky revitalizace
Odstranění sedimentu	- zvětšení zásobního prostoru nádrže - prodloužení doby zdržení - snížení vnitřní zásoby živin v nádrži	- návrat k původním hydrologickým funkcím oligotrofizace vodního prostředí
Úprava dna nádrže	- zrušení prohlubní zaplněných organickým kalem s anaerobní vodou	- blokáce vyplavování fosforu - snížení trofie vody
Úprava břehové linie	- vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásu - návrh a výsadba doprovodné vegetace podle příslušného vegetačního stupně	- posílení ekologické funkce nádrže - posílení biodiverzity a lepší začlenění nádrže do krajinného prostoru
Zatravnění pásu šířky min. 20 m po souvislém obvodu nádrže	- v místech, kde není litorální pás, představuje vytvoření ochranného pásu bariéru před smyvy z okolních pozemků	- omezení eutrofizace a zanášení nádrže
Opatření k omezení transportu sedimentu z povodí	- organizace povodí z hlediska protierozní ochrany - budování a zakládání odsazovacích míst nad nádrží nebo v ní	- posílení všech výše uvedených funkcí zejména hydrologických

3.6. Ztráta vody z MVN

Ztráty vody v malých vodních nádržích bývají způsobeny výparem z vodní hladiny, transpirací vodních rostlin, nasycením (vsakem) dna nádrže, průsakem dna, hrází a boky nádrže, ztráty netěsností objektů, provozní ztráty a dočasná ztráta zamrznutím hladiny vody v nádrži. [1]

3.6.1. Ztráta vody výparem

Výpar z vodní hladiny závisí na teplotě, na napětí par ve vzduchu, na velikosti plochy hladiny a na rychlosti větru. Při výpočtu ztrát výparu pro danou lokalitu se vychází z přímých měření. Vyhodnocené údaje se získávají z Českého hydrometeorologického ústavu. Při odpovídajících podmínkách se získají potřebné údaje přepočtem s využitím metod analogie. Jako další možnost pro stanovení výparu z vodní hladiny je využití monogramu (obrázek 3.2) pro určení výparu dle ČSN 75 2410. Přibližně stanovené rozdělení výparu z vodní hladiny v jednotlivých měsících v roce dle ČSN 75 2410 je uvedeno v následující tabulce 3.4. [1] [14]



Obrázek 3.2 Orientační hodnoty průměrného ročního výparu z volné hladiny v závislosti na nadmořské výšce [14]

Tabulka 3.4 Procentuální rozdělení ročního výparu [14]

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% ročního výparu	2	2	4	6	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3

3.6.2. Ztráta vody transpirací rostlin

Velkou část výparu z vodní hladiny tvoří transpirace rostlin. Ztráta vody transpirací závisí především na poměru zarostlé plochy k volné hladině, a také na stupni vývoje vegetace. V období maximálního růstu vlhkomilných rostlin (červen – srpen) bývá ztráta vody vlivem transpirace až 5krát vyšší než ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. Celkový výpar ze zarostlé i nezarostlé vodní plochy je možné určit pomocí opravného součinitele dle odhadnutého podílu zarostlé plochy, kterým se přenásobí výpar z volné hladiny, viz Tabulka 3.5. [2]

Tabulka 3.5 Opravné součinitele pro stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy [2]

Podíl zarostlé plochy [%]	10	30	50	75
Opravný součinitel	1,03	1,08	1,14	1,22

4. Použitý software

4.1. ArcMap

ArcMap je centrální aplikací ArcGIS desktop, která slouží především pro vizualizaci geografických dat, dále jejich editaci, prostorovou analýzu a poskytuje také kompletní funkcionalitu pro tvorbu map. Aplikace ArcMap má integrované Catalog Window, které zvládá téměř všechny úlohy ArcCatalogu přímo v aplikaci ArcMap. ArcCatalog napodobuje Průzkumníka ve Windows. Je určený pro správu geodat, což zahrnuje jejich kopírování, přesuny, zakládání, mazání, přejmenovávání atd. [15]

Aplikace je rozdělena na několik oddílů:

- Seznam vrstev (názvy, legendy)
- Catalog Window – nástroj pro správu geodat ve složkovém počítačovém systému
- Toolbox – seznam dostupných nástrojů pro práci s geodaty
- Hlavní grafické okno pro zobrazení geometrické složky geodat
- Nástroje pro pohyb na mapě
- Měřítko
- Ikony pro spuštění Toolbox a Catalog Window

Díky těmto nástrojům je možné pracovat s mapou a potřebnými daty. [15]

Pro načtení webových služeb do aplikací ESRI, mezi které patří ArcMap, je nejsnazší použít přímo služby, které jsou poskytovány ArcGIS Serverem, tzv. SOAP služby.

Vrstvy s uvedeným souřadnicovým systémem lze automaticky načíst. Aplikace použije stejný souřadnicový systém pro zobrazení vrstvy a zároveň spočítá měřítko a načte informaci o použitých jednotkách.

Geodata lze v aplikaci ArcMap využívat buď z lokálního úložiště v počítači, nebo lze využít webové mapové služby, jako například ČÚZK, AČR, AOPK, MŽP aj. Velká část těchto služeb je shromážděna na adrese <http://geoportal.gov.cz>, kde lze nabízené vrstvy prohlížet prostřednictvím mapové aplikace pro internetové prohlížeče bez instalace GIS softwaru na vlastní PC. [15]

4.1.1. Vstupní data

Mezi potřebná data pro tuto práci patří:

- vrstevnice vytvořené digitalizováním ze Základní mapy ČR 1:10 000
- vrstva reprezentující Pustiměřský potok vytvořená digitalizováním ze Základní mapy ČR 1:10 000
- vrstva rozvodnice povodí Pustiměřského potoka určená z vrstevnic
- ortofoto mapa zájmového území povodí Pustiměřského potoka
- mapa CN křivek

Uvedená data byla kromě ortofoto mapy ve formátu Shapefile.

V atributové tabulce (Attribute Table) jsou ukládány popisné informace (atributy) k jednotlivým objektům v dané vrstvě. Každý geometrický objekt je propojen s příslušným řádkem atributové tabulky, kde každý objekt má svoji přiřazenou symbologii. Jednotlivé vrstvy byly odlišeny pomocí barev. [15]

Výstupy z programu ArcMap jsou uvedeny v praktické části práce v 5.7.

4.2. Projekt RAIN

Metodika „*Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině*“ byla vytvořena za účelem rozšíření a zefektivnění znalostí a schopností pro hydrologické modelování krátkodobých dešťů, které navazuje na navrhování vodohospodářských staveb zejména na drobných vodních tocích či v ploše povodí, podporovaných dotačními tituly (MZe, MŽP, AOPK, aj.). [16]

Metodika se zabývá variabilitou a možnými scénáři krátkodobých dešťů, kde zohledňuje četnost výskytu srážek, jejich prostorové rozložení a vnitřní rozdělení intenzit v rámci ČR. Dané scénáře byly vyvozeny z desetiletých řad radarových dat uspořádaných dle měření pozemních pozorovaných stanic. [16]

Srážky jsou často řídicím vstupem simulačních modelů a je důležitá vhodná volba jejich časového průběhu pro zajištění dostatečné ochrany. Nevhodné zvolení časového průběhu by mohlo způsobit předdimenzování či předražení výsledného návrhu nebo naopak nedostatečnou ochranu před přívalovými dešti. [16]

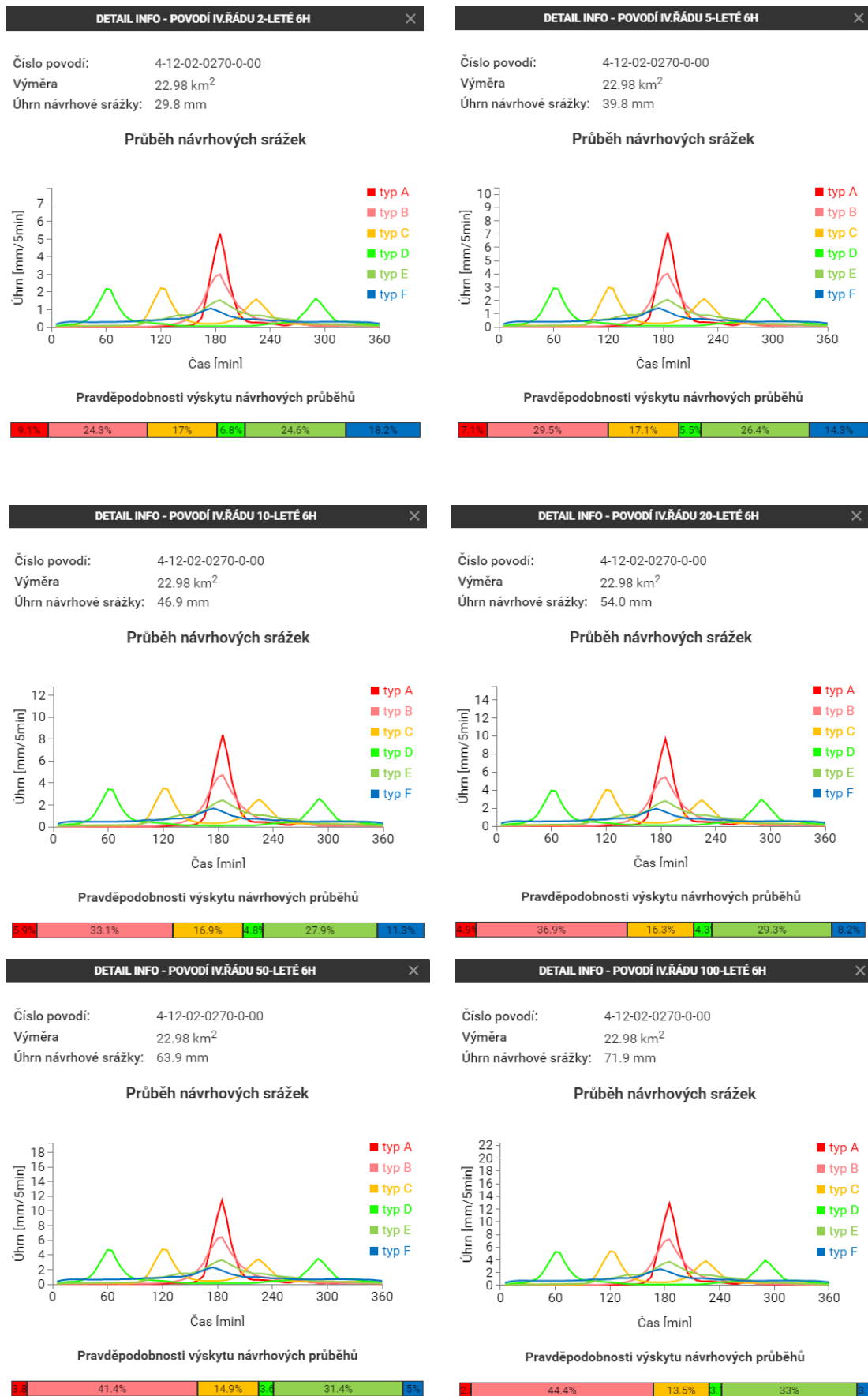
Při navrhování vodohospodářských staveb se metodika využívá pro úpravy v ploše povodí. Při úpravách na vodních tocích lze metodiku využít především pro zpracování odborných studií, variantní řešení nebo předprojektovou přípravu. [16]

Uvedené metody získání tvarů krátkodobých dešťů pro konkrétní lokalitu na území ČR jsou dostupné na webových stránkách *rain.fsv.cvut.cz*, kde jsou k dispozici webové aplikace a nástroje. V této práci se pracovalo s komplexní webovou aplikací, která běží na platformě Gisquick a umožňuje odvodit úhrn a průběh intenzit šestihodinové návrhové srážky pro povodí IV. řádu. [16] [17]

Pod klíčové údaje pro hydrologické modelování spadá aktuální stav povodí, úhrn srážky a její rozložení v čase. Pro krátkodobé srážky je charakteristické jejich plošná a časová variabilita.

Průběh reálných srážek je velice rozmanitý a pouze jeden syntetický diagram by byl velmi zjednodušující. Metodika nabízí řešení v podání šesti syntetických hyetogramů šestihodinových srážek, odvozených z reálných srážkových epizod pro celé území ČR.

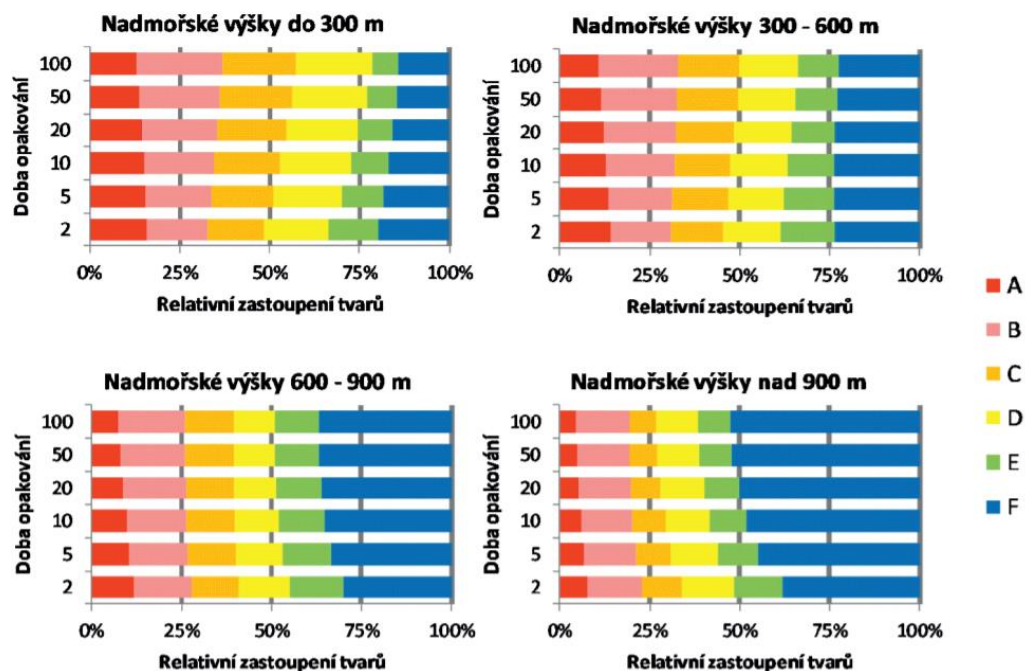
Šest syntetických průběhů šestihodinových srážek pro dané povodí Pustiměřského potoka je zobrazeno na obrázku 4.1. Tvary hyetogramů jsou označeny písmeny A, B, C, D, E, F a každý hyetogram označuje jiný průběh. Tvary A, B, E a F mají jednoduchý průběh, kde tvar A znázorňuje nejvíce koncentrované epizody v čase a F naopak nejméně koncentrované epizody. Tvary C a D mají složitější průběhy, při jejichž konstrukci byla uvažována krátkodobá maxima vyznačené dvěma vrcholy oddělenými různě dlouhým poklesem. [16]



Obrázek 4.1 Šest syntetických průběhů šestihodinových srážek pro povodí Pustiměřského potoka (číslo povodí 4-12-02-0270-0-00), 10-letý, 20-letý, 50-letý a 100-letý maximální úhrn srážek [17]

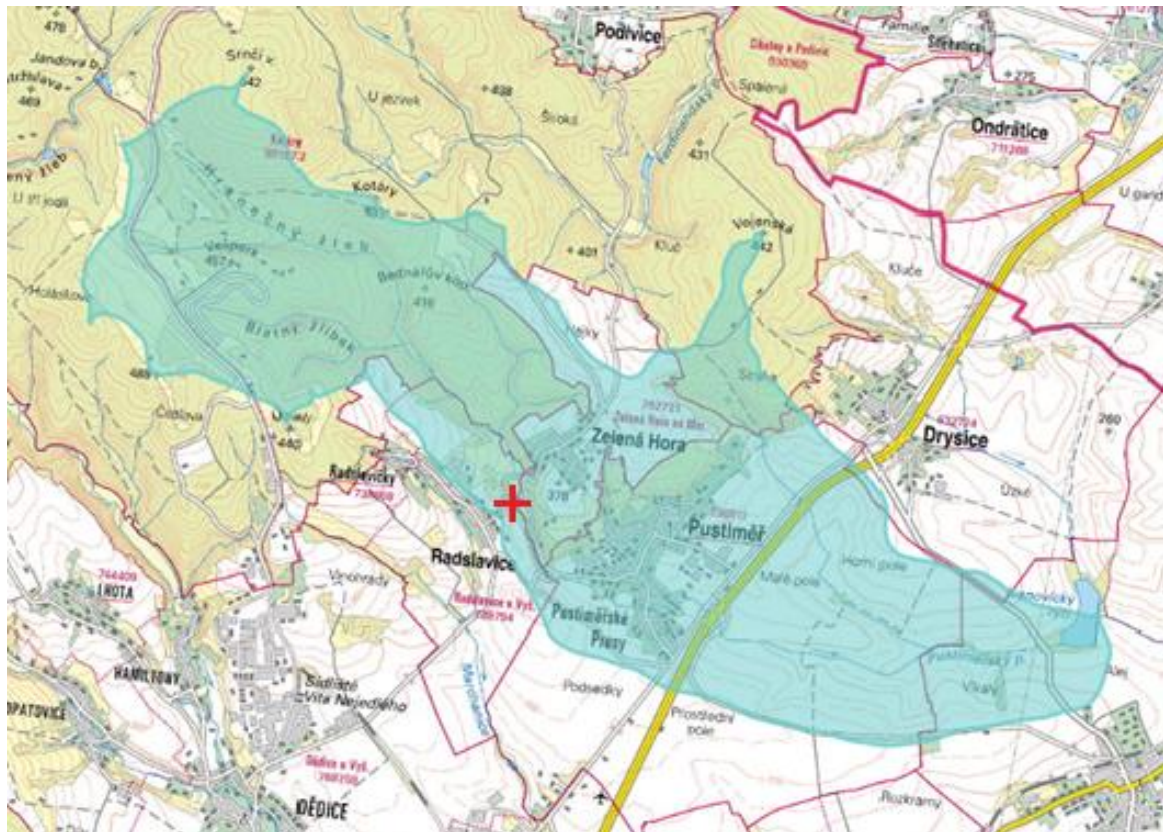
Pro modelování bylo k dispozici celkem 72 hodnot scénáře typu B, který byl dle tabulky nejčtenějším scénářem. Dané hodnoty pro 2-leté, 5-leté, 10-leté, 20-leté, 50-leté a 100-leté srážky byly zpracovány a následně vloženy do programu HEC-HMS v časovém intervalu 01Led2020, 8:00 – 01Led2020, 14:00 po 5ti minutách. Syntetické tvary šestihodinových návrhových srážek jsou na území ČR zastoupeny nerovnoměrně. Pravděpodobnost jejich výskytu se podmiňuje zejména nadmořskou výškou a uvažované době opakování návrhové srážky. [16]

Průměrné zastoupení syntetických tvarů návrhových srážek na území ČR je znázorněno na obrázku 4.2. Nadmořská výška určeného místa není jediným faktorem, podmiňujícím zastoupení různých tvarů syntetických diagramů. Dalšími faktory mohou být např. směr převládajícího proudění či blízkost výrazné orografie. [16]



Obrázek 4.2 Průměrné zastoupení syntetických tvarů návrhových srážek A, B, C, D, E, F s rozdílnou dobou opakování pro čtyři intervaly nadmořských výšek [16]

Při vyhledávání lokality povodí Pustiměřského potoka bylo vhodné použít webovou aplikaci poskytovanou na rain.fsv.cvut.cz, kde je možné zjistit nejen úhrn šestihodinové srážky, ale i varianty jejího časového průběhu a relativní frekvenci jejich výskytu pro zvolenou dobu opakování. [17]



Obrázek 4.3 Povodí Pustiměřského potoka s malou vodní nádrží Hradisko [17]

4.3. Práce v programu HEC-HMS

Analýzy a výpočty v rámci této bakalářské práce byly prováděny v prostředí programu HEC-HMS, který patří k nejpoužívanějším srážko-odtokovým programům. Program je volně ke stažení z webových stránek *US Army Corps of Engineers* a nabízí spoustu modelovacích přístupů umožňujících jeho široké využití, jako například odtok z malého přirozeného povodí. [18]

Model HEC-HMS je navržen k simulaci kompletních hydrologických procesů na různých povodích. Jde o deterministický model, používající tradiční výpočetní rutiny, kam spadá metoda jednotkového hydrogramu nebo výpočet transformace v korytě. V tomto případě se jedná o model metrický. Program také používá výpočty nutné pro kontinuální simulaci, jenž zahrnují například evapotransporaci, tání sněhu či vliv půdní vlhkosti. Model je primárně navržen jako semi-distribuovaný, což umožňuje rozdělení řešeného povodí na libovolné množství podpovodí. Mezi další užitečné nástroje programu patří podpůrné analytické nástroje jako je například citlivostní analýza. [18] [19]

Vstupní data se liší podle zvoleného výpočetního modelu. K provedení simulace je zapotřebí definovat tři základní vstupy [19]:

- Model řešeného povodí (*Basin Model*)
- Meteorologický model (*Meteorologic Model*)
- Časové okno (*Control Specifications*)







V některých případech simulací lze použít další tři typy vstupů:

- Distribuovaná data (*Grid Data*)
- Časové řady dat (*Time-Series Data*)
- Párová data (*Paired Data*)

4.3.1. Model řešeného povodí

Model povodí popisuje topologické uspořádání říční sítě a fyzické vlastnosti povodí. Cílem modelování je převedení zadané atmosférické podmínky na odtok v korytě na určitých zadaných místech povodí. V modelu HEC-HMS je povodí reprezentováno soustavou dílčích hydrologických prvků, viz tabulka 4.1. V jednotlivých prvcích probíhají výpočty pro některou nabízenou výpočetní metodu. [18] [19]

Tabulka 4.1 Jednotlivé hydrologické prvky v modelu HEC-HMS [19]

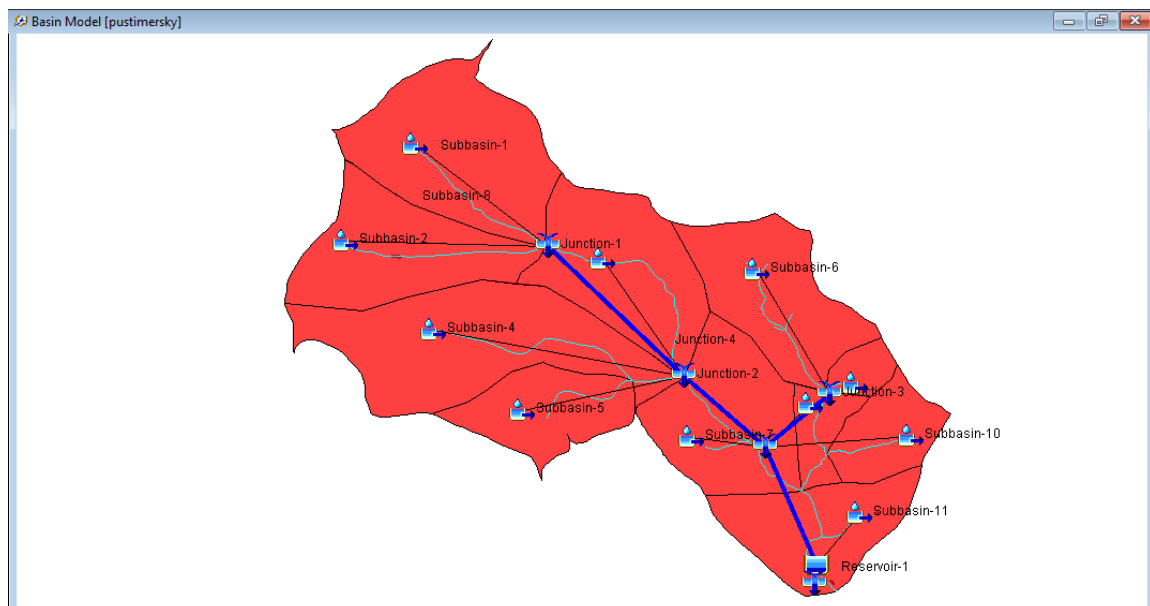
Název prvku ČJ	Název prvku AJ	Ikona	Popis
Podpovodí	Subbasin		Prvek Subbasin představuje určitou část plochy skutečného povodí.
Úsek	Reach		Prvek Reach představuje úsek vodního (potok či řeka). Do prvku může vstupovat více prvků z horní části povodí.
Nádrž	Reservoir		Prvek Reservoir modeluje posun hydrogramu při průchodu povodňové vlny nádrží, do které může vstupovat jeden nebo více prvků.
Soutok	Junction		Prvek Junction představuje soutok dvou nebo více vodních toků.
Rozdělení	Diversion		Prvek Diversion představuje oddělení proudu od hlavního toku. Vstupem může několik výše položených prvků a výsledný odtok je rozdělen na odtoky hlavního nebo vedlejšího toku.
Zdroj	Source		Prvek Source má funkci zavést tok do modelu povodí. Nemá žádný přítok a odtok je definován uživatelem.
Odtok z povodí	Sink		Prvek Sink představuje závěrový profil řešeného povodí. Přítok do prvku může být odtok z jednoho nebo z více výše položených prvků.

V této práci se pracovalo s prvky:

- subpovodí (*Subbasin*)
- úsek (*Reach*)
- soutok (*Junction*)
- nádrž (*Reservoir*)

Tyto prvky byly následně spojeny do stromovité sítě a podložené mapou pro větší přehlednost sítě, viz. obrázek 4.4. Podkladová mapa byla importována jako vektorová vrstva (*Shapefile*). Jednotlivé prvky v síti byly specifikovány z hlediska umístění v síti pomocí určení následujícího prvku. Povodí Pustiměřského potoka bylo rozděleno na jedenáct podpovodí (*Subbasin*) a celkem čtyři úseky (*Reach*). Nádrž (*Reservoir*) reprezentovala vodní nádrž Hradisko. Mezi hlavní parametry nádrže patří výpustný objekt (*Outlet*), bezpečnostní objekt (*Spillway*) a koruna hráze (*Dam Top*). Výpustný objekt představoval obdélníkový otvor požeráku o průtočné ploše 0,5 m². Za bezpečnostní objekt, který při současném stavu chybí a bez kterého by nebylo možné výpočet spustit, byla považována koruna hráze v nadmořské výšce 301,0 m n.m.

Výpočet (*Compute*) proběhl postupně ve směru od horní části k dolní části povodí.



Obrázek 4.4 Vizuální model povodí Pustiměřského potoka v prostředí HEC-HMS

4.3.2. Meteorologická data

Pro vytvořený model povodí bylo nezbytné specifikovat vstupní přítok vody, který byl v prostředí HEC-HMS vypočten ze zadané srážky a ostatních vstupních dat pomocí meteorologického modelu. Primárním vstupem do meteorologického modelu byla srážka, která byla zadána ve formě specifikovaného hyetogramu (*Specified hyetograph*). Při zadání příčinné srážky specifikovaným hyetogramem bylo možné vytvořit časovou řadu intenzit na daném podpovodí. [18] [19]

Zadání srážky do modelu bylo možné více způsoby:

- Frekvenční bouřka (*Frequency Storm*)

- Distribuovaná srážka (*Gridded precipitation*)
- Váha srážkových úhrnů (*Gage weights*)
- Inverzní vzdálenost (*Inverse distance*)
- HMR52
- SCS bouřka (*SCS storm*)
- Bouřka standartního projektu (*Standard project storm*)

4.3.3. Časové okno

Pro simulaci v modelu HEC-HMS bylo nutné určit časovou specifikaci výpočtu následně uvedenými údaji [19]:

- Datem ve formátu ddMMYYYY na začátku a na konci časové řady

Zvolené datum: 01Led2020

- Časem výpočtu ve formátu HH:mm na začátku a na konci časové řady
- Časovým intervalem výpočtu v rozmezí od 1 minuty až po 1 den

Zvolený interval: 5 minut

4.3.4. Časové řady dat

Při zadávání srážkových dat (*Precipitation Gage*) se pracovalo s časovými řadami dat, které bylo možné zadat třemi různými způsoby [18]:

- Manuálně (*Manual Entry*) – zadání hodnoty řešené veličiny pro každý časový interval zvlášť
- Jednoduchý záznam HEC-DSS (*Single Record HEC-DSS*) – práce se souborem DSS, do kterého je možné vložit každou časovou řadu řešené veličiny a následně využít prohlížeč HEC-DSS Vue
- Vícenásobný záznam HEC-DSS (*Multiple Record HEC-DSS*) – do souboru DSS je možné vložit několik variantních verzí časových řad

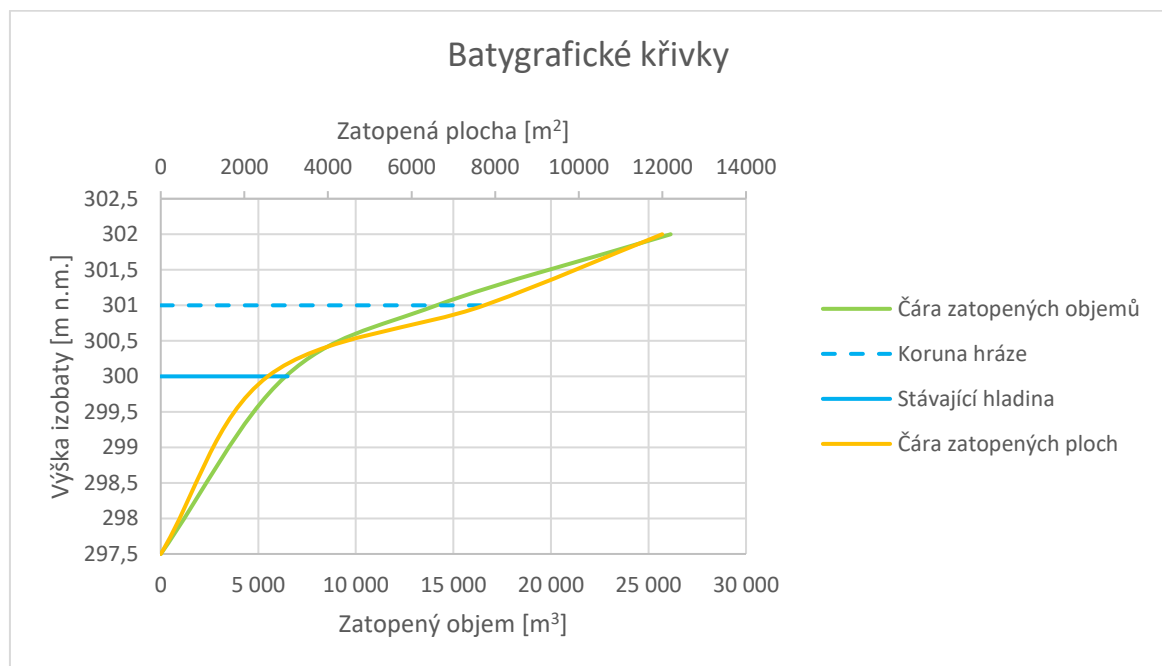
Při zadávání srážkové výšky bylo nutné vybrat patřičné jednotky, a to buď milimetry nebo inche (25,4 mm) v kumulativní nebo přírůstkové formě.[18]

4.3.5. Párová data (*Paired Data*)

Pro zhodnocení stávajícího stavu byly použity batygrafické křivky, které slouží ke stanovení stávajících funkčních objemů vody v nádrži. Pro vynesení batygrafických křivek, tj. čar zatopených objemů a čar zatopených ploch byly použity plochy jednotlivých izobat, viz. tabulka 4.2.

Tabulka 4.2 Hodnoty batygrafických křivek stávající nádrže

Výška izobaty H [m n.m.]	Odlehlost izobat Δh [m]	Zatopená plocha S_i [m ²]	Zatopený objem V_i [m ³]	Celkový zatopený objem $\sum V$ [m ³]
297,5	0,0	0,0	0,0	0,0
300	2,5	2 561,0	6 402,5	6 402,5
301	1	7 738,5	7 738,5	14 141,0
302	1	11 995,0	11 995,0	26 136,0



Graf 4.1 Batygrafické křivky pro MVN Hradisko

4.3.6. Vstupní data

4.3.6.1. Podpovodí

Prvek podpovodí umožňuje práci s pěti základními komponenty, popisujícími přeměnu srážky na povrchový odtok. V této práci se pracovalo se třemi z těchto komponentů. [18]

- **Komponent ztráty (Loss Method)**

Komponent ztráty je cílem popisu interakce tří procesů vzájemně se ovlivňujících, které probíhají současně na prvku podpovodí. Jedná se o procesy infiltrace, povrchového odtoku a podpovrchového odtoku. Lze si vybrat jednu ze sedmi výpočetních metod ztráty [18]:

- Konstantní ztráta (*Deficit and Constant Loss*)
- Exponenciální ztráta (*Exponential Loss*)
- Green – Ampt (*Green and Ampt Loss*)

- Počáteční a konstantní ztráta (*Initial and Constant Loss*)
- **Metoda CN (SCS Curve Number Loss)**
- Ztráta s vlivem plnění vlhkosti (*Soil Moisture Accounting Loss*)
- Metoda Smith Parlange (*Smith Parlange Loss*)

Všech 7 metod zachovává objem, přičemž suma infiltrace a srážky zůstávající na povrchu, by měla odpovídat hodnotě celkové srážky. U všech metod je nezbytné zadat procento nepropustných ploch (*% impervious*). Při modelování byla zvolena Metoda CN (*SCS Curve Number Loss*), která pracuje s parametrem CN (číslo odtokové křivky), reprezentujícím průměrnou hodnotu na řešené ploše, přičemž nepropustné plochy se do výpočtu nezahrnují. [19]

- **Komponent transformace (Transform Method)**

Komponent transformace charakterizuje samotný proces povrchového odtoku z podpovodí a rovněž umožňuje uživateli výběr jedné ze sedmi výpočetních transformačních metod:

- Clarkův jednotkový hydrogram (*Clark Unit Hydrograph Transform*)
- Jednotkový hydrogram SCS (*SCS Unit Hydrograph Transform*)
- Snyderův jednotkový hydrogram (*Snyder Unit Hydrograph Transform*)
- Uživatelem specifikovaný S-graf (*User-specified S-graph Transform*)
- Uživatelem specifikovaný jednotkový hydrogram (*User-specified Unit Hydrograph Transform*)
- Transformace ModClark (*ModClark Transform*)
- Transformace kinematickou vlnou (*Kinematic Wave Transform*)

V této práci byl využit Clarkův jednotkový hydrogram (*Clark Unit Hydrograph Transform*), což je metoda používající Clarkův syntetický jednotkový hydrogram definovaný dobou doběhu na povodí (*Time-Area Curve*). Výsledný hydrogram je vedený napříč lineární nádrží, která je definována koeficientem zásobnosti a má symbolizovat efekt zdržení na ploše podpovodí. Parametrem doba koncentrace je určena nejdelší možná doba doběhu na daném podpovodí. [18] [19]

- **Komponent základního odtoku (Baseflow Method)**

Komponent základního odtoku charakterizuje samotný proces podpovodí, kde je možné si vybrat jednu z pěti výpočetních metod základního odtoku [19]:

- Konstantní měsíční základní odtok (*Constant monthly baseflow*)
- Základní odtok metodou lineární nádrže (*Linear Reservoir Baseflow*)
- **Recesní základní odtok (Recession Baseflow)**
- Nelineární Boussinesqův základní odtok (*Nonlinear Boussinesque Baseflow*)
- Základní odtok metodou ohraničené recese (*Bounded Recession Baseflow*)

Pro tento model byl zvolen Recesní základní odtok (*Recession Baseflow*). Jedná se o metodu simulující exponenciální pokles základního odtoku po patřičné dešťové srážce. Je vhodná jak pro epizodní modelování tak pro kontinuální simulaci.

Dva komponenty byly zanedbány z důvodu malého vlivu na povrchový odtok. Jedná se o komponent vegetačního krytu (*Canopy Method*), který do výpočtu zahrnuje vliv vegetace zachycující povrchový odtok a komponent povrchu (*Surface Method*) zahrnující do výpočtu vliv terénních depresí zadržující určitou část srážky. [18] [19]

- **Komponent vegetačního krytu (*Canopy Method*)**

Využívá se v případě, že se do výpočtu zahrnuje vliv vegetace, která by měla zachytit určité množství srážky a zabránit tak dopadu na zemský povrch a následnému odtoku. Uvažuje se zde také transpirační proces rostlin. Komponent vegetace se obvykle uvažuje v případě dlouhodobé kontinuální simulace. [19]

- **Komponent povrchu (*Surface Method*)**

Komponentem povrchu se do výpočtu zahrnuje vliv terénních prohlubní neboli depresí, které mohou zadržet určitou část srážky. V případě vyčerpání infiltrační kapacity, kdy jsou veškeré deprese zaplněny, nastává povrchový odtok. Zachycená voda v depresích se infiltruje a napomáhá tak k evapotranspiraci. [19]

U nepropustných povrchů, jako jsou například parkoviště, se depresní kapacita blíží nule. Zato u obdělávaných zemědělských ploch bývají hodnoty depresní kapacity poměrně vysoké. [18] [19]

4.3.6.2. Úsek

Prvek s jedním či více přítoky z ostatních elementů v horní části povodí, ovšem pouze s jedním odtokem. Odtok lze vypočítat jednou ze dvou metod simulujících proudění v otevřeném korytě. [18]

- **Komponent směrování (*Routing Method*)**

Komponent směrování charakterizuje proces transformace v korytě na konkrétním úseku vodního toku. Zde je možné si vybrat jednu z šesti výpočetních metod směrování:

- **Metoda kinematické vlny (*Kinematic Wave Routing*)**
- Metoda zdržení (*Lag Routing*)
- Metoda modifikovaného pulsu (*Modified Puls Routing*)
- Metoda straddle stagger (*Straddle Stagger*)
- Metoda Muskingum (*Muskingum Routing*)
- Metoda Muskingum-Cunge (*Muskingum-Cunge Routing*)

Při modelování byla použita metoda kinematické vlny (*Kinematic Wave Routing*), která je založena na aproximaci neustáleného proudění za podmínky zanedbání tlakových

a setrvačných sil. Využívá se nejlépe pro strmější toky (pravidelný sklon i tvar koryta na urbanizovaném povodí). Je zapotřebí uvést parametry typu délka, průměrný sklon, součinitel drsnosti dle Manninga a příčný průřez úseku. [18] [19]

- **Komponent zisku/ztráty (*Loss/Gain Method*)**

Komponent zisku/ztráty charakterizuje interakci zadaného úseku vodního toku s podpovrchovými ději. Lze si vybrat jednu ze dvou výpočetních metod zisku/ztráty, ovšem některé metody je možné použít pouze v kombinaci s vybranou metodou směřování. [18] [19]

- Konstantní zisk/ztráta (*Constant Loss/Gain*)
- Zisk/ztráta průsakem (*Percolation Loss/Gain*)

Tato metoda byla při modelování zanedbána.

Výstupy z programu HEC-HMS jsou uvedeny v praktické části práce v 5.8.

5. PRAKTICKÁ ČÁST - REVITALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE HRADISKO V K. Ú. RADSLAVICE

5.1. Charakteristika území

5.1.1. Lokalizace území

Řešené území leží v Jihomoravském kraji, cca 7 km severovýchodně od města Vyškov na Moravě, v k. ú. obce Radslavice a v k. ú. Zelená Hora. Vodní nádrž Hradisko se nachází na Drahanské vrchovině v nadmořské výšce 300 m n. m. u východního okraje území obce Radslavice v sousedství se silnicí spojující obce Pustiměř a Zelenou Horu.

Řešená lokalita leží ve středu mezi třemi obcemi, Pustiměř, Zelená Hora a Radslavice, které se rozkládají pod jihovýchodními vrcholky Drahanské vrchoviny podél toku Pustiměřského potoka. Rozloha všech tří obcí činí 1 980 ha a aktuální celkový počet obyvatel všech tří obcí je 2 550 obyvatel. Všechny tři obce jsou venkovského typu a patří k nejstarším obcím na Vyškovsku. [20]

5.1.2. Významné objekty a plochy

Mikroregion Melicko

Mikroregion Melicko leží severozápadně od města Vyškov a sdružuje celkem pět obcí. Jedná se o svazek obcí, který vznikl v roce 2001 za účelem regionálního rozvoje. Území mikroregionu leží na úpatí Drahanské vrchoviny. Sídlem mikroregionu je obec Pustiměř, která sousedí s obcemi Zelená Hora, Drysice a Radslavice. Do svazku také patří odlehlá obec Podivice, která se nachází uprostřed hlubokých lesů vojenského újezdu Březina. Dříve byl pohyb v lesích vojenského újezdu značně omezen. Omezení bylo potlačeno zájmem turistů o toto území a dnes je opět část území přístupná. Na okrajích vojenského prostoru byla vybudována značená cykloturistická trasa, propojující Vyškov přes Zelenou Horu, Podivice, Ondratice, Brodek u Prostějova s Prostějovem. V obcích je řada významných památek a zajímavostí, jako jsou kostely, zbytky středověkých staveb, zatopený lom nebo letecké muzeum mezi Vyškovem a Pustiměř. [20]

Pustiměř

Obec spadá do okresu Vyškov a rozkládá se cca 6 kilometrů severně od Vyškova, na úpatí Drahanské vrchoviny a v přilehlé části Vyškovské brázdy, který se svažuje do údolí říčky Hané. V roce 1942 se s obcí sloučily Pustiměřské, dříve Německé Prusy a nyní se obec skládá ze dvou částí – Pustiměře a Pustiměřských Prus, ale je pouze v jednom katastrálním území. Celková rozloha obce činí 1 250 ha. V současnosti v obci probíhá výrazný urbanistický rozvoj. Vzniká nová moderní část obce, kde se budují nové rodinné domy. Momentálně v obci žije cca 1800 obyvatel. [20] [21]

Zelená Hora

Zelená Hora patří k nejmladším obcím v okrese. Obec se z velké části rozprostírá ve vrcholových partiích Drahanské vrchoviny.

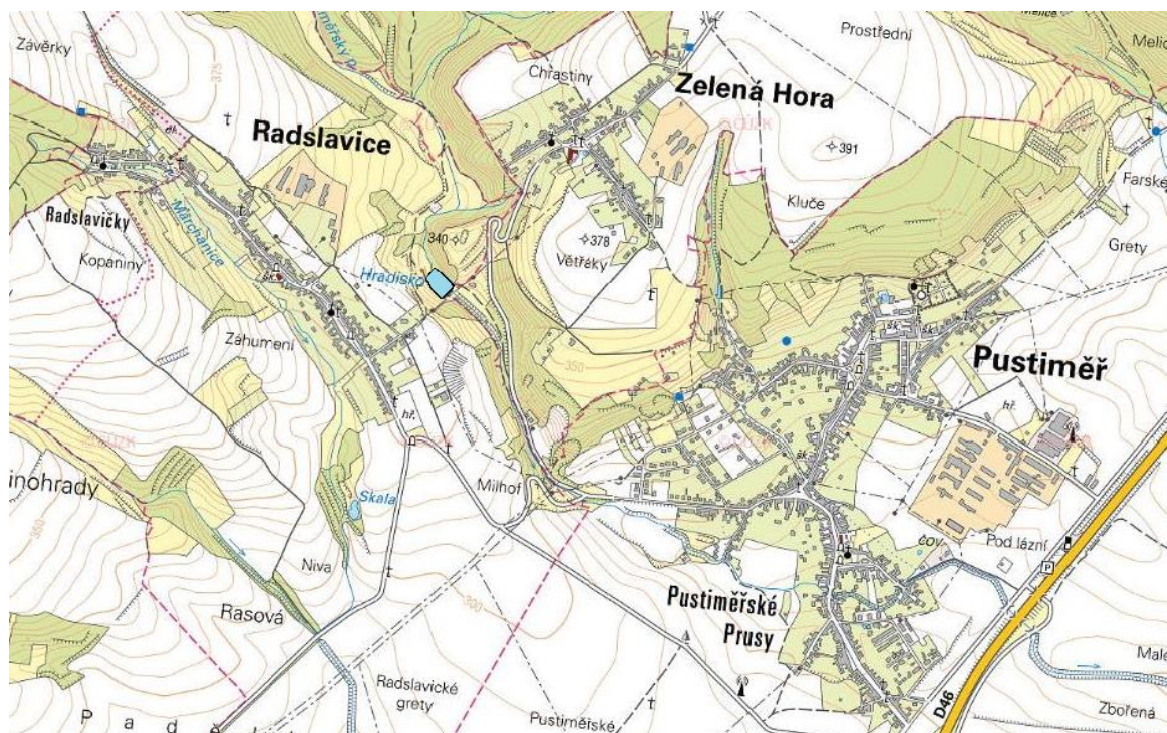
Ve 30. letech obec do svého založení patřila katastrálně obci Pustiměř, a až v letech 1924 až 1925 získala Zelená Hora vlastní katastr o výměře 300 ha. Po kulturní a politické stránce byla Zelená Hora dlouhou dobu plně vázána k nedaleké Pustiměři, protože zde byl lékař, farní úřad, základní škola pro děti aj. [20]

Nyní zde žije 225 obyvatel a katastrální území má rozlohu 275 ha. [22]

Radslavice

Území obce Radslavice se nachází na úpatních svazích Dražanské vrchoviny. Katastrální území obce má rozlohu 434 ha a žije zde 381 obyvatel. [23]

V roce 1950 byla k obci připojena část s názvem Radslavičky. Radslavice jsou obklopeny rozsáhlými plochami lesů vojenského prostoru. [20]



Obrázek 5.1 Zájmové území [44]

5.2. Historie řešeného území

S budováním koupaliště se začalo v roce 1958. Funkcionáři – poslanci a členové rady místního národního výboru v čele s předsedou Josefem Steinerem a tajemníkem Antonínem Hradilem přistoupili k budování přírodního koupaliště a rekreačního střediska „Na Hradisku pod Zelenou Horou“ za spolupráce místního národního výboru Zelené Hory a Radslavice. Plány, rozpočty na vybudování koupaliště včetně úprav terénu a dále plány a rozpočty na stavby přírodní restaurace zhotovil p. Stanislav Knap, technický úředník „Okresního stavebního podniku“ ve Vyškově. Budování koupaliště včetně předběžných úprav terénu se dělalo zpočátku na podkladě tzv. brigádnické dobrovolné práci občanů zdarma. Později byli pracovníci pravidelně vypláceni 7 Kč/hod a největší zásluhu na budování měli tehdejší místní důchodci. [24]



Obrázek 5.2 Malá vodní nádrž Hradisko, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24]

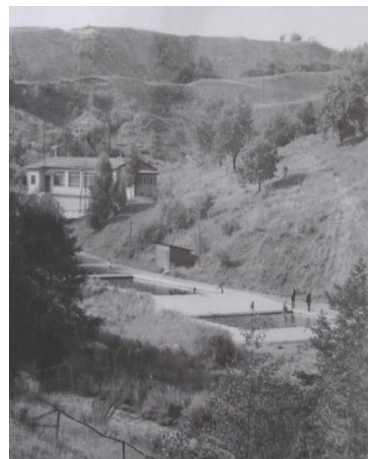
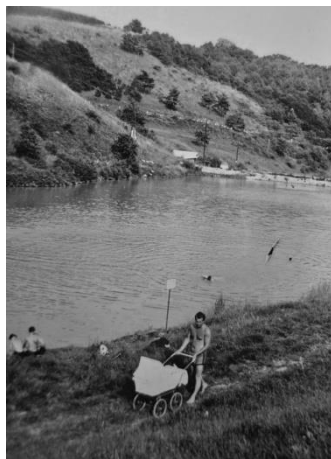
Plán výstavby místního rekreačního střediska se prováděl na základě odborného projektu, který zajistil pan Ing. Bělík z „Hydroprojektu“ z Brna a pan Ing. Arch. Pospíšil také z Brna.

Rozloha vodního bazénu měla rozměry 200x70 m (1,4 ha) a hloubka hráze činila 5 m. Druhý bazén, který sloužil jako plavecký bazén měl rozlohu 25x50 m a hloubku 3 m. Později byl vybudován kiosek, ve kterém se nacházela místnost pro první pomoc „4s. Červeného kříže“ a na výsluní byla vytvořena malá pláž na odpočinek. V prostoru u bazénu bylo vytvořeno hřiště pro různé sporty. [24]



Obrázek 5.3 Děti u vodního bazénu, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24]

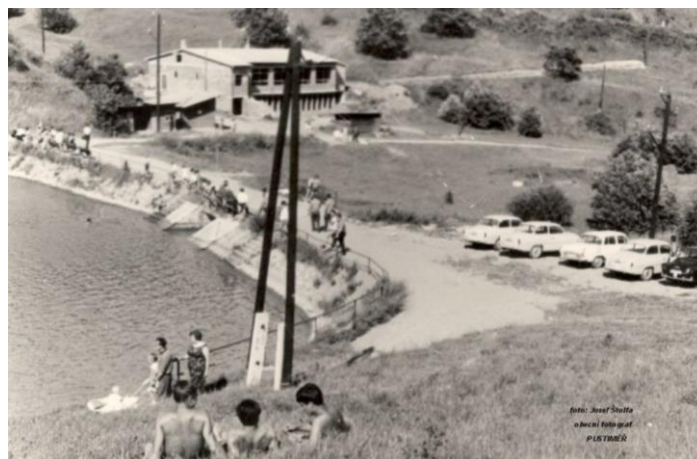
Prostory koupaliště a rekreačního střediska včetně kopce Zelená Hora sloužily také jako dějiště různých zábavných sjezdů a akcí pro mládež. Probíhaly zde terénní motocyklové závody, „letní neckyáda“, závody na člunech, požární cvičení hasičského oddílu 7. okrsku aj. [24]



Obrázek 5.4 Přírodní koupaliště a rekreační středisko „Na Hradisku pod Zelenou Horou“, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24]

O čistotu rybníka a bazénů se starali místní obyvatelé a rybáři.

Hráz rybníka, bazény, restaurace patřily národnímu výboru Pustiměř, tzn. byl to státní majetek ve správě obce Pustiměř. [24]



Obrázek 5.5 Hráz Hradiska sloužila jako rekreační objekt a zároveň jako parkoviště, zdroj: Pustiměřská kronika, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř [24]

Koncem 70. let převedl národní výbor celý areál Hradisko do správy JZD Pustiměř, za účelem vytvoření areálu Hradisko - školící a rekreační objekt. Ovšem JZD na Hradisku neudělalo nic. Areál začal chátrat a začala povolovat hráze rybníka. Vodní nádrž se nesměla napouštět a zůstala napuštěna pouze z jedné třetiny. Později se družstvo rozdělilo na družstvo výrobní a obchodní a Hradisko se stalo majetkovou podstatou obchodního družstva. Výrobní družstvo funguje dodnes a obchodní družstvo se postupně rozprodalo do soukromých rukou. Celý areál Hradisko se prodal soukromníkovi bez podmínky zpětného odkupu obcí Pustiměř. Z Hradiska se tedy stal soukromý pozemek s omezeným vstupem. Soukromník si vedle restaurace postavil dvě malé budovy. Poté to prodal jinému soukromníkovi, který si z původní restaurace udělal rezidenční bydlení. Současný vlastník pozemku je ve státním zařízení, údajně kvůli podnikatelským problémům. Nyní celý areál Hradisko spadá do vlastnictví pražské firmy ALEUTA a.s.



Obrázek 5.6 Malá vodní nádrž Hradisko v roce 2010 [24]

V dubnu 2013 při tání sněhu na jaře vodní nádrž Hradisko skončila pod vodou. Asi 9 metrů po obvodu hráze proudila voda. Byla zaplavena koruna hráze a hráz neměla žádný soustředěný odtok. Příčinou bylo uzavřené stavidlo, které si místní občané uzavřeli za účelem hry hokeje na zamrzlé hladině nádrže.

Při události byli povoláni hasiči a vedení obce, a postupně se oddělávaly horní desky, aby hladina vody klesla na normální stav. V případě odstranění všech desek najednou by mohla vzniknout povodňová vlna, která by ohrozila část obce Pustiměř, která je situována níže pod úrovní nádrže. Celý proces trval jeden den. [24]

Záplava byla zdokumentována na snímcích, viz Příloha A.1.

5.3. Charakteristika MVN

V povodí Pustiměřského potoka se nachází malá vodní nádrž Hradisko, která má akumulární, retenční, krajinnotvorný, rekreační a estetický význam. Potok protéká kolem kopce Hradisko na Zelené hoře východním směrem, kde stejnojmennou nádrž zásobuje vodou.

5.4. Přírodní poměry

5.4.1. Geomorfologické charakteristiky

Dle geomorfologického členění patří dané území k následujícím geomorfologickým celkům [25]:

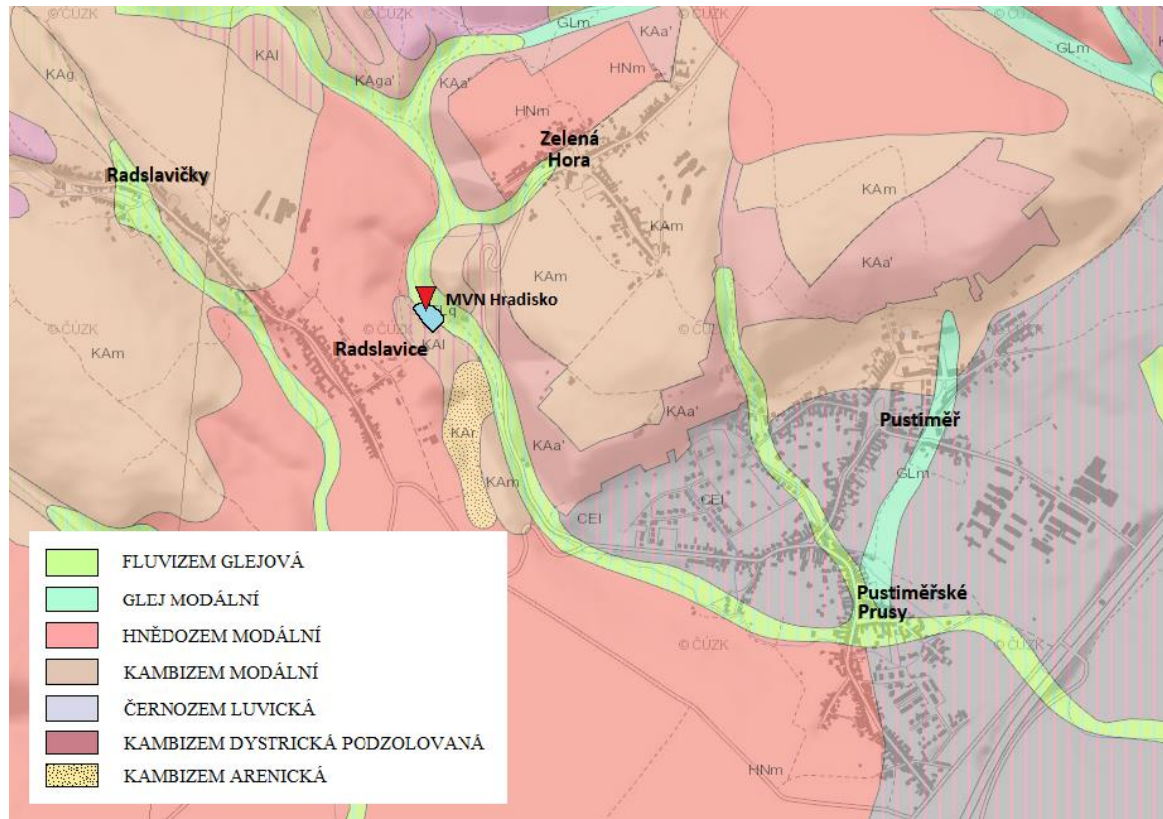
Soustava:	Česko-Moravská (II)
Podsoustava:	Brněnská vrchovina (II D)
Celek:	Drahanská vrchovina (II D3)
Podcelek:	Konická vrchovina (II D3C)
Okrsek:	Zelenohorský les (II D3Cf)

Zelenohorský les

Jedná se o část Konické vrchoviny, členitou vrchovinu budovanou karbonskými drobami, břidlicemi a slepenci. Při východním okraji se mohou objevit také miocenní písky. Vrchovina je vyklenutá do tvaru poloklenby, je tektonicky rozlámaná a rozčleněná hlubokými údolími. Nejvyšším bodem je Stříbrná (551 m n.m.). Oblast je rovnoměrně zalesněna (okraje jsou zalesněny méně) a převažují jehličnaté porosty. V severní a východní části převládají borovice a smrky. V jižní části mají smrky převahu nad borovicemi, vyskytují se zde také buky a středem okrsku se táhne dubový porost. [26]

5.4.3. Pedologické poměry

Nižší plošiny jsou pokryty typicky kyselými kambizeměmi, které bývají často oglejené. Na okrajových svazích i na jejich horních částech se vyskytují typické kambizemě. Nejvyšší plošiny bioregionu zahrnují souvislé plochy bystrických kambizemí a menší okruhy primárních pseudoglejů na těžších hlínách. Vápence mají rendzinově omezené plochy, většinou kambizemní, s odvápněnou jemnozemi. [27]



Obrázek 5.8 Půdní mapa zájmového území, 1:50 000 [30]

Podle syntetické půdní mapy (Novák, 1993) se na velké části území nachází především kambizemě typické z břidlic a drob České vysočiny, dále hnědozem, pro kterou jsou typické sprašové hlíny.

Kolem toků se vyskytuje glejosol, který se skládá z polygenetické hlíny s eolickou příměsí a slabou příměsí štěrku. [29]

Podle jiné mapy menšího měřítka (Tomášek, 1997) se na řešeném území nachází kyselá hnědá půdy (kambizemě). [31]

5.4.4. Klimatické poměry

Dle mapy klimatických oblastí ČSSR (Quitt, 1975) spadá řešené území do mírně teplé a mírně vlhké oblasti MT 11. Podnebí má gradient výrazný směrem od okrajů ke středu. Při jihovýchodním okraji srážky klesají až na 550 mm, což je důsledkem mírného srážkového stínu Dražanské vrchoviny. Území je středně vlhké a průměrná teplota může dosahovat až 8 °C. Údolí jsou typické teplotními a následně vegetačními inverzemi. [32]

Tabulka 5.1 Klimatické charakteristiky (Quitt, 1975)

QUITTOVA KLASIFIKACE		
Charakteristiky makrooblasti		MT 11
1	Počet letních dnů	40 – 50
2	Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 – 160
3	Počet mrazových dnů	110 – 130
4	Počet ledových dnů	30 – 40
5	Průměrná teplota v lednu	(-2) – (-3) °C
6	Průměrná teplota v červenci	17 – 18 °C
7	Průměrná teplota v dubnu	7 – 8 °C
8	Průměrná teplota v říjnu	7 - 8 °C
9	Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100
10	Srážkový úhrn ve vegetačním období (duben-září)	350 – 400 mm
11	Srážkový úhrn v zimním období	200 – 250 mm
12	Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 – 60
13	Počet zamračených dnů	120 – 150
14	Počet jasných dnů	40 - 50

Hodnoty v následujících tabulkách byly získány z klimatologické stanice Vyškov, která leží v nadmořské výšce 251 m n.m. Tyto údaje pochází z období 1901 – 1950. [33]

Tabulka 5.2 Průměrné měsíční úhrny srážek v mm [34]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
28	26	26	36	56	64	71	67	43	49	41	35

Tabulka 5.3 Průměrné měsíční teploty v °C [34]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
- 2,6	- 1	3,6	8,6	13,9	16,7	18,6	17,8	14,2	8,7	3,3	- 0,5

Dle tabulek uvedených výše jde vidět, že nejteplejším měsícem je červenec, naopak nejstudenějším je měsíc leden. Červenec je rovněž měsíc s největším úhrnem srážek, oproti tomu v únoru a březnu srážek spadne nejméně.

5.4.4.1. Posouzení vlhkostních poměrů

Pro Langův dešťový faktor f [-] platí vztah [35]:

$$f = \frac{R}{t_r}, \quad (5.1)$$

kde R je průměrný roční srážkový úhrn [mm] a t_r je průměrná roční teplota vzduchu [°C].

Pro hodnotu f platí:

$f < 40$	aridní oblast
$f = 40 - 60$	semiaridní oblast
$f = 60 - 100$	humidní oblast
$f > 100$	perhumidní oblast

$$f = \frac{542}{8,4} = 64,52 \dots \text{jedná se tedy o } \mathbf{humidní} \text{ oblast.}$$

Vláhová jistota Minářova J [-] je dána vztahem [35]:

$$J = \frac{R - 30(t + 7)}{t_r}, \quad (5.2)$$

kde R je průměrný roční úhrn srážek [mm] a t_r je průměrná roční teplota vzduchu [°C]. [35]

Pro hodnotu J platí:

$J = -4$ až 0	nejsušší oblast
$J = +1$ až $+7$	silně suché oblasti
$J = +8$ až $+14$	středně suché oblasti
$J = +15$ až $+21$	oblast s vyrovnanou bilancí
$J = +22$ až $+28$	mírně vlhká oblast
$J = +29$ až $+35$	středně vlhká oblast
$J \geq 35$	silně vlhká oblast

$$J = \frac{542 - 30(8,4 + 7)}{8,4} = 9,52 \dots \text{jedná se tedy o } \mathbf{středně} \text{ suchou} \text{ oblast.}$$

5.4.5. Hydrologie a hydrografie

Povodí Pustiměřského potoka se nachází na území nejméně vodném, se silnou rozkolísaností odtoku a s velmi malou retenční schopností. [36]

Vodohospodářský potenciál je poměrně nízký, a podzemní vody jsou průměrné. V této oblasti se ročně vyrobí 10 miliónů m^3 pitné vody. Tato oblast patří mezi místa s deficitem pitné vody (<600 mm) a sněhová pokrývka je menší než 50 cm.rok^{-1} . [37]

Podzemní voda v daném území je typem podzemních vod se sezónním doplňováním zásob. Průměrný specifický odtok podzemních vod má hodnotu menší než $0,3 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$. Nejvyšším stavem hladiny podzemní vody a vydatnosti pramene je v období od března do dubna, a naopak nejnižším je v období od července do ledna. [38]

Katastrální území obce Radslavice je odvodňováno dvěma vodotečemi – Pusiměřským potokem a Marchanickým potokem.

Pustiměřský potok (hydrologické číslo 4-12-02-027) je drobný vodní tok, který pramení v Dražanské vrchovině jihozápadně pod vrchem Srnčí hory na k. ú. Kotáry v nadmořské výšce 435 m n.m. a je levostranným přítokem řeky Haná. Celá oblast spadá do úmoří Černého moře. Teče východním směrem kolem kopce Hradiska a je zásobárnou stejnojmenné malé vodní nádrže. Potok protéká obcemi Pustiměř, Zelená Hora, Radslavice, Ivanovice na Hané, Chvalkovice na Hané a Březina. Pustiměřský potok je recipientem veškerých odpadních vod pro část kanalizace obcí Pustiměř, Zelená Hora a Radslavice. [39]

Na k. ú. Ivanovice na Hané Pustiměřský potok společně s Drysickým potokem napájí Ivanovický rybník, který je se svojí rozlohou 10,81 ha největším rybníkem v okrese Vyškov, jehož provozovatelem je Rybníkářství Pohořelice. [40]

Povodí Pustiměřského potoka má celkovou plochu $22,836 \text{ km}^2$. V této práci se uvažovala část povodí pouze nad MVN Hradisko. Uvažovaná plocha povodí je tedy $10,29 \text{ km}^2$.

A) Geometrické vlastnosti povodí

Střední šířka povodí b [km] je dána vztahem [41]:

$$b = \frac{P}{L}, \quad (5.3)$$

kde P je plocha dané části povodí [km^2] a L je délka údolnice [km]. [41]

$$b = \frac{10,29}{5,88} = 1,75 \text{ km}$$

Charakteristika tvaru povodí je dána veličinou α [-], kde je – li $\alpha > 0,24$, jedná se o povodí vějířovité a je – li $\alpha < 0,24$, jedná se o povodí protáhlé [41]:

$$\alpha = \frac{P}{L^2} \quad (5.4)$$

kde P je plocha dané části povodí [km^2] a L je délka údolnice [km]. [41]

$$\alpha = \frac{10,29}{5,88^2} = 0,30 \dots \text{ jedná se o povodí vějířovité}$$

B) Fyzicko – geografické vlastnosti

Průměrná nadmořská výška H_p [m n.m.] dané části povodí je dána vztahem [41]:

$$H_p = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}, \quad (5.5)$$

kde H_{max} je maximální nadmořská výška dané části povodí [m n.m.] a H_{min} je minimální nadmořská výška dané části povodí [m n.m.]. [41]

$$H_p = \frac{538 + 290}{2} = 414 \text{ m n.m.}$$

Průměrný sklon toku I_s [-] je dán vztahem [41]:

$$I_s = \frac{H_{max\ t} - H_{min\ t}}{L_t} \cdot 100 \%, \quad (5.6)$$

kde $H_{max\ t}$ je maximální nadmořská výška toku [km], $H_{min\ t}$ je minimální nadmořská výška toku [km] a L_t je délka toku [km]. [41]

$$I_s = \frac{0,435 - 0,290}{5,48} \cdot 100 \% = 2,65 \%$$

C) Vlastnosti říční sítě

Pro hustotu říční sítě D [$\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$] platí vztah [41]:

$$D = \frac{\sum L_i}{S_p}, \quad (5.7)$$

kde $\sum L_i$ je suma délky všech toků [km] a S_p je plocha povodí [km^2]. [41]

$$D = \frac{13,16}{10,29} = 1,32 \text{ [km} \cdot \text{km}^{-2}\text{]}$$

Tabulka 5.4 Tabulka hodnot $Q_N - N$ -leté průtoky [34] (dle ČHMÚ)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m^3/s]	1,3	2,4	4,3	6,1	8,2	11,5	14

5.5. Majetko-právní vztahy

Řešené území MVN Hradisko se nachází na katastrálních územích Radslavice (okres Vyškov), Zelená Hora (na Moravě) a Pustiměř. Je situována na parcelách, které vlastní pozemkový fond ČR, fyzické či právnické osoby, viz Příloha B.2.

5.6. Stávající stav

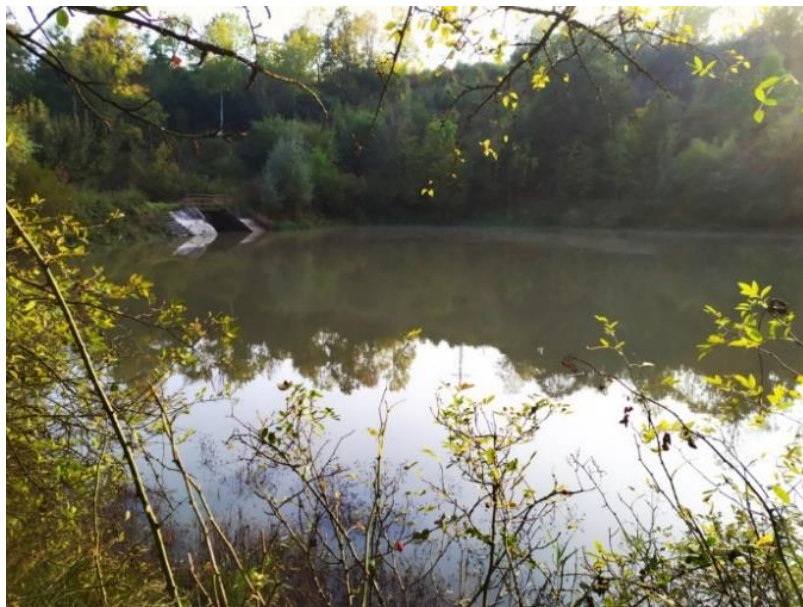
5.6.1. Současný stav MVN Hradisko

Malá vodní nádrž Hradisko má celkovou rozlohu 0,85 ha a objem nádrže je 12,5 tisíc m³. Nádrž je situována na stávající vodní tok Pustiměřský potok, tudíž se jedná o nádrž průtočnou. Nádrž je zazeměna, a z vodohospodářského i ekologického hlediska je její význam potlačen. Nádrž je zanesená a to zejména na přítoku Pustiměřského potoka, kde zátoka zarůstá olší lepkavou a vrbou křehkou. Břehové porosty se vyskytují zejména na hrázi rybníka a rovněž v zadní části u přítoku potoka. Dřeviny rostoucí na hrázi svým způsobem narušují kamenné opevnění návodní strany hráze. Těleso hráze je z velké části zarostlé ostužinami a maliním, které omezuje přístup na hráz. V zadní části u přítoku potoka se vyskytují další porosty, které přispívají svým odpadem k hromadění organické hmoty, což postupně vede k zanášení dna malé vodní nádrže. [24]

V nádrži se kvůli špatnému stavu hráze, funkčního objektu a podloží voda vyskytuje především v jarních měsících a na podzim, kdy je dostatek srážek. V zimním období sahá hladina vody v nádrži do výšky cca 0,7 metru. V letních měsících je zátoka rybníku vyschlá a protéká nádrží jen Pustiměřský potok, a to v minimálním průtočném množství, což je ovlivněno také nízkým úhrnem srážek a poměrně vysokým výparem z vodní hladiny, viz. Příloha A.2.

Přelivný objekt s kapacitou 1,95 m³.s⁻¹ má být dimenzován na 100-letou povodeň, ovšem ta je dle ČHMÚ 14 m³.s⁻¹. Díky tomu došlo v roce 2013 k přelítí hráze (viz. Příloha A.1) a k částečnému obnažení funkčního bloku, přičemž kamenné opevnění koryta v některých místech pod hrází je značně poškozeno.

Koruna hráze leží v nadmořské výšce 301 m n.m. a má délku 60 m. Sklon svahu návodního i vzdušního líce činí 1:1,5. Šířka koruny hráze je 6 m a výška 3,5 m. V hrázi jsou rozsáhlé a četné průsaky, zejména na vzdušném líci u spodních výpustí. Návodní líc hráze je degradován vlivem střídání teplot, kolísání hladiny a dalšími vlivy a návodní kameninová deska se je značně popraskaná a odklopená, viz. Příloha A.2.



Obrázek 5.9 MVN Hradisko (autorka, 2020)

Současný stav malé vodní nádrže Hradisko (viz. Příloha A.2) neodpovídá ustanovením dle ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže a je tedy nezbytné přistoupit k její úpravě.

5.6.2. Současný stav koryta Pustiměřského potoka

Pustiměřský potok je malý přirozený vodní tok. V úseku nad nádrží Hradisko je vodní tok meandrovitého tvaru, zarostlý stromy, křovinami a trávou. V korytě se často vyskytují menší tůně a brody.



Obrázek 5.10 Pustiměřský potok – úsek před nádrží Hradisko (autorka, 2020)

V úseku pod nádrží Hradisko má tok zakřivenou trasu, v korytě se často vyskytují menší tůně, brody, zákruty a také stromy s křovinami. Jedná se o úsek poměrně zarostlý křovinami a plevelem, s větším množstvím kamenů. Charakteristiky koryta, mezi které patří drsnost koryta n a podélný sklon dna koryta i , jsou konstantní. Drsnost koryta n byla zvolena 0,050 (dle Manninga), sklon koryta i ve vybraném úseku byl zvolen pomocí výpočtu průměrného sklonu toku I_s v 5.4.5. a je roven 2,65 %. Charakteristiky koryta jako průtočná plocha S a omočený obvod O byly vypočítané pro jednotlivé profily pomocí programu AutoCAD. U vytipovaných profilů toku, které byly zaměřeny, byl proveden výpočet maximální rychlosti a průtoku.

Hydraulický poloměr R [m] vypočten dle vztahu [42]:

$$R = \frac{S}{O}, \quad (5.8)$$

kde S je průtočná plocha profilu [m^2] a O je omočený obvod profilu [m]. [42]

Rychlostní vztah C byl vypočten dle Manninga [42]:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \quad (5.9)$$

kde n je rychlostní součinitel [-] a R hydraulický poloměr [m]. [42]

Rychlost proudění vody v korytě v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] byla vypočtena dle Chézyho rovnice [42]:

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (5.10)$$

kde C je rychlostní součinitel [$m^{0.5} \cdot s^{-1}$], R hydraulický poloměr [m] a i je sklon dna [-]. [42]

Výpočet průtoku Q [$m^3 \cdot s^{-1}$] byl proveden klasicky dle rovnice kontinuity [42]:

$$Q = Sv, \quad (5.11)$$

kde S je průtočná plocha profilu, ve kterém je průtok spočítán [m^2] a v je rychlost proudění vody v korytě [$m \cdot s^{-1}$]. [42]

Staničení jednotlivých úseků je znázorněno na následujícím obrázku 5.11.



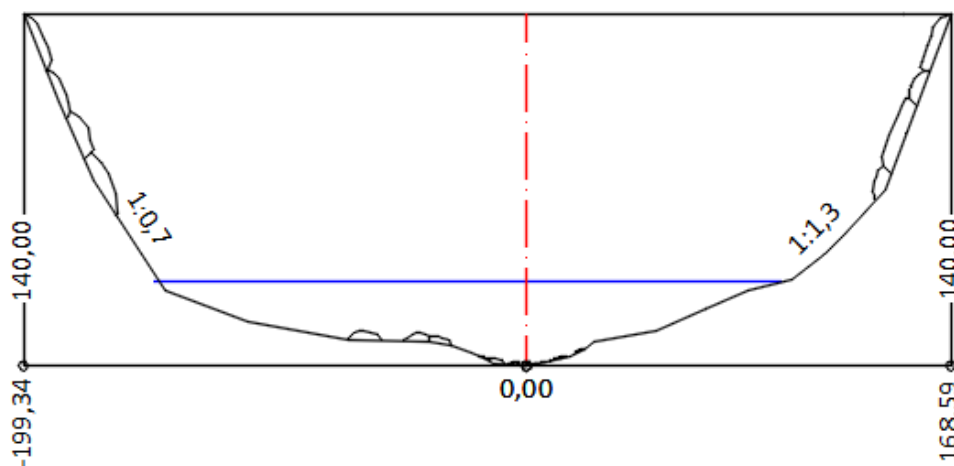
Obrázek 5.11 Pustiměřský potok – staničení [43]

Staničení jednotlivých profilů Pustiměřského potoka je kótováno v [mm].

1. změřený profil - pod spodní výpustí, km 0,013

Koryto je po stranách opevněno a vyskládáno kameny. Svah koryta na levé straně má sklon 1:0,7 a na pravé straně 1:1,3. Koryto je ve svazích zarostlé trávou, křovinami a stromy.

$$\begin{aligned} S &= 3,90 \text{ m}^2 & O &= 5,10 \text{ m} \\ R &= 0,765 & n &= 0,050 \\ C &= 19,13 & i &= 2,65 \% \\ v_{max} &= 2,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} & Q_{max} &= 10,62 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$



Obrázek 5.12 Profil před stavidlem na toku Pustiměřského potoka, km 0,013

2. změřený profil - stavidlo, km 0,015

Objekt, nacházející se 15 m od hráze, bylo na toku pravděpodobně navrženo za účelem stabilizace toku.

$$\begin{aligned} S &= 1,08 \text{ m}^2 & O &= 4,30 \text{ m} \\ R &= 0,251 & n &= 0,050 \\ C &= 15,88 & i &= 2,65 \% \\ v_{max} &= 1,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} & Q_{max} &= 1,40 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

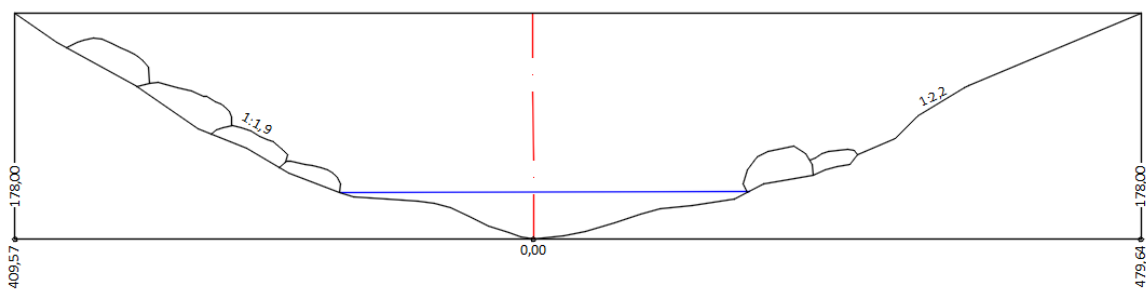


Obrázek 5.13 Objekt na toku – stavidlo, km 0,015 (autorka, 2020)

3. změřený profil – pod stavidlem, km 0,016

Koryto pod stavidlem je rozlité a připomíná menší tůň. Svah koryta je pokrytý trávou, na levé straně má sklon 1:1,9 a na pravé straně 1:2,2.

$$\begin{aligned}
 S &= 9,29 \text{ m}^2 & O &= 9,74 \text{ m} \\
 R &= 0,954 & n &= 0,050 \\
 C &= 19,08 & i &= 2,65 \% \\
 V_{max} &= 3,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} & Q_{max} &= 29,25 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

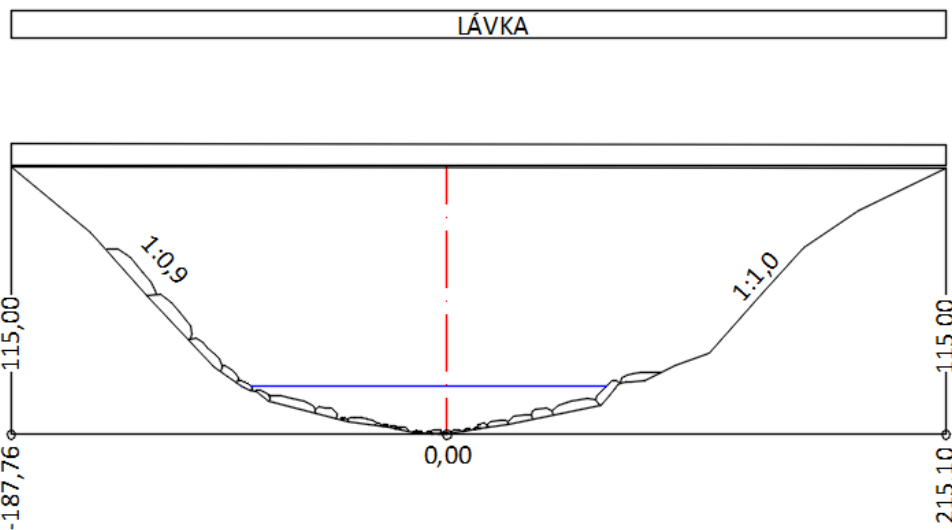


Obrázek 5.14 Profil pod stavidlem na toku Pustiměřského potoka, km 0,016

4. změřený profil – lávka, km 0,045

Kyneta koryta je opevněna vyskládaným kamením. Svah koryta na levé straně má sklon 1:0,9 a na pravé straně 1:1,0. Lávka je široká 0,80 m a dlouhá 5 m.

$$\begin{aligned} S &= 2,88 \text{ m}^2 & O &= 4,82 \text{ m} \\ R &= 0,598 & n &= 0,050 \\ C &= 18,36 & i &= 2,65 \% \\ v_{\max} &= 2,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} & Q_{\max} &= 6,66 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$



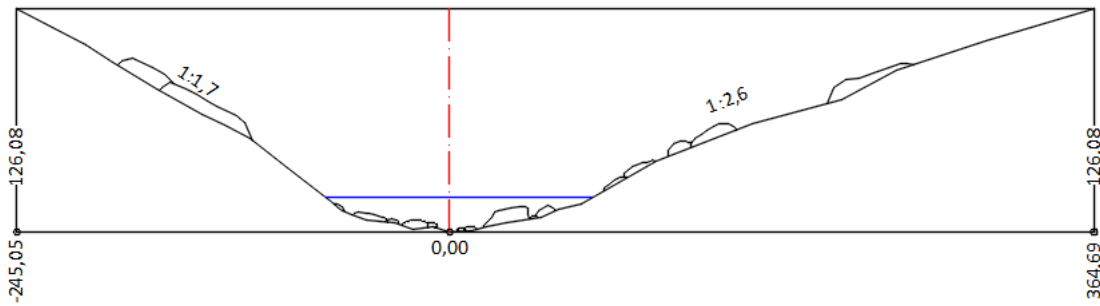
Obrázek 5.15 Profil před lávkou na toku Pustiměřského potoka, km 0,045

5. změřený profil - 105 m pod lávkou, km 0,150

Svah koryta na levé straně má sklon 1:1,7 a na pravé straně 1:2,6. Koryto je pokryto trávou, keři a stromy.

$$\begin{aligned} S &= 4,04 \text{ m}^2 & O &= 6,69 \text{ m} \\ R &= 0,604 & n &= 0,050 \\ C &= 18,39 & i &= 2,65 \% \\ v_{\max} &= 2,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} & Q_{\max} &= 9,40 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$





Obrázek 5.16 Profil 300 m od lávky na toku Pustiměřského potoka, km 0,150

6. změřený profil – propustek, km 0,878

Propustek se nachází na kraji katastrálního území obce Pustiměř. Leží pod křižovatkou mezi obcemi Pustiměř, Zelená Hora a Radslavice. Hodnota drsnostního součinitele n v úseku s propustkem byla zvolena dle Manninga 0,030.

šířka propustku = 2,10 m; výška propustku = 2,40 m; délka propustku = 9,00 m

$$S = 4,56 \text{ m}^2 \quad O = 8,09 \text{ m}$$

$$R = 0,563 \quad n = 0,030$$

$$C = 30,29 \quad i = 2,65 \%$$

$$v_{max} = 3,70 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad Q_{max} = 16,87 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$$



Obrázek 5.17 Propustek na toku Pustiměřský potok, km 0,878 (autorka, 2020)

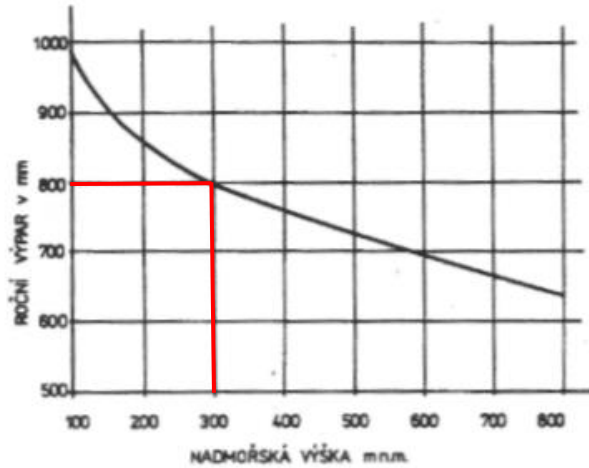
5.6.3. Výpar z vodní hladiny

Pro stanovení výparu z vodní hladiny byl využit nomogram dle ČSN 75 2410, viz. obrázek 5.18. [14]

Roční výpar 798 mm

Výška max. hladiny $H_{max} = 300 \text{ m n.m.}$

Volná hladina	$S = 4490 \text{ m}^2$
Délka nádrže	$d = 60 \text{ m}$
Šířka nádrže	$\text{š} = 29 \text{ m}$



Obrázek 5.18 Určení orientační hodnoty výparu z vodní hladiny pro MVN Hradisko [2]

Tabulka 5.5 Rozdělení hodnoty ročního výparu procentuálně na jednotlivé měsíce [2]

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
Měsíční výpar [mm]	16,0	16,0	31,9	63,8	87,8	115,7	143,6	135,7	91,8	55,9	31,9	23,9
Výpar z hladiny [m ³]	71,8	71,8	143,2	286,5	394,2	519,5	644,8	609,3	412,2	251,0	143,2	107,3
Celkový roční výpar [m ³]	3 654,8											

5.6.4. Ztráta vody evapotranspirací

Výpočet vychází z celkového ročního výparu z hladiny, který je vypočten v 5.6.3. Celkový výpar ze zarostlé i nezarostlé vodní plochy byl určen tak, že byl přenásoben opravným součinitelem dle odhadnutého podílu zarostlé plochy vzhledem k volné hladině.

Roční výpar z vodní hladiny je vypočten dle normy ČSN 75 2410 a činí $3\,654,8 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. Při současném stavu se z nádrže výparem ztratí až 55,3 % z předpokládaného objemu $7\,000 \text{ m}^3$ (při stálé hladině vody v nádrži), což má za následek snížení hladiny o zhruba 1 m.

Tabulka 5.6 Stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy nádrže Hradisko pomocí opravného součinitele

Stav	Současný stav	Varianta č.1	Varianta č. 2	Varianta č. 3
Podíl zarostlé plochy [%]	20	0	10	30
Opravný součinitel	1,06	1,00	1,03	1,08
Hodnota celkového ročního výparu	3 874,1	3 654,8	3 764,4	3 947,2

5.7. Výstupy z ArcMap

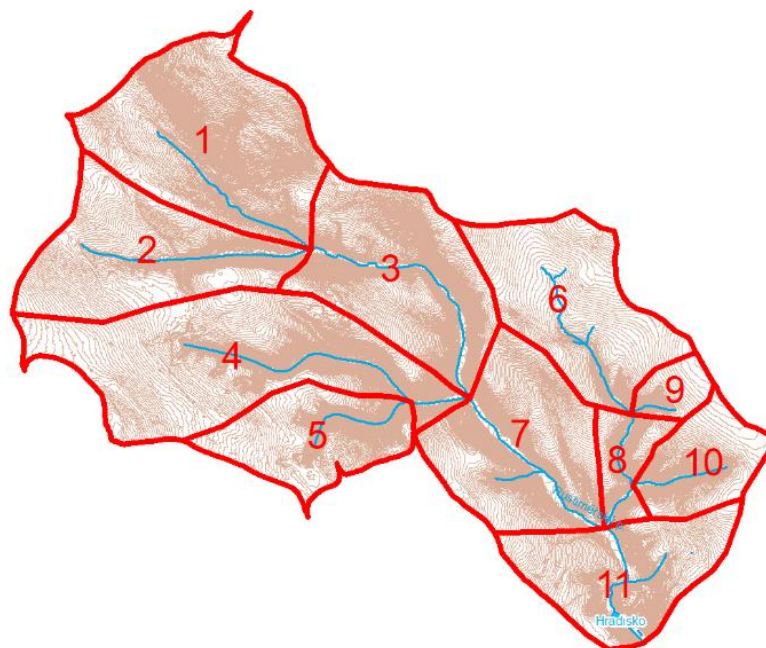
Povodí Pustiměřského potoka bylo rozděleno do 11 podpovodí. Následující tabulka 5.7 uvádí přehled hodnot k dílčím podpovodím Pustiměřského potoka. Jedná se o plochy jednotlivých podpovodí, délky toku, délky údolnice, převýšení toku a údolnice, sklon toku a údolnice aj. Hodnoty CN křivek byly získány pomocí vrstvy s geodaty o CN hodnotách jednotlivých podpovodí. Tyto hodnoty byly následně využity při práci v programu HEC-HMS.

Tabulka 5.7 Přehledná tabulka dílčích podpovodí Pustiměřského potoka

Číslo podpovodí [-]	Plocha toku [km ²]	Délka toku [mil]	Rozdíl výšek toku [stopa]	Sklon toku [stopa/míle]	Délka údolnice [m]	Rozdíl výšek údolnice [m]	Sklon údolnice [m/m]	CN [-]	TC [hod]	R [hod]
1	1,50	0,84	15,16	18,10	1736,56	64,00	0,037	69,22	0,36	7,64
2	1,14	0,98	15,86	16,16	1751,69	57,00	0,033	66,91	0,38	8,82
3	1,23	1,14	15,25	13,43	1827,76	50,00	0,027	68,37	0,42	10,74
4	1,74	1,31	24,40	18,66	3326,47	145,00	0,044	68,15	0,56	8,69
5	0,70	0,53	18,61	35,14	1409,44	87,00	0,062	67,93	0,25	3,87
6	1,07	0,78	17,08	21,89	1569,06	65,00	0,041	68,42	0,32	6,42
7	1,13	0,82	7,63	9,35	1312,83	25,00	0,019	71,77	0,38	12,77
8	0,26	0,57	9,76	17,15	915,88	32,00	0,035	69,63	0,23	6,99
9	0,17	0,20	14,64	74,28	599,55	61,00	0,102	73,38	0,11	1,53
10	0,48	0,41	17,08	41,87	931,89	75,00	0,081	73,33	0,17	3,08
11	0,88	0,62	4,88	7,93	990,61	16,00	0,016	77,46	0,32	13,20

U povodí Pustiměřského potoka se pracovalo pouze s jeho částí, a to po vodní nádrž Hradisko. Zbytek povodí byl zanedbán.

Na následujícím obrázku 5.19 je znázorněno přehledné rozdělení povodí na 11 podpovodí, se kterým se dále pracovalo v programu HEC-HMS.



Obrázek 5.19. Výstup z programu ArcMap – povodí Pustiměřského potoka rozdělené na dílčí podpovodí

5.8. Výstupy z HEC-HMS

Pro úspěšný průběh simulace bylo třeba zadat všechny 3 základní vstupní veličiny – model povodí, časové okno a meteorologický model. V průběhu simulace byla za pomoci zvolených výpočetních komponentů vypočtena odtoková odezva modelu povodí na vstupní srážková data. Výsledky simulace byly následně uloženy v souboru ve formátu DSS (*Data Storage System*). [19]

Možné formy vypočtených výsledků bylo možné zobrazit v následujících podobách:

- **Celková sumární tabulka (*Global Summary Table*)**

Jedná se o tabulku, která udává hodnoty odvodňované plochy (km²), kulminačního průtoku (m³.s⁻¹) s časem pro jeho dosažení a celkového objemu odtoku (m³) v jednotlivých hydrologických složek povodí. Znázornění výsledků formou celkové sumární tabulky je uvedeno v následující tabulce 5.8. [19]

Tabulka 5.8 Sumární tabulka (*Summary Table*) povodí Pustiměřského potoka

Project: hradisko_pokus Simulation Run: Run 1

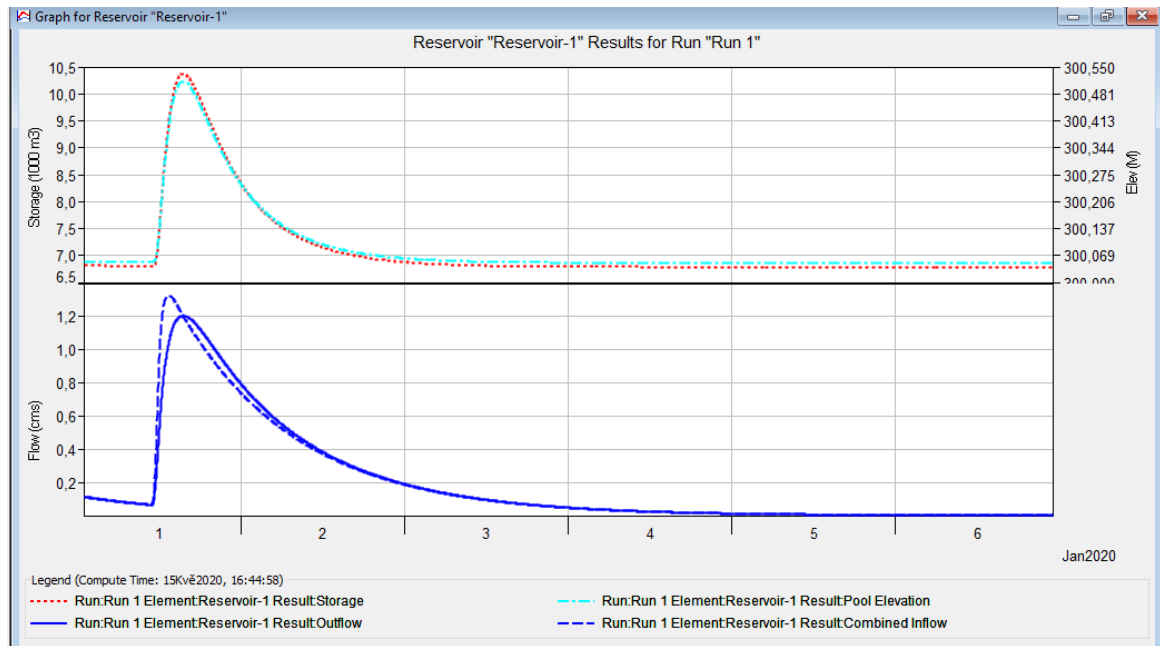
Start of Run: 01Led2020, 01:00 Basin Model: pustimersky
End of Run: 06Led2020, 23:00 Meteorologic Model: Met 2C
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control C

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

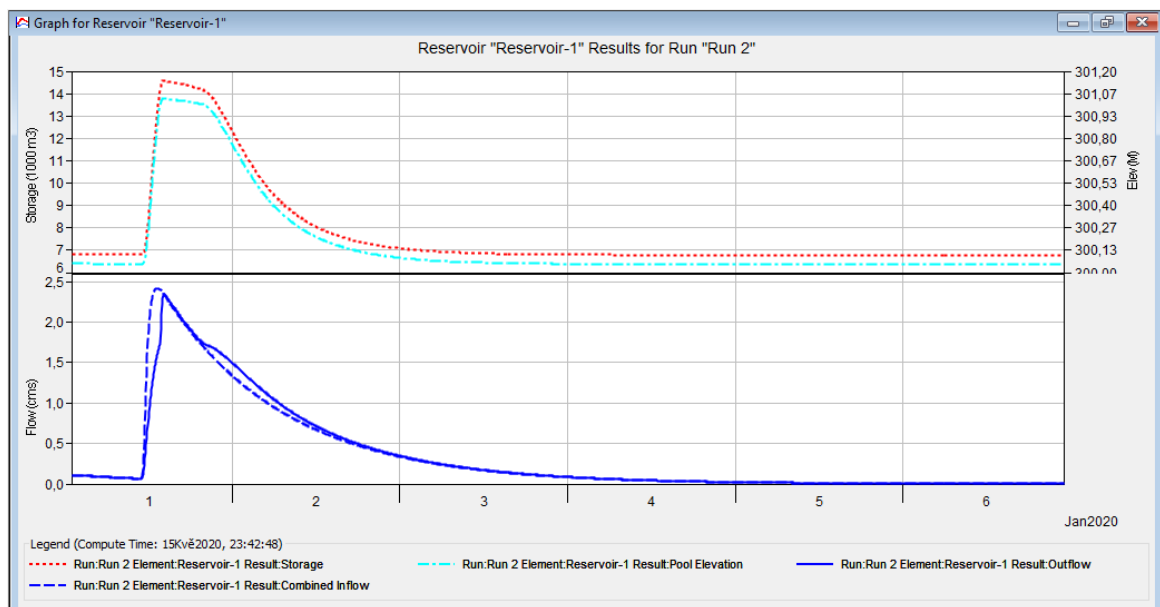
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Junction-2	3,6668890	0,4	01Led2020, 13:32	7,29
Junction-1	2,6378000	0,3	01Led2020, 13:32	7,13
Junction-4	9,4112866	1,2	01Led2020, 13:28	9,05
Subbasin-10	0,4757350	0,2	01Led2020, 12:32	25,15
Junction-3	1,2396800	0,2	01Led2020, 12:50	13,01
Reach-3	1,2396800	0,2	01Led2020, 12:56	13,03
Subbasin-11	0,8780000	0,1	01Led2020, 13:32	12,29
Subbasin-1	1,4990000	0,2	01Led2020, 13:28	8,21
Reach-2	6,3046890	0,6	01Led2020, 13:44	7,25
Subbasin-2	1,1388000	0,1	01Led2020, 13:40	5,71
Subbasin-3	1,2280000	0,1	01Led2020, 13:44	5,86
Reach-4	9,4112866	1,2	01Led2020, 13:34	9,06
Reach-1	2,6378000	0,3	01Led2020, 13:44	7,16
Subbasin-4	1,7368890	0,2	01Led2020, 13:42	6,52
Subbasin-5	0,7020000	0,1	01Led2020, 12:44	11,70
Subbasin-6	1,0740000	0,1	01Led2020, 13:18	8,64
Subbasin-7	1,1291826	0,1	01Led2020, 13:42	7,45
Subbasin-8	0,2620000	0,0	01Led2020, 13:12	11,15
Subbasin-9	0,1656800	0,1	01Led2020, 12:00	41,34
Reservoir-1	10,2892866	1,2	01Led2020, 15:34	9,34
Junction-5	10,2892866	1,2	01Led2020, 15:34	9,34

- **Graf (Graph)**

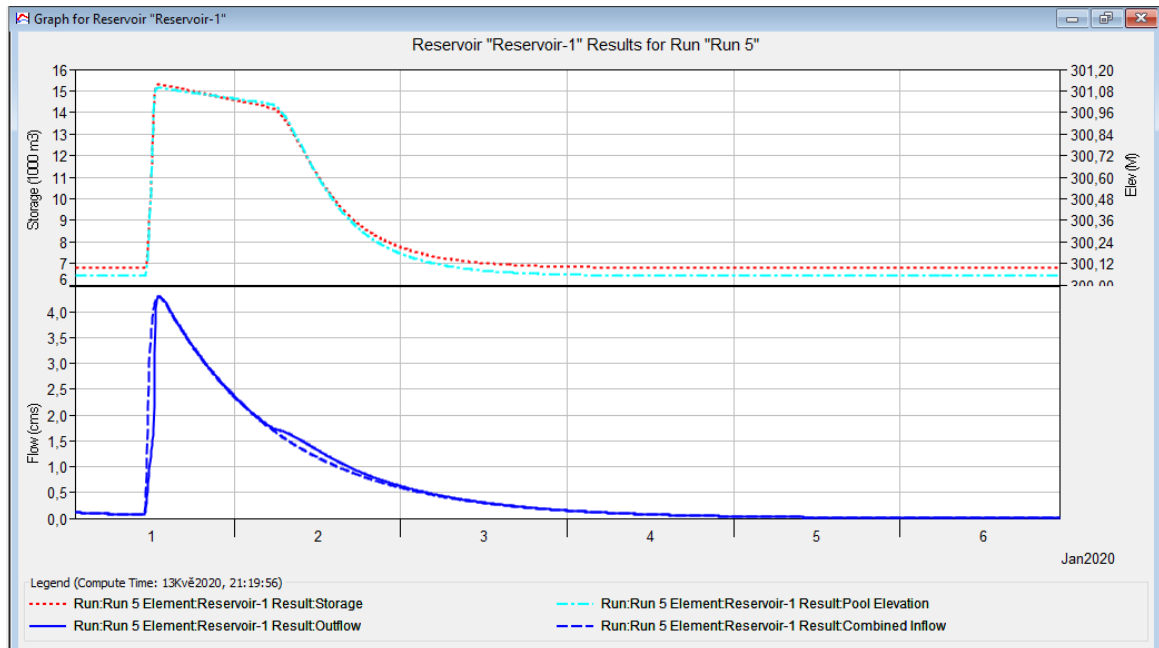
Každá n-letá povodňová vlna byla znázorněna v modelu HEC-HMS. Bylo provedeno celkem 6 výpočtů pro povodňové vlny Q_1 , Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{50} a Q_{100} . Přehled výstupů je znázorněn na následujících grafech a v přehledné tabulce 5.9.



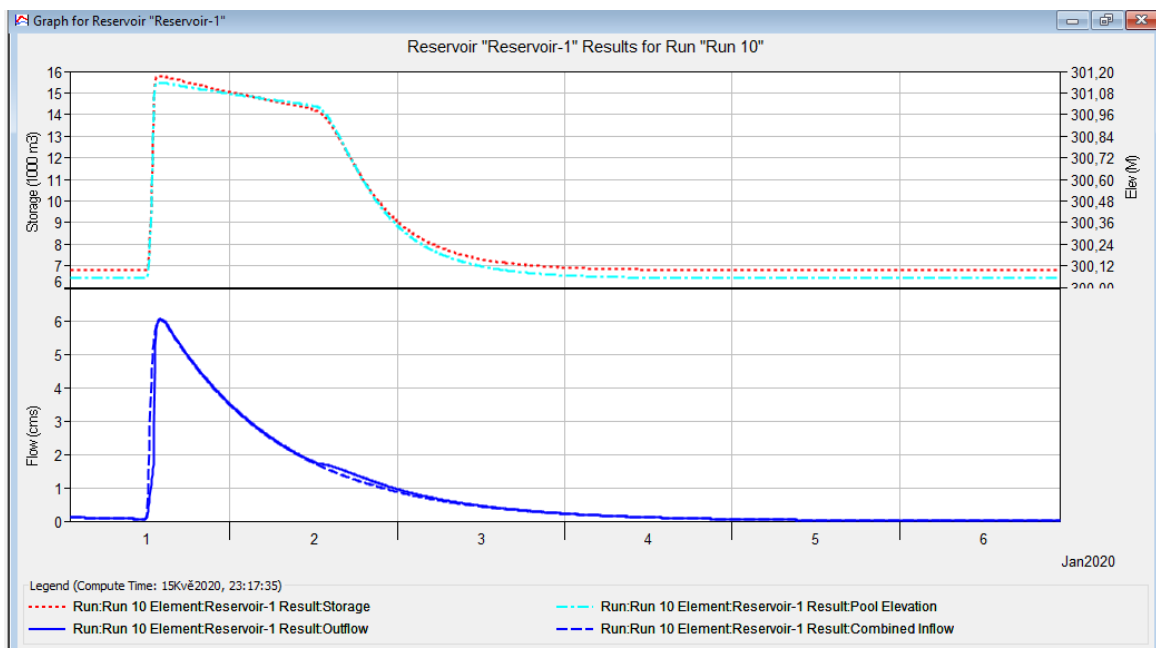
Graf 5.1 Grafické znázornění výsledků simulace 1-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS



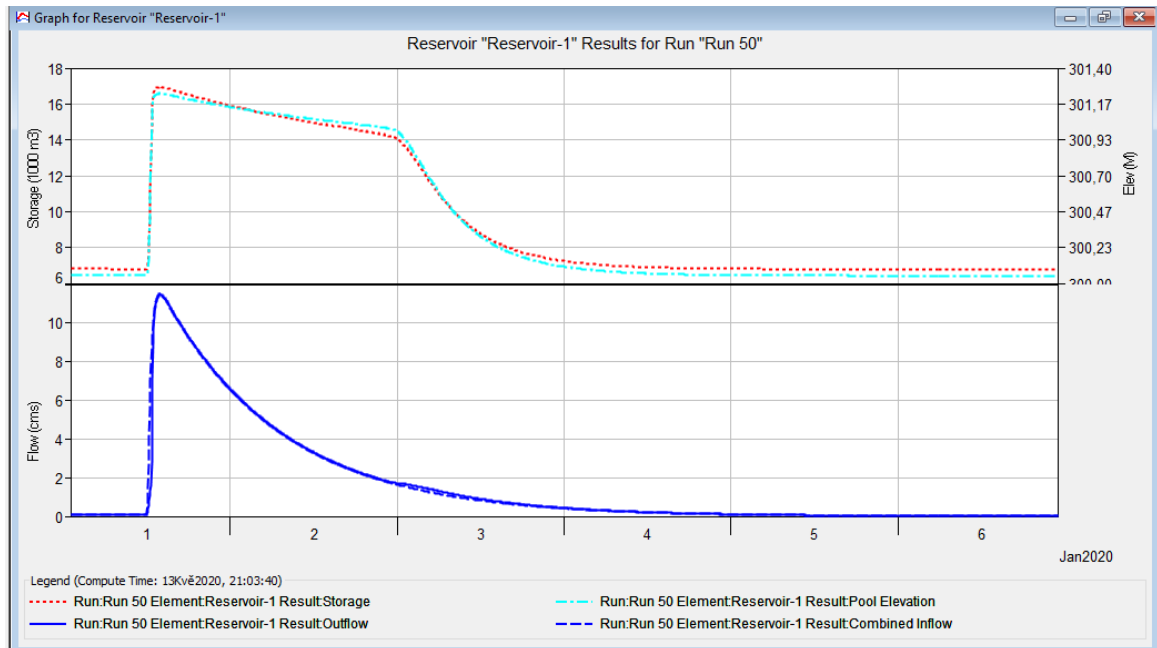
Graf 5.2 Grafické znázornění výsledků simulace 2-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS



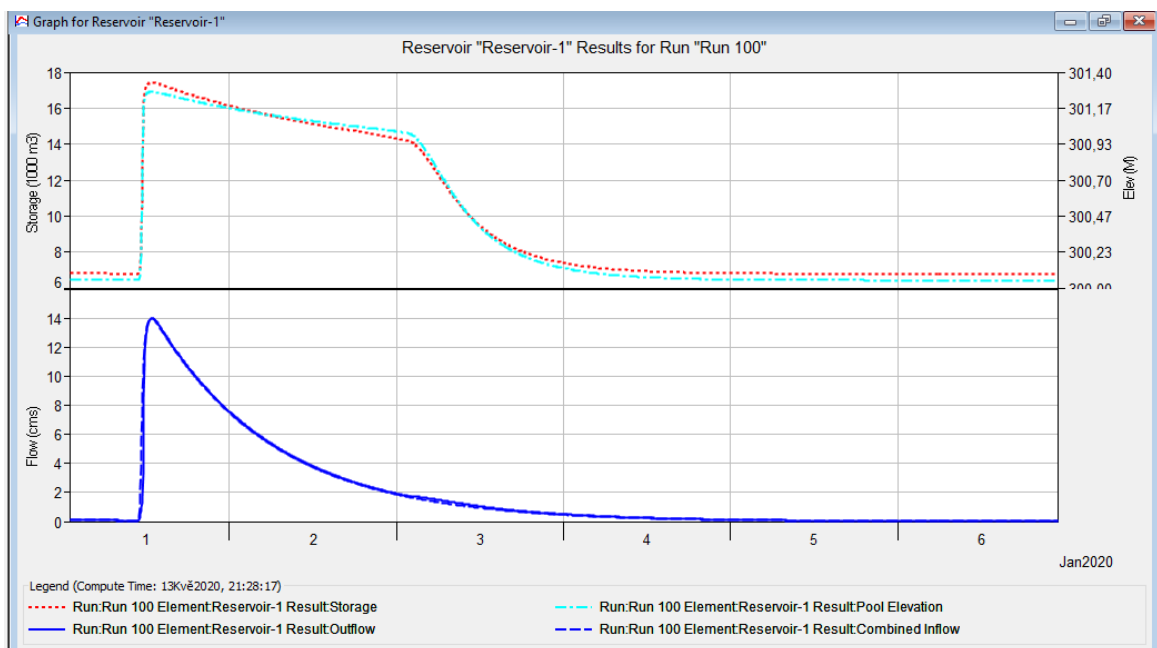
Graf 5.3 Grafické znázornění výsledků simulace 5-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS



Graf 5.4 Grafické znázornění výsledků simulace 10-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS



Graf 5.5 Grafické znázornění výsledků simulace 50-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS

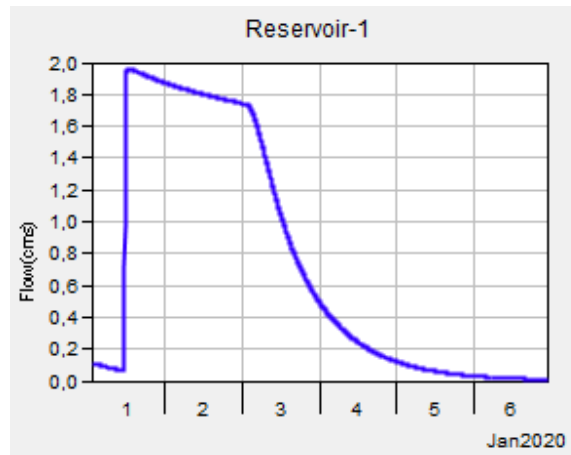


Graf 5.6 Grafické znázornění výsledků simulace 100-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS

Na jednotlivých grafech jsou znázorněny výšky a objemy povodňových vln v závislosti na čase. Graf ukazuje, zda N-letá povodňová vlna přeteče nebo nepřeteče přes korunu hráze při zahlcení výpusti dané nádrže. Povodňová vlna přeteče, jakmile voda vystoupá nad 301,0 m n.m. Následující tabulce 5.9 ukazuje, že nepřeteče pouze 1-letá povodňová vlna. Je znázorněn také přítok (*Combined Inflow*) a odtok (*Outflow*) povodňových vln v dolní části grafu. U 1-leté a 2-leté povodni je přítok větší než odtok. Jelikož kapacita nádrže Hradisko činí dle výpočtu v programu HEC-HMS 1,95 m³,

viz. graf 5.7, 1-letá povodeň o velikosti přítoku $1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ hráz nepřeteče. Hráz je tedy navržena na 1-letou povodeň, při 2-leté až 100-leté povodni přeteče.

Kritický profil v tabulce 5.9 představuje změřený profil s lávkou (km 0,045), s maximální kapacitou $6,66 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, viz. obrázek 5.15.



Graf 5.7 Kapacita výpusti pro Q_{100} (Outflow)

Tabulka 5.9 Přehled výstupů jednotlivých n-letých povodní v nádrži z programu HEC-HMS

Q_N	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
Přítok [m^3/s]	1,3	2,4	4,3	6,1	11,5	14,0
Odtok [m^3/s]	1,2	2,3	4,3	6,1	11,5	14,0
Objem povodně [m^3]	7 195,22	8 936,40	11 934,90	14 063,40	19 159,80	21 559,20
Výška p.v. [m n.m.]	300,5	301,0	301,0	301,0	301,0	301,0
Nádrž přetekla	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Vyhoví/ nevyhoví na kritický profil toku	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE

5.9. Důvody revitalizace

Malá vodní nádrž Hradisko byla budována zhruba před 60 lety a po celou dobu své existence nebyla nijak zvlášť udržována a ani jednou nebyla odbahňována. Pole o poměrně malé rozloze, které se nachází v blízkosti nádrže ze zadní části, nejeví žádné známky eroze, tudíž se jedná spíše o zcela přirozený proces zanášení vodních nádrží vlivem vegetace. Poměrně velký vliv na zanášení nádrže má opad listů z olší a vrb na vodní plochu a jejich následný rozklad. V posledních dvaceti letech došlo k velkému rozvoji biomasy vodní nádrže Hradisko.

V hrázi jsou značné a četné průsaky, zejména na vzdušném lici u spodních výpustí. Návodní lic hráze je degradován vlivem střídání teplot, kolísání hladiny a dalšími vlivy a návodní kameninová deska se je značně popraskaná a odklopená. Nádrž je velmi poddimenzovaná a dle výpočtu v programu HEC-HMS nepřevéde ani povodňovou vlnu Q_2 . Funkční objekt nádrže je nekapacitní a svou konstrukcí dost neobvyklý. Bezpečnostní objekt zcela chybí

a dnová výpust je z velké části ucpaná a zanesená bahnem z nádrže. Po zhodnocení celkového stavu nádrže je nutné nádrž opravit, což by zahrnovalo zvýšení, opevnění hráze a odstranění prorůstající vegetace a mnoho dalších opatření, které jsou uvedeny v 5.10. Při současném stavu nádrž Hradisko může ohrozit jak krajinu, tak část obce Pustiměř v údolí.



Obrázek 5.20 Stávající stav, MVN Hradisko, (autorka, 2019)

5.10. Řešení aktuálního stavu

Následující návrhy řešení rekonstrukce nádrže a jejích jednotlivých objektů slouží jako orientační. V budoucnu v rámci navazující diplomové práce bude provedeno přesné zaměření, nadimenzování celého objektu a podrobné řešení vodní nádrže Hradisko.

5.10.1. Zátopa

Zátopu nádrže Hradisko je nezbytné odbahnit. Odbahňování bude prováděno suchou cestou v letních měsících, kdy nádrž protéká pouze Pustiměřský potok kvůli nedostatku srážek a výparu z nádrže. Bude proveden rozbor vzorků sedimentů v nádrži, pro určení původu zanášení nádrže a případnému zabránění takovému zanášení. Na základě výsledku rozboru množství a kvality sedimentů bude rozhodnuto o využití vytěženého bahna. [2]

Dále bude zátopa upravena ve vhodných sklonech a bude vyspádována tak, aby veškerá voda odtékala do nejnižšího místa zátopy, tedy do odpadového kanálu. Břehy zátopy budou mít sklon od 1:20 až 1:40 a budou zatravněny a pokryty vegetací.

Při současném stavu je u přítoku do nádrže přirozené litorální pásmo, která plní ochranné, estetické i ekologické funkce. Tato zóna bude při novém návrhu zachována.

5.10.2. Hráz

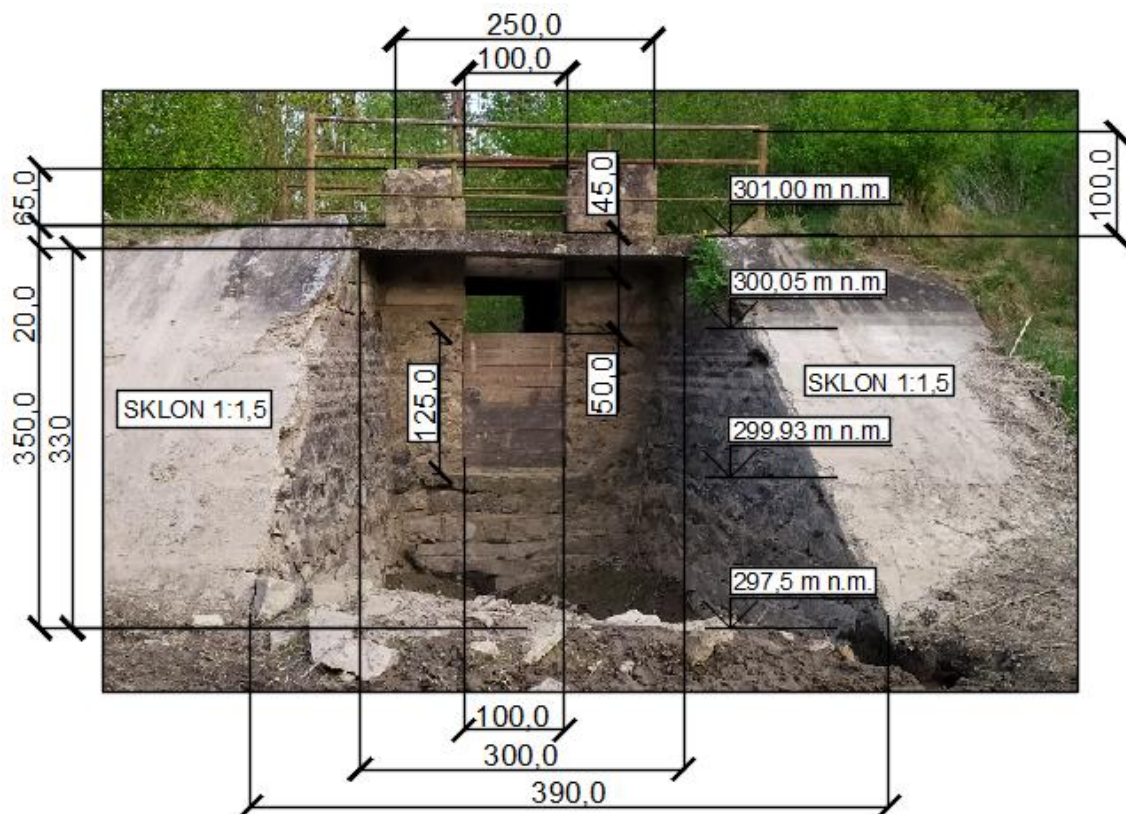
Z důvodu rozsáhlé degradace návodního líce a průsaků na vzdušném líci hráze bude nezbytné stávající hráze opravit.

U vzdušního svahu hráze bude zmírněn sklon svahu, bude provedeno opevnění a těsnění svahu. U návodního svahu bude rovněž zmírněn sklon a stávající opevnění bude sejmuto a nahrazeno novým opevněním z kamenné rovnaniny, pod kterým bude umístěn obrácený filtr o mocnosti 0,5 až 0,7, který bude složen z lomového kamene, drobnějšího kamene a štěrkopísku. Stávající hráz bude zvýšena. Z koruny hráze bude odstraněna vrstva zeminy do hloubky 0,3 až 0,5 m. Upravená koruna hráze a část vzdušního svahu bude stupňovitě zazubena tak, aby došlo k dokonalému spojení vrstev zeminy. Po dosypaní a zhutnění tělesa hráze bude obnovena a zpevněna plocha koruny hráze, která bude nadále sloužit jako nepojízdná. [2]

5.10.3. Funkční objekt

Rekonstrukce funkčního objektu bude zahrnovat nahrazení výpustního zařízení, odpadního potrubí a vybudování řádného bezpečnostního přelivu, který se na stávající hrázi nenachází. Rekonstrukce bude vyžadovat vybudování náhradního koryta vodního toku, kvůli založení nového objektu v suché jámě.

Stávající funkční objekt je údajně vybaven výpustí ve dně, která má průměr 40 cm. Dnová výpust je zanesena a bude nutné ji vyčistit a provést kontrolu, zda není poškozena. [2] [34]



Obrázek 5.21 Stávající funkční objekt MVN Hradisko (autorka, 2020)

5.10.4. Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je určen k bezpečnému odvedení povodňových průtoků a slouží také jako ochrana zemní hráze proti přelití. Další funkce bezpečnostního přelivu jsou ochrana nádrže před poškozením a údolí spočívající pod nádrží před možnými škodami, které by mohly vzniknout při přelití nebo protržení hráze. [1]

Protože se na řešené nádrží bezpečnostní přeliv nenachází, návrh nového bezpečnostního přelivu bude proveden tak, aby maximálně využil stávající konstrukci a převedl povodňovou vlnu. V navazující diplomové práci bude bezpečnostní přeliv nadimenzován pomocí programu HEC-HMS. V této práci bude návrh pouze orientační.

Pro výpočet přelivné hrany bezpečnostního přelivu bude použita Bazinova rovnice [45]:

$$Q = m \cdot b_o \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (5.12)$$

kde Q je průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], m je součinitel přepadu [-], b_o je délka přelivné hrany [m], g je tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] a h je přepadová výška [m]. [45]

Vstupní hodnoty:

$$Q = Q_{100} = 14,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Bazinův součinitel přepadu m [-] byl vypočítán dle následujícího vztahu [45]:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{h+s}\right)^2\right] \quad (5.13)$$
$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{0,5}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{0,5}{0,5+2,6}\right)^2\right] = 0,417$$

kde konstanta s je výška nade dnem odpadního potrubí zvolena 2,6 m.

Vztah pro stanovení délky přelivné hrany b_o [m] byl vypočten dle níže uvedeného vztahu [45]:

$$b_o = \frac{Q}{m \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad (5.14)$$
$$b_o = \frac{14,0}{0,417 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 0,5^{3/2}} = 21,44 \text{ m}$$

Je třeba vybudovat nový základ bezpečnostního přelivu kvůli délce přelivné hrany a napojit ho na stávající základ funkčního bloku. Vhodným řešením by byl přeliv kašnový, který

je tvořen kašnou, spadištěm, odpadním potrubím a vývarem. Kašna by byla umístěna před hrází, případně by byla do hráze lehce zapuštěna. Spadiště přelivu bude opevněno kamenným záhozem. [1]

Další možnou variantou řešení by byl sdružený funkční blok, který plní funkci přelivů, výpustných i odběrných zařízení, což by bylo výhodné jak po provozní tak po ekonomické stránce. Přeliv objektu by byl buď žlabový nebo šachtový. [1]

Dalšími možnými variantami návrhu bezpečnostního přelivu by byl korunový přeliv a břehový (boční) přeliv. Korunový přeliv by byl součástí tělesa hráze s přelivnou hranou rovnoběžnou s osou hráze. Břehový přeliv by byl umístěn v břehové části nádrže do rostlého nenarušeného materiálu. Přeliv se spadištěm by plynule navazoval na skluz a vývar. Osa spadiště, vývaru by byly navrženy přímé stejně jako koryto skluzu v úsecích s nadkritickou rychlostí. Spadiště by bylo tvořeno postupně se rozšiřujícím betonovým žlabem. Počáteční úsek skluzu pod spadištěm by byl přímý s říčním prouděním. [1]

5.10.5. Výpustní objekt, požerák

Výpustná zařízení jsou určena k řízenému vypouštění vody. Výpusti musí umožnit vypouštění vody při různých výškách v souladu s požadavky kladenými na funkci nádrže. [1]

Při současném stavu je za výpustný objekt považováno hrazení s jednoduchou dlužovou stěnou. Jedná se o čelní přelivný objekt, který má dle grafu 5.7 kapacitu $1,95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při Q_{100} .

V návrhu bude navržen požerák nebo sdružený funkční blok, u kterých by byla konstrukce provedena z železobetonu. Požerák bude otevřený s jednoduchou dlužovou stěnou a jeho umístění zůstane na původním místě stávajícího funkčního objektu. Pro zajištění přístupu k uzávěru bude vybudována lávka se zábradlím. Před výpustí budou umístěny česle pro zachycení větších plovoucích nečistot a odpad spodní výpusti bude rámový uzavřený. [1]

5.10.6. Odpadní potrubí

Při stávajícím stavu má již zmiňovaná dnová výpust poměrně malý průtočný průřez a je velmi zanesená. Tato výpust bude odstraněna a nahrazena novým uzavíratelným potrubím, aby bylo možné regulovat odtok z nádrže. Po odtěžení zeminy až na úroveň základové spáry bude základová spára očištěna a na ní bude provedena základová deska v potřebném sklonu pro uložení odpadního potrubí. Následně budou na základovou desku položeny roury odpadního potrubí a na závěr bude provedeno jejich obetonování. Dále bude provedeno spojení odpadního potrubí s objektem výpusti. Po dokončení obetonování odpadního potrubí bude dosypána rýha těsnícím materiálem. [2]

Před odpadním potrubím a výpustným zařízením budou umístěny hrubé česle za účelem zachycení větších plovoucích nečistot. [2]

5.10.7. Úprava koryta pod hrází/ za přelivným objektem

Spolu s vybudováním nového funkčního objektu bude vybudováno nové koryto jak v nádrži, tak pod hrází a voda bude převedena z napájecího toku do odpadního koryta. Trasa nového koryta pod hrází bude směrově i výškově vytyčena a bude proveden hrubý výkop koryta. Následně bude koryto upraveno dle projektu tak, aby převedlo Q_{100} . Svahy i dno koryta budou ručně upraveny a nakonec se provede opevnění koryta dle projektu. Konec úpravy bude stabilizováno betonovým či kamenným prahem. [2]

6. ZÁVĚR

V první části práce, v rámci rešerše, jsem shrnula teoretický základ zabývající se danou problematikou. Od základní funkce malé vodní nádrže přes rozdělení a historii jsem se zaměřila na vyhodnocení základních vad a překážek, které významně ovlivňují současný stav malých vodních nádrží v České republice.

Za posledních sto let bylo na našem území zrušeno mnoho rybníků a nových vodohospodářských staveb přibývá jen sporadicky. Ve většině případů je dešťová voda odváděna jednotnou kanalizací spolu se splašky pryč z území dle klasické koncepce odvodnění stokových soustav. Přitom je nezbytné, aby byla dešťová voda sváděna do infiltračních nebo retenčních nádrží a bylo možné s ní nadále hospodařit, podpořit její vsakování do půdy a doplňovat tak zásoby podzemních vod. Měly by se obnovit mokřady, tůňe a rybníky, podporující vsakování vody do půdy, spolu s rozvlněním tras dnes napřímených tras vodních toků.

V druhé části práce jsem se zabývala zhodnocením stávajícího stavu malé vodní nádrže Hradisko. Výstavba nádrže nebyla podložena řádnou dokumentací a jednotlivé objekty na nádrži jsou nevyhovující a poddimenzované. Stávající funkční objekt je ve špatném stavu. Nádrž Hradisko nemá vybudovaný bezpečnostní přeliv. Chybí hrubé česle v odpadním potrubí, které je momentálně zaneseno různými předměty menších i větších rozměrů. Těleso hráze je porostlé vegetací, což hráz značně poškozuje a omezuje přístup na ni. Hrází prostupují značné průsaky, které jsou znatelné především u výpustného objektu na vzdušní straně hráze.

Vodní nádrž Hradisko nebyla za celou dobu své existence ani jednou odbahňována. Zátopa nádrže je zanesena velkým množstvím bahna a v nádrži se kvůli špatnému stavu funkčního objektu voda vyskytuje pouze v jarních měsících a na podzim, při dostatku srážek. V letních měsících je zátopa rybníku díky vysokému výparu vyschlá a nádrž protéká jen v minimálním průtočném množství Pustiměřský potok. V roce 2013 došlo k přelití hráze, kdy záplava ohrožovala okrajovou část obce ležící v údolí pod danou nádrží.

U malé vodní nádrže Hradisko je nutné nejdříve vyřešit majetkoprávní situaci, která je už na první pohled velmi složitá. Jedná se o nádrž, která spočívá ve vlastnictví pražské firmy Aleuta, a.s. Bude nezbytné dohodnout se s obyvateli obcí Pustiměř, Radslavice a Zelená Hora, jak dále postupovat a jakým způsobem zmíněnou společnost oslovit. Dále je nezbytné nádrž a těleso hráze podrobně prozkoumat, zaměřit a vhodně nadimenzovat, aby nádrž byla schopná převést povodňovou vlnu Q_{100} .

Při současném stavu nádrže by bylo nejlepším řešením stávající hráz zcela odstranit a vybudovat znovu, ale to by z ekonomického hlediska vyžadovalo vysoké finanční náklady. Bylo by tedy žádoucí najít vhodný způsob, jak provést rekonstrukci nádrže.

V rámci rekonstrukce navrhuji zbavit těleso hráze vegetace, zvýšit korunu hráze, svahy hráze nově opevnit a sklony obou svahů zmírnit. Bude nezbytné vybudovat řádný bezpečnostní přeliv. Bylo navrženo více variant bezpečnostního přelivu – kašnový, břehový (boční) a korunový bezpečnostní přeliv, nebo sdružený funkční blok o délce přelivné hrany 21,44 m. Konstrukce požeráku byla navržena z železobetonu a požerák byl navržen otevřený s jednoduchou dlužovou stěnou. Odpadní potrubí by nahradilo nové uzavíratelné potrubí, aby bylo možné regulovat prázdňení nádrže. Před výpustný objekt a odpadní potrubí by bylo vhodné umístit česle, za účelem zabránění ucpání těchto objektů většími předměty. Společně s vybudováním nového funkčního objektu se vybuduje i nové koryto

potoka jak v nádrži tak pod hrází, aby bylo schopné převést povodňovou vlnu. Navrhuji svahy i dno koryta patřičně upravit a opevnit.

Závěry, týkající se problematiky malé vodní nádrže Hradisko, ke kterým jsem dospěla ve své bakalářské práci, hodlám použít v navazující diplomové práci. V ní bych se ráda věnovala vypracování projektové dokumentace, která může být využita k rekonstrukci této nádrže.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠÁLEK, Jan. *Rybníky a účelové nádrže*. VUT v Brně: VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1806-0.
- [2] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. *Rybníky a účelové nádrže*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 9788001040027.
- [3] ROZKOŠNÝ, M., R. PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, V. DAVID a M. TRANTINOVÁ. *Zaniklé rybníky v České republice: případové studie potenciálního využití území*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2015. ISBN 978-80-87402-47-4.
- [4] ŠÁLEK, Jan. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-707-8370-2.
- [5] *Historický vývoj rybníků* [online], 2018. České Budějovice: Rybářské sdružení ČR [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://www.cz-ryby.cz/produkce-ryb/historicky-vyvoj>
- [6] TLAPÁK, Václav, HERYNEK, Jaroslav. *Malé vodní nádrže*. MZLU Brno. 1. Vyd. 198 s. 2002. ISBN 80-7157-635-2
- [7] *Dotace ve vodním hospodářství: Rybníky* [online]. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/rybniky/>
- [8] KOŠUTOVÁ, Kateřina a Petr HAVEL. *Nastává návrat rybníků do české krajiny?* In: Naše voda: Informační portál o vodě [online]. Praha, 28. 8. 2012 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/nastava-navrat-rybniku-ceske-krajiny/>
- [9] Zákon č. 20/2004 Sb.: o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2020-05-26]
- [10] Vyhláška č. 590/2002 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích pro vodní díla. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2020-05-26]
- [11] Zákon č. 114/92 Sb.: o ochraně přírody a krajiny. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2020-05-26]
- [12] JUST, Tomáš. *Výstavba, obnova či rekonstrukce malých vodních nádrží*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2018.
- [13] Vyhláška č. 271/2019 Sb., o stanovení postupů k zajištění ochrany zemědělského půdního fondu, 2019. In: ASPI. [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2020-05-26]
- [14] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2011. 6 s.
- [15] KRTIČKA, Luděk, Martin ADAMEC, Pavel BEDNÁŘ. *Manuál pracovních postupů v GIS pro oblast sociálního výzkumu a sociální práci* [online]. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2012 [cit. 2020-05-21]. ISBN 978-80-7464-155-8, s. 147.

- [16] KAVKA, Petr, Miloslav MÜLLER, Luděk STROUHAL, et al. *Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině: metodika* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2018 [cit. 2020-03-29]. ISBN 978-80-01-06363-7.
- [17] *Rain @ FSv ČVUT v Praze: Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině* [online]. ČVUT v Praze, Stavební fakulta, Praha [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://rain1.fsv.cvut.cz>
- [18] *HEC-HMS Users Manual* [online], U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC) [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.4>
- [19] VLASÁK, Karel. *Citlivostní analýza vstupních parametrů modelu HEC-HMS*. Fakulta stavební ČVUT v Praze, Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, K143 - Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství. Vedoucí práce Ing. Petr Kavka, Ph.D.
- [20] *Mikroregion Melicko*. Pustiměř, okres Vyškov: Mikroregion Melicko, 2004
- [21] *Obec Pustiměř: Základní informace* [online]. Pustiměř [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.pustimer.eu/>
- [22] *Obec Zelená Hora: Základní informace* [online]. Obec Zelená Hora [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <http://www.zelenahora.eu/>
- [23] *Obec Radslavice: Základní informace* [online]. Obec Radslavice [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.obecradslavice.com>
- [24] ŠTOLFA, Rudolf. *Kronika obce Pustiměř*. Obecní knihovna Pustiměř, 1966-1971.
- [25] [x] DEMEK, Jaromír, Peter MACKOVČIN a kolektiv. *Hory a nížiny: zeměpisný lexikon ČSR*. Praha: Academia, 1987. ISBN 80-86064-99-9.
- [26] DEMEK, Jaromír. *Úvod do krajinné ekologie*. 1. Vydání Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1999.
- [27] MARTIN, Culek. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996.
- [28] *Geovědní mapa: 1:50 000* [online], 2012. Brno [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [29] NOVÁK, P. a kol. *Syntetická půdní mapa České republiky [1 : 200 000]*. Praha: VÚMOP, 1993.
- [30] *Půdní mapa: 1:50 000* [online], 2012. Brno [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [31] TOMÁŠEK, M. *Půdy České republiky*. Český geologický ústav, Praha, 2000.
- [32] QUITT, E. *Klimatické oblasti Československa*. Geografický ústav ČSAV Brno, 1975.

- [33] Podnebí Československé socialistické republiky: Tabulky. Praha: Hydrometeorologický ústav Praha, 1961.
- [34] HNÍZDIL, Libor. *Studie odbahnění a rekonstrukce malé vodní nádrže Hradisko*. Agronomická fakulta MENDELU v Brně, Brno, 2018. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny (LDF). Vedoucí práce Ing. Jana Marková, Ph.D.
- [35] DUFKOVÁ, J., TOMAN, F.: Eroze půdy v podmínkách klimatické změny, Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80-86690-12-1
- [36] VLČEK, V. Regiony povrchových vod v ČSR: Surface water regions in the Czech socialist republic. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971. Soubor map fyzikogeografické regionalizace ČSR.
- [37] VITURKA, Milan. Aplikace metody hlavních komponent ve výzkumu diferenciacie prostorové socioekonomické struktury ČSR. Brno: Československá akademie věd, Geografický ústav, 1985.
- [38] KŘÍŽ, Hubert. Regiony mělkých podzemních vod v České socialistické republice. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1973. *Studia geographica*, s. 30.
- [39] Kanalizační řád obce Pustiměř: Textová část. Vyškov: Vodovody a kanalizace Vyškov, 2016.
- [40] GIMUN, Vladislav a Sonja PEŠKOVÁ. Záplavové území Pustiměřského potoka km 0,000 - 8,882 (včetně přítoků Drysícký a Chvalkovický potok): Průvodní zpráva. Brno: Povodí Moravy, 2018.
- [41] PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. Základy hydrologie [online]. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/DS-GVS/Opora-DHYDR.pdf>
- [42] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: Modul 01*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-512-9
- [43] Prohlížeč WMS: Ortofoto mapa [online], [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz/Geoprohlizec/default.aspx?wmcid=9590#>
- [44] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Mapový aplikační server Marushka ® firmy GEOVAP [cit. 26. 8. 2014]. Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>
- [45] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.

8. SEZNAM TABULEK

Tabulka 3.1	Rozdělení malých vodních nádrží z funkčního hlediska [1]	6
Tabulka 3.2	Nejčastější závady u MVN [2]	10
Tabulka 3.3	Přehled revitalizačních opatření na malé vodní nádrži [4].....	14
Tabulka 3.4	Procentuální rozdělení ročního výparu [14].....	15
Tabulka 3.5	Opravné součinitele pro stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy [2] ...	16
Tabulka 4.1	Jednotlivé hydrologické prvky v modelu HEC-HMS [19]	22
Tabulka 4.2	Hodnoty batygrafických křivek stávající nádrže.....	25
Tabulka 5.1	Klimatické charakteristiky (Quitt, 1975)	37
Tabulka 5.2	Průměrné měsíční úhrny srážek v mm [34]	37
Tabulka 5.3	Průměrné měsíční teploty v °C [34].....	37
Tabulka 5.4	Tabulka hodnot Q_N – N-leté průtoky [34] (dle ČHMÚ)	40
Tabulka 5.5	Rozdělení hodnoty ročního výparu procentuálně na jednotlivé měsíce [2]48	
Tabulka 5.6	Stanovení výparu ze zarostlé vodní plochy nádrže Hradisko pomocí opravného součinitele	48
Tabulka 5.7	Přehledná tabulka dílčích podpovodí Pustiměřského potoka.....	49
Tabulka 5.8	Sumární tabulka (Summary Table) povodí Pustiměřského potoka.....	50
Tabulka 5.9	Přehled výstupů jednotlivých n-letých povodní v nádrži z programu HEC- HMS.....	54

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3.1 Rozdělení malých vodní nádrží dle polohy k toku a) nádrž průtočná, b) nádrž průtočná s obtokovým kanálem, c) nádrž neprůtočná [2].....	7
Obrázek 3.2 Orientační hodnoty průměrného ročního výparu z volné hladiny v závislosti na nadmořské výšce [14]	15
Obrázek 4.1 Šest syntetických průběhů šestihodinových srážek pro povodí Pustiměřského potoka (číslo povodí 4-12-02-0270-0-00), 10-letý, 20-letý, 50-letý a 100-letý maximální úhrn srážek [17]	19
Obrázek 4.2 Průměrné zastoupení syntetických tvarů návrhových srážek A, B, C, D, E, F s rozdílnou dobou opakování pro čtyři intervaly nadmořských výšek [16]	20
Obrázek 4.3 Povodí Pustiměřského potoka s malou vodní nádrží Hradisko [17].....	21
Obrázek 4.4 Vizuální model povodí Pustiměřského potoka v prostředí HEC-HMS.....	23
Obrázek 5.1 Zájmové území [45].....	30
Obrázek 5.2 Malá vodní nádrž Hradisko, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24]	31
Obrázek 5.3 Děti u vodního bazénu, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24].....	32
Obrázek 5.4 Přírodní koupaliště a rekreační středisko „Na Hradisku pod Zelenou Horou“, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř, 1970-1980 [24]	32
Obrázek 5.5 Hráz Hradiska sloužila jako rekreační objekt a zároveň jako parkoviště, zdroj: Pustiměřská kronika, foto: Josef Štolfa, obecní fotograf, Pustiměř [24]	32
Obrázek 5.6 Malá vodní nádrž Hradisko v roce 2010 [24]	33
Obrázek 5.7 Geologická mapa zájmového území, 1:50 000 [28]	35
Obrázek 5.8 Půdní mapa zájmového území, 1:50 000 [30]	36
Obrázek 5.9 Návodní líc, MVN Hradisko(autorka, 2020).....	41
Obrázek 5.10 Pustiměřský potok – úsek před nádrží Hradisko (autorka, 2020).....	42
Obrázek 5.11 Pustiměřský potok – staničení [43].....	43
Obrázek 5.12 Profil před stavidlem na toku Pustiměřského potoka, km 0,013	44
Obrázek 5.13 Objekt na toku – stavidlo, km 0,015 (autorka, 2020)	45
Obrázek 5.14 Profil pod stavidlem na toku Pustiměřského potoka, km 0,016	45
Obrázek 5.15 Profil před lávkou na toku Pustiměřského potoka, km 0,045.....	46
Obrázek 5.16 Profil 300 m od lávky na toku Pustiměřského potoka, km 0,150.....	47
Obrázek 5.17 Propustek na toku Pustiměřský potok, km 0,878 (autorka, 2020).....	47
Obrázek 5.18 Určení orientační hodnoty výparu z vodní hladiny pro MVN Hradisko [2]	48
Obrázek 5.19. Výstup z programu ArcMap – povodí Pustiměřského potoka rozdělené na dílčí podpovodí	49

Obrázek 5.20	Stávající stav, MVN Hradisko, (autorka, 2019)	55
Obrázek 5.21	Stávající funkční objekt MVN Hradisko (autorka, 2020).....	56

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf 3.1	Množství zaniklých rybníků od 1. poloviny 19. století na území ČR [8]	9
Graf 4.1	Batygrafické křivky pro MVN Hradisko.....	25
Graf 5.1	Grafické znázornění výsledků simulace 1-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS.....	51
Graf 5.2	Grafické znázornění výsledků simulace 2-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS.....	51
Graf 5.3	Grafické znázornění výsledků simulace 5-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS.....	52
Graf 5.4	Grafické znázornění výsledků simulace 10-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS	52
Graf 5.5	Grafické znázornění výsledků simulace 50-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS	53
Graf 5.6	Grafické znázornění výsledků simulace 100-leté povodňové vlny v modelu HEC-HMS	53
Graf 5.7	Kapacita výpusti pro Q_{100} (Outflow).....	54

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

k. ú.	katastrální území
MVN	malá vodní nádrž
HEC–HMS	Centrum hydrologického inženýrství -
ČR	Česká republika
ČSSR	Československá socialistická republika
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
Mze	Ministerstvo zemědělství
GIS	Geografický informační systém
ESRI	Ústav pro výzkum environmentálních systémů
SOAP	protokol používaný pro komunikaci
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
AČR	Armáda České republiky
AOPK	Agentury ochrany přírody a krajiny
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	česká technická norma
PC	osobní počítač
CN	Číslo odtokové křivky
US	spojené státy
HMR52	pravděpodobný maximální výpočet bouře (oblast východního USA)
SCS	ochrana půdy
HEC-DSS	systém ukládání dat
WMS	Webová mapová služba
MT 11	mírně teplá oblast
ha	hektar
km	kilometr
m	metr
m n.m.	metr(ú) nad mořem
cm	centimetr
mm	milimetr

<i>f</i>	[-]	Langův dešťový faktor
<i>R</i>	[mm]	průměrný roční srážkový úhrn
<i>tr</i>	[°C]	průměrná roční srážková teplota vzduchu
<i>J</i>	[-]	vláhová jistota Minářova
<i>B</i>	[km]	střední šířka povodí
<i>P</i>	[km ²]	plocha dané části povodí
<i>L</i>	[km]	délka údolnice
<i>α</i>	[-]	charakteristika tvaru povodí
<i>H_p</i>	[m n.m.]	průměrná nadmořská výška
<i>H_{max}</i>	[m n.m.]	maximální nadmořská výška
<i>H_{min}</i>	[m n.m.]	maximální nadmořská výška
<i>I_s</i>	[%]	průměrný sklon toku
<i>H_{max t}</i>	[m n.m.]	maximální nadmořská výška toku
<i>H_{min t}</i>	[m n.m.]	minimální nadmořská výška toku
<i>L_t</i>	[km]	délka toku
<i>D</i>	[km ² ·km ⁻²]	hustota říční sítě
<i>L_i</i>	[km]	suma délky všech toků
<i>S_p</i>	[km ²]	plocha povodí
<i>N</i>	[-]	celé číslo (0-9)
<i>Q_N</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	n-letý průtok
<i>n</i>	[-]	drsnost koryta, drsnostní součinitel
<i>i</i>	[%]	sklon dna
<i>S</i>	[m ²]	Průtočná plocha profilu, ve kterém je průtok počítán
<i>O</i>	[m]	Omočený obvod
<i>R</i>	[m]	Hydraulický poloměr
<i>C</i>	[m ^{0,5} ·s ⁻¹]	Rychlostní součinitel
<i>v</i>	[m·s ⁻¹]	Rychlost proudění vody v korytě (obecně rychlost proudění)
<i>Q</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	Průtok
<i>v_{max}</i>	[m·s ⁻¹]	Maximální rychlost
<i>Q_{max}</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	maximální průtok
<i>Q₁</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	1letý průtok
<i>Q₂</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	2letý průtok
<i>Q₅</i>	[m ³ ·s ⁻¹]	5letý průtok

Q_{10}	[m ³ .s ⁻¹]	10letý průtok
Q_{50}	[m ³ .s ⁻¹]	50letý průtok
Q_{100}	[m ³ .s ⁻¹]	100letý průtok
m	[-]	součinitel přepadu
b_o	[m]	délka přelivné hrany
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
h	[m]	přepadová výška
s	[m]	výška nade dnem odpadního potrubí

12. SEZNAM PŘÍLOH

Fotodokumentace:

A.1 – Záplava v roce 2013

A.2 – Současný stav MVN Hradisko

Výkresová část:

B.1 – Přehledná situace v měřítku 1:40 000

B.2 – Situační výkres širších vztahů v měřítku 1:3 500

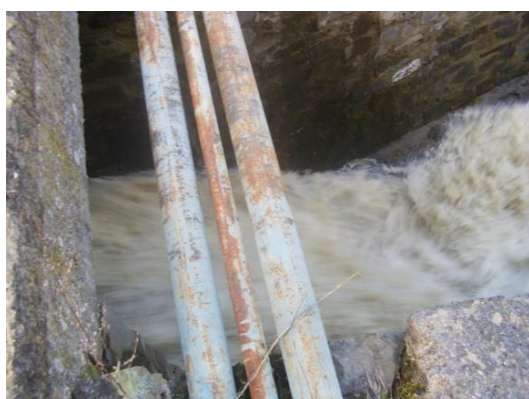
B.3 – Situace MVN Hradisko v měřítku 1:1 000

B.4 – Příčný řez hrází A-A' v měřítku 1:100

B.5 – Příčný řez funkčním objektem B-B' v měřítku 1:100

Výkresová část se nachází v příložené výkresové dokumentaci.

Příloha A.1 - Záplava MVN Hradisko v roce 2013 (Fotodokumentace)





Příloha A.2 - Současný stav MVN Hradisko (Fotodokumentace)



Obrázek č. 1 Návodní strana hráze, MVN Hradisko (autorka, 2020)



Obrázek č. 2 Návodní líc, MVN Hradisko (autorka, 2020)



Obrázek č. 3 Stávající stav koruny hráze, funkční objekt MVN Hradisko (autorka, 2020)



Obrázek č. 4 Zátopa, MVN Hradisko (autorka, 2020)



Obrázek č. 5 Funkční objekt, MVN Hradisko (autorka, 2019)



Obrázek č. 6 Spodní výpust, MVN Hradisko (autorka, 2020)