

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY**

**VLIV EROZNÍCH PROCESŮ V POVODÍ
NA ZANÁŠENÍ VODNÍCH NÁDRŽÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.
Diplomant: Ing. Ondřej Skalička

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Ondřej Skalička

Ochrana přírody

Název práce

Vliv erozních procesů v povodí na zanášení vodních nádrží

Název anglicky

The influence of erosion processes on silting of water reservoirs catchment

Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit vliv vodní eroze na zemědělských pozemcích v povodí čtyř experimentálních nádrží na intenzitu zanášení těchto nádrží. Dílčím cílem diplomové práce je zpracovat přehled problematiky vlivu vodní eroze na vodní nádrže, dále charakterizovat povodí experimentálních nádrží z hlediska erozní ohroženosti, odhadnout množství sedimentu transportovaného do nádrží z povodí, porovnat vypočítané a reálné objemy sedimentu v nádržích a navrhnout protierozní opatření v povodí k omezení zanášení nádrží.

Metodika

Metodika řešené problematiky je založena na analýze erozní ohroženosti území a výpočtu intenzity eroze v povodí čtyř experimentálních nádrží. Jedná se o nádrže MVN Kocourek (okr. Tábor, k.ú. Babčice), MVN Přestavky (okr. Benešov, k.ú. Přestavky u Čerčan), MVN Kotalík (okr. Příbram, k.ú. Rtišovice) a MVN Kněžický rybník (okr. Liberec, k.ú. Kněžice v Lužických Horách). Výpočtem (rovnice MUSLE) získané hodnoty bude možné porovnat se skutečným objemem sedimentu v nádržích. Na základě porovnání teoretických a skutečných hodnot objemu sedimentu bude zhodnocen vliv erozních procesů v povodí na zanášení nádrží a formulovány závěry práce.

Doporučený rozsah práce

80 – 100 stran textu + grafické přílohy

Klíčová slova

vodní eroze, malé vodní nádrže, transport sedimentu, zanášení nádrží, odbahnění nádrží, protierozní ochrana

Doporučené zdroje informací

JANEČEK M. a kol., 2008: Základy erodologie. ČZU, Praha, 172 s., ISBN 978-80-213-1842-7.

JANEČEK M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Certifikovaná metodika. ČZU-FŽP, Praha, 113 s.

JANEČEK M., Váška J., 2001: Hydrologické výpočty v PEO. ČKAIT

MILOŠ, Holý. Eroze a životní prostředí. první. Praha: ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3.

VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Vyd. 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2008, 150 s. ISBN 978-80-01-04002-7.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma "Vliv erozních procesů v povodí na zanášení vodních nádrží" vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, 19.4.2016

Ondřej Skalička

Rád bych poděkoval prof. Ing. Miloslavu Janečkovi, DrSc., za odborné vedení mé diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce zabývá erozní ohrožeností zemědělsky využívaných povodí a vlivem erozních procesů na rychlost zanášení malých vodních nádrží. Problematika je řešena v povodích tří nádrží, pro které jsou známy objemy akumulovaného sedimentu. Pro řešená území byla s pomocí programu ArcGIS provedena analýza erozního ohrožení a následně byl pomocí metody poměru odnosu splavenin a poměru zachycení odhadnut objem sedimentů zachycených v nádržích. Porovnáním objemů sedimentu získaných výpočtem se skutečným množstvím akumulovaného sedimentu v nádržích byla zhodnocena vhodnost použité metody výpočtu.

Pro čtyři různé scénáře byla predikována rychlost zanášení nádrží. První scénář předpokládá zachování stávajícího stavu, druhé dva scénáře počítají rychlost zanášení při realizaci organizačních protipovodňových opatření v povodí a poslední scénář uvažuje hodnotu ztrátu půdy rovnu přípustné ztrátě půdy.

Na základě výsledků lze použitou metodu výpočtu hodnotit za vhodnou i pro malá povodí. Vliv protierozních opatření na rychlost zanášení nádrží je různý v závislosti na charakteru povodí. Výsledky čtvrtého modelovaného scénáře dokládají, že současná hodnota přípustné ztráty půdy nezajišťuje ochranu vodních nádrží proti zanášení.

Klíčová slova: vodní eroze, malé vodní nádrže, transport sedimentu, zanášení nádrží, odbahnění nádrží

Abstract

This thesis considers the erosion risks of agricultural watersheds and erosion processes due to silting rate of small reservoirs. The issue is addressed in watersheds of three reservoirs, which volumes of accumulated sediment are known. For the studied area an analysis of the erosion threat was made by ArcGIS and subsequently were used the methods of sediment delivery ratio and the trap efficiency of the estimated volume of sediment trapped in reservoirs. Comparing volumes of sediment obtained by calculating the actual amount of accumulated sediment in the reservoirs was evaluated suitability of the method of calculation.

For four different scenarios was predicted rate of silting reservoirs. The first scenario assumes the status quo, the other two scenarios calculated the rate of silting in the implementation of organizational measures in the watersheds and last scenario considers the value of soil loss equal to the permissible loss of land.

Based on the results, the method of calculation can be appropriate and used for a small catchment area. Effect of erosion control measures on the rate of silting reservoirs varies depending on the nature of the catchment area. The result of the fourth scenario suggests that the present value of allowable losses of soil water reservoirs doesn't provide protection against silting.

Key words: small reservoirs, water erosion, sediment transport, silting of reservoirs, dredging of reservoirs

OBSAH

1	Úvod	12
1.1	Problematika vodní eroze	12
1.2	Malé vodní nádrže a jejich zanášení.....	13
1.2.1	Definice malých vodních nádrží a jejich účel	13
1.2.2	Technické řešení MVN	14
1.2.2.1	Dělení nádrží podle způsobu napájení	15
1.2.2.2	Hráz.....	15
1.2.2.3	Výpustná zařízení	16
1.2.2.4	Bezpečnostní přeliv	16
1.2.3	Historie rybníků a účelových nádrží.....	16
1.2.4	Současné problémy MVN	18
1.2.4.1	Vodohospodářské problémy.....	18
1.2.4.2	Technické problémy	19
1.2.4.3	Ekologické problémy.....	19
1.2.4.4	Ekonomické problémy.....	19
1.2.5	Problém zanášení MVN sedimentem	20
1.2.5.1	Charakteristika procesu zanášení nádrží.....	20
1.2.5.2	Metody výpočtu zanášení nádrží	21
1.2.5.3	Údržba a odbahňování nádrží v minulosti	23
1.2.5.4	Současné metody odbahnění.....	26
1.2.5.5	Legislativa nakládání s vytěženým sedimentem	27
2	Cíle práce.....	30
3	Metodika.....	31
3.1	MVN Kotalík	31
3.1.1	Povodí nádrže	31
3.1.1.1	Vymezení povodí.....	31
3.1.1.2	Klimatické podmínky	31
3.1.1.3	Geomorfologická charakteristika	32
3.1.1.4	Geologická charakteristika.....	33
3.1.1.5	Pedologická charakteristika	33
3.1.1.6	Využití území	33
3.1.1.7	Využití území v minulosti.....	34
3.1.1.8	Definice bloků orné půdy a jejich morfologie	36
3.1.2	Vodopisná síť	37
3.1.2.1	Charakteristika hydrografické sítě.....	37
3.1.2.2	Vodní nádrže v povodí.....	38

3.1.3	Nádrž Kotalík	41
3.1.3.1	Historie a původní účel nádrže Kotalík	41
3.1.3.2	Základní charakteristika	41
3.1.3.3	Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění	41
3.1.3.4	Hydrologická charakteristika nádrže	42
3.2	MVN Přestavky	44
3.2.1	Povodí nádrže	44
3.2.1.1	Vymezení povodí	44
3.2.1.2	Klimatické podmínky	44
3.2.1.3	Geomorfologická charakteristika	45
3.2.1.4	Geologická charakteristika	46
3.2.1.5	Pedologická charakteristika	46
3.2.1.6	Využití území	46
3.2.1.7	Využití území v minulosti	47
3.2.1.8	Definice bloků orné půdy a jejich morfologie	47
3.2.2	Vodopisná síť	47
3.2.2.1	Charakteristika hydrografické sítě	47
3.2.2.2	Vodní nádrže v povodí	49
3.2.3	Nádrž Přestavky	50
3.2.3.1	Historie a původní účel nádrže	50
3.2.3.2	Základní popis	50
3.2.3.3	Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění	51
3.2.3.4	Hydrologická charakteristika	52
3.3	MVN Kocourek	53
3.3.1	Povodí nádrže	53
3.3.1.1	Vymezení povodí	53
3.3.1.2	Klimatické podmínky	53
3.3.1.3	Geomorfologická charakteristika	54
3.3.1.4	Geologická charakteristika	55
3.3.1.5	Pedologická charakteristika	55
3.3.1.6	Využití území	55
3.3.1.7	Využití území v minulosti	56
3.3.1.8	Definice bloků orné půdy a jejich morfologie	58
3.3.2	Vodopisná síť	58
3.3.2.1	Charakteristika hydrografické sítě	58
3.3.2.2	Vodní nádrže v povodí	59
3.3.3	Nádrž Kocourek	61

3.3.3.1	Historie a původní účel nádrže	61
3.3.3.2	Základní charakteristika	62
3.3.3.3	Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění	62
3.3.3.4	Hydrologická charakteristika nádrže	63
3.4	Výpočty	64
3.4.1	Hydrologické a hydraulické výpočty	64
3.4.1.1	Průměrná hodnota CN křivek povodí	64
3.4.1.2	Doba koncentrace	65
3.4.1.3	Stanovení návrhové srážky	66
3.4.1.4	Objem přímého odtoku	66
3.4.1.5	Kulminační průtok Q_{100}	67
3.4.1.6	Kapacita bezpečnostního přelivu	68
3.4.1.7	Retenční objem nádrží	70
3.4.2	Výpočet ztráty půdy pomocí rovnice USLE	70
3.4.2.1	Příprava digitálního modelu reliéfu	70
3.4.2.2	Stanovení R-faktoru	70
3.4.2.3	Stanovení K-faktoru	70
3.4.2.4	Stanovení L-faktoru	71
3.4.2.5	Stanovení S-faktoru	71
3.4.2.6	Stanovení C-faktoru	72
3.4.2.7	Stanovení P-faktoru	73
3.4.2.8	Stanovení celkové ztráty půdy v povodích	73
3.4.2.9	Stanovení přípustné ztráty půdy	74
3.4.3	Výpočet transportu smyvu do vodních toků	74
3.4.4	Výpočet zachycení sedimentu v prostoru nádrže	75
4	Výsledky	76
4.1	Erozní smyv v povodích	76
4.1.1	Erozní smyv pro stávající stav	76
4.1.2	Změna osevního plánu	76
4.1.3	Erozní smyv při částečném zatravnění	77
4.1.4	Erozní smyv při přípustné ztrátě půdy	77
4.2	Transport smyvu do vodních toků	77
4.2.1	Transport smyvu pro stávající stav	78
4.2.2	Transport smyvu při změně osevního plánu	78
4.2.3	Transport smyvu při částečném zatravnění orné půdy	78
4.3	Vypočítaný objem sedimentu v nádržích	79
4.4	Predikce zanášení nádrží	84

4.4.1	Predikce zanášení při zachování současného stavu	84
4.4.2	Predikce zanášení při změně osevního plánu	84
4.4.3	Predikce zanášení při částečném zatravnění orné půdy	85
4.4.4	Predikce zanášení při přípustné ztrátě půdy v povodí	85
5	Diskuze	86
6	Závěr	89
7	zdroje	90
7.1	Literatura	90
7.2	Legislativa	92
7.3	Mapy	92
7.4	Internet	92

1 ÚVOD

1.1 Problematika vodní eroze

Eroze je přirozený geologický proces, při kterém dochází k rozrušování povrchu půdy, k transportu půdních částic a následně jejich usazování. Působením eroze na zemský povrch dochází k jeho zarovnávání a působí tak proti endogenním horotvorným procesům. Podle činitelů, které erozi způsobují, lze rozlišovat erozi vodní, ledovcovou, sněhovou, větrnou, zemní a antropogenní. Poslední druh eroze, tedy eroze způsobená činností člověka, souvisí s dělením eroze podle intenzity na normální a zrychlenou (Holý, 1994). U normální, geologické eroze je odnos půdy roven její tvorbě. Zrychlená vodní eroze, při které je tato rovnováha narušena a dochází k devastaci půdy, je spojena se začátkem zemědělského využívání krajiny a s ním související porušení přirozeného krytu půdy (Janeček a kol., 2008).

K výraznému zvýšení intenzity vodní eroze na území našeho státu došlo především v průběhu 20. století, resp. v jeho druhé polovině. Zrychlení procesu eroze a celková proměna vodního režimu české krajiny v této době souvisí se změnami uspořádání krajiny, intenzifikací zemědělské výroby, zhoršení struktury zemědělské půdy, scelováním pozemků a rušením liniových prvků v krajině, regulací vodotečí, ale i rozšířením dopravní infrastruktury a zvětšení výměry zpevněných ploch (VÚV TGM, 2015). Důsledkem vodní eroze na zemědělských pozemcích je degradace půdy. Dochází ke změně fyzikálních vlastností půdy (struktura, textura, objemová hmotnost, vodní kapacita, pórovitost, infiltrační schopnost aj.). Vzhledem k selektivnímu působení eroze jsou vyplavovány především jemné částice, což vede k ztrátě organické hmoty a základních živin. Výsledkem všech těchto změn je snížení produkční schopnosti půd (Janeček a kol., 2008).

Vodní eroze je proces komplexní, který se skládá z fáze rozrušování povrchu a dále z fáze transportu a sedimentace uvolněných částic. Zrychlená vodní eroze tak nemá negativní vliv pouze na pozemky, kde dochází ke ztrátě půdy, ale způsobuje škody i na dalších složkách krajiny, především na vodní prostředí. Důsledkem zrychlené eroze v povodí je rychlejší zanášení vodních toků a nádrží, které vede k omezení jejich funkcí. Dochází k snižování průtočnosti koryt a zásobnímu objemu nádrží a ke zhoršení kvality vody. Problémem je především indukovaná eutrofizace vodního prostředí způsobená zvýšenou dotací živin z povodí (Janeček a kol., 2008).

Těmito procesy jsou v České republice významně ohroženy zejména malé vodní nádrže (rybníky), které jsou přirozenou součástí české zemědělské krajiny a které slouží k produkčním i momoprodukčním účelům. V důsledku rozsáhlého zanesení však nemůžou tyto nádrže často své funkce plnit (Krása, 2013).

Tak jak se zvětšoval rozsah problému zrychlené vodní eroze, rostla i potřeba kvantifikovat ztrátu půdy i jednotlivé faktory ovlivňující její intenzitu. Nejpoužívanějším nástrojem pro určení intenzity eroze je univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí, jejíž použití je popsáno v metodice Ochrany zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2012). Pro určení transportu erozního smyvu je používána metoda poměru odnosu splavenin a rychlost zanášení nádrže lze vyčíslit metodou poměru zachycení (Krása, 2013). Určení rychlosti zanášení nádrží je tedy komplexní úkol, který je možný řešit kombinací těchto tří nástrojů a metod. Efektivní způsob řešení tohoto úkolu je v současnosti využití geografických informačních systému, které umožňují modelování různých opatření a posouzení jejich vlivu na řešený proces.

1.2 Malé vodní nádrže a jejich zanášení

Vývoj lidské společnosti byl již od svého počátku závislý na dostatku vody. Všechny významné starověké civilizace vznikaly v povodí velkých řek a i v ostatních částech světa se zakládala první sídla v blízkosti vodních zdrojů. Území České republiky je však z pohledu vodních zdrojů značně specifické. Vzhledem ke své poloze na hlavním Evropském rozvodí chybí v naší krajině velký vodní tok a zároveň se na našem území nachází jen několik jezer.

V geologické historii se na našem území vyskytovaly rozsáhlé vodní plochy a to i v době relativně nedávné. Jezera jsou však z geologického hlediska krátkodobé útvary a v současnosti je existence těchto vodních ploch doložena pouze vrstvami jezerních sedimentů. (Chamra a kol., 2005).

V současnosti se v České republice nachází pouze malé množství jezer. V oblasti Šumavy se jedná o několik jezer ledovcového původu (Černé, Čertovo, Plešné, Prášílské a Laka). Kromě těchto útvarů se na Šumavě i v dalších pohoří České republiky nachází rašelinová jezera a jezírka. Dalším typem jsou jezera krasová, která jsou vázána na erozní jevy a útvary v krasových oblastech. Konkrétně jde o Macošská jezírka a jezero v Hranické propasti. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2012). Na území České republiky se rovněž nachází jezero vzniklé zahrazením údolí vodního toku. Tím je Odlezenské (Mladotické) jezero, které vzniklo v roce 1872 přehrazením údolí Mladotického potoka (Janský, 2003). Poměrně rozšířeným typem přirozených vodních ploch v naší krajině byla a stále jsou slepá a mrtvá ramena v nivách řek, tzv. říční, fluvialní jezera. U těchto říčních jezer je však vzhledem k jejich charakteru proces zazemňování a postupného zániku rychlejší než u jiných typů jezer. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2012).

Je zřejmé, že množství pro člověka využitelných přirozených vodních zdrojů na našem území bylo vždy značně omezené. S rostoucí populací rostl i tlak na vodní zdroje a přirozenou odezvou bylo budování umělých vodních nádrží, rybníků, které nahrazovaly funkci absentujících jezer. První rybníky byly na našem území zakládány patrně již v 8. a 9. století (Šálek a kol., 1989). V dalších staletích docházelo k rozvoji výstavby umělých nádrží, byť s určitými výkyvy.

V současnosti jsou rybníky zcela neodmyslitelnou součástí české kulturní krajiny. Ačkoli byla většina těchto nádrží budována za účelem chovu ryb, plní tyto nádrže v současnosti mnoho dalších významných funkcí. I dnes jsou budovány nové nádrže a zároveň jsou finanční prostředky věnované na údržbu stávajících nádrží. Příčinou zvýšeného zájmu o malé vodní nádrže v současné době však není chov ryb, ale především uvědomění si jejich mimoprodukčních funkcí – tzv. ekosystémových služeb – např. jejich potenciálu pro zlepšení vodního režimu a koloběhu živin a tedy celkově zvýšení ekologické stability krajiny (Pokorný a kol., 2015).

1.2.1 Definice malých vodních nádrží a jejich účel

Na tomto místě bych rád vyjasnil často zaměňované pojmy rybník a malá vodní nádrž a uvedl jejich definice.

V případě rybníků je jejich právní definice nejednoznačná, neboť rybníky jsou výrazný fenomén, na který lze nahlížet z mnoha možných pohledů (Žatecky, 2015). Pojem rybník je definován v zákoně o rybářství.

- Zákon č. 99/2004 Sb. (zákon o rybářství) § 2 písm. c): „*Pro účely tohoto zákona se rozumí rybníkem vodní dílo, které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb, ve kterém lze regulovat vodní hladinu, včetně*

možnosti jeho vypouštění a slovení; rybník je tvořený hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními“.

Pojem vodní dílo, za které je rybník považován, je definován ve vodním zákoně.

- Zákon č. 254/2001 Sb. (vodní zákon) § 55 odst. 1: *„Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem“.*

Pojem rybník je bez další definice uveden i v zákoně o ochraně přírody a krajiny.

- Zákon 114/1992 Sb. (zákon o ochraně přírody a krajiny) § 3, odst. 1 písm. b): *„Významný krajinný prvek jako ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny utváří její typický vzhled nebo přispívá k udržení její stability. Významnými krajinnými prvky jsou lesy, rašeliniště, vodní toky, rybníky, jezera, údolní nivy“.*

V případě malé vodní nádrže je situace jednodušší a tento pojem je jednoznačně definován českou technickou normou ČSN 75 2410. Předmětem normy je:

„...navrhování, výstava, rekonstrukce a provoz vodních nádrží se sypanými hrázemi, u kterých jsou splněny současně tyto podmínky: a) objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m³; b) největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m“.

Běžně používaný pojem malé vodní nádrže (dále jen MVN) je tedy obecnější než pojem rybník, kterým je označována pouze specifická kategorie MVN určených k chovu ryb. Vzhledem ke skutečnosti, že se většina našich nádrží budovala za účelem chovu ryb, byl v minulosti pojem rybník používán pro všechny umělé nádrže, ačkoli byl u některých jejich primární účel jiný než rybochovný (Pavelková a kol., 2014).

Jak je zřejmé z výše napsaného, mohou být malé vodní nádrže budovány pro plnění mnoha účelů. Podle převládajícího účelu se nádrže dělí na rybochovné, pro čištění vod, průmyslové, požární, meliorační, rekreační, vodárenské, protipovodňové atd. (Pavlica, 1964). Kategorie malých vodních nádrží z hlediska jejich účelů rovněž uvádí citovaná norma ČSN 75 2410.

Ačkoli jeden účel nádrže převládá a je prioritní, není žádná malá vodní nádrž jednoúčelová, ale vždy plní několik funkcí najednou. V současné době jsou nové nádrže budovány či stávající nádrže rekonstruovány s cílem zachovat a posílit funkce zlepšující vodní režim krajiny (zadržení vody v krajině, zpomalení odtoku vody, vyrovnání průtoků (Vrána a Beran, 2008)) a funkce ekologické (zvýšení stanovištní pestrosti, vytvoření vhodných podmínek pro chráněné druhy).

1.2.2 Technické řešení MVN

Součástí malých vodních nádrží je těleso hráze, jehož zbudováním vznikne zásobní prostor nádrže, a dále funkční objekty, které zajišťují fungování nádrže a umožňují manipulaci s hladinou. U všech MVN jsou funkčními objekty výpustné zařízení a zařízení pro bezpečné převedení povodňových průtoků. U některých účelových nádrží se jedná o další objekty podmíněně účelem nádrže (Šálek a kol, 1989; Vrána a Beran, 2008).

1.2.2.1 Dělení nádrží podle způsobu napájení

Mimo dělení nádrží podle převládajícího účelu lze nádrže dělit i podle polohy, výškového umístění nebo podle způsobu napájení vodou. Se způsobem napájení nádrže souvisí i volba technického řešení, resp. volba typu hráze. Podle způsobu přivádění vody do nádrže rozlišujeme nádrže průtočné, obtokové, boční, nebeské a pramenné. (Pavlica, 1964)

Průtočné nádrže jsou napájeny vodním tokem, jehož údolí bylo přehrazeno čelní hrází. Celý tok, resp. celý vodní průtok dané vodoteče protéká nádrží (Pavlica, 1964). Výhodou takového řešení je poměrně krátká hráz, což výrazně snižuje náklady na stavbu. Problémem je průchod povodňových průtoků nádrží, které zvyšují riziko havárie nádrží. Zároveň dochází k intenzivnějšímu zanášení nádrže, neboť povodňové průtoky nesou větší množství plavenin, které se při poklesu rychlosti v nádrží usazují (Vrána a Beran, 2008).

Obtokové nádrže vzniknou stejně jako průtočné přehrazením údolí vodního toku čelní hrází, ale koryto toku je přeloženo mimo nádrž (Pavlica, 1964). Obtoková stoka slouží především k převádění vody mimo nádrž během výlovu, resp. při vypouštění nádrže. Podle kapacity však může být stoka využita i pro převedení části povodňového průtoku, čímž se částečně omezí negativa průtočných nádrží (Vrána a Beran, 2008). Při vhodném řešení obtoku je rovněž zajištěno říční kontinuum (Lusk a kol., 2014).

Boční (náhonové) nádrže jsou napájeny vodním tokem, který teče mimo nádrž ve svém původním korytě. Nádrž vznikne pouze na části údolí vodního toku vybudováním boční hráze, která je souběžná s napájecí vodotečí (Pavlica, 1964). Součástí boční nádrže je rozdělovací objekt na vodním toku a náhon, kterým je voda přiváděna do nádrže. Tímto způsobem napájení jsou vyřešeny problémy spojené s průchodem povodní (riziko havárie, zanášení nádrže). Negativem jsou však vyšší investiční náklady dané délkou hráze (Vrána a Beran, 2008).

Nebeské (dešťové) nádrže jsou budovány v kotlinách bez stálého vodního toku. Nebeské nádrže jsou napájeny především na jaře v době tání sněhu a během zbytku roku se snižuje výška hladiny vlivem výparu a vlivem průsaků (Pavlica, 1964).

Pramenné nádrže jsou napájeny pramenem ve svém dně nebo těsně nad vzdutím a z toho důvodu se jedná o nádrže s chladnou vodou bez organických látek (Pavlica, 1964).

1.2.2.2 Hráz

Těleso hráze je nejdražším a stavebně nejsložitějším prvkem malé vodní nádrže (Vrána a Beran, 2008). Velmi důležitý je výběr vhodného profilu pro stavbu hráze (Pavlica, 1964). Hráze MVN lze podle funkce a terénního uspořádání dělit na čelní, boční (resp. obvodové) a dělicí. Podle půdorysného tvaru rozlišujeme hráze přímé, vypouklé, vyduté, lomené a nepravidelné (Šálek a kol., 1989).

Hráze malých vodních nádrží se navrhuje vždy jako zemní. Podle dostupnosti vhodné zeminy může být navržena hráz homogenní nebo nehomogenní. Homogenní hráze jsou budovány z jednoho druhu zeminy, která musí být konstrukčně stálá a zároveň musí zajišťovat dostatečnou těsnost hráze (Vrána a Beran, 2008). Nehomogenní hráze jsou složeny ze dvou či více druhů zemin, které se do hráze ukládají odděleně a plní v konstrukci jiné funkce. Rozlišujeme tak těsnicí část hráze z nepropustných zemin a stabilizační část. (Vrána a Beran, 2008). Příčný profil hráze se navrhuje vždy lichoběžníkový (jednoduchý nebo složený) (Vrána a Beran, 2008). Sklon svahů je dán požadavkem na stabilitu konstrukce.

1.2.2.3 Výpustná zařízení

Výpustná zařízení slouží k celkovému vypuštění nádrže, případně k manipulaci s hladinou. Výpust je tvořena uzavíracím prvkem a objektem pro odvedení vody. Podle typu zařízení pro odvedení vody rozlišujeme výpusti otevřené a trubní (Šálek a kol, 1989; Vrána a Beran, 2008).

Otevřené (stavidlové) výpusti se skládají z otevřeného opevněného koryta - "žlabu", jehož dno odpovídá nejhlubšímu místu nádrže, a z hradícího prvku, kterým bývá většinou stavidlo. Tento typ výpustního zařízení se dnes již prakticky nenavrhuje. (Vrána a Beran, 2008)

Trubní výpusti jsou tvořené odpadní troubou a konstrukcí uzávěru. Jako materiál pro odpadní trouby je volen většinou plast, případně beton či ocel. U historických nádrží bylo používáno dřevěné potrubí (dub, jedle), které bylo při trvalém zatopení značně trvanlivé. Podle typu uzavíracího mechanismu rozdělujeme trubní výpusti na lopatové, čepové, stavidlové, šoupátkové a požeráky. Nejstarším typem uzávěrů jsou lopatové a čepové, které byly používány pro historické nádrže s dřevěným odpadním potrubím. Tyto uzávěry neumožňovaly manipulaci s hladinou a sloužily jen k vypuštění nádrže. Šoupátkové a stavidlové uzávěry umožňují citlivě regulovat odtok z nádrže, ale vyžadují výstavbu poměrně vysokých a rozměrných šachet. Nejčastějším uzávěrem je požerák (kbel či mnich), který je tvořený dřevěnou, betonovou či ocelovou skříňovou konstrukcí a dlužovou stěnou. Požeráky se navrhuje jako otevřené či uzavřené, s jednou nebo více dlužovými stěnami. Podle konstrukčního řešení umožňují manipulaci s hladinou i odpouštění spodní vody (Šálek a kol, 1989; Vrána a Beran, 2008).

1.2.2.4 Bezpečnostní přeliv

Účelem bezpečnostního přelivu je bezpečné převedení povodňových průtoků a tedy ochrana nádrže před účinky povodní. Bezpečnostní přeliv má zabránit přelití hráze a chrání tak těleso hráze před protržením v důsledku narušení přetékající vodou. Kapacita přelivu je definována délkou přelivné hrany a výškou přepadového paprsku, kterou je určen retenční objem. Kapacita přelivu je navrhována na návrhový průtok, kterým v současnosti bývá Q_{100} či Q_{50} . U bočních nádrží, které mají regulovaný přítok, může být kapacita přelivu snížena. U nebeských nádrží, které jsou bez stálého přítoku, může přeliv zcela chybět. Podle konstrukčního řešení rozlišujeme přelivy přímé, boční, kašnové, šachtové, kombinované (sdružený objekt) a speciální (Šálek a kol, 1989; Vrána a Beran, 2008).

1.2.3 Historie rybníků a účelových nádrží

Období vzniku prvních rybníků na našem území nelze jednoznačně určit. Někteří autoři předpokládají, že počátek výstavby rybníků sahá do 8. a 9. století (Šálek a kol., 1989). Avšak první písemná zpráva o rybnících v Čechách je až z roku 1034 z dodatků Kosmovy kroniky. Již v roce 993 je však doložena existence osady „Rybníček“ u Prahy, jejíž název může na přítomnost rybníka odkazovat (Pavelková a kol., 2014).

Na původ rybníků a rozšíření výstavby umělých nádrží na našem území nepanuje jednotný názor a existuje několik teorií. Nejrozšířenější hypotéza spojuje první rybníky u nás s klášterní kolonizací. Rybníkářství by tak bylo k nám importováno mnišskými řády, které podporovaly výstavbu rybníků a chov ryb především z důvodu potřeby postního jídla, kterým ryby byly. Rybníky byly následně mnišskými řády používány i k pohonu mlýnu a hamrů. Další teorie předpokládá, že za výstavbou prvních rybníků stojí mnišské řády, ale jejich účelem nebyl primárně

rybolov, ale odvodnění a zúrodnění podmáčené krajiny. Poslední hypotéza chápe první rybníky na našem území jako stavby, jejichž vznik byl podnícen přírodními podmínkami a vznikly bez přispění cizích vlivů. Inspirací pro první stavitele byla sama příroda s rozsáhlými lesy plných bažin a močálů. Při žďáření lesů se přirozené terénní deprese zaplňovaly vodou a vznikaly tak základy pozdějších rybníků. (Šálek a kol, 1989; Pavelková a kol., 2014).

Nejstarší rybníky byly velmi jednoduché stavby budované pouze na malých vodních tocích. Jejich výstavba se ale rozšiřovala a kromě klášterů se staly stavebníky i šlechtici. Výrazný rozvoj rybníkářství nastal začátkem 14. století a byl podmíněn zvýšením ekonomického užítku rybníků. S výstavbou nových nádrží došlo i k jejich technickému zdokonalení (Šálek a kol, 1989; Vrána a Beran, 2008; Pavelková a kol., 2014). V polovině 14. století byla již technika výstavby rybníků na takové výši, že mohly vznikat velké nádrže s vysokými hrázemi v širokých údolích (Míka, 1963; Vrána a Beran, 2008). Na začátku 15. století skončila první velká éra budování rybníků. Během husitských válek ustala výstavba nových rybníků a navíc došlo k devastaci stávajících (Vrána a Beran, 2008; Pavelková a kol., 2014).

Zlatý věk českého rybníkářství nastává v druhé polovině 15. století a trvá až do konce 16. století. Na počátku tohoto období stáli Pernštejnové. Mezi nejvýznamnější rybníkářské podnikatele patřil Vilém z Pernštejna (Šálek a kol., 1989). Od 70. let 15. století vyvíjeli velké úsilí Rožmberkové na svém Třeboňském panství. Ucelená rybníční soustava na Třeboňsku však vznikla až začátkem 16. století díky Štěpánku Netolickému, na jehož práci navázal Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan (Vrána a Beran, 2008). Na Moravě byli nejvýznamnějšími rybníkáři té doby dva olomoučtí biskupové. Stanislav Thurso a jeho nástupce Jan Skála z Doubravky a Hradiště (1486-1553), který je autorem první knihy o rybnících, rybníkářství a chovu ryb (Šálek a kol., 1989).

Neexistují přesná data o počtu a ploše rybníků na konci zlaté éry rybníkářství. Udává se však, že v roce 1585 činila celková výměra rybníků v Čechách a na Moravě 1 800 km² (Šálek a kol., 1989) a jejich počet se odhaduje na 75 000 (Vrána a Beran, 2008). Tyto počty nebyly již nikdy překonány, protože 17. století znamenalo pro české rybníkářství výrazný útlum.

Počátkem tohoto trendu byla třicetiletá válka, během které byly rybníky vypuštěny či prokopány. Technický stav nádrží se zhoršoval a celé rybníční soustavy zpustly. Situace se výrazně nezlepšila ani po skončení bojů (Pavelková a kol., 2014). Hlavní problém byl totiž pokles ekonomické výnosnosti rybníků, ke kterému došlo již v 2. polovině 16. století. Trh s rybami byl přesycen a cena kapra na rozdíl od ostatních potravin stagnovala (Míka, 1963).

Za této situace došlo v 2. polovině 18. století a v 1. polovině 19. století k výrazným společenským, technicko-hospodářským a ekonomickým změnám, jejichž důsledkem bylo hromadné rušení rybníků. Osvíceneckými reformami bylo zrušeno nevolnictví, což vyvolalo hlad po půdě. Rybníky se tak vysoušely a nově získaná půda se převáděla na pole či louky a pastviny. V zemědělství byly zaváděny nové hospodářské postupy. Prosazoval se střídavý způsob hospodaření a pěstování pícnin. Stagnující rybníkářství se jevilo jako překážka pro moderní zemědělské postupy. Často zmiňovaným důvodem rušení rybníků je pěstování cukrové řepy, pro kterou byla potřeba nová půda. Některé rybníky zanikly i v souvislosti s průmyslovým rozvojem v 19. století, při výstavbě železnic, při budování dolů. Mlýnské a hamerské rybníky ztrácely význam zaváděním parních strojů. Důležitou roli při téměř až

živelném rušení rybníků hrálo i jejich vnímání společností, kdy byly chápány jako symbol středověké zaostalosti (Pavelková a kol., 2014).

Situace se začala zlepšovat až v 2. polovině 19. století, kdy se prosadily moderní metody v rybníkářství. Kromě zvyšování výnosů na stávajících rybnících docházelo k obnově některých zrušených rybníků (Pavelková a kol., 2014). Obnova rybníků pomocí moderní techniky byla zahájena především po roce 1890. Impulzem k tomu byla katastrofální povodeň, která poškodila řadu rybníků v jižních Čechách. Práce na rybnících pokračovaly až do začátku 1. světové války. Ve 20. letech došlo k dalšímu rozvoji, který však ukončila velká hospodářská krize a následně německá okupace. (Šálek a kol, 1989) Situaci během okupace lze definovat snahou o navýšení produkce bez zvýšení investic (Říha, 1943). Po konci 2. světové války vznikl vzhledem k odsunu původního obyvatelstva z pohraničí dočasný nadbytek půdy, což umožnilo obnovu některých nádrží. V dalších letech vznikaly i nové nádrže. Jednalo se však většinou o účelové nádrže s malou výměrou (Šálek a kol, 1989). Celkově lze období do roku 1989 charakterizovat nezájmem o údržbu a nízkou mírou finančních prostředků vložených do této oblasti. Nedostatečná údržba a minimální investice se výraznou měrou podepsaly na technickém stavu velké části malých vodních nádrží u nás (Vrána a Beran, 2008).

Zcela přesný počet malých vodních nádrží na našem území v 2. polovině 20. století není znám. Dle dostupných dat lze ale říci, že jejich počet v tomto období stagnoval, případně se snížil. Poslední oficiální data byla uveřejněna ve Směrných vodohospodářských plánech ČSSR, ve kterých se uvádí, že na našem území se v roce 1970 nacházelo 23 400 malých vodních nádrží o celkovém objemu 486 mil m³ a s katastrální výměrou 518 km². Tyto hodnoty lze srovnat s rokem 1995, kdy existovalo na našem území 20 až 22 tisíc nádrží o rozloze cca 500 km² s celkovým objemem zadržené vody cca 420 mil m³ (Hydroprojekt, 1996).

Od 90. let 20. století zájem o MVN roste a zvýšila se i částka investovaná do jejich obnovy či výstavby. Zdrojem peněz se staly především podpůrné finanční programy. Značný rozmach nastal v roce 1992, kdy byl zaveden program Revitalizace říčních systémů (Pavelková a kol., 2014). V současnosti tento program již neexistuje, byl však nahrazen jinými dotačními tituly.

1.2.4 Současné problémy MVN

Současné problémy malých vodních nádrží pramení převážně z nedostatečné údržby v letech před rokem 1989. I přes zvýšený zájem a objem finančních prostředků investovaných do obnovy rybníků a účelových nádrží v posledních 25 letech je značná část nádrží v nevyhovujícím stavu. (Vrána a Beran, 2008; Žatecký, 2015). Celou problematiku lze rozdělit do několika skupin, které se však vzájemně prolínají (Vrána a Beran, 2008). Mezi hlavní současné problémy patří:

- vodohospodářské problémy
- technické problémy
- ekologické problémy
- ekonomické problémy

1.2.4.1 Vodohospodářské problémy

Hlavním současným vodohospodářským problémem malých vodních nádrží je jejich zanášení sedimentem, což souvisí s erozními procesy v povodí. V důsledku intenzifikace zemědělské výroby v 2. polovině 20. století došlo ke zvýšení rozsahu vodní eroze na zemědělských pozemcích. Při přívalových srážkách tak dochází k transportu velkého množství půdních částic do vodních toků a do vodních nádrží,

kde v důsledku poklesu unášecí rychlosti dochází k jejich usazování. Zanášení nádrží materiálem z polí má mnoho negativních dopadů na vodohospodářské i ekologické funkce nádrží. Zmenšuje se využitelný zásobní prostor nádrží, snižuje se provozuschopnost funkčních objektů, zvyšuje se riziko zarůstání nádrží a zvyšování ztrát vody výparem a urychluje se proces eutrofizace (Vrána a Beran, 2008).

1.2.4.2 Technické problémy

Technické problémy nádrží pramení z nedostatečné péče v minulých letech. V roce 1995 byl na téměř 500 MVN proveden průzkum zaměřený na technický stav malých vodních nádrží. Jako závady byly hodnoceny špatný stav výpusti, neudržovaná vegetace, zamokření podhrází, nevyrovnaná koruna hráze, špatný stav přelivu, deformace hráze, poškození opevnění hráze. Četnost výskytu těchto závad byl v rozsahu 12 - 39 % (Hydroprojekt, 1996). Špatný technický stav nádrží je však problémem i v současnosti.

1.2.4.3 Ekologické problémy

Problematická je z hlediska ekologie především kvalita vody a jakost sedimentu v nádrží. Kvalita vody je dána činnostmi v povodí, ale i způsobem a intenzitou hospodaření na vlastní nádrží. Zdroje znečištění v povodí můžou být bodové nebo plošné.

Bodové zdroje, jako jednotlivá sídla, zemědělské či průmyslové provozy, byly díky investicím do čistíren odpadních vod výrazně eliminovány. Problémem však zůstávají plošné zdroje znečištění, kterým je především intenzivní zemědělská výroba. Díky nevhodnému uspořádání pozemků, praktikování necitlivého způsobu obhospodařování a pěstování širokořádkých plodin dochází na zemědělských pozemcích ke zrychlené vodní erozi. Výsledkem je transport nerozpuštěných látek erozními smyvy do vodních toků, což vede k následnému zanášení nádrží sedimenty. Se sedimentem se do nádrží dostávají i chemické látky, které snižují kvalitu vody v nádržích. Jednat se může o látky toxické, ale ve větší míře jde o sloučeniny fosforu a dusíku, které zvyšují úživnost nádrží a způsobují eutrofizaci (Vrána a Beran, 2008). Zvýšení množství živin dostupných pro rostliny vede k narušení přirozené rovnováhy v ekosystému a jeho důsledkem může být masový rozvoj fytoplanktonu (řasy, sinice) či některých makrofyt. Tyto změny následně ovlivňují kyslíkový režim vody, její pH a další fyzikálněchemické vlastnosti, což má negativní vliv na vodní organismy (Adámek a kol., 2008).

Problematické z hlediska životního prostředí však může být i způsob hospodaření na nádrží. V minulosti hospodaření na rybnících respektovalo přirozený produkční potenciál. Četnost výlovů byla přizpůsobena úživnosti rybníků. Hospodaření tak probíhalo v určité harmonii s přírodou. Po 2. světové válce však došlo k dramatické proměně a intenzifikaci chovu ryb bylo docíleno zvýšení produkce z cca 30 – 35 kg.ha⁻¹ na dnešní cca 450 kg.ha⁻¹ (Duras a kol., 2015). Vysoká rybí obsádka, intenzivní přihnojování a příkrmování či vysoká hladina normálního nadržení mají negativní vliv na vodní ekosystém. Zvýšený predáční tlak na zooplankton vede k rozvoji fytoplanktonu a vzniku vegetačního zákalu. Snižování průhlednosti vody a zároveň zmenšení rozsahu litorální zóny s ponořenou vodní vegetací má výrazně negativní vliv na ostatní vodní organismy např. vodní ptáky a bezobratlé (Kolář a kol., 2015).

1.2.4.4 Ekonomické problémy

V minulosti byla většina našich MVN budována za účelem rybníkářského podnikání a pro generování zisku. Hospodaření na rybnících bylo výdělečné a vysoké zisky

umožňovaly financovat údržbu i další rozvoj rybníčních soustav (Pavelková a kol., 2014). V současnosti je však situace jiná a samofinancování v případě většiny nádrží není možné. Zisky z hospodaření na MVN nedokážou pokrýt náklady na údržbu a rekonstrukce. Snaha maximalizovat zisk by vedla k potlačení ostatních funkcí nádrží a je tak nežádoucí. Pokud mají být zachovány i mimoekonomické funkce nádrží, je při financování nutná spoluúčasť státu (Vrána a Beran, 2008). Toto financování je v současnosti zajištěno celou řadou dotačních programů ministerstva zemědělství a ministerstva životního prostředí, prostřednictvím kterých jsou přidělovány finanční prostředky z národních i evropských zdrojů.

1.2.5 Problém zanášení MVN sedimentem

1.2.5.1 Charakteristika procesu zanášení nádrží

Rybníky a účelové nádrže jsou považovány za přirozenou součást naší přírody a krajiny (Duras a kol., 2015). Svědčí o tom např. Třeboňsko, jehož současná podoba byla po staletí formována výstavbou rybníků a které je vyhlášené biosférickou rezervací UNESCO. Ačkoli jsou rybníky umělé a relativně mladé nádrže, blíží se svým charakterem přirozeným biotopům, mělkým říčním jezerům (aluviální tůně, slepá ramena), která se na našem území vyvíjejí od poslední doby ledové (Pokorný a kol., 2015). Jak již bylo napsáno v úvodu, jsou říční jezera útvary dočasné a tak i MVN jsou nestabilní již z principu a mají přirozenou tendenci zanikat přechodem do mokřadu (Duras a kol., 2015). Tento přirozený proces je však v současnosti v důsledku lidské činnosti výrazně urychlen.

U všech jezer i umělých nádrží dochází k postupnému vývoji a tyto útvary pomalu přecházejí z oligotrofního typu (málo úživné útvary) do eutrofního typu (na živiny bohaté ekosystémy). Tento proces se nazývá stárnutí jezera (Sládečková a Sládeček, 1997). Postupně se zvyšuje úživnost prostředí, dochází tedy k eutrofizaci resp. trofizaci (Adámek a kol., 2008). V případě urychlení tohoto procesu antropogenní činností mluvíme o indukované eutrofizaci. Součástí procesu stárnutí nádrže či jezera je rovněž změna morfologie a postupné zmenšování objemu i plochy hladiny v důsledku zanášení. Mělká litorální zóna zarůstá tvrdou vodní vegetací, která nádrž postupně vyplňuje a dochází k zazemňování (Sládečková a Sládeček, 1997).

Přirozenými procesy v jezerech a nádržích vzniká vrstva dnových sedimentů - bahna, které je tvořené anorganickými i organickými látkami. Přiměřená vrstva bahna na dně nádrží je důležitým zdrojem živin pro celý ekosystém (Vrána a Beran, 2008). Pro nádrže určené k chovu ryb je přiměřeně mocná vrstva bahna nutným předpokladem pro dosažení vysokých výnosů (Říha, 1943). Nesmí se však jednat o bahno pouze anorganické a zároveň by vrstva neměla být větší než 40 cm (Pavlica, 1964). Při vyšší vrstvě bahna se zhoršují podmínky pro aerobní rozkladné procesy a začínají převládat procesy anaerobní, při kterých dochází k produkci škodlivých plynů (sirovodík, metan) (Vrána a Beran, 2008).

Organické látky jsou tvořené zbytky rostlin a živočichů, které se nacházejí v nádrži (autochtonní zdroj), nebo se do nádrže dostaly ze břehů či z povodí přítokem (Adámek a kol., 2008). V případě zvýšeného přísunu živin z povodí se proces autochtonního zanášení urychluje s intenzivnějším růstem makrofyt, řas a sinic (Vrána a Beran, 2008).

Původem anorganického materiálu je jednak samotná nádrž, resp. její břehy, a dále pak povodí, kde dochází k erozním a transportním procesům (Šálek a kol., 1989). Rozrušování břehů dynamickým účinkem vln a transport materiálu do hlubších částí nádrží se nazývá abraze. Tento proces je intenzivnější u rozsáhlejších nádrží s

vyššími vlnami a se strmými břehy z málo odolného materiálu (Vrána a Beran, 2008). Závažnější je však v současnosti proces zanášení nádrže materiálem přineseným přítokem, tedy proces zanášení splaveninami a plaveninami, který je v současnosti zesílen zrychlenou vodní erozí v povodí. Zdrojem materiálu je především zemědělská půda, ale i narušené lesní a jiné pozemky (Vrána a Beran, 2008).

Usazování splavenin a plavenin v prostoru nádrže je dáno snížením unášecí rychlosti. Jak již bylo uvedeno výše, procesem zanášení jsou více ohroženy nádrže průtočné, které vznikly přehrazením celého údolí vodního toku a u kterých prostorem nádrže protéká celý objem odtoku z povodí a tedy i celý objem plavenin a splavenin (Šálek a kol. 1989). Zanášení je méně intenzivní u nádrží obtokových a bočních. V případě průtočných nádrží lze těleso hráze chápat jako antropogenní vliv v geologickém procesu. Nádrž se stane novou erozní bází v podélném profilu vodního toku a přirozenou reakcí je akumulace materiálu nad profilem hráze (Šálek a kol. 1989) a zároveň zvýšení erozní činnosti "hladové vody" pod profilem hráze (Zuna, 2008). Materiál nesený vodním tokem se v prostoru nádrže usazuje dvojitým způsobem. Splaveniny, relativně hrubý materiál unášený po dně nebo alespoň v kontaktu s ním, jsou akumulovány v konci vzdutí v místě zaústění vodního toku do nádrže a vytvářejí zde šterkopískový kužel. Oproti tomu plaveniny, jemné částice ve vznosu s velkým rozptylem velikostí částic, které mají i značně rozdílnou délku dráhy nutnou pro jejich usazení, se usazují rovnoměrně po celé ploše nádrže (Šálek a kol. 1989).

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, zanášení zásobního prostoru materiálem transportovaným z povodí je hlavním vodohospodářským problémem na našich MVN. Pro představu rozsahu problému uvádím data z Generelu rybníků a nádrží České republiky o objemu sedimentu v MVN v ČR (Hydroprojekt, 1996). Podle tohoto zdroje byl v roce 1962 celkový objem sedimentu v nádržích cca 183 000 tis m³. V roce 1992 byl celkový objem sedimentů v MVN cca 196 000 tis m³. Za 30 let tak došlo k zvýšení objemu sedimentu v nádržích o cca 13 000 tis m³. Podle mocnosti sedimentů v nádržích byla určena i naléhavost potřeby jejich odtěžení. Nádrže byly rozděleny do 3 kategorií, které byly vymezené mocností sedimentu 0-20 cm, 20-40 cm a nad 40 cm.

1.2.5.2 Metody výpočtu zanášení nádrží

Intenzitu zanášení nádrží ovlivňuje mnoho faktorů. Nejčastěji zohledňované faktory a ukazatele jsou podíl objemu nádrže k ploše povodí, doba zdržení, povaha sedimentu (jemný/hrubý), tvar zátopy nádrže, způsob manipulace na nádrži, využití území povodí a intenzita vodní eroze v povodí (Batuca a Jordaan, 2000; Halcrow, 2001). Prognózu zanášení průtočných nádrží lze stanovit při dostupnosti dat o průtocích (dlouhodobý průměrný roční průtok), o nádrži (objem při nejčastěji se vyskytující hladině) a o plaveninách a splaveninách na přítoku (Šálek a kol. 1989).

Při znalosti celkového množství transportovaných plavenin a splavenin za časové období (získané měřením či výpočtem) se problematika prognózy zanášení nádrže redukuje na určení záchytného účinku nádrže, tedy poměru zachycení (trap efficiency - TE). TE je definované jako poměr zachycených sedimentů k celkovému objemu transportovaného materiálu vyjádřený v procentech. Většina metod výpočtu TE je založena na empirickém přístupu a snaží se vyjádřit vztah mezi poměrem zachycení a průtokovými charakteristikami, charakteristikou povodí, morfologií nádrže atd. (Krása a kol., 2013).

Nejstarší z dodnes citovaných metod je Brownova metoda z roku 1944 (Krása a kol., 2013). Brown se své práci (Brown, 1944) zabýval problematikou zanášení nádrží a možností její regulace. Na základě studia zanášení nádrží v USA i ve světě zjistil, že

nejdůležitějším faktorem ovlivňující roční ztrátu zásobního objemu nádrží je poměr mezi původní kapacitou nádrže a ročním přítokem vody z povodí (C/I). Pro většinu malých povodí však data o průtocích nebyla v té době v USA k dispozici. Proto v původním vztahu nahradil roční přítok plochou povodí. Předpokládal, že pro region s jednotným klimatem, topografií a půdními podmínkami se specifický odtok mezi jednotlivými povodími nebude příliš lišit. Vynesením dostupných dat pro řešené nádrže stanovil, že nádrže s nízkou hodnotou poměru zásobní objem/plocha povodí mají větší rychlost zanášení. Tato závislost je vyjádřena vztahem:

$$C_T = 100(1 - 1/(1 + 0,1 \cdot C/W))$$

kde C_T je záchytná účinnost nádrže (%) a C/W je poměr mezi zásobním objemem nádrže a plochou povodí. Vynesení bodů podle tohoto vztahu do grafu však bylo problematické. Některé problémy byly vyřešeny použitím semi-logaritmického měřítka. Hlavní problém, velký rozptyl bodů grafu reprezentující skutečné nádrže okolo teoretické křivky dané výše uvedeným vztahem, byl však dán rozdílnými hodnotami mezi poměrem C/W a poměrem C/I , tedy teoretickou dobou zdržení (Brune, 1953).

Teoretickou dobu zdržení vzal v úvahu M. A. Churchill v roce 1948. Kromě doby zdržení použil i průměrnou rychlost průtoku v nádrži a vytvořil tak "sedimentační index", který představuje dobu zdržení dělenou průměrnou rychlostí. Jeho křivka vyjadřující vztah mezi sedimentačním indexem a poměrem zachycení má uspokojivou přesnost. Nevýhodou této metody je obtížná dostupnost dat o průměrné průtočné rychlosti nádrží (Brune, 1953).

Za nejvýhodnější metodu je považována metoda Brunových křiven publikovaná v roce 1953 (Brune, 1953). Brunovy křivky vyjadřují závislost poměru zachycení (TE) na době zdržení, tedy poměru objemu nádrže ku celkovému objemu přítoku za jednotku času. Křivky jsou zobrazeny na obrázku 1. Na grafu je zobrazena křivka průměrných hodnot a dvě obalové křivky pro hrubé a jemné sediment. Metodu je možné kalibrovat dlouhodobým měřením transportu materiálu na vtoku a výtoku nádrže. Metoda má však určitá omezení, neboť platí pouze pro běžné nádrže a tedy ne pro nádrže částečně vypuštěné, nádrže s vysokým přísunem sedimentu atd. (Krása a kol., 2013).

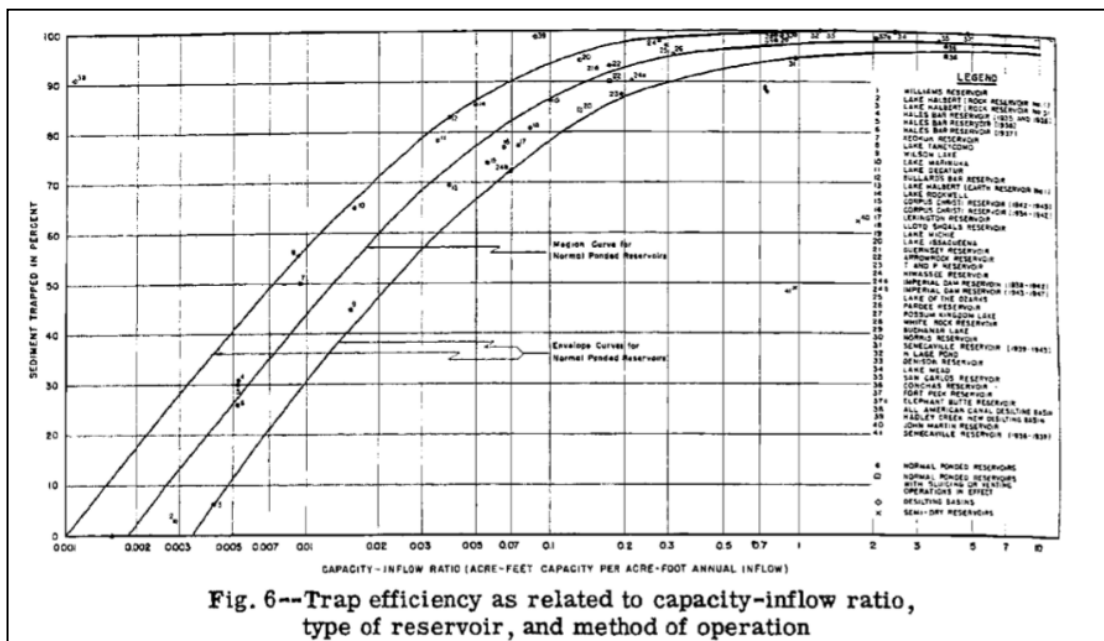


Fig. 6--Trap efficiency as related to capacity-inflow ratio, type of reservoir, and method of operation

Obrázek 1: Poměr zachycení vztahovaný k době zdržení, typu nádrže a způsobu manipulace

Pro praktické použití např. v prostředí GIS je vhodné použít analytické vyjádření střední Bruneho křivky, kterou po rozšířené kalibraci sestavil v roce 1978 F. E. Dendy (Krása a kol., 2013). Analytická podoba Bruneho křivek má tvar:

$$TE = 100 \cdot 0,97^{0,19 \log(C/I)}$$

kde TE je poměr zachycení (%), C je zásobní objem nádrže (m^3) a I je roční průměrný průtok nádrží ($m^3 \cdot rok^{-1}$).

Další způsob výpočtu uvádí např. Šálek (Šálek). Konkrétně se jedná metodu podle Karauševa, který pro malé rybníky a nádrže v SSSR pro výpočet podílu částic zachycených nádrží uvádí vztah, do kterého kromě teoretické doby zdržení (V_v/V_T) vstupuje sedimentační rychlost částic w ($m \cdot s^{-1}$), délka období s velkým přítokem t_s (s) a střední hloubka nádrže H_s (m). Metoda tedy zohledňuje další faktory ovlivňující rychlost zanášení nádrže a to charakter a velikost plavenin a rovněž skutečnost, že do nádrže se většina materiálu dostává pouze po určitou část roku během zvýšených průtoků. Zároveň však právě tyto veličiny nutné k výpočtu výrazně omezují praktické využití této metody, neboť nejsou bez dlouhodobého monitoringu vodního toku pro většinu MVN k dispozici.

Jiný, semi-empirický způsob výpočtu uvádí Kemel (Kemel, 1991). V této práci je uveden vzorec pro výpočet doby, za kterou se nádrž zanese plaveninami. Do vztahu vstupuje mrtvý objem nádrže w_m (m^3), průměrný objem plavenin za rok W_p (m^3) a koeficient vyjadřující poměr nezachycených plavenin ku celkovému množství plavenin (hodnota 0,3-0,4). Předpokladem je rovnoměrného uložení plavenin v různých obdobích, což ve skutečnosti neplatí, neboť rychlost zanášení se s časem a se zmenšováním objemu nádrže snižuje. Proto Kemel uvádí vztah podle Šamova, ve kterém je objem nádrže nezanesený za dobu od počátku procesu zanášení w_t dán maximálním objemem sedimentů v nádrži w_0 , dobou t a parametrem α . Hodnota parametru α se pohybuje v rozmezí 0-1 a je dána poměrem objemem usazených plavenin za jeden rok R_0 ku maximálnímu objemu nánosů v nádrži W_0 .

1.2.5.3 Údržba a odbahňování nádrží v minulosti

Péče o malé vodní nádrže byla do poloviny 20. století ovlivněna celkovou situací v zemědělské výrobě a obecně v krajině, kdy základním limitním faktorem byl nedostatek živin. Tento stav trval až do 20. století, kdy se rozšířila produkce a používání průmyslových hnojiv. Tím došlo ke globální změně z hlediska celkového množství živin v ekosystému. O současnosti tak lze mluvit jako o době antropocénu, kdy se člověk stává výrazným geologickým činitelem. Lidstvo svojí činností mění koloběh látek v přírodě, ovlivňuje hydrosféru, atmosféru i stav zemského povrchu.

V průběhu 2. poloviny 20. století došlo ke změně ve způsobu hospodaření v české krajině, k intenzifikaci zemědělství, které se nevyhnulo ani rybníkářství. Zvýšení zemědělské produkce bylo dosaženo zvýšením množství živin, které jsou do krajiny dodávány v podobě průmyslových, minerálních hnojiv. Zvýšená produkce na zemědělských pozemcích umožnila zvýšit přísun živin i do rybníčního ekosystému, které je prováděné formou hnojení a přímého příkrmování. Od poloviny 20. století tak vzrostla produkce např. na treboňských rybnících z cca 30 – 35 $kg \cdot ha^{-1}$ na cca současných 450 $kg \cdot ha^{-1}$ (Duras a kol., 2015).

Do 2. světové války však byla situace značně odlišná. Množství živin bylo omezené a z toho vyplýval i charakter péče o rybníky. Příkrmování bylo prováděno minimálně a ke zvyšování výnosů bylo ve větší míře využíváno meliorací dna. Mezi meliorační

opatření patřilo především zimování a letnění, stokování dna, likvidace porostů vodních rostlin, odbahňování a v omezené míře hnojení (Říha, 1943).

Účelem zimování a letnění bylo odvodnění sedimentu, jeho provzdušnění a prokypření. Pro urychlení odvodnění bývalo prováděno stokování, čili vyhloubení sítě odvodňovacích stok ve dně. Vyschnutím, resp. promrznutím bahna došlo k jeho popraskání a provzdušnění, což vedlo k urychlení rozkladných procesů a zvýšenému uvolňování živin do vody po napuštění nádrže. Při letnění byl proces podpořen kořeny rostlin, které se na dně vypuštěné nádrže samy vysemenily, nebo byly cíleně vysety (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970). Dalším prováděným melioračním opatřením byla redukce porostů vodních rostlin. To bylo prováděno jak na vodě, tak i při vypuštění nádrže. Likvidace porostů byla prováděna převážně mechanicky. Při plné hladině byly rostliny vytrhávány zatíženými lany či řetězy (měkké rostliny - hydrofyty), nebo vysekávány kosami (porosty tvrdých rostlin - hygropyty). Na menších nádržích byly používány kosy ruční, u větších nádrží tzv. kosy Rössingovy. Na vysušeném a dobře odvodněném dně bylo možné k likvidaci porostů použít mechanizaci a opatření tak byla levnější. Při vypuštění nádrže bylo prováděno i vyrýpávání ostřicových kopečů a vyvážení okrajových porostů. Získaná rostlinná biomasa byla kompostována s vápnem a zpětně používána na hnojení rybníčních písčitých okrajů. Další organická hnojiva používaná na rybnících byl hnůj či močůvka. Z anorganických hnojiv bylo aplikováno především vápno, které způsobovalo neutrální až zásaditou reakci vody pozitivní z hlediska rozkladu organické hmoty a uvolňování živin (Říha, 1943).

Součástí melioračních úprav bylo i odstraňování přebytečného bahna, které při větší mocnosti snižovalo výrobnost a komplikovalo práce při odlovu rybníka. Pro úrodnost rybníka má zásadní význam vrstva aktivního bahna do hloubky 30 - 40 cm, která je zásobou živin. Hlubší vrstvy bahna nejsou dostatečně provzdušněny a trpí nedostatkem kyslíku. Takové bahno se zakyseluje a převládají v něm nežádoucí anaerobní procesy, jejichž produktem jsou nežádoucí plyny. Důsledkem je omezení množství přirozené potravy ryb a snížení produkce nádrže. V hlubších vrstvách bahna rovněž přežívají rybí parazité, takže v silně zabahněných nádržích dochází ke zhoršení zdravotního stavu rybí obsádky. Intenzivněji se zanášely nejhlubší části nádrže při lovišti, kam se splachoval a splavoval materiál z okrajů rybníka. Na rychlejší zanášení nádrže se podílelo rozbujelé vodní rostliny (hygropyty), z jejichž odumřelých částí se tvořily nové vrstvy bahna organického původu. U průtočných nádrží byly zdrojem minerálního bahna splachy ze zemědělských pozemků v povodí při přívalových srážkách (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

Těžba přebytečného bahna byla i v minulosti záležitostí finančně náročná, a proto byl kladen důraz na předcházení zanášení. Vzniku organického bahna se předcházelo vysekáváním tvrdých porostů. K redukci organického bahna napomáhalo i pravidelné letnění a zimování, které urychlovalo proces rozkladu. Proti zanášení minerálními nánosy z povodí byly budovány kalové jámy a pískové lapače na přítokové stoce, případně zřízením obtokové stoky. Jako prevence vnitřního zanášení bylo prováděno stokování. Během letnění byly na rybníční dno vysévány rostliny, které zpevňovaly svými kořeny povrch bahna (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

Vyvážení bahna bylo prováděno do poloviny 20. století převážně ručně a probíhalo při zimování či letnění, kdy došlo k dostatečnému vyschnutí, resp. zmrznutí sedimentu. Bahno se vyváželo buď jen z nejhlubší části nádrže, nebo z celé plochy dle míry zanesení. Důležité bylo, aby se bahno odstraňovalo rovnoměrně v plochých vrstvách tak, aby nevznikaly jámy či aby se dokonce dno nezahlubilo pod úroveň

výpustní trouby. Bahno nemělo být vybíráno až na neúrodnou spodinu, ale měla být zachována vrstva bahna o tloušťce 30 - 40 cm. Vyvezené bahno se buď přímo rozházelo po písčítých okrajích nádrže, nebo se kompostovalo s vápnem a zpět do nádrže se materiál ukládat až po dozrání kompostu. Vyvážení bahna bylo činností pracnou a poměrně finančně náročnou. Vytěžené bahno však obsahovalo velké množství organických látek a po zkompostování s vápnem bylo ceněným hnojivem polí a především luk (Říha, 1943). Odbahňování často neprováděli vlastníci nádrže, ale zájemci o bahno, kteří tak získali kvalitní hnojivo zdarma, resp. za cenu vynaložené práce.

Zanášením nejvíce trpělo loviště, kde akumulované bahno komplikovalo výlov a způsobovalo škody na materiálu a následně i ztráty na rybách v důsledku zašlemování žaber jemným kalem. U nádrží, které nemohly být delší dobu vypuštěné a nemohlo proto být realizováno odbahnění celé nádrže výše popsaným způsobem, bylo prováděno alespoň částečné odbahnění loviště tzv. karbováním, které probíhalo bezprostředně po slovení rybníka. Tato metoda spočívala v sunutí zředěného bahna z prostoru loviště směrem k odpadní troubě, kde bylo bahno splaveno přitékající vodou. Tuto metodu bylo možné použít pouze v případě, že zvýšeným odnosem jemného kalu nebyla ohrožena rybí obsádka v navazující nádrži a nabyly ohroženy zájmy majitelů vodních práv níže po toku (Říha, 1943). Bahno, které se usazovalo v odpadní stoce, muselo být následně vytěženo. Někdy bylo odtékající bahno přiváděno na písčité břehy níže položeného rybníka nebo na louky pod hrází (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970). Z dnešního pohledu jde o řešení nevhodné, neboť dochází pouze k přesunutí problému dále po proudu (Vrána, Beran, 2008).

Od poloviny 20. století se objevovaly nové způsoby odbahňování založené na použití mechanizace, které již odpovídají dnešním metodám. Technologie provádění byla volena s ohledem na objem prací, únosnost dna a dopravní vzdálenosti (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

K přepravě vytěženého materiálu byla pro kratší vzdálenosti používána polní drážka s překlopnými vozíky nebo za sebe řazené pásové dopravníky. Pro delší trasy byly využívány nákladní automobily či traktory s přívěsem, na které bylo bahno nakládáno hydraulickými nakladači. Při větším objemu těženého sedimentu a dostatečně únosném dnu se uplatnily těžké zemní stroje jako buldozery, které hruly bahno před sebou na vzdálenost do 60 m. Při větší přepravní vzdálenosti mohly být nasazeny skrejpry odstraňující rovnoměrnou vrstvu bahna. Pro odtěžení zvodnělého a neúnosného bahna byla používána tzv. vlečná lopata, která byla posouvána vlečným lanem. Vytěžený materiál byl odvážen na cílové pozemky na větší vzdálenost nebo byl ukládán přímo na břehu nádrže ke kompostování. Pro odbahnění rybníků na vodě byly využívány malé plovoucí bagry usazené na speciálním pontonu. Nasátý materiál byl následně dopraven na břeh pomocí potrubí uloženého na plovácích (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

U některých nádrží byl problém zanášení splachy z okolních pozemků spojený se zarůstáním rybníčních okrajů vegetací. Mělké příbřežní zóny s mírným sklonem dna byly vnímány negativně, neboť takové části nádrže rychleji zarůstají a docházelo tak ke ztrátě produkční plochy. Zároveň v hustém porostu s velkým množstvím nahromaděné organické hmoty probíhají rozkladné procesy negativně ovlivňující kvalitu vody. Z toho důvodu bylo prováděno vyhrnování těchto zarůstajících okrajů nádrží pomocí mechanizace (buldozerů) na břeh. Cílem bylo dosáhnout hloubky 40 - 50 cm až po hranici zátopy. Tato činnost byla prováděna v době vypuštění nádrže. Při dopravní vzdálenosti do 60 m byl materiál vyhrnut až na břeh, kde vytvořil

přerušovanou hráz vedenou kolem zátopy. V lepším případě byly hrázky orientované kolmo k břehové hraně. Při dopravní vzdálenosti přesahující 60 m byl materiál ukládán přímo v prostoru nádrží do podoby protáhlých kompostů (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

Kromě těchto tradičních metod, které se v různých obměnách používají dodnes, se v 60. letech k odstraňování bahna zkoušelo využít výbušnin (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970). Tento způsob odstraňování dnových sedimentů z nádrží je v dnešní době z ekologického hlediska neakceptovatelný (Vrána a Beran, 2008).

1.2.5.4 Současné metody odbahnění

V případě, že mocnost sedimentu v nádrži výrazným způsobem omezuje základní funkce nádrže, je nutné přistoupit k odtěžení akumulovaného sedimentu z prostoru nádrže. Samotnému technickému řešení přechází řada přípravných prací. Především musí být stanoveno množství sedimentu v nádrži a jeho kvalita. Na základě zjištěného množství a kvality se určí způsob využití vytěženého sedimentu a způsob jeho těžby a přepravy (Vrána a Beran, 2008).

Zaměření mocnosti sedimentu může proběhnout po vypuštění nádrže tak i při naplněné nádrži. V obou případech je dno nádrže zaměřeno některou standardní geodetickou metodou. Celý prostor nádrže je zachycen v rovnoběžných profilech takovým množstvím bodů, aby výsledný tvar odpovídal skutečnosti. V případě, že je k dispozici původní projekt nádrže s kótami dna, stačí zaměřit pouze úroveň stávajícího dna a mocnost sedimentu se určí prostým odečtením. V opačném případě musí být kromě kóty dna zaměřena i mocnost sedimentu. V případě provádění zaměření dna vypuštěné nádrže je jediným omezením dostatečné odvodnění sedimentu a s ním spojená únosnost. Při zaměřování nádrže "na vodě" je nutné použít loďku nebo měření provést v zimě z ledu. Celkový objem sedimentu se stanoví výpočtem ze zaměřených profilů (Vrána a Beran, 2008).

Z odebraného vzorku sedimentu je nutné určit jeho kvalitu. Laboratorní zkouška určí základní fyzikálně-chemické vlastnosti. Přesný typ zkoušky závisí na předpokládaném využití bahna a legislativním požadavku. Na základě výsledků lze materiál uložit na pozemcích ZPF, na jiných pozemcích či je nutné ho uložit na skládku odpadu.

Po vyřešení problému uložení vytěženého sedimentu je možné zvolit i způsob těžby. V dnešní době se běžně používají tři základní způsoby těžení sedimentů z nádrží (Vrána a Beran, 2008):

- suchou cestou
- mokrou cestou
- kombinovaná cesta

Předpokladem pro provedení odbahnění nádrže suchou cestou je celkové vypuštění nádrže a dostatečné odvodnění a zpevnění bahna, aby byl možný pohyb mechanizace v zátopě. Pro urychlení procesu odvodnění a vyschnutí sedimentu je ihned po vypuštění nádrže vyhloubena síť odvodňovacích příkopů. Odvodňovací příkopy mají být vedeny nejnižšími místy dna nádrže a jejich dno má být pod úrovní navrženého dna nádrže (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970). Nejčastěji zvoleným postupem je vypuštění nádrže v podzimních měsících, kdy může být slovena, a její ponechání vypuštěné přes zimu, během které dojde k odvodnění sedimentu. K samotnému odbahnění pak dojde na jaře příštího roku (Vrána a Beran, 2008). Tento postup je akceptovatelný i z hlediska ochrany přírody.

Technologie odbahnění je zvolena s ohledem na objem a mocnost sedimentu, únosnosti dna a jeho nepropustnosti (Vrána a Beran, 2008). Podle mocnosti sedimentu je možné nasadit nakladač či bagr, který odebírá bahno přímo ze zátopy a nakládá na dopravní prostředek, nebo je nutné nasadit buldozer, který nejprve shrnuje vrstvu sedimentu z plochy zátopy. Za příznivých podmínek mohou buldozery sediment přiblížit až ke břehu, kde je možné ho naložit na dopravní prostředky přijíždějící po břehu. Možnost nahrnutí sedimentu až ke břehu je však podmíněna tím, zda existující litorální pásmo bude rovněž odtěženo, nebo zda bude z důvodu ochrany přírody zachováno. Omezujícím faktorem je také ekonomicky výhodná vzdálenost pro buldozery, která je cca 50 m, a podle toho je případně nutné zvolit místo nakládky a vedení vnitrostaveništních cest. Na únosnosti dna záleží, zda bude použito kolové nebo pásová techniky a jaký charakter budou mít vnitrostaveništní trasy přepravy, resp. vnitrostaveništní cesty. V krajním případě je nutné při nedostatečně únosném dnu a velké ploše zátopy vybudovat dočasnou panelovou cestu, která umožní sjezd dopravních prostředků do zátopy k místu naložení sedimentu. Jednodušší je z hlediska přístupu do zátopy situace u větších nádrží určených k chovu ryb, které jsou vybavené zpevněným sjezdem k lovišti resp. kádišti. Důležitým aspektem pro zvolení technologie provádění je rovněž propustnost či nepropustnost dna resp. riziko porušení původního dna mechanizací a ztrátě jeho nepropustnosti. U nádrží určených k chovu ryb je rovněž nutné i po odtěžení zachovat minimální vrstvu bahna tloušťky cca 30 cm, která se stane zdrojem živin a zárukou vysoké produkce nádrže po napuštění (Vrána a Beran, 2008). V případě vyhrnutí bahna až na sterilní spodinu je nutné takový povrch rekultivovat bahnem organického původu či kompostem (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970).

Při druhém způsobu se těžba bahna provádí pomocí sacího bagru plovoucího na hladině, což umožňuje odtěžit sediment i z nádrží, které nemohou být vypuštěny. Použit může být sací bagr fungující na principu prostého sání, nebo v kombinaci s frézovým nástavcem pro rozrušování materiálu (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970). Sedimenty jsou ze dna těženy ve směsi s vodou a jeho další přeprava je možná hydrodopravou a nebo pomocí cisteren. Vytěžený materiál může být přímo rozstříkovan na zemědělské pozemky a následně zaorán. Jiný způsob je vytvoření mělké laguny na cílových pozemcích, zde pak dovezený zvodnělý sediment vyschne a vytvoří vrstvu o tloušťce cca 10 cm, která se následně zaorá. Alternativou je dovést do připravené laguny takové množství sedimentu, aby výsledná vrstva vyschlého bahna byla výrazně vyšší než zaoratelná vrstva. Materiál je po vyschnutí určen k další přepravě na jiné pozemky. Předpoklad metody s lagunami je dostatek vhodných rovinatých ploch, kde je možné "sedimentační" laguny vybudovat (Vrána a Beran, 2008).

Nevýhodou těžení sedimentů pomocí sacích bagrů je skutečnost, že tímto způsobem nelze odstranit sedimenty, které jsou pokryté porosty tvrdých rostlin a to ani po posekání porostu, neboť je sediment zpevněn kořenovým systémem rostlin. Takovou situaci lze vyřešit kombinovanou metodou, kdy při částečném vypuštění nádrže dojde k odstranění prokořeněné části sedimentu suchou metodou a z nezarostlé plochy dna je sediment odtěžen pomocí sacího bagru (Vrána a Beran, 2008).

1.2.5.5 Legislativa nakládání s vytěženým sedimentem

V 2. polovině 20. století se v důsledku proměny krajiny výrazně urychlil proces zanášení vodních útvarů, což vedlo i k zvýšení zájmu o odbahňování vodních nádrží. S rostoucím objemem těženého sedimentu se aktuální otázkou stává jeho využití a legislativní ošetření této problematiky. V minulosti bylo rybniční bahno považováno

za výborné hnojivo s vysokým obsahem živin a po vytěžení bylo používáno k zúrodnění zemědělských pozemků. V současnosti je však zájem o rybníční bahno jako hnojivo výrazně menší, což je dáno změnami ve způsobu hospodaření, ale především možným rizikem toxicity sedimentu. Jak se v posledních desetiletích zhoršil stav životního prostředí, zvyšuje se i koncentrace škodlivých látek v sedimentu, který funguje jako receptor znečištění. Klíčové pro další nakládání se sedimentem je tak hodnocení jeho kvality, které určí, zda vytěžení sediment je nebo není odpad.

Legislativa v ČR byla v této otázce nejednotná a vnímání odtěženého sedimentu se v čase měnilo. Klíčovým je z tohoto pohledu zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Ten se až do roku 2015 nevztahoval na nakládání se sedimenty používanými na ZPF podle zvláštního zákona a dále se nevztahoval na nakládání se sedimenty, které vyhovovaly limitům znečištění stanoveným v příloze č. 9 zákona o odpadech. V roce 2015 však byla přijata novela zákona o odpadech č. 223/2015 Sb., s účinností od 1. října 2015, kterou byly výše uvedené výjimky z působnosti pro sedimenty zrušeny. Nakládání se sedimenty (pokud jsou odpadem) je řešeno novým § 37t zákona o odpadech takto:

(1) Sedimenty vytěžené z koryt vodních toků a vodních nádrží, pokud jsou odpadem, je možné využívat na zemědělském půdním fondu v souladu s § 14 odst. 2 pouze za splnění požadavků zvláštních právních předpisů

(2) Sedimenty vytěžené z koryt vodních toků a vodních nádrží, pokud jsou odpadem, je možné využívat na povrchu terénu a k zavážení podzemních prostor v souladu s § 14 odst. 2 za splnění podmínek pro využívání odpadů na povrchu terénu stanovených vyhláškou podle § 19 odst. 3.

(3) Sedimenty vytěžené z koryt vodních toků a vodních nádrží, pokud jsou odpadem, je možné využívat jako stavební materiál v souladu s § 14 odst. 2 za splnění požadavků stanovených zvláštními právními předpisy.

Zvláštní právní předpis, na který je odkazováno v §37t odst. 1 je zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.

Pro možnost uložení vytěženého sedimentu na pozemky ZPF je tedy směrodatný zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně ZPF. Problematika ukládání sedimentu na ZPF je řešena v § 3a (používání sedimentů na zemědělské půdě) tohoto zákona:

(1) Použití sedimentů z rybníků, vodních nádrží a vodních toků je na zemědělské půdě možné pouze tehdy, jedná-li se o ornou půdu nebo trvalý travní porost při jeho obnově, a to se souhlasem orgánu ochrany zemědělského půdního fondu a při dodržení podmínek a postupů stanovených zákonem o hnojivech... Souhlas se udělí, jestliže sedimenty splňují požadavky na jejich kvalitativní vlastnosti stanovené zvláštním právním předpisem a nebudou-li použitím sedimentů na pozemky poškozeny příznivé fyzikální, biologické nebo chemické vlastnosti půdy.

Zvláštní právní předpis, na který je odkazováno v §3a odst. 1, je zákon č. 159/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě. Tato vyhláška je prováděcím předpisem i pro zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech. Cílem vyhlášky č. 257/2009 Sb. je umožnit na zemědělské půdě uložení sedimentů, které respektují zachování základních původních vlastností půdy, na kterou jsou aplikovány, případně je ještě zlepšit.

Přičemž důraz je kladen na dodržování limit rizikových prvků a látek. Předmětem vyhlášky je stanovení podmínek a způsobu použití sedimentů na zemědělské půdě, určení způsobu vedení evidence a limitních hodnot rizikových látek v sedimentu a v půdě, na kterou má být použit. Limitní hodnoty jsou stanoveny v příloze č. 1 k této vyhlášce a jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 1: limitní hodnoty rizikových prvků a látek v sedimentu

Pořad. číslo	Ukazatel	Lim. hodnoty (mg/kg sušiny)	Pořad. číslo	Ukazatel	Lim. hodnoty (mg/kg sušiny)
1	As	30	10	V	180
2	Be	5	11	Zn	300
3	Cd	1	12	BTEX	0.4
4	Co	30	13	PAU	6
5	Cr	200	14	PCB	0.2
6	Cu	100	15	uhlovodíky C10-C40	300
7	Hg	0.8			
8	Ni	80	16	DDT (včetně metabolitů)	0.1
9	Pb	100			

Tabulka 2: limitní hodnoty obsahu skeletu v sedimentu

Ukazatel	Limitní hodnoty
Obsah skeletu 2 - 4 mm	max. 30 %
Obsah skeletu nad 4 mm	max. 2 %

Přijetí novely zákona o odpadech č. 223/2015 Sb. bylo důvodem k přepracování některých prováděcích předpisů, které se zabývají problematikou nakládání s odpadem a tedy i s vytěženým sedimentem. V současnosti je připravována novela vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů. Tato novela v návaznosti na novelu zákona o odpadech bude řešit aplikaci obecných právních úprav pro využití sedimentů na povrchu terénu i jejich uložení na skládku odpadu.

Na vytěžené sedimenty, které budou kompostovány, se vztahuje právní předpis č. 341/2008 Sb., Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, která stanovuje kritéria pro hodnocení výstupů zpracování bioodpadu. Přípustné množství sledovaných látek u surovin i zralých kompostů různé třídy uvádí norma ČSN 46 5735.

Tabulka 3: limitní množství sledované látky dle ČSN 46 5734 (v. č. 341/2008 Sb.)

Sledované látky	Suroviny (mg/kg sušiny)	Kompost I. třídy (mg/kg sušiny)	Kompost II. třídy (mg/kg sušiny)
As	30	10	20
Cd	13	2	4 (3)
Cr	1000	100	300 (250)
Cu	1200	100 (170)	400
Hg	10	1.0	1.3 (1.5)
Ni	200	50 (65)	70 (100)
Pb	500	100 (200)	300
Zn	3000	300 (500)	600 (1200)

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je posoudit vliv erozních procesů na zanášení tří řešených nádrží. Dílčím cílem je určit intenzitu eroze v povodí nádrží, stanovit množství usazeného erozního materiálu v nádržích a porovnat vypočítaná data se skutečným objemem sedimentů v nádržích. Dalším cílem bude posoudit účinnost navržených organizačních protierozních opatření v povodí na omezení zanášení nádrží. Výpočet intenzity erozních procesů je prováděn pomocí programu ArcGIS.

Porovnáním vypočítaných a skutečných objemů sedimentu bude možné zhodnotit přesnost použité metody výpočtu, resp. její vhodnost pro řešené povodí

3 METODIKA

3.1 MVN Kotalík

MVN Kotalík je historický mlýnský rybník. Nádrž se nachází cca 500 m východně od obce Milín, v k.ú. Rtišovice, v okrese Příbram, ve Středočeském kraji. Katastrální výměra nádrže je 0,99 ha.

3.1.1 Povodí nádrže

Řešeným územím je povodí MVN Kotalík, která leží na Líšnickém potoce. Plocha dílčího povodí k závěrovému profilu je 2,81 km².

3.1.1.1 Vymezení povodí

Závěrovým profilem povodí je těleso hráze nádrže Kotalík ležící na korytě Líšnického potoka v profilu ř. km 13,430. Od hráze nádrže vede rozvodnice po levém břehu severovýchodním směrem až na bezejmenný zalesněný vrch s kótou 538 m n. m. Odtud směřuje na sever přes mírný vrch a sedlo západně od obce Radětice. Následně protne vrch Babylón (546,8 m n. m.) a silnici III/11812. Před usedlostí Palivo se rozvodnice stáčí na západ směrem k návrší Ve Vrchu (594,7 m n. m.). Dál pokračuje severním směrem podél vesnice Buk, za kterou se stáčí na západ, kříží silnici I/4 a vede k zalesněnému vrchu Levín (612,2 m n. m.), z kterého vede obloukem na jih a podél silnice I/4 až k severnímu okraji obce Milín. Zde opět kříží silnice I/4 a dál směřuje jihovýchodním směrem přes zalesněný hřbet až do údolí Líšnického potoka k nádrži Kotalík.

3.1.1.2 Klimatické podmínky

Řešené povodí Líšnického potoka patří dle Atlasu krajiny ČR do mírně teplé klimatické oblasti (1901-2000). Průměrná roční teplota je 6 - 7 °C, průměrný roční úhrn srážek je v rozmezí 550 - 600 mm, průměr sezónních úhrnů výšky nového sněhu je 8 - 10 cm.

Dle Quitta patří území do klimatické oblasti MT5, která je mimo jiné charakterizována počtem letních dní 30-40, počtem dnu s průměrnou teplotou rovnou nebo vyšší 10 °C 140-160, průměrnou teplotou v lednu od -4 do -5 °C, průměrnou teplotou v červenci 16-17 °C, srážkovým úhrnem ve vegetačním období 350 - 450 mm, srážkovým úhrnem v zimním období 250-300 mm a počtem dnů se sněhovou pokrývkou 60 - 100.

Dle kódu BPEJ se povodí nachází v klimatickém regionu MT2 (mírně teplý a mírně vlhký region). Klimatický region MT2 je mimo jiné charakterizován průměrnými teplotami 7 - 8 °C a průměrnými ročními srážkovými úhrny v rozmezí 550 - 650 (700) mm. Základní klimatické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 4.

Dle dostupných hydrologických dat od ČHMÚ (MPŘ MVN Kotalík) je průměrný roční srážkový úhrn 623 mm. Relativně nižší množství srážek je dáno polohou zájmového území východně od Brd a tedy v dešťovém stínu. Průměrné teploty jsou pak podmíněny především nadmořskou výškou, která se v území pohybuje v rozmezí 497 – 612 m n. m.

Tabulka 4: klimatická charakteristika povodí MVN Kotalík

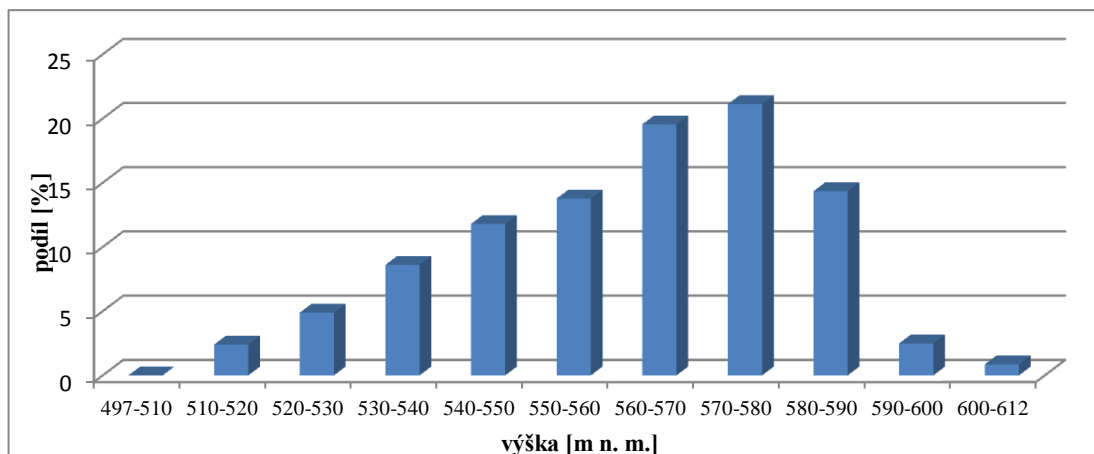
Klimatický region (BPEJ)	MT2
Průměrná roční teplota	6 - 7 (8)
Průměrný roční úhrn srážek (ČHMÚ)	623
Klimatická oblast dle Quitta	MT5
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300

3.1.1.3 Geomorfologická charakteristika

Oblast horního toku Líšnického potoka náleží ke geomorfologické provincie Česká vysočina, Česko-moravské subprovincie, oblasti Středočeská pahorkatina, geomorfologického celku Benešovská pahorkatina, podcelku Milínská pahorkatina.

Jedná se o krajinu se zvlněným reliéfem a s poměrně výraznými vrcholy kuželovitého tvaru. Celé území lze rozdělit na dvě části. Západní a větší část tvoří údolí Líšnického potoka, jehož délka je 3,0 km. Východní část je tvořena údolím Radětického potoka délky 1,5 km. Obě údolí jsou orientována severojižním směrem a od sebe jsou oddělena zalesněným hřebenem. Údolí Líšnického potoka je nejširší ve svém začátku, v pramenné části toku. Údolí má v tomto místě charakter pláně rozpínající se mezi vrchy Levín a Ve Vrchu. Směrem po toku se údolí postupně zavírá a zužuje. Ve střední části Líšnický potok obtéká od západu zalesněný hřeben a údolí se tak otevírá více na západní straně. Ve spodní části, nad nádrží Kotalík, se údolí dále zahlubuje. V tomto úseku je údolí tvořeno nivou šířky cca 50 m, na kterou navazují příkré svahy údolí. Naproti tomu Radětický potok protéká prakticky v celé délce jen mírně zahlučeným údolím, které se postupně otevírá a největší šířky dosahuje v místě soutoku s Líšnickým potokem. Na hranici území a ve střední části se svahy údolí zvedají do výrazných hřbetů a vrcholů. Nejvýraznějším vrcholem je kopec Levín v severním cípu povodí a kopec Ve Vrchu, od kterého se středem území táhne zalesněný hřeben oddělující Líšnický a Radětický potok.

Nejnižším bodem povodí je dno Líšnického potoka v závěrovém profilu (spodní výpust nádrže Kotalík) s kótou 497 m n. m. Nejvyšším bodem je vrchol kopce Levín (612 m n. m.). Převýšení v území činí 115 m. Údolí Líšnického potoka začíná v sedle nad rybníkem Jankovák ve výšce 574 m n. m. a k závěrovému profilu (497 m n. m.) má délku 3,0 km. Převýšení v údolí je 77 m a průměrný podélný sklon je 2,6 %. Střední výška povodí je 551,46 m n. m. Podíl výšek na celkové ploše povodí s rostoucí nadmořskou výškou plynule stoupá až do 580 m n. m. To odpovídá tomu, jak se ve směru proti proudu rozšiřují údolí Líšnického a Radětického potoka. Nejčastěji je zastoupeno území s nadmořskou výškou od 560 - 580 m n. m., které tvoří 41 % plochy povodí. Jde o severní část povodí, okolí rybníka Jankovák a zalesněné hřebeny a vrchy. Podíl nadmořských výšek nad 590 m n. m. je zanedbatelný. Průměrný sklon svahů v povodí je 7,86 %. Maximální sklony mají hodnotu 35 % a nacházejí se v jižní části povodí, kde je údolí Líšnického potoka sevřeno z obou stran zalesněnými vrchy. Území se sklonem nad 15 % je většinou zalesněno (hřeben ve středu povodí a rozvodnice). V povodí převládá jižní a východní orientace svahů.



Obrázek 2: graf podílu nadmořských výšek na ploše povodí MVN Kotalík

3.1.1.4 Geologická charakteristika

Povodí MVN Kotalík je součástí Českého masivu, moldanubické oblasti, jednotky středočeského plutonu. Území je tvořeno převážně hlubinnými vyvřelinami paleozoického stáří. Jedná se o útvary karbonu a permu. V povodí je zcela dominantní granodiorit blatenského typu. Na severním okraji území (vrch Levín) je skalní podloží tvořeno drobnozrnným biotitickým granitem s turmalínem. Tyto horniny jsou ještě doplněny pyroxenem-amfibolickým gabrem. Hlubinné magmatity jsou prostoupeny žilnými vyvřelinami. Jde o aplit, pegmatit, žilný granit, syenitový porfyr a lamprofyr. Pokryvné útvary jsou zastoupeny kvartérními nivními nezpevněnými sedimenty (hlíny, písky, štěrky) v blízkosti Líšnického potoka.

3.1.1.5 Pedologická charakteristika

Převládajícím typem půd jsou kambizemě modální (74 % území), které se nacházejí v celém povodí ve středních a vyšších polohách. Modální kambizemě jsou na západním okraji území doplněny kambizeměmi litickými (1 % území). V severním cípu povodí, v pramenné části Líšnického potoka, se nachází kambizemě oglejené (2 % území). Podél vodních toků a v blízkosti rybníka Jankovák převládá glej modální (23 % území).

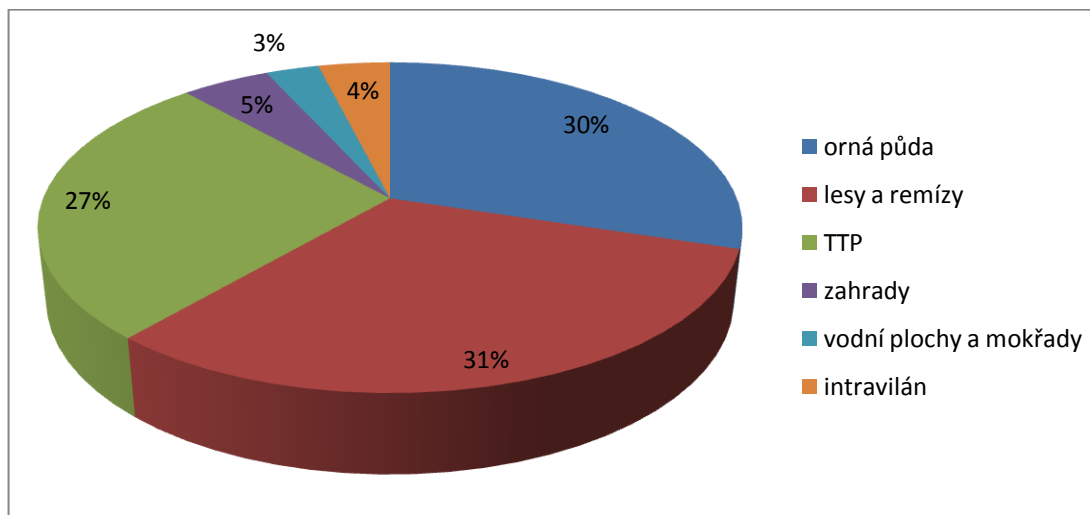
Tabulka 5: zastoupení půdních typů v povodí MVN Kotalík

HPJ	Název	Plocha (ha)	Podíl (%)	Součinitel erodovatelnosti K	Hydrologický typ pro CN
32	kambizemě modální	207,5	74	0,19	A
37	kambizemě litické	4,2	1	0,16	B
50	kambizemě oglejené	4,7	2	0,33	C
67	gleje modální	64,9	23	0,44	D

3.1.1.6 Využití území

Povodí MVN Kotalík má charakter zemědělsko-lesní krajiny. Způsob využití území je dán klimatickými, morfologickými a pedologickými podmínkami. Většina plochy povodí je tvořena zemědělskými pozemky (cca 3/5). Největší část povodí však zaujímají lesní porosty s výměrou 89,4 ha (31,5 %). Z této plochy připadá 82,0 ha na hospodářsky využívané lesy a 7,4 ha na remízy, liniovou vegetaci a sukcesně vzniklé porosty mimo lesní pozemky. Lesní porosty jsou soustředěny ve střední a jižní části povodí ve vyšších polohách s větší sklonitostí. Druhým nejčastěji zastoupeným typem povrchu resp. způsobem využití je orná půda, která s 84,7 ha tvoří 29,9 % povodí. Pozemky s ornou půdou tvoří v povodí 20 bloků orné půdy. Pozemky

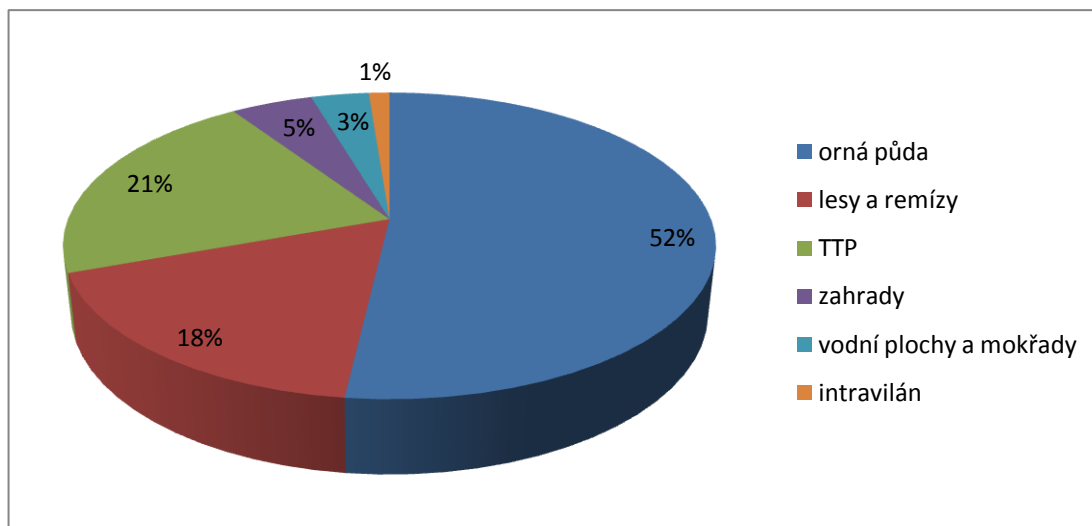
s ornou půdou se nacházejí převážně v západní části povodí na pravém břehu Líšnického potoka a dále v blízkosti Radětického potoka. Trvalé travní porosty tvoří 27,1 % plochy povodí. Jedná se z větší části o mechanicky sečené louky doplněné neudržovanými loukami na podmáčených pozemcích v blízkosti vodních toků. Zbytek povodí tvoří zahrady a parky (4,8 %), vodní plochy a mokřady (2,9 %) a zpevněné plochy a zástavba (3,9 %). Zpevněné plochy jsou soustředěné především v intravilánu obce Buk. Na relativně velký podíl zpevněných ploch má však vliv i silnice I/4 procházející územím.



Obrázek 3: graf využití území povodí MVN Kotalík

3.1.1.7 Využití území v minulosti

Vzhledem k tomu, že MVN Kotalík je historická nádrž doložení již z konce 18. století, je nutné při snaze posoudit intenzitu zanášení této nádrže v delším časovém horizontu posoudit stav krajiny v zájmovém území v minulosti. Konkrétně jde o zhodnocení stavu krajiny z hlediska náchylnosti k vodní erozi před změnami, které proběhly v druhé polovině 20. století (scelování polí, zánik liniových prvků v krajině, intenzifikace zemědělství). Pro tento účel byly využity císařské otisky map stabilního katastru a letecké snímky z 50. let 20. století. Mapy stabilního katastru pro zájmové území vznikaly v roce 1839 a jsou na ní zakresleny vlastnické pozemky rozlišené dle způsobu využití. Na leteckých snímcích z 50. let je zachycen skutečný stav krajiny před kolektivizací a scelováním polí a to včetně charakteru liniových prvků či skutečné plochy hladin MVN. V prostředí programu ArcGIS byla provedena vektorizace a následně statistické vyhodnocení zastoupení jednotlivých typů využití krajiny dle mapy stabilního katastru.



Obrázek 4: graf využití povodí MVN Kotalík dle mapy stabilního katastru

Celkové výměry a procentuální zastoupení jednotlivých typů využití území dle map stabilního katastru byly porovnány se současným stavem. V tabulce 6 jsou uvedeny procentuální změny v zastoupení typu využití (100 % představuje stav z 19. století).

Tabulka 6: změny ve využití území povodí MVN Kotalík

Způsob využití	Stabilní katastr		Současnost		Změna (ha)	Změna (%)
	Plocha (ha)	Podíl (%)	Plocha (ha)	Podíl (%)		
orná půda	145,8	51,8	83,9	29,9	-61,8	-42,4
lesy a remízy	49,5	17,6	88,5	31,5	39,0	78,8
TTP	59,5	21,2	76,1	27,1	16,6	27,9
zahrady	13,5	4,8	13,5	4,8	0,0	0,0
vodní plochy	9,5	3,4	8,2	2,9	-1,4	-14,2
zpevněné plochy	3,4	1,2	11,0	3,9	7,6	221,9

Z tabulky 6 je patrné, že zájmové území prošlo od 19. století významnými změnami z hlediska celkové výměry řešených kultur. Krajina v povodí se však proměnila i z hlediska struktury a uspořádání jednotlivých prvků. Nejvýraznější změnou z hlediska celkových ploch je pokles výměry orné půdy, která se z cca 146 ha zmenšila na 84 ha (změna o 42 %). Původní podíl zoraných ploch na ploše povodí byl 52 %, kdežto dnes tvoří orná půda pouze 30 %. Zanikly především menší bloky orné půdy, které byly obklopené lesními pozemky či loukami. K jinému využití však byly převedeny i poměrně rozsáhlé pozemky orné půdy v blízkosti rybníka Jankovák (podmáčené pozemky) či pozemky v horní části údolí Radětického potoka (pozemky v členitém reliéfu s velkým sklonem). Většinou byly tyto pozemky zatravněny, někde byly převedeny na pozemky lesní. Na nezanedbatelné části původní orné půdy byla vybudována silnice I/4 včetně parkovišť a dalších objektů.

K procentuálně největšímu nárůstu výměry došlo u lesních porostů a remízů. V době vzniku mapy stabilního katastru se lesy v povodí nacházely na cca 50 ha. Dnes činí celková výměra lesních pozemků a remízů v povodí 89 ha (nárůst o cca 80 %). Podíl lesů se zvýšil na úkor ZPF. V některých částech povodí vznikaly lesní porosty cíleným založením, jinde vznikly nové remízy přirozeným sukcesním procesem. Vývoj v zájmovém území tak v tomto ohledu koresponduje s celkovým vývojem na

území České republiky. Důsledkem intenzifikace zemědělství v 2. polovině 20. století bylo snížení tlaku zemědělské výroby na půdu, což vedlo k zvýšení podílu lesů na úkor ZPF.

Na některých původních pozemcích s TTP byl založen lesní porost. Některé louky přestaly být udržovány a zarostly náletem. Přesto se celková výměra TTP zvýšila o 28 % (z 60 ha na 76 ha). Tento nárůst proběhl na úkor orné půdy a to především v blízkosti VT a nádrží a u pozemků navazujících na lesní porosty. Na tuto změnu lze z hlediska ekologické stability krajiny pohlížet pozitivně. Nelze však předpokládat, že TTP zaujímaly uvedených 76 ha od úpravy krajiny v 50. letech až do současnosti. Je spíše pravděpodobné, že k převedení některých bloků orné půdy na TTP proběhlo až v 90. letech 20. století a později. Tomu nasvědčuje i zakreslení využití pozemků na základní mapě ČR.

Výměra vodních ploch klesla o 14 %. Příčinou je jednak zánik 2 průtočných nádrží, ale především snížení plochy jednotlivých nádrží v důsledku zanášení a zarůstání. Pro celkový vývoj plochy hladin MVN v povodí je klíčový stav rybníka Jankovák, který tvoří polovinu celkové výměry nádrží. Plocha hladiny této nádrže je v současnosti oproti 19. století výrazně menší. Ve srovnání se stavem z 50. letch je však plocha dokonce větší, což patrně souvisí s hospodařením na nádrži a redukcí vegetace v litorální zóně nádrže.

Podíl zahrad se prakticky nezměnil. Ty byly v minulosti a jsou i v současnosti soustředěny v obci Buk. Výrazný je však nárůst podílu intavilánu a zpevněných ploch, který je především důsledkem výstavby nové silnice I/4 a přidružených objektů.

V důsledku scelování polí došlo i ke změně struktury zemědělských pozemků. Především se zvýšila výměra jednotlivých pozemků s ornou půdou resp. jednotlivých bloků s ornou půdou (rozpor mezi pozemkem z pohledu vlastnického a uživatelského), což mělo za následek výrazné prodloužení drah povrchového odtoku. Ačkoli se v území zvýšilo množství mimolesní zeleně (liniové i skupinové), pozitivní vliv na snížení erozní ohroženosti pozemků je zanedbatelný, neboť se nová mimolesní vegetace nachází především v místech s TTP.

Změny, ke kterým v povodí došlo, lze z hlediska erozního ohrožení hodnotit mírně negativně. Přestože došlo k zvýšení podílu TTP na úkor orné půdy, tak rozoráním mezí a scelením polí vznikly rozsáhlé a erozně náchylné bloky orné půdy. Problematické je i zanedbatelné zvýšení podílu zpevněných ploch v povodí, což je příčina snížení retenční schopnosti území a zrychlení povrchového odtoku v povodí. Lze předpokládat, že intenzita vodní eroze v zájmovém území před scelením pozemků nedosahovala současné hodnoty a tedy i rychlost zanášení vodních nádrží sedimentem byla v porovnání se současným stavem menší.

3.1.1.8 Definice bloků orné půdy a jejich morfologie

Zemědělské pozemky využívané jako orná půda tvoří v řešeném povodí celkem 20 bloků orné půdy. Většina bloků orné půdy se nachází v západní části povodí, na pravém břehu Líšnického potoka. Poměrně velký podíl z celkové plochy orné půdy tvoří tři bloky v údolí Radětického potoka.

Průměrná plocha jednoho bloku orné půdy je cca 4,2 ha. Největší blok orné půdy má plochu 10,2 ha. Střední výška na pozemcích s ornou půdou je 548,51 m n. m. a celkové rozpětí výšek je 509 až 596 m n. m. Průměrný sklon na pozemcích orné půdy je 7,81 % a maximum je cca 20 %. Průměrná délka dráhy odtoku na blocích

orné půdy je 61 m. Maximální délka dráhy odtoku je 400 m. Orientace svahů na pozemcích s ornou půdou je jihovýchodní, ale značná část pozemků je orientována severovýchodním směrem.

V povodí hospodaří zemědělské družstvo ZOD 11. května, a.s. se sídlem v Milíně. Subjekt se zabývá rostlinou i živočišnou výrobou. Na jimi obdělávaných pozemcích se pěstuje pšenice ozimé, ječmene ozimého, tritikale, žito ozimého, jarního ječmene, ovsa, kukuřice na siláž pro krmné účely živočišné výroby a řepky ozimé.

3.1.2 Vodopisná síť

3.1.2.1 Charakteristika hydrografické sítě

Povodí Líšnického potoka má vějířovitý, nepravidelný tvar. Plocha povodí je 2,81 km² a jeho délka 2,98 km. Charakteristika povodí α (podíl plochy povodí k druhé mocnině délky povodí) má hodnotu 0,32. Povodí je asymetrické, levá strana povodí je výrazně větší. Jediným výrazným přítokem je z levé strany se zaústějící Radětický potok. Líšnický a Radětický potok společně vytváří říční síť vidlicovitého typu. Hustota říční sítě v povodí je 1,9 km.km⁻².

Líšnický potok (ID 10100475) je levostranným přítokem Vltavy, do které ústí pod VD Orlík. Jedná se tedy o vodní tok 3. řádu dle absolutního modelu řádovosti. Číslo hydrologického pořadí povodí je 1-08-05-010. Celková délka toku k profilu zaústění do Vltavy je 16,4 km, průměrný podélný sklon vodního toku je 1,8 %, celková plocha povodí je 19,67 km².

Řešeným úsekem vodního toku je jeho horní část od pramene k hrázi rybníka Kotalík (ř. km 13,430). Délka řešeného úseku je 3,03 km a plocha dílčího povodí je 2,81 km². VT pramení u obce Buk západně od silnice I/4 v nadmořské výšce 570 m n. m. Kóta dna v závěrovém profilu (spodní výpusť nádrže Kotalík) je 497 m n. m. Převýšení VT v řešeném úseku je 73 m a průměrný podélný sklon v daném úseku je 2,4 %.

Kromě Radětického potoka a tří bezejmenných vodotečí nad rybníkem Jankovák má Líšnický potok v řešeném úseku už jen jeden bezejmenný přítok. Čtyři bezejmenné přítoky mají charakter pramenných stružek, jejich délka nepřesahuje 500 m a jejich koryta jsou regulována či zatrubněna. Základní parametry Líšnického potoka i jednotlivých přítoků jsou uvedeny přehledně v tabulce 7. Hodnoty z této tabulky byly získány analýzou v programu ArcGIS. Hodnoty průtoku Q_a jsou počítány jen na základě poměru povodí.

Tabulka 7: parametry VT v povodí MVN Kotalík

Název VT	Plocha povodí [ha]	Podíl plochy povodí [%]	Délka [m]	Převýšení [m]	Sklon [%]	Q_a [l/s]
Líšnický potok	281,2	100	3030	73	2,4	5,7
Radětický potok	70,0	25	970	33	3,4	1,4
PBP1	5,7	2	300	5	1,7	0,1
PBP2	8,0	3	480	2	0,4	0,2
LBP1	15,7	6	330	2	0,6	0,3
LBP2	15,3	5	240	4	1,7	0,3

Radětický potok - jedná se o největší přítok Líšnického potoka. Plocha dílčího povodí je 70 ha. VT pramení jižně od obce Palivo ve výšce 544 m n. m. a po 0,97 km se z levé strany zaústí do Líšnického potoka. Soutok se nachází 200 m

nad mlýnem Na Bolině a kóta soutoku je cca 511 m n. m. Převýšení je 33 m a podélný sklon 3,4 %. V místě soutoku se v minulosti nacházel rybník, který však již zanikl. Jeho pozůstatkem je náhon, který část průtoků svádí pod mlýn Na Bolině. Koryto VT bylo v minulosti zregulováno. Trasa VT je napřímena a geometrizována.

Velkou část povodí Radětického potoka tvoří orná půda (39 %). Zbytek území tvoří pozemky s TTP a les v poměru cca 2:1. Lesní porost se nachází na vrcholech v západní části dílčího povodí. Pozemky s TTP převažují v blízkosti VT a v severní části povodí. Na korytě Radětického potoka neleží žádná nádrž.

Přítok PBP1 - je první ze dvou drobných pravostranných přítoků Líšnického potoka. VT má charakter nestálovodné pramenné stružky. Celková délka toku je 0,30 km, převýšení je 5 m a průměrný podélný sklon je 1,7 %. Pramen VT se nachází v místě propustku pod silnicí I/4, od kterého tok dál směřuje východním směrem. Do Líšnického potoka se zaústíuje v místě MVN1. Koryto VT je zregulované. V blízkosti VT se nachází pozemky s TTP, na které na levém břehu navazuje orná půda..

Přítok PBP2 - je druhým pravostranných přítoků Líšnického potoka a zároveň je jedním z 3 přítoků ústích do rybníku Jankovák. VT pramení západně od silnice I/4, kterou protíná a následně se vlévá do nádrže Jankovák. Celková délka toku je 0,48 km. Převýšení je vzhledem k plochému okolí rybníka Jankovák pouze 2 m a průměrný podélný sklon je 0,4 %. Koryto vodního toku charakteru pramenné stružky je nad silnicí I/4 regulované a mezi silnicí I/4 a zaústěním je zatrubněno.

Přítok LBP1 - je dalším z drobných nestálovodných přítoků ústích do rybníku Jankovák. Vodoteč pramení severně východně od silnice I/4 v místě remízu. Celková délka toku je 0,33 km. Převýšení je opět vzhledem k charakteru reliéfu pouze 2 m a průměrný podélný sklon je 0,6 %. VT protéká podmačeným travním pásem, kde se koryto ztrácí ve vegetaci.

Přítok LBP2 - je posledním z přítoků ústích do rybníku Jankovák. Pramenem VT je drobná nebeská nádrž na jižním okraji obce Buk. Celková délka toku je 0,24 km. Převýšení je 4 m a průměrný podélný sklon je 1,7 %. Charakter toku je shodný s ostatními bezejmennými přítoky. Koryto je napřímené. VT protéká podmačeným pásem mezi sekanými loukami.

3.1.2.2 Vodní nádrže v povodí

Nádrž Kotalík je součástí kaskády nádrží na horním toku Líšnického potoka. V zájmovém území leží celkem devět rybníků včetně řešené nádrže Kotalík. Vzhledem k charakteru vodopisné sítě a vodnosti přítoků jsou všechny nádrže situovány na Líšnickém potoce. Největší z těchto nádrží je rybník Jankovák s plochou 3,6 ha. Ostatní nádrže jsou výrazně menší s plochou do 1 ha. Základní charakteristiky jednotlivých nádrží jsou uvedeny v tabulce 8. Plochy zátopy byly převzaty z podkladu ZABAGED resp. zpřesněny odečtením z aktuálních leteckých snímků. Prostou analogií a přepočtem přes podíl plochy povodí byl spočítán průtok Q_a pro jednotlivé nádrže. Na základě v terénu změřené hloubky u spodní výpusti nádrže a odečtené plochy zátopy byly spočítány objemy nádrží a následně i doby zdržení.

Nádrže vzhledem ke své velikosti nemají zásadní hospodářský význam a slouží k extenzivnímu chovu ryb. Na rybníku Jankovák hospodaří ČRS ÚS města Prahy a nádrž tvoří samostatný revír č. 401 201.

Tabulka 8: nádrže v povodí MVN Kotalík

Nádrž	VT	Plocha zátopy (ha)	Zásobní objem (m ³)	Plocha povodí (ha)	Qa (l/s)	Celoroční přítok (m ³)	Doba zdržení T (dny)
Bolinský r.	Líšnický p.	0,07	350	191,6	3,9	121555	1
Podradětický	Líšnický p.	0,55	3300	173,5	3,5	110107	11
Neveselý r.	Líšnický p.	0,60	3600	153,2	3,1	97206	14
Kocanda	Líšnický p.	0,80	2667	143,8	2,9	91234	11
Vlček	Líšnický p.	0,40	2133	96,2	1,9	61054	13
MVN1	Líšnický p.	0,10	333	89,0	1,8	56504	2
Sladkovský r.	Líšnický p.	0,45	3000	63,9	1,3	40544	27
Jankovák	Líšnický p.	3,60	37200	54,7	1,1	34699	391

Bolinský rybník - leží na Líšnickém potoce 300 m nad nádrží Kotalík. Nádrž je napájena Líšnickým potokem, ale část průtoků je svedena náhonem z Radětického potoka mimo nádrž. Odpad od rybníka a náhon z Radětického potoka se stékají až cca 40 m pod tělesem hráze. Jedná se tedy o obtokový rybník s boční hrází. Rybník i s blízkým Bolinským mlýnem je zakreslen již na mapě stabilního katastru z roku 1839. Plocha zátopy je 0,07 ha. Délka hráze je 50 m a její výška je 3 m. Výpustním objektem je požerák. Maximální hloubka u výpustního objektu je 2 m.

Podradětický rybník – se nachází na Líšnickém potoce 250 m nad soutokem Líšnického a Radětického potoka. Jedná se o historickou průtočnou nádrž, která je zakreslena již na mapě stabilního katastru z roku 1839. Plocha zátopy je 0,55 ha. Délka čelní hráze je 90 m a její výška je 3 m. Cca ve středu hráze je osazen požerák. Maximální hloubka u výpustního objektu je 2,5 m. Bezpečnostní přeliv je umístěn v levém zavázání hráze.

Neveselý rybník – je historická průtočná nádrž rovněž zakreslená již na mapě stabilního katastru. Plocha hladiny je 0,60 ha. Délka přímé čelní hráze je 100 m a její výška 3,0 m. Spodní výpustí je požerák. Bezpečnostní přeliv se nachází v pravém zavázání hráze.

Kocanda – je další v řadě průtočných rybníků na Líšnickém potoce. Zakreslen je již na mapě stabilního katastru, kde nese jméno „Patyroský“. Současná plocha zátopy je 0,80 ha. Délka čelní přímé hráze je 100 m a výška je 3 m. Po koruně hráze vede lesní cesta. Spodní výpust je umístěna ve středu hráze a jedná se o požerák. Bezpečnostní přeliv je umístěn v pravém zavázání.

Vlček – patří s plochou 0,40 ha k menším z průtočných rybníků na řešeném úseku Líšnického potoka. Stejně jako ostatní nádrže je zachycen již na mapě stabilního katastru. Čelní přímá hráz má délku 70 m a výšku 2,5 m a vede po ní polní cesta. Funkčními objekty jsou požerák a přímý bezpečnostní přeliv umístěný v levém zavázání.

MVN1 - bezejmenný rybník s plochou zátopy 0,10 ha je nejmenší nádrží na korytě Líšnického potoka v řešeném úseku. Nádrž je umístěna na soutoku Líšnického potoka a PBP1 a je v současnosti nefunkční.

Sladkovský rybník – leží na Líšnickém potoce prakticky na okraji vesnice Buk, která je součástí obce Milín. Jedná se opět o historickou průtočnou nádrž s čelní hrází, zakreslenou již na mapě stabilního katastru (1839). Plocha zátopy je 0,36 ha. Délka hráze je 50 m a její výška 2,5 m. Výpustním objektem je požerák. Bezpečnostní přeliv je umístěn v levém zavázání.

Jankovák – je poslední a největší rybník na horním toku Líšnického potoka. Zakreslena je již na mapě stabilního katastru. Nádrž leží na západním okraji vesnice Buk. Kromě Líšnického potoka nádrž napájí další tři drobné bezejmenné vodoteče. Plocha hladiny je 3,23 ha. Délka čelní hráze je 240 m a v místě spodní výpusti má výšku 4,0 m. V 1/3 délky hráze od pravého zavázání je umístěn výpustní objekt.

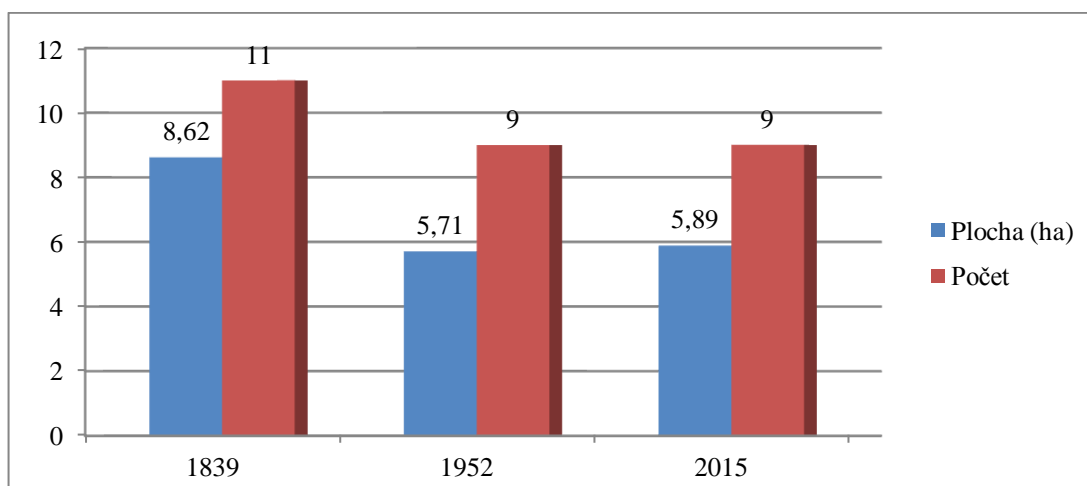
Nad rybníkem Jankovák se nachází drobná nebeská nádrž, která je pramenem LBP2 Líšnického potoka. Plocha hladiny nádrže je 0,05 ha.

Zaniklé nádrže - kromě těchto v současnosti existujících nádrží se v minulosti nacházeli v zájmovém území další 2 nádrže, které jsou zachycené na mapách stabilního katastru z 1. poloviny 19. století. Fragmenty hráze jedné z těchto nádrží jsou v krajině patrné ještě dnes.

První z nich se nacházela v místě soutoku Líšnického a Radětického potoka, kde je ještě dnes patrné těleso hráze. Nádrž je zakreslena na mapě stabilního katastru s názvem "Horký". Dle zákresu a podle současného stavu v místě soutoku se jednalo o průtočný rybník z pohledu Líšnického potoka a obtokový rybník z pohledu Radětického potoka. Délka hráze byla 90 m a plocha zátopy cca 0,28 ha. Na leteckých snímcích z 50. let je nádrž vypuštěna a prostor zátopy je využíván jako louka. Jako pozemek s TTP je původní nádrž vedena v KN i v současnosti.

Druhá nádrž se nacházela na korytě Líšnického potoka mezi rybníky Kocanda a Vlček. Jednalo se o drobnou nádrž s plochou 0,07 ha. Nádrž ani hráz nejsou patrné již na leteckých snímcích z 50. let.

Vývoj nádrží v řešeném území z hlediska jejich počtu a celkové rozlohy za posledních cca 200 let je zobrazen na následujícím grafu.



Obrázek 5: graf vývoje MVN v povodí nádrže Kotalík

Výrazný rozdíl mezi plochou zátopy nádrží v 19. století a ve 20. století může být ovlivněn různým charakterem podkladů. Pro 19. století jsou využity mapy stabilního katastru, ze které byly odečteny katastrální plochy nádrží. Pro 20. století a současnost jsou k dispozici letecké snímky s patrným rozsahem zanesení. Větší plocha zátopy v současnosti oproti 50. létům je ovlivněna především vývojem plochy zátopy rybníka Jankovák, který tvoří přibližně polovinu celkové plochy hladin nádrží a jehož zátopa byla zvětšena úpravou břehových okrajů.

3.1.3 Nádrž Kotalík

MVN Kotalík je historická průtočná nádrž ležící východně od obce Milín, v k.ú. Rtišovice, v okrese Příbram, v Středočeském kraji. Jedná se o jednu z řady malých nádrží na horním toku Líšnického potoka. Katastrální plocha zátopy je 0,99 ha.

3.1.3.1 Historie a původní účel nádrže Kotalík

Nádrž a přilehlý mlýn Kotalík jsou zachyceny již na mapě I. vojenského mapování, které v této lokalitě proběhlo v letech 1764 – 1768. Nádrž i mlýn je však pravděpodobně staršího data.

Nádrž v minulosti fungovala jako mlýnský rybník a sloužila k nadržení vody pro mlýn Kotalík stojící pod tělesem hráze v levém zavázání. Pohonem bylo vodní kolo na vrchní vodu. Voda byla přes obtokový kanál pouštěna na mlýnské kolo pouze během mletí, kdy mohlo dojít k poklesu hladiny v nádrži. Po zahrazení nátoku na vodní kolo došlo opět ke zvýšení hladiny na normální úroveň. Jméno Kotalík dostal mlýn i rybník podle majitele z přelomu 19. a 20. století. Mlýn byl v provozu do roku 1960, kdy byl uzavřen.

V současnosti je nádrž nefunkční, hráz byla cíleně prokopána z důvodu odvodnění sedimentu před plánovaným odbahněním. Na jaře roku 2013 došlo ke geodetickému zaměření nádrže a následně byla zpracována projektová dokumentace rekonstrukce a odbahnění nádrže firmou AV ProENVI, s.r.o. V současnosti se čeká na vydání stavebního povolení. Plánovaná funkce nádrže je rekreační a ekologická.

3.1.3.2 Základní charakteristika

MVN Kotalík je první nádrž z kaskády osmi rybníků postavených na horním toku Líšnického potoka. Nádrž je průtočná. Půdorysný tvar nádrže je lichoběžníkový až trojúhelníkový, protáhlý ve směru hráze. Plocha zátopy byla před vypuštěním cca 0,55 ha. Předpokládaná maximální hloubka v místě spodní výpusti při úrovni hladiny normálního nadržení na kótě 500,90 m n. m. byla 3,2 m.

Zemní hráz je čelní a její délka je 130 m. Půdorysný tvar hráze je mírně vyduť. Pravé zavázání navazuje přímo na remíz a cestu, v levém zavázání je umístěný původní bezpečnostní přeliv. Profil hráze je lichoběžníkový. Sklony svahů jsou proměnné, pohybují se mezi 2:1 – 1:1, přičemž nejstrmější jsou v místě původní výpusti. Výška hráze nad terénem je 2,8 m. Kóta koruny hráze je cca 501,40 m n. m. a její šířka 2,0 - 2,5 m. Návodní svah hráze je opevněn lomovým kamenem.

Výpustné zařízení se nacházelo v 1/3 hráze od levého zavázání. Jednalo se o trubní výpusť z jedlové trouby s dřevěným čepem. V současné době není výpustný objekt funkční, v místě výpusti byla hráz řízeně prokopána a nádrž byla vypuštěna. Kóta dna v místě výpusti byla 497,70 m n. m.

Bezpečnostní přeliv (BP) je umístěn v levém zavázání hráze. Jedná se o čelní přeliv s dřevěným stavidlem. Břehy BP jsou tvořeny opěrnými kamennými zdmi. Přeliv je hrazen dvěma dřevěnými deskami. Horní hrana hradících desek, která patrně definovala hladinu normálního nadržení, má kótu cca 500,90 m n. m. Přepadová sekce je rozdělena na dvě obdélníková pole o rozměrech 1,0x0,8 m. Pod dřevěným stavidlem je spadiště s obdélníkovým průtočným profilem délky 1,5 m. Na spadiště navazuje odpadní koryto, které má v délce 8 m charakter balvanitého skluzu. Objekt BP je v současnosti nefunkční.

3.1.3.3 Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění

Plocha zátopy před vypuštěním nádrže byla díky zanesení značně zmenšená. Plocha hladiny odečtená z leteckého snímku z roku 1952 byla cca 0,75 ha. Plocha zátopy

před vypuštěním byla cca 0,55 ha. Celkový objem sedimentu akumulovaného v prostoru zátopy je podle zaměření 6000 m². Průměrná mocnost bahna je cca 1,5 m.

Předpokládané období, za které došlo k akumulaci sedimentu v nádrži o objemu 6000 m³, je vymezeno roky 1955 a 2013. Konec období je definováno jednoznačně rokem vypuštění nádrže a zaměřením sedimentu. Začátek tohoto období bylo určeno na základě předpokladu, že během provozu mlýna byl rybník udržován běžným způsobem a míra zanesení byla držena v určitých mezích. Druhým předpokladem byla zvýšená intenzita eroze od poloviny 50. let 20. století, která byla způsobena scelováním polí a dalšími zásahy do krajiny. Sledované období tedy trvá 58 let. Při uvažování konstantní rychlosti zanášení muselo se v tomto období každý rok zachytit 103 m³ materiálu, což odpovídá cca 200 t sedimentů z celého povodí za rok. Při přepočtu na plochu povodí se jedná o 0,7 t.ha⁻¹.rok⁻¹.

V rámci stavby „Oprava objektů MVN Kotalík“ bylo odtěžení sedimentu z prostoru zátopy a její úprava navržena jako samostatný stavební objekt SO 1 – Odtěžení sedimentu a úprava zátopy. Sediment dle návrhu bude po odtěžení uložen na blízké pozemky s TTP. Celkové náklady na realizaci stavebního objektu SO 1 činí 2,708 mil Kč (bez DPH). Cena samotného odtěžení materiálu ze zátopy o celkovém objemu 6 520 m³ je 1,298 mil Kč (bez DPH). Náklady na další manipulaci s vytěženým sedimentem a jeho uložení na zemědělských pozemcích byly vyčísleny na 0,979 mil Kč (bez DPH). Celková cena za odtěžení a uložení sedimentu je 2,277 mil Kč.

3.1.3.4 Hydrologická charakteristika nádrže

Hydrologická data

Hydrologická data jsou převzata z Manipulačního a provozního řádu rybníka Kotalík.

Tok:	Líšnický potok
Hydrologické číslo povodí:	1-08-05-0100
V profilu:	hráz MVN Kotalík
Plocha povodí (A) v km ² :	2,81
Průměrný dlouhodobý srážkový úhrn H (mm):	623
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Q _a) v l/s:	5,7
Třída přesnosti:	IV.

Tabulka 9: M-denní průtoky Q_{Md} v profilu MVN Kotalík

M	30	60	90	120	150	180	210
Q_{Md} [l.s⁻¹]	12,4	8,9	7,2	6,0	5,0	4,2	3,7
M	240	270	300	330	355	364	Tř.
Q_{Md} [l.s⁻¹]	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	IV.

Tabulka 10: N-leté průtoky Q_N v profilu MVN Kotalík

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m³.s⁻¹]	0,7	1,9	3,5	4,7	6,0	7,7	9,1

Na základě známých dat byly spočítány hodnoty specifických odtoků pro průměrný dlouhodobý odtok a pro povodňový odtok odpovídající Q_{100} :

Specifický průměrný odtok z povodí (q_a) v $l.s^{-1}.km^{-2}$:	2,0
Specifický povodňový odtok z povodí (q_{100}) v $m^3.s^{-1}.km^{-2}$:	3,24

Poměrně nízká hodnota specifického odtoku z povodí souvisí s nižším srážkovým úhrnem v zájmovém území a odpovídá hodnotám specifického odtoku pro vodní toky v této oblasti. Pro povodí Kocáby, která pramení severně od zájmového území, je uveden specifický odtok ve výši $2,73 l.s^{-1}.km^{-2}$. Pro povodí Skalice k měrnému profilu v Zadním Poříčí je hodnota specifického odtoku $1,71 l.s^{-1}.km^{-2}$.

Objemy a zátopy

Zde jsou uvedeny hodnoty zatopených ploch a objemů nádrže Kotalík, a to jak pro současný stav, kdy je nádrž zanesena sedimentem, tak i pro předpokládaný stav z 50. let. Zdrojem informací o současném stavu byla PD rekonstrukce MVN Kotalík. Hodnoty původního zásobního objemu nádrže byly získány odečtení mocnosti sedimentu od zaměřeného aktuálního dna. Velikost zátopy byla odhadnuta rovněž na základě zaměřeného stávajícího stavu v kombinaci s leteckým snímkem nádrže z roku 1952 (kontaminace).

Kóta hladiny daná hranou bezpečnostního přelivu:	500,90 m n. m.
Kóta dna:	497,70 m n. m.
Plocha zátopy (1952):	7500 m^2
Plocha zátopy (2013):	5500 m^2
Objem zátopy (1952):	9400 m^3
Objem zátopy (2013):	3400 m^3

Doba zdržení

Předpokládaná doba zdržení pro MVN Kotalík v polovině 20. století (rok 1952) je spočítána na základě dlouhodobého průměrného průtoku a předpokládaného objemu zátopy v roce 1952 při hladině normálního nadržení na kótě 500,90 m n. m.

Dlouhodobý průměrný průtok Q_a v $l.s^{-1}$:	5,7
Roční objem průtoku v m^3 :	179 755
Původní objem zátopy v m^3 :	9400
Doba zdržení ve dnech:	19,1

3.2 MVN Přestavky

MVN Přestavky je průtočná závlahová nádrž, která byla vybudována v 60. letech 20. století na Kněžatickém potoce jako součást hydromelioračních opatření na zemědělských pozemcích. Nádrž se nachází v k.ú. Přestavky u Čerčan, v okrese Benešov u Prahy, ve Středočeském kraji. Výměra nádrže dle KN je 0,43 ha.

3.2.1 Povodí nádrže

Zájmovým územím je povodí MVN Přestavky ležící na Kněžatickém potoce, který je také někdy označován jako Doubravice. Plocha dílčího povodí je 2,01 km².

3.2.1.1 Vymezení povodí

Závěrovým profilem řešeného povodí je hráz MVN Přestavky, která leží na korytě Kněžatického potoka v profilu ř. km 2,150. Od závěrového profilu vede rozvodnice na levém břehu západním směrem až na vrchol Vepří (481,3 m n. m.), který leží severně od obce Přestavky. Odtud rozvodnice vede jižním směrem po západním okraji obce Přestavky, resp. protíná obec a dál směřuje na jih mírným obloukem přes táhlou hřbetnici až na vrch Častovka (478 m n. m.). Jižně od Častovky (západně od obce Čistec) protíná rozvodnice bezejmenný vrch a dále kopec Trkotín s kótou 518 m n. m. Z kopce Trkotín vede hranice povodí východním směrem, přes jižní okraj obce Čistec k sedlu s kótou 436 m n. m. Odtud se hranice stáčí jihovýchodním směrem k vrchu Meduná (499,6 m n. m.), odkud vede na sever, protne silnici II/109 a ostrým obloukem obejde obec Vranovská Lhota. Na severním okraji Vranovské Lhoty se rozvodnice stáčí na sever a následně na severozápad až k MVN Přestavky.

3.2.1.2 Klimatické podmínky

Zájmové území se dle Atlasu krajiny České republiky rozkládá na hranici teplé a mírně teplé klimatické oblasti (1901-2000), průměrná roční teplota je v rozmezí 7 - 8 °C, průměrný roční úhrn srážek je 600 - 650 mm a průměr sezónních úhrnů výšky nového sněhu je 4 - 8 cm. [atlas.]

Dle Quitta se povodí nachází na rozmezí klimatické oblasti MT10 a MT11, která jsou mimo jiné charakterizována počtem letních dní 40-50, počtem dnu s průměrnou teplotou rovnou nebo vyšší 10 °C 140-160, průměrnou teplotou v lednu od -2 do -3 °C, průměrnou teplotou v červenci 17-18 °C, srážkovým úhrnem ve vegetačním období 400-450 mm resp. 350-400 mm, srážkovým úhrnem v zimním období 200-250 mm a počtem dnů se sněhovou pokrývkou 50-60.

Dle kódu BPEJ je území součástí klimatického regionu MT2, který je charakterizován jako mírně teplý, mírně vlhký s průměrnou roční teplotou 7-8 °C a průměrným úhrnem srážek 550-650 (700) mm.

Dle hydrologických dat od ČHMÚ převzatých z MPŘ nádrže Přestavky je průměrný roční srážkový úhrn roven 640 mm. Teplejší klima je dáno především nadmořskou výškou, která se v území pohybuje v rozmezí 358 – 518 m n. m.

Tabulka 11: klimatická charakteristika povodí MVN Přestavky

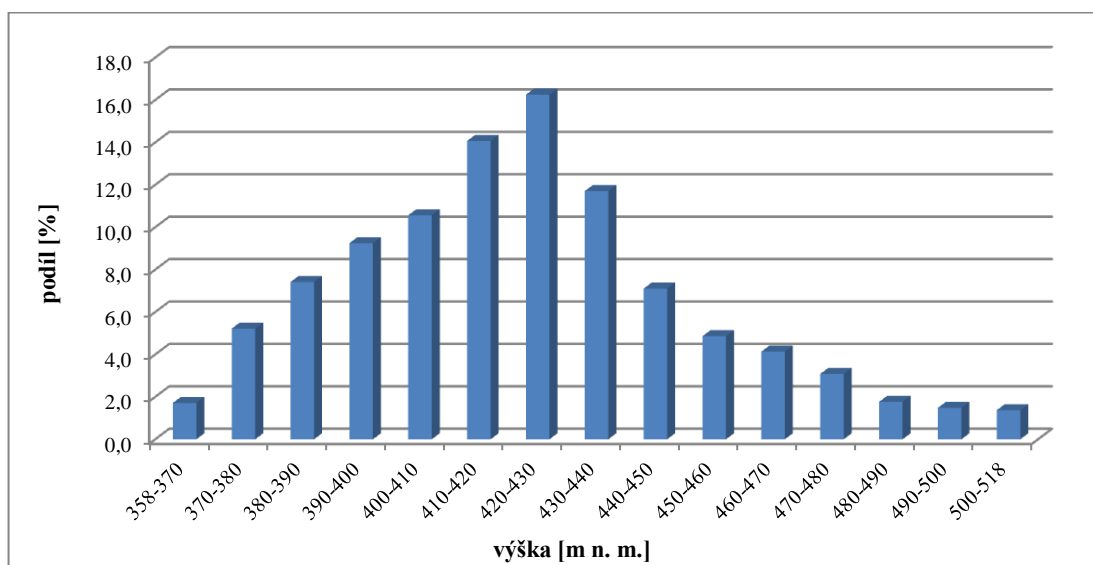
Klimatický region	MT2
Průměrná roční teplota	7 - 8
Průměrný roční úhrn srážek	640
Klimatická oblast dle Quitta	MT10/MT11
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 - 450/350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 250

3.2.1.3 Geomorfologická charakteristika

Řešené povodí Kněžatického potoka je z geomorfologického hlediska součástí Benešovské pahorkatiny, čemuž odpovídá zvlněný reliéf.

Hlavní osou zájmového území je údolí PBP Kněžatického potoka, které je orientováno severojižním směrem. PBP Kněžatického potoka (PBP1) svojí délkou i plochou povodí k profilu soutoku Kněžatický potok převyšuje. Soutok Kněžatického potoka a PBP1 se nachází bezprostředně nad řešenou nádrží MVN Přestavlky. Třetí významnější vodoteč ústí jako pravostranný přítok do PBP1 jen několik desítek metrů dál proti proudu. Celé území je tak tvořeno třemi údolními, která se prstencově rozbíhají prakticky na západ, jih a jihovýchod. Krajiní údolí jsou výrazně menší než údolí PBP1. Jednotlivá údolí jsou oddělena mírnými hřbety. Šířka údolí i sklony jejich svahů jsou prakticky v celé jejich délce poměrně vyrovnané. Pouze údolí PBP1 Kněžatického potoka se ve střední části zužuje a zařezává do terénu. Šířka nivy VT na dně údolí se pohybuje do 50 m. Na severozápadním, západním a jižním okraji povodí se svahy údolí zvedají k relativně strmým vrchům (Vepří, Častovka, Trkotín, Meduná). Naopak na východě je hranice povodí tvořena mírně sklonitými hřbety a tak i svahy údolí ve východní části povodí jsou mírnější.

Nejvyšším místem povodí je vrchol kopce Trkotín s kótou 518 m n. m. Nejnižším bodem povodí je koryto Kněžatického potoka v závěrovém profilu (spodní výpust MVN) s kótou dna 358 m n. m. Převýšení v území je tak 160 m. Údolí PBP1 Kněžatického potoka začíná pod vrchem Trkotín ve výšce 504 m n. m. Délka údolí až k nádrži Přestavlky je 2,0 km a převýšení činí 146 m. Podélný sklon údolnice je 7,3 %. Střední výška povodí je 422 m n. m. Podíl nadmořských výšek na ploše řešeného povodí je zobrazen graficky na obrázku 6. Podíly výšek na ploše povodí plynule stoupají až k hodnotě 430 m n. m. Cca 2/3 území se nachází v rozmezí výšek 400 - 450 m n. m. V tomto rozmezí se nachází většina orné půdy. Polohy s výškou 450 - 518 m n. m. tvoří jen 17 % území. Jedná se o nejvyšší zalesněné polohy v západní a jižní části povodí. Průměrný sklon svahů v povodí je 13,0 %. Maximálních sklonů dosahuje terén v západní části povodí (až 50 %). Naopak poměrně mírně sklonité svahy se nacházejí ve východní části povodí.



Obrázek 6: graf podílu nadmořských výšek na ploše povodí MVN Přestavlky

3.2.1.4 Geologická charakteristika

Povodí Kněžatického potoka je součástí Českého masivu, Moldanubické oblasti, Středočeského plutonu resp. bohemia – Barrandienu. Území je z větší části budované hlubinnými magmatity stáří svrchního paleozoika, které náleží k středočeskému plutonu. V centrální a spodní části povodí se jedná o granodiorit, tonalit a křemenný diorit. V jihovýchodním cípu povodí pod vrchem Meduná se jedná o granit a křemenný diorit. Západní část povodí je tvořena staršími metamorfity ze svrchního proterozoika (barrandien). Metaforfity tvoří pás směřující od severu k jihu. V této části převládá fylická břidlice stáří svrchního proterozoika, která je pouze v nejvyšších partiích doplněna krystalickými vápenci svrchního proterozoika až spodního paleozoika. Dále jsou fylické břidlice prostoupeny magmatickými intruzemi v podobě porfyrů stáří svrchního proterozoika až spodního paleozoika. Pokryvné útvary tvoří v údolích vodních toku nezpevněné sedimenty kvartérního stáří. Ve středních polohách se jedná o svahové sedimenty (hlíny, kameny) a naváté sedimenty (hlíny, písek, štěrk). V okolí horních úseků vodních toku se nacházejí splachové sedimenty (hlíny, písek, štěrk). Na středním toku Kněžatického potoka je údolí vyplněno nivními sedimenty (hlína, písek, štěrk).

3.2.1.5 Pedologická charakteristika

Dominantním půdním typem v zájmovém území je kambizem. Ve východní části povodí převládá kambizem modální. V západní části povodí se v nižších částech údolí nachází kambizem luvická resp. luvizem modální (11 % plochy území), na kterou ve vyšších částech svahu opět navazuje kambizem modální. Celková plocha kambizemě modální je 53 % plochy území. V nejvyšších polohách na západě území se nachází půdy vzniklé na svažitém reliéfu (25 % plochy území), na které se nacházejí lesní pozemky. V bezprostřední blízkosti vodních toku tvoří půdní pokryv kambizemě glejové a oglejené a glej modální. Na těchto půdách se nacházejí převážně pozemky s TTP a celkem tvoří 10 % plochy území.

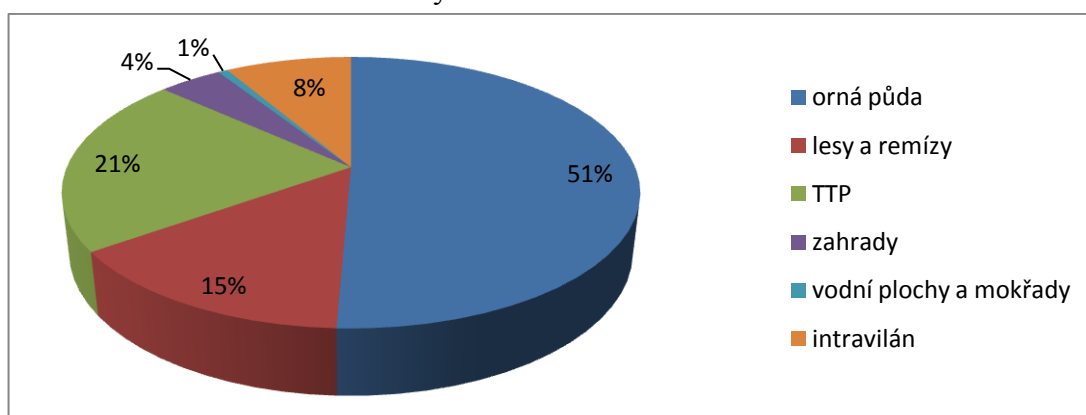
Tabulka 12: zastoupení půdních typů v povodí MVN Přestavlky

HPJ	název	plocha (ha)	podíl (%)	součinitel erodovatelnosti K	hydrologický typ pro CN
15	kambizem luvická (luvizem modální)	21,8	11	0,51	B
27	kambizem modální	68,1	34	0,34	B
29	kambizem modální	38,9	19	0,32	B
40	půdy na silně svažitém reliéfu	50,7	25	0,24	B
47	kambizem glejová	1,2	1	0,43	C
48	kambizem oglejená	5,0	3	0,41	C
50	kambizem oglejená	3,0	2	0,33	C
64	glej modální	1,8	1	0,40	C
68	glej	9,8	5	0,49	D

3.2.1.6 Využití území

Zájmové území je využíváno převážně zemědělským způsobem, což je dáno relativně příznivými klimatickými, morfologickými a pedologickými podmínkami. Zemědělské pozemky tvoří cca 70 % plochy povodí. Největší podíl ze zemědělsky využívaných pozemků zaujímá orná půda (102 ha) a tvoří tak polovinu celkové

plochy povodí (51 %). Pozemky s ornou půdou tvoří v povodí 12 bloků orné půdy, které jsou rozptýlené v celé ploše povodí. Zbývající zemědělské pozemky jsou využívány jako trvalé travní porosty (15 %) a zahrady (4 %). Pozemky s TTP jsou situovány v blízkosti vodních toků a jedná se o mechanicky sečené louky. Zahrady se nacházejí v intravilánu obcí Přestavky a Čistec. Lesy a remízy zaujímají plochu 29 ha a tvoří cca 1/5 plochy povodí. Lesy se nacházejí v nejvyšších a nejsklonitějších částech povodí na západní hranici povodí (vrchy Vepří, Častovka a Trkotín). Lesní pozemky jsou doplněny remízami, které jsou roztroušené v okolí vodních toků. Zbytek povodí tvoří vodní plochy a mokřady (0,6 %) a zpevněné plochy v intravilánu obcí (8,5 %). Zpevněné plochy (budovy, dvory, komunikace) tvoří velkou část povodí díky dvojici obcí v povodí (Přestavky a Čistec) a díky rozsáhlému areálu zemědělského družstva Přestavky.



Obrázek 7: graf využití povodí MVN Přestavky

3.2.1.7 Využití území v minulosti

MVN Přestavky je účelová nádrž, která byla postavena v 60. letech 20. století jako závlahová nádrž pro blízké zemědělské pozemky. Doba její výstavby se kryje s obdobím scelování polí a úprav krajiny. Během provozu stavby nedošlo k výrazné změně ve způsobu využití území. Hodnocení stavu krajiny v minulosti na základě map stabilního katastru a leteckých snímků z 50. let nebylo vzhledem ke stáří nádrže provedeno.

3.2.1.8 Definice bloků orné půdy a jejich morfologie

Zemědělské pozemky využívané jako orná půda tvoří v řešeném povodí celkem 12 bloků orné půdy. Bloky orné půdy se nacházejí v celé ploše povodí.

V zájmovém území na zemědělských pozemcích hospodaří společnost AGRO Přestavky, a.s. Předmětem zájmu firmy je rostlinná i živočišnou výroba. Na jimi obdělávaných pozemcích se pěstuje pšenice ozimá, triticales ozimé, ječmen jarní, oves, řepka ozimá, jetel, vojtěška, kukuřice na siláž, ječmen ozimý, pšenice jarní.

Průměrná plocha jednoho bloku orné půdy je cca 8,5 ha. Největší blok má plochu 23,6 ha.

3.2.2 Vodopisná síť

3.2.2.1 Charakteristika hydrografické sítě

Řešené povodí má vějířovitý tvar. Jeho plocha je 2,01 km², délka je 1,99 km. Charakteristika povodí α (podíl plochy povodí k druhé mocnině délky povodí) má hodnotu 0,51. Říční síť v zájmovém území je tvořena Kněžatickým potokem (někdy nazývaným Doubravicí) a hlavním pravostranným bezejmenným přítokem

Kněžatického potoka (PBP1). Uspořádání říční sítě v řešeném území je vějířovité až listovité. Osu sítě tvoří PBP1 Kněžatického potoka. Hustota říční sítě 1,6 km.km⁻².

Kněžatický potok (ID 10101211) je levostranným přítokem Sázavy, do které ústí pod objektem jezu v obci Poddubí. Jedná se o vodní tok 4. řádu s číslem hydrologického pořadí 1-09-03-122. Vodní tok pramení na jižním okraji obce Přestavlky ve výšce 395 m n. m. Pramenem je drobný nebeský rybník na samém okraji obce. Od pramene tok směřuje východním směrem až k soutoku s PBP1. Následně se VT stáčí doleva a směřuje na sever až k ústí do Sázavy v nadmořské výšce 273 m n. m. Celková délka toku je 2,89 km, průměrný podélný sklon vodního toku je 4,2 %. Celková plocha povodí je 4,537 km².

Řešeným úsekem vodního toku je jeho horní část. Závěrovým profilem dílčího povodí je hráz MVN Přestavlky, která leží na ř. km 2,15. Délka řešeného úseku Kněžatického potoka od pramene k tělesu hráze je 0,81 km a plocha dílčího povodí je 2,01 km². Pramenem je drobný nebeský rybník na samém okraji obce Přestavlky ve výšce 395 m n. m. Převýšení je 37 m a průměrný podélný sklon v daném úseku je 4,5 %.

Osou vodopisné sítě i celého území však není Kněžatický potok, ale jeho pravostranný přítok PBP1, s kterým se stéká cca 70 m nad MVN Přestavlky. Kromě těchto dvou toků tvoří vodopisnou síť v povodí další tři drobné vodoteče. Základní parametry Kněžatického potoka, PBP1 i jednotlivých přítoků jsou uvedeny přehledně v tabulce 13. Parametry VT byly získány analýzou v programu ArcGIS. Hodnoty průtoku Q_a jsou počítány jen na základě poměru povodí.

Tabulka 13: vodopisná síť povodí MVN Přestavlky

Název VT	Plocha povodí [ha]	Podíl plochy povodí [%]	Délka [m]	Převýšení [m]	Sklon [%]	Q_a [l/s]
Kněžatický potok	200,5	100	810	25	3,1	8,0
PBP1	130,9	65	1550	84	5,4	5,2
PBP1-1	33,5	17	390	20	5,1	1,3
PBP1-1-1	12,9	6	150	8	5,3	0,5
PBP1-2	25,9	13	310	18	5,8	1,0

Přítok PBP1 - jedná se o hlavní vodní tok území, který délkou i průtokem překoná Kněžatický potok. PBP1 pramení v obci Čistec ve výšce 450 m n. m. a se svými přítoky odvodňuje většinu plochy řešeného povodí (65 %). VT se do Kněžatického potoka zaústí nad MVN Přestavlky ve výšce 366 m n. m. Celková délka toku je 1,55 km, převýšení 84 m a podélný sklon 5,4 %.

Přítok PBP1-1 - je první ze dvou pravostranných přítoků PBP1. Tento vodní tok odvodňuje východní část povodí a protéká třetím a nejmenším údolím tvořících reliéf povodí. Celková délka toku je 0,39 km, převýšení je 20 m a průměrný podélný sklon je 5,1 %. Koryto vodního toku je v celé délce regulované. V pramenné části je VT zatrubněn. Před zaústěním do PBP1 se na korytě VT nachází MVN 1. Území dílčího povodí je z větší části tvořeno ornou půdou.

Přítok PBP1-1-1 - je jednou ze dvou pramenných větví PBP1-1. Délka toku je 0,15 km. VT je v celé délce zatrubněn.

Přítok PBP1-2 - je druhým pravostranných přítoků PBP1. VT pramení v území mezi Vranovskou Lhotou a obcí Čistec v místě podmáčené louky. Celková délka toku je 0,31 km, převýšení je 18 m a průměrný podélný sklon je 5,8 %. Na větší části

protéká VT přirozeným korytem v mělkém zalesněném údolí. Území dílčího povodí je tvořeno pouze ornou půdou a TTP.

3.2.2.2 Vodní nádrže v povodí

MVN Přestavlky je prostřední z kaskády 4 průtočných nádrží na horním toku Kněžatického potoka resp. na jeho pravostranném přítoku. Nejspodnější nádrž z této kaskádové soustavy již do zájmového území nepatří a "soustava" je tak v zájmovém území tvořena pouze třemi nádržemi. Další průtočná nádrž se nachází na korytě Kněžatického potoka na okraji obce Přestavlky. Průtočné nádrže jsou doplněny dvojicí nebeských nádrží v pramenné části Kněžatického potoka a jeho přítoku PBP1. Největší nádrž v řešeném povodí je nádrž V zatáčky s plochou cca 0,8 ha, ostatní nádrže jsou výrazně menší a jejich výměra nepřesahuje 0,15 ha.

Základní charakteristiky jednotlivých nádrží jsou uvedeny v tabulce 14. Prostou analogií a přepočtem přes podíl plochy povodí byl spočítán průtok Q_a pro jednotlivé nádrže. Na základě změřené hloubky u spodní výpusti nádrže a odečtené plochy zátopy byly spočítány objemy nádrží a následně i doby zdržení.

Tabulka 14: nádrže v povodí MVN Přestavlky

Nádrž	VT	Plocha zátopy (ha)	Zásobní objem (m ³)	Plocha povodí (ha)	Q_a (l/s)	Celoroční přítok (m ³)	Doba zdržení T (dny)
V zatáčky	PBP1	0,79	5267	131,0	5,2	164799	12
MVN 1	PBP1-1	0,13	953	33,5	1,3	42214	8
MVN 2	PBP1	0,08	272	11,3	0,5	14249	7
MVN 3	Kněžatický p.	0,10	338	43,5	1,7	54791	2
MVN 4	Kněžatický p.	0,02	67	28,2	1,1	35469	1

V zatáčky - rybník leží na korytě PBP1 Kněžatického potoka 70 m nad soutokem s Kněžatickým potokem resp. 130 m nad nádrží Přestavlky. Jedná se o průtočnou nádrž s čelní vydutou hrází. Jedná se o novodobou nádrž realizovanou patrně v 90. letech 20. století. Plocha zátopy je dle zabaged 0,79 ha a tato hodnota odpovídá i skutečnému stavu. Délka hráze je 130 m a její výška je 3 m. Výpustním objektem je dřevěný požerák. Maximální hloubka u výpustního objektu je 2,5 m. Čelní bezpečnostní přeliv je umístěn v levém zavázání hráze. Bezprostředně nad nádrží V zatáčky byla na korytě PBP1 vybudována usazovací tůň s rozměry 10x7 m.

MVN 1 - poslední z kaskády průtočných rybníků se nachází na PBP1-1 bezprostředně nad soutokem s PBP1. Jedná se o novodobou stavbu z 2. poloviny 20. století (na mapách z 19. století ani na leteckých snímcích z 50. let 20. století není zachycena). Plocha zátopy 0,13 ha. Délka čelní hráze je 40 m a její výška je 2,5 m.

MVN 2 - jedná se o nebeskou nádrž, která je pramenem PBP1. Nádrž leží na severním okraji obce Čistec. Stejně jako u předchozí nádrže se jedná se o novodobou stavbu z 2. poloviny 20. století (na mapách z 19. století ani na leteckých snímcích z 50. let 20. století není zachycena). Nádrž byla patrně vybudována souběžně se silnicí na severovýchodním okraji obce Čistec, neboť hráz nádrže tvoří zároveň silniční násep této komunikace. Plocha zátopy je 0,08 ha. Délka čelní hráze je 50 m. Výška hráze je 3 m.

MVN 3 - jedná se o průtočnou nádrž na korytě Kněžatického potoka. Nádrž se nachází na jižním okraji obce Přestavlky. Jedná se o novodobou stavbu z 2. poloviny

20. století (na mapách z 19. století ani na leteckých snímcích z 50. let 20. století není zachycena). Plocha zátopy 0,10 ha. Délka čelní hráze je 40 m. Výška hráze je 3 m.

MVN 4 - jedná se o nebeskou nádrže, která je pramenem Kněžatického potoka, ležící na jižním okraji obce Přestavlky. Nádrž je zachycena již na leteckých snímcích z 50. let. Plocha zátopy dle zaběhu je 0,08 ha. V současnosti je nádrž vypuštěna a nefunkční.

Kromě výše popsaných nádrží se v zájmovém území nachází další tři drobné nádrže, které však nejsou napojeny na stálovodní vodní tok. Dvě takové nádrže se nacházejí na soukromé zahradě nad MVN 4 a mají charakter zahradního jezírka. Třetí nádrž se nachází v blízkosti pramene PBP1-2 na okraji remízu. Vzhledem k velikosti těchto nádrží nejsou v rámci výpočtu zohledněny.

3.2.3 Nádrž Přestavlky

MVN Přestavlky je průtočná nádrž na horním toku Kněžatického potoka v k.ú. Přestavlky u Čerčan, v okrese Benešov, v Středočeském kraji. Jedná se o relativně novou stavbu z 2. poloviny 20. století. Katastrální plochou zátopy je 0,43 ha.

3.2.3.1 Historie a původní účel nádrže

MVN Přestavlky byla postavena v 1. polovině 60. let 20. století v rámci hydromelioračních úprav na zemědělských pozemcích v k.ú. Přestavlky. Cílem úprav bylo odvodnění podmáčených luk a zároveň vybudování zavlažovacího systému. MVN Přestavlky byla postavena jako zásobní nádrž s možností odběru vody pro závlahu blízkých zemědělských pozemků, které měly sloužit pro pěstování zeleniny a dalších plodin náročných na vláhu. Součástí nádrže tak byl i odběrný objekt na levém břehu nádrže. Nádrž nebyla primárně určena k chovu ryb, čemuž odpovídá i její charakter (velká hloubka nádrže při relativně malé ploše zátopy). Nádrž nebyla nikdy pravidelně vypouštěna.

Kromě MVN Přestavlky došlo v rámci hydromelioračních úprav k regulaci koryt VT a plošnému odvodnění podmáčených pozemků, což vedlo k výraznému narušení vodního režimu krajiny.

V současnosti je nádrž z větší části zanesená sedimentem a zarůstá náletem a hdygrofyty. Vzhledem k nedostatečné údržbě došlo i k zanesení a ucpání výpustního objektu a nádrž je v současnosti nevypustitelná. V roce 2013 byla nádrže geodeticky zaměřena a následně byla zpracována projektová dokumentace rekonstrukce a odbahnění nádrže firmou AV ProENVI, s.r.o. Vzhledem k složitým majetkoprávním vztahům však nebyla stavba realizována.

3.2.3.2 Základní popis

MVN Přestavlky je jedna ze čtyř nádrží tvořící kaskádu na horním toku Kněžatického potoka a jeho přítocích pod obcí Přestavlky. Jedná se o průtočnou nádrž s čelní přímou hrází. Půdorysný tvar zátopy je přibližně trojúhelníkový. Velikost zátopy je v současnosti cca 0,30 ha (resp. 0,13 ha). Maximální hloubka nádrže u spodní výpusti je 3,5 m. Nádrž je v současnosti prakticky celá zanesená sedimentem a velká část plochy nádrže je zarostlá vegetací.

Zemní hráz je čelní a má přímý půdorysný tvar. Postavena byla jako nehomogenní hráz se středním jílovým jádrem. Pro zamezení průsaku bylo podloží utěsněno štětovou stěnou ze štětovic Larsen délky 5 m zaražených do nepropustné spodiny. Délka hráze je cca 65 m. Šířka hráze v koruně je 3,5 m. Maximální výška hráze je 3,5 m. Sklon vzdušného svahu 1:1,6 m, sklon návodního svahu 1:2. Návodní líc je opevněn kamennou dlažbou tloušťky, která je v patě hráze opřena o kamenný zához.

Bezpečnostní přeliv je umístěn při zavázání hráze do levého břehu. Jedná se o přímý bezpečnostní přeliv s lichoběžníkovým profilem. Šířka přelivné hrany je 3,7 m, sklon břehů 1:5, konstrukční délka 3,8 m. Kóta přelivné hrany bezpečnostního přelivu je 361.29 m n. m. Bezpečnostní přeliv je upraven do podoby opevněného brodu umožňující přejezd zemědělské techniky. Přelivná hrana i břehy jsou opevněny kamennou dlažbou do betonu.

Na bezpečnostní přeliv navazuje hladký kamenný skluz, který je ukončen vývarem. Délka skluzu je 6,2 m, podélný sklon je 1:2 (50 %). Skluz ve dně i březích je stejně jako bezpečnostní přeliv opevněn kamennou dlažbou do betonu. Voda pod hladkým skluzem je uklidněna v opevněném vývařišti. Na vývařiště navazuje odpadní koryto s lichoběžníkovým příčným profilem. Koryto je opevněno kamennou dlažbou v délce cca 15 m. Opevněné koryto postupně přechází v přirozený vodní tok.

Spodní výpust je trubní s výpustním zařízením typu požerák. Uzavřený jednoduchý betonový požerák má půdorysný tvar čtverce 1,5x1,5 m. Výška konstrukce požeráku je 4,0 m. Ve stěně požeráku jsou umístěny profily pro osazení dluží šířky cca 0,9 m. V současnosti však dlužé v požeráku chybí. Odpadní potrubí má dle PD průměr 300 mm. V současnosti je odpadní potrubí od požeráku zanesené a ucpané. Vyústění odpadní trouby na vzdušném svahu hráze není v současnosti patrné.

3.2.3.3 Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění

Katastrální výměra zátopy je cca 0,43 ha. Původní plocha zátopy po realizaci byla 0,37 ha. Nádrž je však silně zanesena sedimentem. V nátokové části nádrže o ploše 0,07 ha je sediment akumulován nad úroveň hladiny normálního nadržení a jeho povrch zarůstá náletem (vrby). Aktuální zaměřená plocha zátopy při úrovni hladiny na kótě 361,29 m n. m. je tak pouze 0,30 ha. Přibližně na 3/5 zbývajících plochy zátopy (0,17 ha) dosahuje sediment až k úrovni hladiny normálního nadržení. Zátopa je v této části nádrže zcela zarostlá hygropyty. Ve zbývajících 2/5 plochy zátopy (pás od objektu požeráku podél levého břehu) je zachována volná hladina, hloubka vody ale nepřesahuje 0,5 m. Mocnost sedimentu u objektu požeráku dosahuje přibližně 3,2 m. Celkový objem sedimentu v prostoru zátopy nádrže je 3800 m³.

Období, po které docházelo k zanášení nádrže, je vymezeno rokem výstavby nádrže (1963) a rokem zaměření sedimentu (2013). Za toto období délky 50 let se v prostoru zátopy zachytilo 3800 m³, což odpovídá cca 152 t akumulovaných v nádrži každý rok existence. Při přepočtu na plochu povodí se jedná o 0,76 t.ha⁻¹.rok⁻¹.

V rámci stavby „MVN Přestavky - rekonstrukce“ bylo odtěžení sedimentu navrženo jako samostatný stavební objekt SO 1 – Odtěžení sedimentu a úprava zátopy. Na základě provedených rozborů měl být veškerý vytěžený sediment uložen na skládku jako odpad. Celkové náklady na realizaci stavebního objektu SO 1 činí 3,705 mil Kč (bez DPH). Cena samotného odtěžení sedimentu o celkovém objemu 3800 m³ je 0,786 mil Kč (bez DPH). Náklady na další manipulaci s vytěženým sedimentem jsou 2,000 mil Kč (bez DPH). Poplatek za uložení odpadu na skládku (skládkovné) je dle PD 760 tis. Kč. Celková cena za odtěžení a uložení sedimentu je 3,546 mil Kč.

3.2.3.4 Hydrologická charakteristika

Hydrologická data

Hydrologická data jsou převzata z Manipulačního a provozního řádu MVN Přestavlky.

Vodní tok:	Kněžatický potok
Číslo hydrologického povodí:	1-09-03-122
Profilu:	hráz MVN Přestavlky
Plocha povodí A v km ² :	2,005
Dlouhodobá prům. roční výška v mm:	640
Dlouhodobý průměrný průtok Q _a v l.s ⁻¹ :	8,0
Třída přesnosti:	IV.

Tabulka 15: M-denní průtoky Q_{Md} v profilu MVN Přestavlky

M	30	60	90	120	150	180	210
Q_{Md} [l.s⁻¹]	19,0	13,0	10,0	8,0	6,5	5,5	4,7
M	240	270	300	330	355	364	Tř.
Q_{Md} [l.s⁻¹]	4,0	3,0	2,5	2,0	1,0	1,0	IV.

Tabulka 16: N-leté průtoky Q_N v profilu MVN Přestavlky

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m³.s⁻¹]	1,7	2,0	2,8	3,5	4,4	6,0	7,5

Na základě známých dat byly spočítány hodnoty specifických odtoků pro průměrný dlouhodobý odtok a pro povodňový odtok odpovídající Q₁₀₀:

Specifický průměrný odtok z povodí (q _a) v l.s ⁻¹ .km ⁻² :	4,0
Specifický povodňový odtok z povodí (q ₁₀₀) v m ³ .s ⁻¹ .km ⁻² :	3,74

Hodnota specifického průměrného odtoku z povodí koresponduje s průměrnými odtoky v této oblasti. Např. pro povodí Konopištského potoka k měrnému profilu v Poříčí nad Sázavou je hodnota specifického odtoku 4,49 l.s⁻¹.km⁻².

Objemy a zátopy

Zde jsou uvedeny hodnoty zatopených ploch a objemů nádrže pro současný stav, kdy je nádrž zanesena sedimentem, tak i pro původní stav. Zdrojem informací o současném stavu byla PD rekonstrukce MVN Přestavlky. Hodnoty původního objemu a plochy zátopy byly převzaty z původní PD stavby.

Kóta hladiny daná hranou BP:	361,29 m n. m.
Kóta dna:	357,80 m n. m.
Plocha zátopy (1962):	3700 m ²
Plocha zátopy (2013):	3000 m ² (resp. 1300 m ²)
Objem zátopy (1962):	4200 m ³
Objem zátopy (2013):	400 m ³

Doba zdržení

Doba zdržení pro MVN Přestavlky po dokončení stavby je spočítána na základě dlouhodobého průměrného průtoky a výchozího objemu zátopy při hladině normálního nadržení.

Dlouhodobý průměrný průtok Q _a v l.s ⁻¹ :	8,0
Roční objem průtoky v m ³ :	252 290
Původní objem zátopy v m ³ :	4 200
Doba zdržení ve dnech:	6,08

3.3 MVN Kocourek

MVN Kocourek je historická průtočná nádrž, která se nachází na hranici k. ú. obcí Domamyšl a Bradáčov, v okrese Tábor, v Jihočeském kraji. Nádrž leží na Novomlýnském potoce v těsné blízkosti mlýna Kocourek, pro jehož pohon byla nádrž v minulosti využívána. Katastrální výměra nádrže je 1,26 ha.

3.3.1 Povodí nádrže

Zájmovým územím je povodí rybníka Kocourek, který leží na Novomlýnském potoce. Plocha dílčího povodí k závěrovému profilu je 5,10 km². Povodí Novomlýnského má č.h.p. 1-09-02-037 a je součástí povodí Trnavy.

3.3.1.1 Vymezení povodí

Závěrovým profilem je těleso hráze MVN Kocourek (ř. km 5,500), od které vede rozvodnice na levém břehu severním směrem přes lesní pozemek a blok orné půdy k obci Horní světlá. Mezi obcemi Horní světlá a Bradáčov tvoří rozvodnici silnice III/12415. Od obce Bradáčov rozvodnice pokračuje severozápadním směrem k vrchu Úlehle (698 m n. m.) a dále západním směrem k vrchu Na Jablonce (691 m n. m.). Z tohoto místa vede hranice povodí přes bezejmenný vrch s kótou 688 m n. m. a přes mírné sedlo k vrchu Hranice (705 m n. m.), který je nejvyšším místem povodí. Od vrchu Hranice se rozvodnice stáčí jihovýchodním směrem a směřuje přes lesní pozemky (Přírodní park Polánka) k vrchu Na Čtvrtce (673 m n. m.) nad obcí Domamyšl. Z tohoto místa vede dál severovýchodním směrem přes severní část obce Domamyšl podél silnice III/1294 k Mladé Domamyšli, kde se rozvodnice stáčí na sever k MVN.

3.3.1.2 Klimatické podmínky

Zájmové území náleží dle Atlasu krajiny ČR do mírně teplé klimatické oblasti (1901-2000). Průměrná roční teplota je v rozmezí 5 - 6 °C, průměrný roční úhrn srážek je 650 - 700 mm, průměr sezónních úhrnů výšky nového sněhu je 10 - 15 cm.

Dle Quitta patří povodí do klimatické oblasti MT3, která je mimo jiné charakterizována počtem letních dní 20-30, počtem dnu s průměrnou teplotou rovnou nebo vyšší 10 °C 120-140, průměrnou teplotou v lednu od -3 do -4 °C, průměrnou teplotou v červenci 16-17 °C, srážkovým úhrnem ve vegetačním období 350-450 mm, srážkovým úhrnem v zimním období 250-300 mm a počtem dnů se sněhovou pokrývkou 60 - 100.

Dle kódu BPEJ se povodí nachází v klimatickém regionu MCH (mírně chladný a vlhký region). Pro klimatický region MCH platí hodnota průměrné roční teploty v rozmezí 5 - 6 °C a průměrnými ročními srážkovými úhrny se pohybuje v rozmezí 700 - 800 mm. Základní klimatické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17: klimatická charakteristika povodí MVN Kocourek

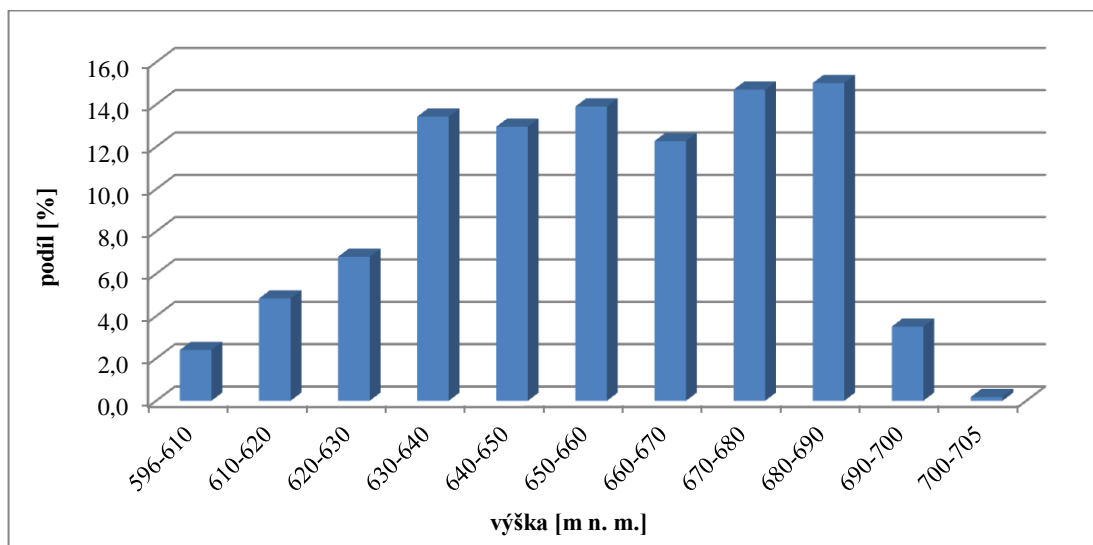
Klimatický region	MCH
Průměrná roční teplota	5 - 6
Průměrný roční úhrn srážek	650 - 700/800
Klimatická oblast dle Quitta	MT3
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300

3.3.1.3 Geomorfologická charakteristika

Zájmové území je součástí geomorfologické provincie Česká vysočina, Českomoravské subprovincie, oblasti Českomoravská vrchovina, geomorfologického celku Křemešnická vrchovina, podcelku Pacovská pahorkatina.

Geomorfologickému začlenění odpovídá zvlněný reliéf, který má charakter pahorkatiny až vrchoviny. Osou území je vlastní tok Novomlýnského potoka a jeho údolí, které je orientované severojižním směrem. Délka údolí je cca 3,52 km. Vodní tok pramenní pod nevýrazným sedlem mezi vrchy Úlehle a Na Jablonce ve výšce 663 m n. m. Z poměrně ploché pramenné části postupně vzniká mělce zahloubené údolí s nivou šířky nanejvýš 10 m. Ve střední části, v místě zaústění přítoků od obce Bradáčov i ze západní zalesněné části povodí, se údolí Novomlýnského potoka mírně rozšiřuje. Ve spodní části nad nádrží Kocourek se však opět uzavírá. Na údolí Novomlýnského potoka jsou prakticky kolmo napojeny menší údolí přítoků. Okrajové části povodí jsou tvořené plochými vrchy a dlouhými mírnými hřebeny. Svahy jsou orientované převážně východním a západním směrem (dáno severojižním směrem údolí).

Nejnižším bodem je závěrový profil (spodní výpust nádrže) s kótou 596 m n. m. Nejvyšším místem je vrch Hranice (705 m n. m.) na západní hranici povodí. Celkové převýšení je tedy 106 m. Střední výška povodí je 655,54 m n. m. Podíl nadmořských výšek na ploše řešeného povodí je zobrazen graficky na obrázku 8. Většina povodí se nachází v rozmezí výšek 630 - 690 m n. m. V tomto rozmezí se nachází 82 % plochy povodí a rozdělení výšek je v tomto úseku poměrně vyrovnané. Polohy s nižší nadmořskou výškou tvoří 14 % povodí. Jedná se o spodní část údolí Novomlýnského potoka. Výše položené části povodí nad 690 m n. m. zaujímají pouze 4 % plochy povodí, což jsou vrchy a hřebeny na severozápadě povodí. Průměrný sklon svahů v povodí je 7,2 %. Území s největším sklon se nachází v západní části povodí (lesní pozemky) a dále jižní části, kde se údolí Novomlýnského potoka uzavírá. Obecně nejvyšších sklonů dosahují sklony ve střední a spodní části, v blízkosti vodních toků. Maximální sklon terénu je až 33 %. Expozice svahů je převážně severovýchodní až jihovýchodní. Délka údolnice je 3,52 km a její průměrný podélný sklon je 2,3 %.



Obrázek 8: graf podílů nadmořských výšek na ploše povodí MVN Kocourek

3.3.1.4 Geologická charakteristika

Z regionálně-geologického hlediska náleží území k Českému masivu, oblasti moldanubické - Šumavy a jižních Čech. Předkvarterní skalní podloží tvoří horniny krystalinika, především biotitická pararula a sillimanit-boititická pararula. Pararuly jsou většinou hluboko a nepravidelně zvětrány. V západní části povodí jsou pararuly doplněny amfibolitem a žilným křemenem. Kvartérní pokryv v dané lokalitě tvoří v blízkosti vodních toků fluvialní sedimenty do mocnosti dvou metrů, charakteru písčitých hlín a jílovitých hlín písčitých. Na svazích údolí se jedná o deluviální písčítokamenité a hlinitokamenité sutě s mocností do dvou metrů.

3.3.1.5 Pedologická charakteristika

Nejčastěji zastoupenou HPJ je 34, do které patří kambizemě dystrické, modální mezobazické i kryptopodzoly. Dle charakteristiky (BPEJ.vumop) jde o půdy středně hluboké až hluboké, se zrnitostí písčitou, hlinitopísčitou až písčitolhinitou, s obsahem humusu 2 – 3 % a s drobtovitou až zrnitou strukturou ornice. Tyto půdy tvoří 70 % plochy povodí. Nachází se především ve svazích a ve vrcholových partiích povodí. Pozemky s touto HPJ jsou využívány z větší části jako orná půda. V západní části povodí, kde se nachází kambizemě dystrická podzolová, se na této HPJ rozprostírá hospodářský les. V jihozápadním cípu povodí se vyskytuje HPJ 37, tedy kambizemě litická, modální, rankerová. Tato HPJ však představuje pouze 1 % plochy povodí. Nepatrně více jsou v povodí zastoupené kambizemě oglejené, pseudogleje modální a pseudogleje kambické patřící do HPJ 50. Tvoří 4 % plochy povodí. Tyto půdy se nacházejí v oblastech pramenišť či na podmáčených úpatích svahů, tedy v lokalitách, které nejsou většinou využívány jako orná půda a na kterých převládají lesní porosty a TTP. V těchto podmáčených lokalitách se nacházejí také gleje z HPJ 68. Jejich podíl z plochy povodí je však jen 1 %. V blízkosti vodních toků a v jejich nivách tvoří půdní povrch kambizemě oglejené, pseudogleje glejové a glej hydroeluviovaný náležející k HPH 73. Na těchto půdách, které tvoří 24 % plochy povodí, se nacházejí především pozemky s lesními porosty a s TTP, částečně však zasahují i do orných bloků.

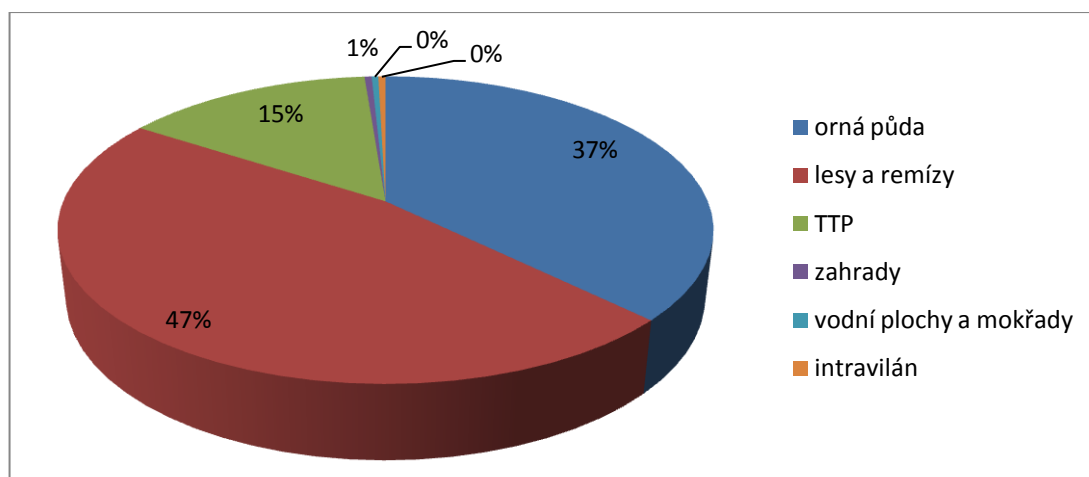
Tabulka 18: zastoupení půdních typů v povodí MVN Kocourek

HPJ	název	plocha (ha)	podíl (%)	Součinitel erodovatelnosti K	hydrologický typ pro CN
34	kambizemě dystrické a modální	356.4	70	0.26	B
37	kambizemě litické	4.2	1	0.16	B
50	kambizemě oglejené	20.7	4	0.33	C
68	glej modální	4.9	1	0.49	D
73	kambizemě oglejené	124.0	24	0.48	D

3.3.1.6 Využití území

Vzhledem ke klimaticky podmínkám má území charakter zemědělsko-lesní krajiny. V povodí z hlediska způsobu využití mírně převládají lesní pozemky, jejichž výměra je 240 ha a tvoří tak 46,9 % plochy povodí. Lesní pozemky se nacházejí především ve střední a západní části povodí, na pravém břehu Novomlýnského potoka, a jsou součástí rozsáhlého lesního komplexu (Přírodní park Polánka). Rozsahem menší lesní porosty se nacházejí i na levém břehu Novomlýnského potoka a to v těsné blízkosti koryta a v navazujícím svahu. Orná půda zaujímá 37,3 % plochy území. Pole jsou situována převážně na východní a severní části povodí, na svazích v okolí

obce Bradáčov a částečně na jižní straně povodí pod obcí Domamyšl. V údolní nivě se orná půda z důvodu nevhodných půdních podmínek nenachází. Trvalé travní porosty (sekané louky i neudržované zarůstající zemědělské pozemky) tvoří 14,6 % plochy povodí. Pozemky s TTP se nacházejí především v blízkosti vodních toků. Zastoupení ostatních ploch je zanedbatelné a společně tvoří cca 1,2 %. Jedná se o vodní plochy, zahrady a zpevněné plochy. Vodní plochy tvoří 0,4 % plochy povodí. Kromě řešené nádrže Kocourek se jedná o dalších pět nádrží, jejichž výměra nepřesahuje 0,5 ha. Do povodí zasahují intravilány obcí Bradáčov a Domamyšl. Zasahující části obcí mají z větší části charakter zahrad, jejichž výměra je 2,1 ha a tvoří tak 0,4 % povodí. Zpevněné plochy (budovy, zpevněné komunikace) zaujímají rovněž 0,4 % plochy povodí.



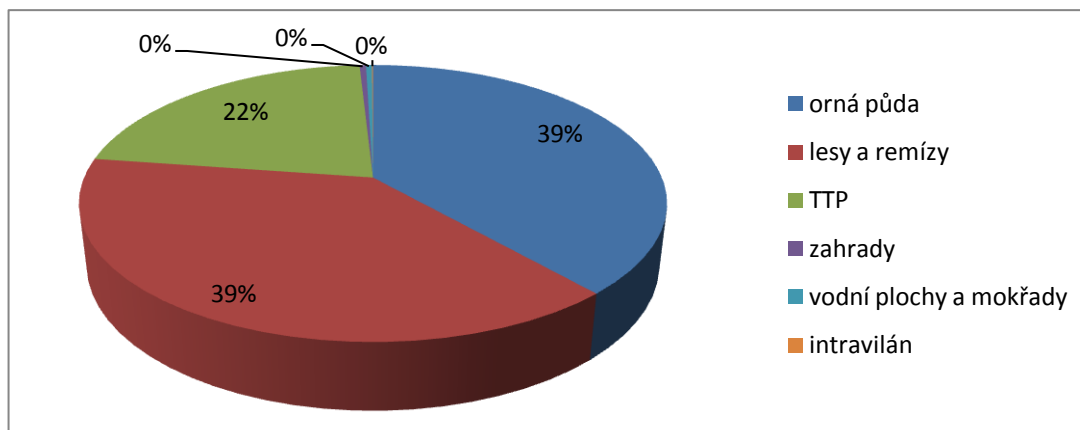
Obrázek 9: graf využití povodí MVN Kocourek

3.3.1.7 Využití území v minulosti

MVN Kocourek je historická nádrž, která je zakreslená již na mapě stabilního katastru z roku 1829. Při snaze posoudit intenzitu zanášení této nádrže v delším časovém horizontu bylo nutné analyzovat stav krajiny v zájmovém území před změnami, které proběhly v druhé polovině 20. století (rozorání mezí, intenzifikace zemědělství, atd.). Pro analýzu historického stavu krajiny byly využity císařské otisky map stabilního katastru, které byly pro dotčená katastrální území zpracovávány v letech 1829 - 1830. V prostředí programu ArcGIS byla provedena vektorizace a následně statistické vyhodnocení zastoupení jednotlivých typů využití krajiny (les, orná půda, TTP, zahrady, zpevněné plochy). Dalším zdrojem informací a historické podobě krajiny v povodí byly letecké snímky řešeného území z roku 1953, na kterých je zachycen stav krajiny před kolektivizací a scelováním polí.

Celkové výměry a procentuální zastoupení jednotlivých typů krajinného pokryvu dle map stabilního katastru byly porovnány se současným stavem. V tabulce 19 jsou uvedeny i procentuální změny v zastoupení typu využití (100 % představuje výchozí stav z 19. století).

Z tabulky je patrné několik změn, ke kterým došlo v 2. polovině 20. století na velké části našeho území. Především se jedná o zvýšení podílu lesů. V řešeném povodí MVN Kocourek se zvýšila výměra lesů a remízu z cca 200 ha na cca 240 ha (nárůst o 21 %). Zvětšení plochy lesů proběhlo především na úkor pozemků s TTP, jejichž výměra klesla o 37 ha (33 %). Tyto změny souvisí s intenzifikací zemědělství resp. se změnami v živočišné produkci, kdy pastviny a louky přestaly být využívány a postupně sukcesně zarůstaly.



Obrázek 10: graf využití povodí MVN Kocourek dle mapy stabilního katastru

Pro zemědělskou produkci byly zachovány jen velké bloky půdy s TTP, které jsou snadno přístupné pro mechanizaci. Část luk a pastvin byla také převedena na ornou půdu. K tomu došlo například v pramenné části Novomlýnského potoka, čímž vznikly plochy náchylné k vodní erozi. Výměra orné půdy se prakticky nezměnil, ačkoli došlo ke změně v uspořádání orné půdy v povodí. Rozsah vodních ploch a zahrad zůstala téměř beze změny. Výrazný nárůst je patrný u intraviláních a zpevněných ploch, což je dáno rozvojem zpevněných komunikací v povodí. Rozvoj zástavby na této změna je prakticky nulový.

Tabulka 19: změny ve využití území v povodí MVN Kocourek

Způsob využití	Stabilní katastr		Současnost		Změna (ha)	Změna (%)
	Plocha (ha)	Podíl (%)	Plocha (ha)	Podíl (%)		
orná půda	195,9	38,4	190,2	37,3	-5,7	-2,9
lesy a remízy	198,2	38,8	239,1	46,9	40,9	20,6
TTP	111,3	21,8	74,6	14,6	-36,7	-33,0
zahrady	2,1	0,4	2,1	0,4	0,0	0,0
vodní plochy	2,0	0,4	2,0	0,4	0,0	-1,0
intravilán	0,3	0,1	2,1	0,4	1,8	545,5

Další zásadní změna, ke které v české krajině i v zájmovém území v 2. polovině 20. století došlo, se netýká celkové výměry jednotlivých druhů pozemků, ale jejich struktury a rozmístění v krajině. Jak je patrné porovnáním současného stavu s leteckými snímky z padesátých let, tak zájmové území bylo ochuzena o velkou část liniových prvků, které krajinu členily a pozitivně se podílely na ekologické stabilitě území. V rámci scelování pozemků v 60. letech došlo k zániků mezí a polních cest, po kterém následovaly v 70. a 80. letech hydromeliorační úpravy spojené se zatrubněním a regulací drobných vodotečí. Výrazně se tak zvětšila plocha pozemků resp. bloků s ornou půdou, což vedlo k zvýšení intenzity vodní eroze v povodí a obecně ke snížení ekologické stability krajiny.

Změny, ke kterým v povodí došlo, lze z hlediska erozního ohrožení hodnotit výrazně negativně. Zvýšení podílu lesních ploch a remízů proběhlo na úkor pozemků s TTP. Výměra luk a pastvin byla snížena i převedením některých pozemků na ornou půdu. Došlo k tomu i v místech s nevhodnými sklonovými a půdními podmínkami, což vedlo ke vzniku erozně náchylných ploch. Celková výměra orné půdy sice zůstala

zachována, ale zánikem liniových prvků došlo k výraznému zvětšení jednotlivých bloků s ornou půdou a tedy i k prodloužení drah povrchového odtoku. Ke snížení stability krajiny přispěly i zásahy do vodních toků. Lze předpokládat, že intenzita vodní eroze v zájmovém území před scelením pozemků dosahovala jen zlomku současné hodnoty a tedy i rychlost zanášení vodních nádrží sedimentem byla v porovnání se současným stavem zanedbatelná.

3.3.1.8 Definice bloků orné půdy a jejich morfologie

Pozemky s ornou půdou tvoří v řešeném území několik rozsáhlých bloků. Celkem se jedná o 12 bloků orné půdy, z kterých ale pouze část zasahuje do zájmového území větší částí. Bloky orné půdy jsou vymezené cestní sítí, pozemky s jiným způsobem využití a rozvodnicí.

V řešeném území je hospodářem na zemědělských pozemcích Zemědělské družstvo Pojbuky, které se zaměřuje na pěstování obilovin (krmná pšenice, potravinářské žito, sladovnický ječmen), řepky olejné, brambor a krmných plodin (kukuřice).

Bloky orné půdy jsou situované na svazích údolí a na mírných hřebenech. Střední výška je 663 m n. m. (626-696). Převládají svahy s jihovýchodní orientací. Svahy mají většinou kombinovaný až konvexní tvar, kdy největších sklonů dosahují ve střední a spodní části. Průměrný sklon na orné půdě je 5,5 %. Sklony terénu na orné půdě se pohybují v rozmezí od 2,3 % do 7,9 %. Průměrná plocha bloků je cca 15,9 ha.

3.3.2 Vodopisná síť

3.3.2.1 Charakteristika hydrografické sítě

Řešené dílčí povodí Novomlýnského potoka má vějířovitý tvar. Plocha povodí je 5,10 km², délka povodí je 3,52 km. Charakteristika povodí α (podíl plochy povodí k druhé mocnině délky povodí) má hodnotu 0,41. Tvar je asymetrický s větší pravostrannou částí povodí, z které přitéká většina přítoků. Uspořádání říční sítě v řešeném území je stromovité. Hustota říční sítě v povodí je 1,11 km.km⁻².

Novomlýnský potok (ID 10101211) je hlavní osou povodí a na jeho korytě leží řešená nádrž Kocourek. Novomlýnský potok je levostranným přítokem Trnavy, do které ústí nad Staňkovým mlýnem. Jedná se tedy o vodní tok 6. řádu s číslem hydrologického pořadí 1-09-02-037. Vodní tok pramení 800 m západně od obce Bradáčov ve výšce 663 m n. m. Pramenem je vyústění sběrného drénu plošného odvodnění. Od pramene tok směřuje jihovýchodním a následně východním směrem až k ústí do Trnavy v nadmořské výšce 530 m. Celková délka toku je 9,85 km. Průměrný podélný sklon vodního toku je 1,35 %. Celková plocha povodí k závěrovému profilu je 17,576 km².

Řešeným úsekem vodního toku je jeho horní část. Závěrovým profilem dílčího povodí je hráz rybníka Kocourek, která leží v profilu ř. km 5,500. Délka řešeného úseku Novomlýnského potoka od pramene k tělesu hráze je 3,3 km. Převýšení je 67 m a průměrný podélný sklon v daném úseku je 2,0 %. Větší část koryta VT má přírodní charakter.

Novomlýnský potok v tomto úseku má celkem čtyři přítoky. Základní parametry vodních toků v povodí jsou uvedeny přehledně v tabulce 20.

Tabulka 20: vodopisná síť povodí MVN Kocourek

Název VT	Plocha povodí [ha]	Podíl plochy povodí [%]	Délka [m]	Převýšení [m]	Sklon [%]	Q _a [l/s]
Novomlýnský p.	510,1	100	3300	67	2,0	42,1
PBP1	35,2	7	300	21	7,0	2,9
PBP2	93,5	18	1100	38	3,5	7,7
PBP3	21,6	4	340	13	3,8	1,8
PBP3-1	5,9	1	100	5	5,0	0,5
LBP1	27,1	5	560	18	3,2	2,2

Přítok PBP1 - jedná se o drobnou vodoteč, která odvodňuje jižní cíp povodí. V ploše dílčího povodí o ploše 35 ha převládá orná půda a lesní pozemky. Celková délka toku dle zaběhu je 0,3 km, převýšení 21 m a podélný sklon 7,0 %. Převážná část toku je zatrubněna.

Přítok PBP2 - je největším přítokem Novomlýnského potoka v řešeném úseku. Plocha dílčího povodí je 94 ha. Území dílčího povodí je z drtivé většiny pokryto lesy. Celková délka toku je 1,1 km, převýšení je 38 m a průměrný podélný sklon je 3,5 %. Vodní tok má charakter přirozeného lesního potoka. Niveleta dna je nevyrovnaná s mnoha přírodními prahy (kameny, kořeny, splávi). Mělké koryto má příčný profil lichoběžníkového až obdélníkového tvaru.

Přítok PBP 3 - je drobným přítokem v horní části povodí. Plocha dílčího povodí je 22 ha a převládá v něm orná půda. Délka vodního toku je 0,34 km, převýšení 13 m a průměrný podélný sklon 3,8 %. Jedná se o zregulovaný vodní tok s napřímenou trasou.

PBP 3-1 - je levostranným přítokem PBP 3. Jedná se prakticky o odvodňovací strouhu délky 0,1 km s převýšením 5 m a průměrným sklonem 5 %.

LBP 1 - je jediným levostranným přítokem Novomlýnského potoka v řešeném úseku. Vodoteč odvodňuje dílčí povodí o ploše 27 ha, které je tvořeno výhradně pozemky ZPF. Jedná se převážně o ornou půdu. Pramenem vodního toku je nebeská vodní nádrž jižně od obce Bradáčov. Celková délka toku je 0,56 km, převýšení 18 m a průměrný podélný sklon 3,2 %. Větší část toku je zatrubněna. Do Novomlýnského potoka ústí v místě MVN 2.

3.3.2.2 Vodní nádrže v povodí

V řešeném povodí se kromě nádrže Kocourek nachází dalších pět rybníků. Jedná se o drobné nádrže s plochou hladiny do cca 1,0 ha. Tři z těchto nádrží se nacházejí na korytě Novomlýnského potoka. Dvě nádrže se nacházejí na horním toku LBP 1. Základní charakteristiky jednotlivých nádrží jsou uvedeny v tabulce 21. Prostou analogií a přepočtem přes podíl plochy povodí byl spočítán průtok Q_a pro jednotlivé nádrže. Na základě změřené hloubky u spodní výpusti nádrže a odečtené plochy zátopy byly spočítány objemy nádrží.

MVN 1 - rybník leží na korytě Novomlýnského potoka 180 m nad nádrží Kocourek. Jedná se o průtočnou nádrž s čelní hrází. Patrně se jedná o historický rybník, ačkoli na mapách stabilního katastru není zaznamenán. Nádrž není zachycena ani na leteckém snímku z 50. let. Na leteckém snímku je však jasně patrná hráz (násyp) porostlý náletem. Na základě těchto podkladů lze usuzovat, že se jedná o historickou nádrž, která však byla do poloviny 19. století zrušena a převedena na louku. K obnově nádrže došlo živelným způsobem až v druhé polovině 20. století. Plocha zátopy je dle zaběhu 0,25 ha. Reálná výměra zátopy je však v současnosti vzhledem

k zanesení nádrže menší (cca 0,1 ha). Délka hráze je 70 m a její výška je 3 m. Výpustním objektem je ocelový požerák. Bezpečnostní přeliv je umístěn v levém zavázání hráze a má podobu pouze zemního průlehu.

Tabulka 21: MVN v povodí nádrže Kocourek

Nádrž	VT	Plocha zátopy (ha)	Zásobní objem (m ³)	Plocha povodí (ha)	Q _a (l/s)	Celoroční přítok (m ³)	Doba zdržení T (dny)
MVN1	Novoml.p.	0,15	800	487,4	40,3	1 269 605	0,2
MVN2	Novoml.p.	1,00	6000	216,5	17,9	563 989	3,9
MVN3	Novoml.p.	0,14	700	80,0	6,6	208 345	1,2
MVN4	LBP1	0,07	327	18,5	1,5	48 077	2,5
MVN5	LBP1	0,10	400	15,8	1,3	41 063	3,6

MVN 2 - průtočný rybník je umístěna pod soutokem Novomlýnského potoka a LBP1. S plochou 1,1 ha se jedná o největší nádrž v řešeném povodí. Ačkoli není zakreslena v mapě stabilního katastru, jde opět o historickou nádrž zrušenou do 1. pol. 19. století a následně obnovenou v 2. pol. 20. století. Svědčí o tom tvar pozemku nad hrázi na mapě stabilního katastru a zachované těleso hráze na ortofotomapě z 50. let. V současnosti je nádrž po celkové rekonstrukci a jako jediná nádrž v povodí je plně funkční. Čelní zemní hráz délky cca 120 m má půdorysně přímý tvar. Šířka koruny hráze je 3 m, maximální výška hráze je 3,0 m. Na uzavřené trubní výpusti je osazen betonový požerák. Hloubka u spodní výpusti je 3,0 m. Přímý bezpečnostní přeliv je umístěn v pravém zavázání hráze. Na přeliv navazuje zdrsněný skluz. Zátopa má poměrně pravidelný tvar a odpovídá zákresu v KN. Plocha nádrže dle KN je 1,1 ha a skutečná plocha zátopy je cca 1,0 ha.

MVN 3 - poslední nádrž na korytě Novomlýnského potoka leží 430 m pod pramenem. Jedná se opět o drobnou historickou průtočnou nádrž, která je zachycena již na mapě stabilního katastru. Katastrální výměra je 0,2 ha. V současnosti je však nádrž poškozena, bez navzdouvané vody. Zemní příčná hráz délky 50 m je v místě původní spodní výpusti protržená. Hloubka průrvy odpovídá výšce hráze a je 2,5 m. Původní zátopa je bez vody a zarůstá vegetací.

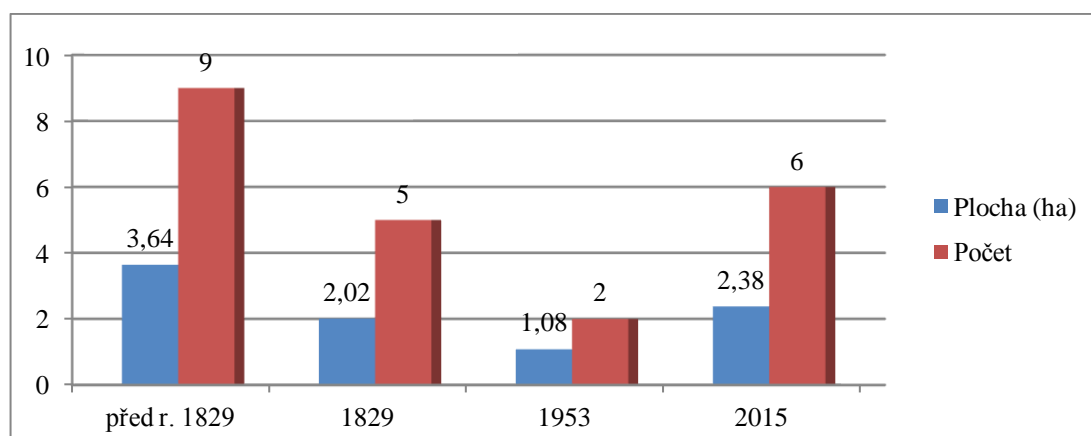
MVN 4 - nádrž leží na LBP1 bezprostředně pod nádrží MVN5, která je pramenem tohoto bezejmenného vodního toku. Nádrž není zakreslena na mapě stabilního katastru, přesto je pravděpodobné, že se v těchto místech nacházela malá nádrž již v minulosti. Zátopa nádrže má dle mapy KN trojúhelníkový tvar a plochu 0,26 ha. Nádrž je však v současnosti vypuštěna. Hráz délky cca 60 m a výšky 2,0 m zarůstá náletem. V patě hráze začíná zatrubněný úsek koryta VT.

MVN 5 - nebeská nádrž leží nad nádrží MVN 4 a je pramenem bezejmenného toku LBP1. Na nádrž navazují podmáčené louky. Nádrž je zakreslena již na mapě stabilního katastru. V současnosti je pozemek v KN stále veden jako rybník s výměrou 0,31 ha. Nádrž je však vypuštěna a zátopa zarůstá vegetací. Hráz délky 60 m je vysoká 2,5 m a je porostlá náletem.

Zaniklé nádrže - mimo tyto nádrže se v minulosti v řešeném území nacházely další nádrže, které však již zanikly. Fragmenty většiny těchto nádrží, tedy těles hrází, jsou ještě dnes patrné v krajině. Některé z těchto nádrží byly zároveň zakresleny na mapách stabilního katastru.

Celkem se jedná o tři nádrže. Největší z nich byla postavena na LBP1 pár desítek metrů nad soutokem s Novomlýnským potokem, tedy nad MVN 2. Ačkoli dle mapě stabilního katastru nádrž nesloužila svému účelu již v 19. století a ani na leteckém snímku z 50. let není v daném lokalitě patrná vodní plocha, je příslušný pozemek v KN stále veden jako vodní plocha, rybník. Výměra tohoto pozemku je 0,4 ha. Další nádrž ležela rovněž na LBP1 a to zhruba v polovině délky toku. Nádrž o ploše cca 0,1 ha je jako funkční zakreslena na mapě stabilního katastru. Na leteckých snímcích z 50. let je už zrušená. Poslední nádrž se nacházela na dnes již jen občasně vodoteči, která je levostranným přítokem Novomlýnského potoka a která odvodňuje území jižně od obce Dolní Světlá. Plocha nádrže byla cca 0,1 ha.

Historický vývoj nádrží v řešeném území z hlediska jejich počtu a celkové rozlohy je znázorněn graficky na obrázku 11.



Obrázek 11: graf historického vývoje počtu a rozlohy MVN v povodí nádrže Kocourek

3.3.3 Nádrž Kocourek

MVN Kocourek je historická průtočná nádrž na pomezí k. ú. obcí Horní Světlá a Babčice. S katastrální výměrou 1,26 ha jde o největší nádrž na Novomlýnském potoce v řešeném území.

3.3.3.1 Historie a původní účel nádrže

Mlýn a rybník Kocourek je zakreslen již na císařském povinném otisku mapy katastrálního území obce Babčice z roku 1829. Lze však předpokládat, že mlýn i nádrž pocházejí z doby před 19. stoletím.

Nádrž sloužila primárně jako zdroj vody pro mlýn, který byl postaven na vzdušném svahu hráze. Vybudováním nádrže byl zajištěn spád a zároveň dostatečný objem vody a tedy i průtok pro pohon mlýna. Voda byla přes obtokový kanál pouštěna na mlýnské kolo resp. na turbínu jen krátkou část dne. Během mletí mohla hladina v nádrži klesnout až na úroveň nátoku do obtokového kanálu, který byl umístěn cca 0,3 m pod hladinou normálního nadržení. Po ukončení mletí a zahrazení nátoku došlo následně k doplnění nádrže. Nádrž a mlýn tedy fungovaly s tzv. špičkovacím režimem. Tímto způsobem bylo umožněno fungování mlýna i v době nízkých průtoků. Ačkoli byl zásobní účel nádrže pro pohon mlýna primární, plnila nádrž i další funkce, např. rybochovnou.

V 50. letech 20. století byl provoz mlýna ukončen. Nádrž nadále plnila rybochovný účel. Na konci 20. století trpěla nádrž již značným zanesením zásobního prostoru sedimentem a špatným stavem funkčních objektů. V letech 2003-2004 byla podle projektu zpracovaného firmou 3E provedeno odbahnění a celková rekonstrukce

nádrže. Stavební úpravy byly navrženy a provedeny s důrazem na mimoprodukční funkce nádrže. V současnosti je hlavním účelem extenzivní chov ryb a krajínovorná funkce nádrže.

3.3.3.2 Základní charakteristika

MVN Kocourek je největší z nádrží postavených na horním toku Novomlýnského potoka. Jedná se o průtočnou nádrž. Půdorysný tvar nádrže je trojúhelníkový, pravidelný. Plocha zátopy byla před vypuštěním cca 0,51 ha, nyní činí 0,92 ha. Současná maximální hloubka v místě spodní výpusti při úrovni hladiny normálního nadržení na kótě 599,00 m n. m. je 3,0 m, což odpovídá i původnímu stavu, neboť rekonstrukcí nebyla úroveň hladiny ani kóta výpusti změněna.

Zemní hráz je čelní a její délka je 132 m. Hráz je na většině své délky přímá, v pravém zavázání se stáčí proti vodě a tvoří oblouk. Profil hráze je lichoběžníkový. Sklony vzdušního svahu mají hodnotu 1:2. Návodní líc má sklon 1:2,5. Maximální výška hráze nad terénem je 4,0 m. Kóta koruny hráze je cca 600,00 m n. m. a její šířka 4,0 m. Návodní svah hráze je opevněn lomovým kamenem, koruna hráze je opevněna travním porostem. Na část vzdušního svahu zasahuje lesní porost. V pravé části hráze stojí mlýn Kocourek.

Výpustné zařízení je umístěno ve středu hráze. Původní výpust byla tvořena jedlovou dřevěnou troubou a dřevěným čepem. V rámci rekonstrukce byl vybudován betonový otevřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou. Kóta dna v místě výpusti je 596,00 m n. m.

Bezpečnostní přeliv (BP) je umístěn v pravém zavázání hráze, kde směr osy hráze je rovnoběžný s údolnicí. Původní konstrukce měla podobu dřevěného stavidlem. Horní hrana hradicích desek, která definovala hladinu normálního nadržení, byla shodná se současným stavem (599,00 m n. m). Celková délka přelivné hrany byla 3,3 m (resp. 3,0 bez středového pilíře). Přepadová sekce byla rozdělena na dvě obdélníková pole. Na bezpečnostní přeliv navazoval balvanitý skluz přírodě blízkého charakteru. V rámci rekonstrukce došlo k nahrazení nekapacitního stavidla kašnovým přelivem s délkou přelivné hrany 7,0 m. Charakter odpadního koryta byl zachován.

3.3.3.3 Rozsah zanesení nádrže a náklady na její odbahnění

Rozsah zanesení nádrže před rekonstrukcí a odbahněním byl značný. Katastrální plocha zátopy byla z víc jak poloviny (%) zanesená a zarostlá vegetací. Ve zbývající části nádrže dosahovala mocnost sedimentů až 2 m a průměrná hloubka nádrže byla méně než 1 m. V rámci rekonstrukce bylo ze zátopy odtěženo 11 000 m³ materiálu. Plocha zátopy byla zvětšena na 0,92 ha, což odpovídá stavu v polovině 50. let 20. století. Vzhledem k výskytu zvláště chráněných druhů rostlin byl zachován pás litorální vegetace podél levého břehu, v nátokové části nádrže a v prostoru dvou nově vzniklých ostrůvků.

Stejně jako v případě nádrže Kotalík je začátek období, po které docházelo k akumulaci zaměřeného objemu sedimentů, pouze odhadován na rok 1955. Předpokladem odhadu je průběžná údržba nádrže během fungování mlýna a dále nižší rychlost zanášení před provedením scelení polí v povodí. Délka sledovaného období je tedy odhadována na 48 let (1955 - 2003). Na základě leteckého snímku z roku 1953 a projektové dokumentace rekonstrukce nádrže je objem sedimentu, který byl v tomto období zachycen v nádrži, odhadován na 5500 m³. To se rovná 229 t akumulovaného sedimentu každý rok. Při přepočtu na plochu povodí se jedná o 0,45 t.ha⁻¹.ha⁻¹.

Náklady na odstranění 11 000 m³ v roce 2004 činili dle projektu 206 mil Kč.

3.3.3.4 Hydrologická charakteristika nádrže

Hydrologická data

Hydrologická data jsou převzata z Manipulačního a provozního řádu rybníka Kocourek (Koc).

Tok:	Novomlýnský potok
Hydrologické číslo povodí:	1-09-02-037
V profilu:	hráz rybníka Kocourek
Plocha povodí (A) v km ² :	5,0
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Q _a) v l/s:	41,3
Specifický odtok z povodí (q _a) v l/s.km ²	8,3

Tabulka 22: M-denní průtoky Q_{Md} v profilu MVN Kocourek

M	30	270	330	335
Q	104,0	16,0	9,5	6,0

Tabulka 23: N-leté průtoky Q_N v profilu MVN Kocourek

N	1	2	5	10	20	50	100
Q _n	1,1	1,7	2,6	3,8	5,4	8,0	11,5

Na základě známých dat byly spočítány hodnoty specifických odtoků pro průměrný dlouhodobý odtok Q_a a pro povodňový odtok odpovídající Q₁₀₀:

Specifický průměrný odtok z povodí (q _a) v l.s ⁻¹ .km ⁻² :	8,3
Specifický povodňový odtok z povodí (q ₁₀₀) v m ³ .s ⁻¹ .km ⁻² :	2,3

Povodí nádrže Kocourek je hodnota specifického nejvyšší ze tří zájmových území. Vysoká hodnota je dána chladným a vlhkým klimatem.

Objemy a zátopy

Zde jsou uvedeny hodnoty zatopených ploch a objemů pro nádrž Kocourek pro stav před odbahněním a pro předpokládaný stav z 50. let. Zdrojem informací stavu před odbahněním byla PD rekonstrukce MVN Kocourek. Hodnoty původního zásobního objemu nádrže byly získány odečtení objemu sedimentu od zaměřeného dna. Velikost zátopy byla odečtena z leteckého snímku nádrže z roku 1953.

Kóta hladiny daná hranou bezpečnostního přelivu:	599,0 m n. m.
Kóta dna:	596,0 m n. m.
Plocha zátopy (1953):	9200 m ²
Plocha zátopy (2003):	5100 m ²
Objem zátopy (1953):	9000 m ³
Objem zátopy (2003):	3500 m ³

Doba zdržení

Předpokládaná doba zdržení pro MVN Kocourek v polovině 20. století (rok 1953) je spočítána na základě dlouhodobého průměrného průtoky a předpokládaného objemu zátopy v roce 1953 při hladině normálního nadřzení na kótě 599,0 m n. m.

Dlouhodobý průměrný průtok Q _a v l.s ⁻¹ :	42,1
Roční objem průtoky v m ³ :	1 328 928
Původní objem zátopy v m ³ :	13000
Doba zdržení ve dnech:	3,6

3.4 Výpočty

3.4.1 Hydrologické a hydraulické výpočty

Pro možnost porovnání povodí byly spočítány objemy přímého odtoku (objem povodňové vlny) a doby koncentrace. Hodnoty těchto veličin byly spočítány metodou čísel odtokových křivek (CN) dle metodiky Ochrany zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2008). V rámci výpočtu byly určeny průměrné hodnoty CN křivek pro řešená povodí, která byla využita i v dalších výpočtech (určení hodnoty SDR). Pro možnost srovnání s N-letými průtoky stanovenými ČHMÚ byly vypočítány i velikosti kulminačních průtoků.

Metoda CN křivek je založena na předpokladu, že velikost přímého odtoku (efektivního srážkového úhrnu) je rovna celkovému srážkovému úhrnu sníženému o počáteční retenci před začátkem výtopy a aktuální retenci po začátku výtopy. Zároveň platí rovnost podílu aktuální retence k celkové retenci a efektivní srážky k celkové srážce bez počáteční retence. Celková retence je vyjádřena bezrozměrným číslem CN (číslo odtokových křivek). Hodnota CN se určuje tabelárně za základě charakteristik povodí, kterými jsou hydrologické charakteristiky půd, využití území a počáteční nasycení půdy (Janeček a kol., 2008). Pro samotný výpočet objemu přímého odtoku metodou CN je hlavním vstupem srážkovým úhrn dané opakování a doby trvání odpovídající době koncentrace. Předpokladem je rovnoměrné rozdělení srážky v povodí.

3.4.1.1 Průměrná hodnota CN křivek povodí

Hodnoty CN byly stanoveny podle metodiky Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2008). Hydrologické charakteristiky půd byly určeny dle HPJ, vlhkost půdy vyjádřená indexem předchozích srážek (IPS) byla uvažována jako IPS II (střední nasycení vodou) a informace o využití území byly součástí dat ZABAGED, které byly pro zpracování této práce poskytnuty ČÚZK. Celkové průměrné hodnoty pro řešená povodí byla spočítána jako vážený průměr v prostředí programu ArcGIS. Výstupem jsou polygonové vrstvy CN. V následující tabulce jsou uvedeny průměrné dílčí a výsledné hodnoty.

Tabulka 24: průměrné hodnoty CN pro řešená povodí

Povodí	Orná p. (%)	TTP (%)	Lesy (%)	Intrav. (%)	Půdy A (%)	Půdy B (%)	Půdy C (%)	Půdy D (%)	Průměrná CN
Kotalík	30	32	31	4	74	1	2	23	60.7
Přestavlky	51	25	15	8	0	88	7	5	72.2
Kocourek	37	15	47	0	0	71	4	25	74.1

Nejnižší hodnota čísla odtokových křivek, která tak určuje vyšší retenční schopnost území, byla určena pro povodí nádrže Kotalík. Relativně nízká hodnota je dáno především zastoupením půdních typů v povodí, kde převládají půdy hydrologické skupiny A (74 %). Klavně působí i rovnoměrné zastoupení orné půdy, TTP a lesů. Vyšší hodnota u povodí MVN Přestavlky je dána větším zastoupením hydrologické skupiny půd B, tedy půdy se střední rychlostí infiltrace, a zároveň nižší podíl TTP a lesů. Nejvyšší hodnota CN byla určena pro povodí MVN Kocourek, ve kterém 2/5 území zaujímá orná půda, a kde převládají půdy skupiny B a D.

V rámci modelování různých scénářů byla spočítána průměrná hodnota CN křivek pro dvě návrhové varianty. První varianta předpokládá vyloučení širokořádkých

plodin z osevního plánu. V druhé variantě je navrženo zatravnění části orné půdy. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 25 a 26.

Tabulka 25: průměrné hodnoty CN pro návrhovou variantu 1 (změna osevního plánu)

Povodí	Orná p. (%)	TTP (%)	Lesy (%)	Intrav. (%)	Půdy A (%)	Půdy B (%)	Půdy C (%)	Půdy D (%)	Průměrná CN
Kotalík	30	32	31	4	74	1	2	23	60,0
Přestavlky	51	25	15	8	0	88	7	5	71,7
Kocourek	37	15	47	0	0	71	4	25	73,4

Tabulka 26: průměrné hodnoty CN pro návrhovou variantu 2 (zatravnění)

Povodí	Orná p. (%)	TTP (%)	Lesy (%)	Intrav. (%)	Půdy A (%)	Půdy B (%)	Půdy C (%)	Půdy D (%)	Průměrná CN
Kotalík	21	41	31	4	74	1	2	23	57,4
Přestavlky	44	32	15	8	0	88	7	5	70,9
Kocourek	32	20	47	0	0	71	4	25	73,1

3.4.1.2 Doba koncentrace

Doba koncentrace, tedy doba nutná k odtoku vody z hydrologicky nejvzdálenější části povodí do závěrového profilu, byla spočítána dle metodiky (Janeček a kol., 2008). Celková doba koncentrace je součtem dílčích dob doběhu pro různé typy odtoku. Zvlášť byla spočítána doba doběhu pro plošný povrchový odtok (T_{ta}), pro soustředěný odtok o malé hloubce (T_{tb}) a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě (T_{tc}). Doby doběhu byly spočítány podle vztahů:

$$T_{ta} = 0,007 \cdot (n \cdot l / 0,3048)^{0,8} / [(H_{s2} / 25,4)^{0,5} \cdot s^{0,4}]$$

kde: T_{ta} ... doba doběhu (h)
 n ... Manningův součinitel drsnosti
 l ... délka proudění ($l=100$ m)
 H_{s2} ... úhrn 24 hod. deště s dobou opakování 2 roky (mm)
 s ... hydraulický sklon povrchu ($m \cdot m^{-1}$)

$$T_{tb} = l / 3600 \cdot v$$

kde: T_{tb} ... doba doběhu (h)
 l ... délka proudění (m)
 v ... průměrná rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

Rychlost proudění byla odečtena z monogramu (Janeček a kol., 2008)

$$T_{tc} = l / 3600 \cdot v$$

kde: T_{tc} ... doba doběhu (h)
 l ... délka proudění (m)
 v ... průměrná rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

Rychlost proudění v otevřeném korytě byla stanovena podle rovnice Manninga (Janeček a kol., 2008). Celková doba koncentrace se vypočítá jako součet dílčích dob doběhu:

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc}$$

Tabulka 27: výpočet doby koncentrace

Povodí	Plocha povodí (km ²)	Délka proudění (m)	T _{ta} (h)	T _{tb} (h)	podélný sklon VT (%)	Rychlost proudění (m.s ⁻¹)	T _{tc} (h)	T _c (h)
Kotalík	2,812	3690	0,60	0,12	2,4	1,73	0,49	1,20
Přestavlky	2,005	2190	0,58	0,08	5,4	2,54	0,17	0,83
Kocourek	5,102	4410	0,33	0,26	2,0	1,78	0,52	1,10

Nejdelší doba koncentrace byla spočítána pro povodí MVN Kotalík. Delší doba koncentrace je podmíněno protáhlým tvarem povodí, charakterem severní části území a relativně malým podélným sklonem VT. Naopak nejkratší doba koncentrace byla spočítána pro povodí MVN Přestavlky, což odpovídá velikosti i charakteru povodí a VT (velké sklony, regulované koryto VT).

3.4.1.3 Stanovení návrhové srážky

Jako návrhová srážka byla určena srážka s dobou opakování N a s dobou trvání odpovídající době koncentrace. Pro výpočet hodnoty návrhové srážky byl použit program DES_RAIN. Pro řešená povodí byla vybrány nejbližší srážkoměrné stanice (Příbram a Kamýk na Vltavou, Benešov, Chýnov). Pro povodí MVN Kotalík byla srážka spočítána jako vážený průměr hodnot z dvou stanic. Pro 24-hodinové srážkové úhrny byla provedena redukce na požadovanou dobu trvání odpovídající době koncentrace T_c. Hodnoty původních i redukovaných srážek s danou dobou opakování jsou uvedeny v tabulce 28.

Tabulka 28: redukce návrhových srážek

Povodí	H _{1d,20} (mm)	H _{1d,50} (mm)	H _{1d,100} (mm)	T _c (h)	H _{s20} (mm)	H _{s50} (mm)	H _{s100} (mm)
Kotalík	72,7	86,1	96,6	1,20	50,4	64,2	74,7
Přestavlky	71,6	83,3	92,4	0,83	46,4	58,2	66,9
Kocourek	70,6	82,3	91,3	1,10	48,2	60,5	69,6

3.4.1.4 Objem přímého odtoku

Přímý odtok vyjádřený jako výška efektivní srážky se spočítá podle vztahu (Janeček a kol., 2008):

$$H_o = (H_s - 0,2 \cdot A)^2 / (H_s + 0,8 \cdot A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A$$

kde: H_o... přímý odtok (mm)
H_s... úhrn návrhového deště (mm)
A... potenciální retence (mm)

Potenciální retence A je vyjádřena pomocí bezrozměrných čísel odtokových křivek CN podle vztahu:

$$A = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Tabulka 29: výpočet výšky přímého odtoku

Povodí	CN	A	H _{s20} (mm)	H _{s50} (mm)	H _{s100} (mm)	H _{o,20} (mm)	H _{o,50} (mm)	H _{o,100} (mm)
Kotalík	60,74	164	50,4	64,2	74,7	2	5	9
Přestavlky	72,2	98	46,4	58,2	66,9	6	11	15
Kocourek	74,1	89	48,2	60,5	69,6	8	14	19

Objem přímého odtoku se spočítá podle vztahu:

$$O_{ph} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o$$

kde: O_{ph} ... objem přímého odtoku (m^3)
 P_p ... plocha povodí (km^2)
 H_o ... přímý odtok (mm)

Tabulka 30: výpočet objemu přímého odtoku

Povodí	$H_{0,20}$ (mm)	$H_{0,50}$ (mm)	$H_{0,100}$ (mm)	P_p (km^2)	$O_{ph,20}$ (m^3)	$O_{ph,50}$ (m^3)	$O_{ph,100}$ (m^3)
Kotalík	2	5	9	2,812	4 774	14 147	23 920
Přestavlky	6	11	15	2,005	11 588	21 940	30 959
Kocourek	8	14	19	5,102	39 662	70 874	97 516

3.4.1.5 Kulminační průtok Q_{100}

Na základě hodnoty poměru I_a/H_s (počáteční akumulace k jednodennímu maximálnímu srážkovému úhrnu) byl určen jednotkový kulminační průtok (Janeček a kol., 2008). Kulminační průtok byl následně vypočítán podle vztahu:

$$Q = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_o \cdot f$$

kde: Q ... kulminační průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)
 q_{pH} ... jednotkový kulminační průtok
 P_p ... plocha povodí (km^2)
 H_o ... výška odtoku (mm)
 f ... opravný součinitel pro rybníky a mokřady

Tabulka 31: výpočet kulminačního průtok

Povodí	P_p	$H_{0,20}$ (mm)	$H_{0,50}$ (mm)	$H_{0,100}$ (mm)	f (-)	q_{pH}	Q_{20} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{50} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3 \cdot s^{-1}$)
Kotalík	2,812	2	5	9	0,75	220	0,34	1,00	1,70
Přestavlky	2,005	6	11	15	0,92	350	1,60	3,04	4,29
Kocourek	5,102	8	14	19	0,95	330	5,35	9,55	13,15

Tabulka 32: kulminační průtoky s dobou opakování N-let dle ČHMÚ

Nádrž	Q_{10} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{20} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{50} ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Q_{100} ($m^3 \cdot s^{-1}$)
Kotalík	4,7	6,0	7,7	9,1
Přestavlky	3,5	4,4	6,0	7,5
Kocourek	3,8	5,4	8,0	11,5

3.4.1.6 Kapacita bezpečnostního přelivu

Kapacita bezpečnostních přelivů byla spočítána podle vztahu pro přepad přes ostrou hranu resp. přepad pro širokou přes širokou korunu. První způsob byl zvolen pro nádrže Kocourek a Kotalík, u kterých měl původní bezpečnostní přeliv charakter dřevěného stavidla. Na MVN Přestavky se nachází čelní bezpečnostní přeliv charakteru mělkého přejezdného průlehu. Průtok přes bezpečnostní přeliv byl spočítán podle vztahu (Vrána, 2002):

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2}$$

- kde: m... součinitel přepadu (-)
 b₀... účinná šířka přelivu (se zohledněním kontrakce) (m)
 g... tíhové zrychlení (m.s⁻²)
 h₀... energetická výška (u nádrží rovno výšce přepadového paprsku) (m)

Pro bezpečnostní přelivy nádrže Kotalík a Kocourek, které mají charakter stavidla s dřevěnou hradicí deskou, byly použity hodnoty součinitele přepadu pro ostrou hranu a v závislosti na výšce přepadového paprsku se pohybuje v rozmezí m=0,41-0,46. Hodnota součinitele pro přeliv na nádrži Přestavky odpovídá přepadu přes širokou korunu (m=0,35). Účinná šířka přelivu zmenšené o vliv kontrakce byla spočítána podle vztahu (vrána):

$$b_0 = b - \left(\sum K_v + \sum K_p \right) \cdot h_0$$

- kde: b... skutečná délka přelivné hrany bez šířky středových pilířů (m)
 K_v... součinitel tvaru vtoku; $K_v = b \cdot K_{v0} \cdot (b+h_0)^{-1}$
 K_p... součinitel tvaru pilířů; $K_p = b \cdot K_{p0} \cdot (b+h_0)^{-1}$

Hodnoty K_{v0} a K_{p0} jsou 0,1 pro vtok i středový pilíř. U nádrže přestavky, kde má přeliv lichoběžníkový průtočný profil, byla účinná šířka spočítána na základě sklonu svahů (m=1:4,4 a 1:5,5) pro jednotlivé výšky.

Tabulka 33: výpočet průtoků přes BP MVN Kotalík

H (m n. m.)	h (m)	b (m)	K _v (-)	K _p (-)	b ₀ (m)	m (-)	Q (m ³ .s ⁻¹)
500,90	0,00	2,3	0,10	0,10	2,30	0	0,00
500,95	0,05	2,3	0,10	0,10	2,29	0,459	0,05
501,00	0,10	2,3	0,10	0,10	2,27	0,432	0,14
501,05	0,15	2,3	0,09	0,09	2,26	0,423	0,25
501,10	0,20	2,3	0,09	0,09	2,24	0,419	0,37
501,15	0,25	2,3	0,09	0,09	2,23	0,415	0,51
501,20	0,30	2,3	0,09	0,09	2,22	0,414	0,67
501,25	0,35	2,3	0,09	0,09	2,21	0,413	0,84
501,30	0,40	2,3	0,09	0,09	2,20	0,412	1,01
501,35	0,45	2,3	0,08	0,08	2,19	0,411	1,20
501,40	0,50	2,3	0,08	0,08	2,18	0,410	1,40

Tabulka 34: výpočet průtoků přes BP MVN Přestavlky

H (m n. m.)	h (m)	b (m)	B (m)	b_o (m)	m (-)	Q (m ³ .s ⁻¹)
361,29	0,00	3,7	3,70	3,70	0,35	0,00
361,30	0,01	3,7	3,80	3,75	0,35	0,01
361,40	0,11	3,7	4,80	4,25	0,35	0,24
361,50	0,21	3,7	5,80	4,75	0,35	0,71
361,60	0,31	3,7	6,80	5,25	0,35	1,40
361,70	0,41	3,7	7,80	5,75	0,35	2,34
361,80	0,51	3,7	8,78	6,24	0,35	3,50
361,80	0,51	3,7	8,80	6,25	0,35	3,53
361,87	0,58	3,7	9,45	6,58	0,35	4,44
361,90	0,61	3,7	9,80	6,75	0,35	4,99
361,96	0,67	3,7	10,41	7,05	0,35	6,00
362,00	0,71	3,7	10,80	7,25	0,35	6,72
362,04	0,75	3,7	11,20	7,45	0,35	7,50
362,10	0,81	3,7	11,80	7,75	0,35	8,76
362,20	0,91	3,7	12,80	8,25	0,35	11,10
362,30	1,01	3,7	13,80	8,75	0,35	13,77
362,40	1,11	3,7	14,80	9,25	0,35	16,77

Tabulka 35: výpočet průtoků přes BP MVN Kocourek

H (m n. m.)	h (m)	b (m)	K_v (-)	K_p (-)	b_o (m)	m (-)	Q (m ³ .s ⁻¹)
599,00	0,00	3,3	0,10	0,10	3,30	0	0,00
599,10	0,10	3,3	0,10	0,10	3,27	0,432	0,20
599,20	0,20	3,3	0,09	0,09	3,24	0,419	0,54
599,30	0,30	3,3	0,09	0,09	3,22	0,414	0,97
599,40	0,40	3,3	0,09	0,09	3,19	0,412	1,47
599,50	0,50	3,3	0,09	0,09	3,17	0,410	2,04
599,60	0,60	3,3	0,08	0,08	3,15	0,410	2,66
599,70	0,70	3,3	0,08	0,08	3,13	0,409	3,32
599,77	0,77	3,3	0,08	0,08	3,11	0,409	3,80
599,80	0,80	3,3	0,08	0,08	3,11	0,409	4,03
599,90	0,90	3,3	0,08	0,08	3,09	0,409	4,78
599,98	0,98	3,3	0,08	0,08	3,07	0,409	5,40
600,00	1,00	3,3	0,08	0,08	3,07	0,409	5,56

3.4.1.7 Retenční objem nádrží

Na základě spočítané kapacity BP byl určen retenční objem nádrží.

Tabulka 36: retenční objemy řešených nádrží

Nádrž	Max. hloubka (m)	Plocha hladiny H_{\min} (ha)	Zásobní objem (m^3)	Výška přepad.p. (m)	Plocha hladiny H_{\max} (ha)	Retenční objem (m^3)	Celkový objem (m^3)
Kotalík	3,20	0,75	9400	0,50	1,00	4400	13800
Přestavlky	3,50	0,37	4200	0,75	0,49	3200	7400
Kocourek	3,05	0,92	13000	1,00	1,20	10600	23600

3.4.2 Výpočet ztráty půdy pomocí rovnice USLE

Univerzální rovnice ztráty půdy (Universal Soil Loss Equation) byla odvozena W.H.Wischmeierem a D.D.Smithem v r. 1965 a považujeme ji za základní empirickou metodu pro hodnocení intenzity erozního procesu. Umožňuje vypočítat dlouhodobou průměrnou roční hodnotu ztráty půdy G:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ [t/ha.rok]}$$

3.4.2.1 Příprava digitálního modelu reliéfu

DMR je rastrová vrstva, ve které každý bod nese informaci o hodnotě nadmořské výšky terénu. DMR je základní podklad ve většině GIS úloh krajinného inženýrství. Tvorba DMR spočívá v převedení nespojitých topografických informací na spojitý rastr pomocí interpolace. K tomu jsme použili nástroj *Topo to Raster*. Vstupy je sedm vrstev nesoucí informace o výškopisu území (ZABAGED - vrstevnice, břehové čáry, terénní hrany a výškové body) a dále vrstva vodních toků a hranice území. Výstupem je vrstva *DMR*.

3.4.2.2 Stanovení R-faktoru

Faktor erozní účinnosti deště R je funkcí celkové kinetické energie deště a jeho maximální třicetiminutové intenzity. Pro výpočet byla použita průměrná hodnota pro Českou republiku $R = 40$ [MJ.cm/ha.hod] (Janeček a kol. 2008). Faktor účinnosti deště reprezentuje ve výpočtu (*raster calculator*) hodnota 40.

3.4.2.3 Stanovení K-faktoru

K-faktor, faktor erodovatelnosti půdy, vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. Jeho velikost je závislá na zrnitostním složení půdy, její struktuře a propustnosti a obsahu humusu. Jeho hodnotu je tedy možné lidskou činností pozitivně i negativně měnit, ačkoliv spíše v dlouhodobém měřítku. Stanovení K-faktoru je možné na základě texturní a strukturální analýzy, což je metoda přesnější, nebo na základě půdního typu pomocí kódu BPEJ.

Hodnoty K faktoru byly pro tuto práci určeny na základě bonitované půdně-ekologické jednotky resp. na základě hlavní půdní jednotky. Prvním krokem pro získání rastrové vrstvy s plošným rozdělením K faktoru bylo vytvoření polygonové vrstvy HPJ. Ta byla vytvořena vektorizací z rastrového snímku (net). V atributové tabulce vrstvy byly v novém sloupcu dopsány jednotlivým polygonům číselné hodnoty HPJ. Následně bylo nutné polygonům přiřadit hodnoty K faktoru. K tomu byla jako převodní klíč použita tabulka (Janeček a kol., 2008). Posledním krokem bylo převedení vektorové vrstvy na raster. K tomu byl použit nástroj *Polygon to Raster*. Výsledkem byla vrstva *K_faktor* s hodnotami odpovídající velikosti K faktoru. Hodnoty K faktoru pro jednotlivá povodí jsou uvedeny v tabulce 37.

Tabulka 37: hodnoty K faktoru

Povodí	Dominantní půdní typ v povodí (HPJ)	Podíl půdního typu v povodí (%)	K faktor pro dom. HPJ	K faktor pro celé povodí	K faktor pro ZPF
Kotalík	Kambizem modální (32)	74	0.19	0.25	0.24
Přestavlky	Kambizem modální (27, 29)	53	0.34, 0.32	0.34	0.34
Kocourek	kambizem dystrická (34)	70	0.26	0.32	0.29

3.4.2.4 Stanovení L-faktoru

L faktor je člen USLE, který vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na celkovou ztrátu půdy. Spočítá se podle vztahu:

$$L = (d / 22,13)^p$$

Kde: l_d ... horizontální délka svahu (odtoku) v metrech

p ... exponent závislý na sklonu svahu

Hodnoty délek odtoku získáme nástrojem *Flow Length*. Vstupem je vrstva *flow_dir* zobrazující směr drah odtoku v povodí. Výstupem je nová vrstva *flow_Len*, která představuje hledané délky odtoku v povodí. Exponent ve vzorci je řešen novou vrstvou, která je vytvořena pomocí nástroje *Reclass*. Vstupem je vrstva *Sklon*, u které nastavíme třídy podle hodnot sklonu a jim přiřadíme hodnoty dle Janečka (janeček). Protože lze použít pouze celá čísla, tak jsou hodnoty stonásobky hodnoty uvedené v metodice. Název nové vrstvy je *P100* a představuje stonásobek hodnoty exponentu p ze vzorce pro výpočet L faktoru. K výpočtu hodnot L faktoru využijeme opět nástroj *Raster Calculator*. Ve vzorci nahradíme člen d vrstvou *flow_Len* a exponent p setinou vrstvy *P100*. Hodnoty pro řešená povodí jsou v tabulce 38.

Tabulka 38: hodnoty L faktoru

Povodí	L faktor pro ZPF
Kotalík	1.74
Přestavlky	2.75
Kocourek	1.95

3.4.2.5 Stanovení S-faktoru

Faktor sklonu svahu je funkcí sklonu svahu a představuje poměr ztráty půdy na pozemku daného sklonu ke ztrátě na jednotkovém pozemku se sklonem 9 %. S faktor se vypočte podle vztahů:

$$S = 10,8 \cdot \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \%$$

$$S = 16,8 \cdot \sin \theta - 0,50 \quad \text{pro sklon} > 9 \%$$

kde: θ ... úhel sklonu svahu (rad)

Pro stanovení hodnot sklonu v povodí použijeme nástroj *Slope*. Vstupní vrstvou je DMR a výstupem vrstva *Sklon* vyjadřující hodnoty sklonů v povodí v procentech. Nástrojem reclassify rozdělím povodí na území se sklonem do 9 % a nad 9 %. Následně spočítám hodnotu sklonu ve stupních (vrstva *sklon_stup*), které převedu na radiány ($*180/\pi$). Pro získání hodnot S faktoru použijeme nástroj *Raster Calculator*. Výpočet je nutné provést dvakrát zvlášť pro dvě území. Ve vzorci (viz výše) nahradíme hodnotu θ vrstvou vyjadřující sklon terénu v radiánech. Výstupem je

vrstva *S_faktor*, která představuje rozložení hodnot S faktoru v povodí. Hodnoty S faktoru jsou uvedeny v tabulce 39.

Tabulka 39: hodnoty S faktoru

Povodí	S faktor pro ZPF
Kotalík	0,78
Přestavky	1,88
Kocourek	0,69

3.4.2.6 Stanovení C-faktoru

Faktor ochranného vlivu vegetace C představuje poměr smyvu na pozemku s pěstovanou plodinou nebo kulturou ke ztrátě půdy na holém pozemku. Hodnota C faktoru byla získána odhadem podle tabulky průměrných hodnot vypracovaných pro jednotlivé plodiny dostupné v příslušné metodice (Janeček a kol., 2008). Prvním podkladem pro vrstvu C faktoru je vektorová vrstva *LandUse*. V této vrstvě jsou polygony vymezeny pozemky podle druhu LandUse, tedy způsobu využití. V povodí se nachází pozemky využívané jako orná půda, louky a pastviny, lesní pozemky a další. V novém sloupcu atributové tabulky byly jednotlivým prvkům přiřazeny hodnoty C faktoru. Pozemky s TTP mají hodnotu $C=0,005$ a orná půda byla přiřazena hodnota, která byla spočítána podle osevních plánů, resp. podle podílu jednotlivých plodin v povodí. Na ostatních pozemcích je hodnota C faktoru rovna nule, což znamená, že na těchto pozemcích vodní erozi nepředpokládáme.

K převedení vektorové vrstvy na rastr použijeme nástroj *Polygon to Raster*. Vybereme vrstvu *Land_use* podle hodnot ve sloupcu *C_faktorFIN*. Výstupem je vrstva *C_faktor*. Hodnoty C faktoru jsou uvedeny v tabulce 40.

Tabulka 40: výpočet průměrné hodnoty C pro ornou půdu faktoru podle zastoupení plodin

Plodina		pšen. oz.	tritic. oz.	ječm. oz.	žito oz.	oves	pšen. jar.	ječm. jar.	jetel	kukuř.	řepka ozimá	bram. rané
Prům. hodnoty C		0.12	0.15	0.17	0.17	0.10	0.10	0.15	0.01	0.72	0.22	0.60
Kotalík	Podíl plodin (%)	25	10	10	5	5	0	5	0	20	20	0
	Vážené hodnoty	3,0	1,5	1,7	0,9	0,5	0,0	0,8	0,0	14,4	4,4	0,0
	Prům.hodnota C	0.27										
Přestav.	Podíl plodin (%)	25	9	11	0	2	3	9	11	10	20	0
	Vážené hodnoty	3.0	1.4	1.9	0.0	0.2	0.3	1.4	0.1	7.2	4.4	0.0
	Prům.hodnota C	0.20										
Kocourek	Podíl plodin (%)	25	0	5	5	0	5	0	0	25	25	10
	Vážené hodnoty	3.0	0.0	0.9	0.9	0.0	0.5	0.0	0.0	18.0	5.5	6.0
	Prům.hodnota C	0.35										

Pro možnost modelování různých scénářů byla spočítána průměrná hodnota C faktoru pro variantu, kdy by byly z osevního plánu zcela vyřazeny širokořádkové plodiny (kukuřice, brambory, řepka). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 41.

Tabulka 41: výpočet C faktoru pro ornou půdu při změně osevního plánu

Plodina		pšen. oz.	tritic. oz.	ječm. oz.	žito oz.	oves	pšen. jar.	ječm. jar.	jetel
Prům. hodnoty C		0.12	0.15	0.17	0.17	0.10	0.10	0.15	0.01
Kotalík	Podíl plodin (%)	30	20	15	15	5	0	10	5
	Vážené hodnoty	3.6	3.0	2.6	2.6	0.5	0.0	1.5	0.1
	Prům.hodnota C	0.14							
Přestav.	Podíl plodin (%)	32	13	16	0	6	6	12	15
	Vážené hodnoty	3.8	2.0	2.7	0.0	0.6	0.6	1.8	0.2
	Prům.hodnota C	0.12							
Kocourek	Podíl plodin (%)	35	15	15	15	5	10	0	5
	Vážené hodnoty	4.2	2.3	2.6	2.6	0.5	1.0	0.0	0.1
	Prům.hodnota C	0.13							

Druhý modelová varianta předpokládá zatravnění nejvíce erozně ohrožených pozemků. Celková výměra i procento zatravněných pozemků s ornou půdou jsou v řešených povodích různá. Výběr pozemků pro zatravnění byl kromě vysoké míry intenzity eroze podmíněn i požadavkem na možné hospodaření na pozemcích. K zatravnění tak byly určeny pásy na okrajích stávajících půdních bloků či "výběžky" u pozemků s nepravidelným tvarem. Cílem bylo vytvořit pravidelné pozemky vhodné k obdělávání. Počty zatravněných ploch, jejich výměra a vliv na změnu faktoru C pro jednotlivé povodí jsou uvedena v tabulce 42.

Tabulka 42: změny hodnot faktoru C při zatravnění části pozemků ZPF

Povodí	Plocha ZPF (ha)	Nově zatravněná půda (ha)	podíl zatravněné pudy na ZPF (%)	C faktor
Kotalík	174,0	24,0	13,8	0,10
Přestavky	151,7	13,4	8,8	0,12
Kocourek	239,5	27,6	11,5	0,24

3.4.2.7 Stanovení P-faktoru

V řešených povodích nejsou uplatňována žádná organizační či agrotechnická protierozní opatření ani v nich nebyly provedeny technická protierozní opatření. Faktoru vlivu protierozních opatření (P faktor) má ve všech povodích hodnotu P=1.

3.4.2.8 Stanovení celkové ztráty půdy v povodích

Dosazením do rovnice USLE byla spočítána hodnota dlouhodobé průměrné roční ztrátu půdy G [t/ha.rok] na zemědělských pozemcích (orná půda, TTP. zahrady). K výpočtu byl použit nástroj *Raster Calculator*. Hodnotu G získáme vynásobením jednotlivých rastrových vrstev reprezentující faktory rovnice USLE (K, L, S, C). Faktory R a P jsou v celém povodí konstantní, proto jsou vyjádřeny přímo ve výpočtu číselnou hodnotou (40, 1). Výsledkem je vrstva dlouhodobé průměrné roční ztrátu půdy G v t.ha⁻¹.rok⁻¹. Ztráta půdy byla spočítána pro stávající stav a dále pro dvě návrhové varianty, kdy by došlo k realizaci některých organizačních protierozních opatření na zemědělských pozemcích. První varianta předpokládá vyloučení širokořádkých plodin z osevního plánu. Druhá varianta počítá se zatravněním části pozemků s ornou půdou. Tyto změny se projeví snížením hodnoty faktoru C. Ostatní faktory zůstávají neměnné.

3.4.2.9 Stanovení přípustné ztráty půdy

Posouzení erozní ohroženosti zemědělských pozemků se provádění porovnáním vypočítání hodnoty ztráty půdy s hodnotou přípustné ztráty půdy. U půd středně hlubokých (30 - 60 cm) a hlubokých (nad 60 cm), které se v zájmových územích dle kódu BPEJ vyskytují, je doporučena jednotná hodnota přípustná ztráta půdy ve výši $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Při dodržení této hodnoty by mělo být zajištěno zachování funkce půdy a její úrodnosti v dlouhodobém výhledu. V případě překročení doporučené hodnoty je rychlost eroze vyšší než rychlost přirozené obnovy půdy a hrozí trvalá degradace půdy. Při stanovení hodnot přípustné ztráty půdy však nebyly zohledněny vlivy na vodní prostředí, tedy na proces zanášení a eutrofizace. Hodnoty erozního smyvu, při kterém nedochází k výraznému negativnímu ovlivnění vodního prostředí z hlediska eutrofizace, se dle studií pohybují v rozmezí 0,5 - 2,0 t. (Janeček)

3.4.3 Výpočet transportu smyvu do vodních toků

Erozní procesy se skládají ze tří základních fází. Jedná se samotný proces eroze, tedy rozrušování povrchu a uvolňování půdních částic, proces transportu materiálu a následně jeho ukládání. Celková ztráta půdy vypočítaná metodou USLE představuje erozní smyv, tedy množství uvolněných půdních částic. U velké části erodovaného materiálu dojde k sedimentaci ještě na výchozím pozemku či dále v povodí, ale nedosáhne vodního toku. Množství splavenin, tedy materiálu, který se dostane až do vodních toků, se vypočítá pomocí "sediment delivery ratio" (SDR) - poměru odnosu splavenin. SDR představuje poměr mezi množstvím splavenin - "sediment yield" (SY) a celkovým erozním smyvem (G). (Krása a kol., 2013) Pro SDR platí vztah:

$$SRD = \frac{SY}{G} \quad \text{resp.} \quad SY = SRD \cdot G$$

kde SDR je poměr odnosu splavenin pro dané povodí, SY je celkový transport splavenin z časový úsek (např. $\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$) a G je celkový erozní smyv za časový úsek (např. $\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Pro výpočet hodnoty SDR byl použit vztah, který je doporučen metodikou (Janeček a kol., 2008). Rovnice má tvar:

$$SRD = 1,366 \cdot 10^{-11} \cdot F^{-0,0998} \cdot RP^{0,3629} \cdot CN^{5,444}$$

kde: SDR... poměr odnosu splavenin pro dané povodí

F... plocha povodí (km^2)

RP... reliéfový poměr ($\text{m} \cdot \text{km}^{-1}$) - poměr výškového rozdílu mezi nejnižší a průměrnou výškou rozvodnice a největší délky odtokové dráhy v povodí

CN... číslo odtokové křivky (průměrná hodnota pro povodí)

Hodnoty SDR i se vstupy pro jednotlivé povodí při stávajícím způsobu využití území jsou uvedeny v tabulce 43.

Tabulka 43: hodnoty SDR pro povodí řešených nádrží pro stávající stav

Povodí	plocha povodí	min. výška rozvod.	prům. výška rozvod.	rozdíl výšek	max. dl. odtokové dráhy	reliéf. poměr	prům. CN	SDR
Kotalík	2,812	500,9	550,0	49,1	3,7	13,3	60,7	0,161
Přestavlky	2,010	361,3	433,0	71,7	2,2	32,7	72,2	0,593
Kocourek	5,102	599,0	671,0	72,0	4,4	16,3	74,1	0,484

Při první návrhové variantě počítající s omezením širokořádkých plodin dojde k mírné změně hodnoty CN křivek a tedy i SDR. Změněné hodnoty pro tuto variantu jsou uvedeny v tabulce 44.

Tabulka 44: hodnoty SDR pro povodí řešených nádrží pro návrhovou variantu 1

Povodí	plocha povodí	min. výška rozvod.	prům. výška rozvod.	rozdíl výšek	max. dl. odtokové dráhy	reliéf. poměr	prům. CN	SDR
Kotalík	2,812	500,9	550,0	49,1	3,7	13,3	60,0	0,150
Přestavlky	2,010	361,3	433,0	71,7	2,2	32,7	71,7	0,569
Kocourek	5,102	599,0	671,0	72,0	4,4	16,3	73,4	0,458

Ke změně hodnoty CN křivek dojde i v případě druhé návrhové varianty, kdy se předpokládá zatravnění erozně nejvíce ohrožených pozemků s ornou půdou. Přepočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 45.

Tabulka 45: hodnoty SDR pro povodí řešených nádrží pro návrhovou variantu 2

Povodí	plocha povodí	min. výška rozvod.	prům. výška rozvod.	rozdíl výšek	max. dl. odtokové dráhy	reliéf. poměr	prům. CN	SDR
Kotalík	2,812	500,9	550,0	49,1	3,7	13,3	57,4	0,118
Přestavlky	2,010	361,3	433,0	71,7	2,2	32,7	70,9	0,537
Kocourek	5,102	599,0	671,0	72,0	4,4	16,3	73,1	0,447

3.4.4 Výpočet zachycení sedimentu v prostoru nádrže

Pro zjištění množství akumulovaného sedimentu v nádrži je třeba určit "trap efficiency" (TE) - poměr zachycení. Jedná se o poměr mezi sedimentem zachyceným v prostoru nádrže a celkovým množstvím splavenin transportovaného do řešené nádrže. Pro výpočet hodnoty poměru zachycení je použita metoda Bruneho křivek resp. analytické vyjádření střední Bruneho křivky, jak je uvedeno v metodice (Krása a kol., 2013). Rovnice má tvar:

$$TE = 100 \cdot 0,97^{0,19 \log(C/I)}$$

kde: TE... poměr zachycení (%)

C... zásobní objem nádrže (m³)

I... průměrný roční přítok do nádrže (m³.rok⁻¹)

Vzhledem k tomu, že hodnota TE je závislá na velikosti zásobního objemu, který se časem mění s tím, jak se nádrže zanáší, je výpočet pro jednotlivé nádrže proveden pro každý rok za posuzovanou dobu. Hodnoty poměru zachycení pro jednotlivé nádrže pro předpokládaný stav na začátku řešeného období jsou v tabulce 46.

Tabulka 46: hodnoty TE pro jednotlivé řešené nádrže pro předpokládaný výchozí stav

Vodní nádrž	Plocha zátopy (ha)	Max. hloubka	Zásobní objem (m ³)	Celoroční přítok (m ³)	Doba zdržení T (dny)	TE (%)
Kotalík	0.75	3.2	9400	178 445	19	78
Přestavlky	0.37	3.5	4200	252 917	6	56
Kocourek	0.92	3.05	13000	1 329 007	4	42

4 VÝSLEDKY

4.1 Erozní smyv v povodích

4.1.1 Erozní smyv pro stávající stav

Výsledky výpočtu celkového dlouhodobého erozního smyvu ze zemědělských pozemků metodou rovnice USLE při stávajícím využití území jsou pro jednotlivá povodí uvedena v tabulce 47.

Tabulka 47: dlouhodobá průměrná ztráta půdy pro řešená povodí

Povodí	Plocha ZPF (ha)	K faktor	L faktor	S faktor	C faktor	C faktor (orná p.)	Prům. G (t/ha.rok)	Celk. G (t/rok)
Kotalík	174,0	0,24	1,74	0,78	0,13	0,27	1,74	303
Přestavky	151,7	0,34	2,75	1,88	0,14	0,20	7,76	1 178
Kocourek	239,5	0,29	1,95	0,69	0,28	0,35	3,88	930

Jako nejvíce erozně ohrožené území bylo určeno povodí MVN Přestavky, kde hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy vychází $7,76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Spočítaná hodnota je tak téměř dvojnásobkem přípustné ztráty půdy pro středně hluboké a hluboké půdy ($4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Přípustná ztráta půdy je překročena prakticky v celém povodí. K nejvyšší intenzitě eroze, která dosahuje hodnot i přes $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, dochází ve spodní části svahů.

Výrazně příznivější je situace z hlediska intenzity eroze v povodí MVN Kocourek. Spočítaná dlouhodobá ztráta půdy činí $3,88 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a je tak dodržena i hodnota přípustné ztráty půdy pro středně hluboké a hluboké půdy. Nejvyšší míra eroze (přes $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) je v severní části povodí a dále ve spodní části svahů v jižní polovině povodí.

Nejpříznivější je situace v povodí MVN Kotalík, kde spočítaná hodnota erozního smyvu je $1,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Erozně nejvíce ohrožené pozemky se nacházejí v jižní části povodí a na úpatí svahu Levín, tedy v území, kde má terén větší sklon.

4.1.2 Změna osevního plánu

Erozní smyv byl počítán i pro hypotetickou situaci, že by z osevních plánů byly zcela vyloučeny širokořádké plodiny. V řešených územích se jedná o kukuřici pěstovanou na siláž, řepku a brambory. Hodnoty přepočítaného C faktoru i celkové průměrné ztráty půdy pro tuto variantu jsou uvedeny v tabulce 48.

Tabulka 48: dlouhodobá průměrná ztráta půdy při změně osevního plánu

Povodí	Celkový C faktor	Pokles C (% z výchozí)	C faktor (orná p.)	Pokles C orná p. (% z vých.)	Prům. G (t/ha.rok)	Celk. G (t/rok)	Pokles G (% z výchozí)
Kotalík	0,07	52,3	0,14	51,9	0,92	159	52,5
Přestavky	0,08	60,5	0,12	60,0	4,72	715	60,7
Kocourek	0,10	37,3	0,13	37,1	1,46	348	37,5

Změnou osevního plánu se snížila hodnota erozního faktoru C, který vyjadřuje ochranný vliv vegetace. Velikost změny byla dána stávajícím osevním plánem, resp. podílem širokořádkých plodin v nich. K největšímu snížení hodnoty erozního faktoru C došlo v povodí MVN Kocourek, kde jsou v současnosti širokořádké plodiny pěstovány na značné části orné půdy. Hodnota C faktoru se snížila z 0,28 na 0,10

(tedy na 37 % původní hodnoty). K nižšímu snížení hodnoty C došlo ve zbývajících povodích, kde došlo k poklesu na 52 % (Kotalík) a 61 % (Přestavlky).

Následně došlo k různě významnému snížení hodnoty celkové ztrátě půdy pro řešená území. K nejvýraznějšímu snížení došlo v povodí MVN Kocourek, kde spočítaná hodnota ztráty půdy má hodnotu 1,46 t.ha⁻¹.rok⁻¹ oproti původním 3,88 t.ha⁻¹.rok⁻¹. V povodí MVN Přestavlky došlo ke snížení ztráty půdy z hodnoty 7,76 na 4,72 t.ha⁻¹.rok⁻¹ a v povodí MVN Kotalík na 0,92 z 1,42 t. ha⁻¹.rok⁻¹.

4.1.3 Erozní smyv při částečném zatravnění

Druhá návrhová varianta předpokládá zatravnění erozně nejohroženějších pozemků s ornou půdou. Hodnoty celkové průměrné ztráty půdy pro tuto variantu jsou uvedeny v tabulce 49.

Tabulka 49: dlouhodobá průměrná ztráta půdy při částečném zatravnění

Povodí	Plocha zatravnění (ha)	Podíl zatravnění z ZPF (%)	Celkový C faktor	Pokles C (% z výchozí)	Prům. G (t/ha.rok)	Celk. G (t/rok)	Pokles G (% z výchozí)
Kotalík	25,0	14,4	0,10	72,8	0,82	143	57,6
Přestavlky	13,4	8,8	0,12	87,3	5,48	830	70,5
Kocourek	27,6	11,5	0,24	85,8	2,56	614	72,2

Celková výměra i procento zatravněných pozemků s ornou půdou jsou v řešených povodích různá. Výměra zatravněných pozemků je ovlivněna snahou vytvořit pravidelné a snadno obhospodařovatelné pozemky. Za nejlepší výsledek z hlediska rozsahu zatravnění a snížení intenzity eroze lze určit povodí MVN Přestavlky, kde zatravněním 13,4 ha orné půdy (cca 9 % celkové výměry ZPF v povodí) se snížil celkový objem erozní ztráty půdy o cca 30 %. Největšího poklesu intenzity eroze (na cca 58 % původní hodnoty) došlo v povodí MVN Kotalík, kde však došlo k zatravnění 14,4 % výměry ZPF.

4.1.4 Erozní smyv při přípustné ztrátě půdy

Při poslední počítané variantě byla předpokládána hodnota průměrné roční ztráty půdy v celém povodí rovna přípustné ztrátě půdy, tedy rovna hodnotě 4,0 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Spočítané hodnoty celkové ztráty půdy jsou uvedeny v tabulce XY.

Tabulka 50: celkový objem erozního smyvu při přípustné ztrátě půdy

Povodí	Plocha ZPF (ha)	Prům. G (t/ha.rok)	Celk. G (t/rok)
Kotalík	174,0	4,00	696
Přestavlky	151,7	4,00	607
Kocourek	239,5	4,00	958

4.2 Transport smyvu do vodních toků

Množství materiálu transportovaného až do vodopisné sítě bylo určeno metodou poměru odnosu splavenin (SDR). Vstupem pro výpočet SDR jsou morfologické charakteristiky povodí a průměrné hodnoty křivek drah odtoku. Plochy povodí a jeho morfologické charakteristiky jsou neměnná, ale hodnoty CN křivek jsou do značné míry podmíněny způsobem využití území. Z toho důvodu bylo SDR počítáno pro stávající stav i pro dvě návrhové varianty, při kterých se předpokládá změna osevního plánu, resp. zatravnění části pozemků s ornou půdou.

4.2.1 Transport smyvu pro stávající stav

Celkového množství erozního materiálu transportovaného do vodních toků pro stávající stav je uveden v tabulce 51.

Tabulka 51: transport erozního materiálu do VT při stávajícím osevním plánu

Povodí	Plocha povodí (km ²)	Reliéfový poměr	Prům. CN (-)	SDR (-)	Celkové G (t/rok)	SY (t/rok)
Kotalík	2,812	13,3	60,7	0,161	303	49
Přestavlky	2,010	32,7	72,2	0,593	1178	698
Kocourek	5,102	16,3	74,1	0,484	930	450

Nejvyšší poměr odnosu splavenin byl spočítán pro povodí MVN Přestavlky. Z hlediska metod výpočtu má povodí MVN Přestavlky nepříznivé podmínky jak z hlediska morfologie území, která je vyjádřena reliéfovým poměrem, tak z hlediska využití území a pedologie (průměrná hodnotou CN křivek). Výsledná hodnota SDR pro povodí MVN Přestavlky je 0,59. Pro povodí MVN Kocourek je spočítaná hodnota SDR nižší (SDR=0,484), což je dáno příznivějšími morfologickými podmínkami. Nejnižší hodnota SDR byla spočítána pro povodí MVN Kotalík (SDR=0,16). Výrazně nižší poměr odnosu splavenin pro povodí nádrže Kotalík je podmíněno nízkým číslem odtokových křivek.

Vzhledem k tomu, že velikost poměru odtoku v jednotlivých povodích koresponduje s intenzitou eroze, je pořadí zájmových území podle celkového množství erozního smyvu transportovaného do vodních toků (SY) shodné s pořadím dle SDR. Největší množství erozního materiálu (téměř 700 t/rok) se do vodopisné sítě dostane v povodí MVN Přestavlky. Naopak řádově menší množství materiálu (cca 50 t/rok) je do vodotečí splaveno v povodí MVN Kotalík. V povodí MVN Kotalík je hodnota SY=450 t/rok.

4.2.2 Transport smyvu při změně osevního plánu

Vyloučení širokořádkých plodin z osevního plánu se na hodnotě SDR projeví jen nepatrně, snížením v řádu desetin. Velikost změny je závislá na podílu orné půdy na celkové ploše povodí a z toho plynoucí snížení hodnoty CN křivky. Hodnoty smyvu transportovaného do vodopisné sítě jsou tak ve větší míře podmíněny celkovým množstvím ztráty půdy v povodí. Vyloučením širokořádkých plodin z osevního plánu dojde k nejvýraznějšímu zlepšení z hlediska zatížení vodních toků erozním smyvem v povodí MVN Kocourek. V tomto území dojde ke snížení SY z 450 na 160t/rok (36 % původní hodnoty). U zbývajících povodích došlo k poklesu cca na polovinu.

Tabulka 52: transport erozního materiálu do VT při změně osevního plánu

Povodí	Plocha povodí (km ²)	Reliéfový poměr	Prům. CN (-)	SDR (-)	Celkové G (t/rok)	SY (t/rok)
Kotalík	2,812	13,3	60,0	0,150	159	24
Přestavlky	2,010	32,7	71,7	0,569	715	407
Kocourek	5,102	16,3	73,4	0,458	348	160

4.2.3 Transport smyvu při částečném zatravnění orné půdy

Při druhém návrhovém stavu dochází k zásadní změně využití území na značné části povodí a tomu odpovídá i velikost změny SDR, která je výraznější oproti prvnímu

návrhovému stavu. Hodnoty SDR při zatravnění části orné půdy jsou uvedeny v tabulce 53.

Tabulka 53: transport erozního materiálu do VT při dílčím zatravnění orné půdy

Povodí	Plocha povodí (km ²)	Reliéfový poměr	Prům. CN (-)	SDR (-)	Celkové G (t/rok)	SY (t/rok)
Kotalík	2,812	13,3	57,4	0,118	143	17
Přestavlky	2,010	32,7	70,9	0,537	830	446
Kocourek	5,102	16,3	73,1	0,447	614	275

Ačkoli jsou ve všech řešených povodích hodnoty SDR při druhém návrhovém stavu nižší oproti prvnímu návrhovému stavu, výsledné hodnoty SY se snížily i zvýšily. K poklesu došlo v povodí MVN Kotalík. Naopak vyšší hodnoty SY oproti prvnímu návrhovému stavu byly spočítány pro povodí MVN Kocourek a Přestavlky.

4.3 Vypočítaný objem sedimentu v nádržích

Pro určení množství materiálu, který sedimentuje v prostoru řešené nádrže, byla použita metoda poměru zachycení (TE). Hodnota TE byla spočítána na základě doby zdržení, která se však se zanášením nádrže snižuje. Zanášení nádrže tak bylo spočítáno pro jednotlivé roky sledovaného období. Dílčí hodnoty i celkový objem jsou uvedeny v tabulkách 54-56.

Sledované období je pro jednotlivé nádrže různé. Jednoznačně je určené pouze pro MVN Přestavlky, která byla postavena v roce 1963 a mocnost sedimentu byla zaměřena v roce 2013. U zbylých dvou nádržích je známa jen doba zaměření sedimentu (2003 a 2013). Nádrže Kocourek a Přestavlky jsou historické nádrže, u kterých není znám ani rok posledního odtěžení sedimentu. Jako začátek sledovaného období je tak považován rok 1955, kdy pravděpodobně proběhlo scelování polí v řešených územích, což vedlo k intenzitě vodní eroze v dnešním rozsahu.

Nejvyšší TE pro výchozí stav na začátku sledovaného období byla spočítána pro MVN Kotalík. Relativně vysoká doba zdržení (19 dní) a tedy i vyšší hodnota poměru zachycení (TE=77 %) oproti zbývajícím nádržím souvisí s nízkým specifickým odtokem. Pro MVN Přestavlky byly spočítána doba zdržení 6 dní a TE=56 %. MVN Kocourek má dobu zdržení 4 dny a TE má hodnotu 42 %.

Tabulka 54: výpočet zanášení MVN Kotalík v letech 1955 – 2013

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m ³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m ³)
1955	303	49	9400	19,1	77,4	38	19
1956	303	49	9381	19,0	77,4	38	19
1957	303	49	9362	19,0	77,4	38	19
1958	303	49	9343	19,0	77,3	38	19
1959	303	49	9325	18,9	77,3	38	19
1960	303	49	9306	18,9	77,3	38	19
1961	303	49	9287	18,9	77,2	38	19
1962	303	49	9268	18,8	77,2	38	19
1963	303	49	9249	18,8	77,2	38	19
1964	303	49	9230	18,7	77,2	38	19
1965	303	49	9211	18,7	77,1	38	19
1966	303	49	9193	18,7	77,1	38	19
1967	303	49	9174	18,6	77,1	38	19
1968	303	49	9155	18,6	77,0	38	19
1969	303	49	9136	18,6	77,0	38	19
1970	303	49	9117	18,5	77,0	38	19
1971	303	49	9099	18,5	77,0	38	19
1972	303	49	9080	18,4	76,9	38	19
1973	303	49	9061	18,4	76,9	38	19
1974	303	49	9042	18,4	76,9	37	19
1975	303	49	9024	18,3	76,8	37	19
1976	303	49	9005	18,3	76,8	37	19
1977	303	49	8986	18,2	76,8	37	19
1978	303	49	8967	18,2	76,7	37	19
1979	303	49	8949	18,2	76,7	37	19
1980	303	49	8930	18,1	76,7	37	19
1981	303	49	8911	18,1	76,6	37	19
1982	303	49	8893	18,1	76,6	37	19
1983	303	49	8874	18,0	76,6	37	19
1984	303	49	8855	18,0	76,6	37	19
1985	303	49	8837	17,9	76,5	37	19
1986	303	49	8818	17,9	76,5	37	19
1987	303	49	8799	17,9	76,5	37	19
1988	303	49	8781	17,8	76,4	37	19
1989	303	49	8762	17,8	76,4	37	19
1990	303	49	8743	17,8	76,4	37	19
1991	303	49	8725	17,7	76,3	37	19
1992	303	49	8706	17,7	76,3	37	19
1993	303	49	8687	17,6	76,3	37	19
1994	303	49	8669	17,6	76,2	37	19
1995	303	49	8650	17,6	76,2	37	19

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m³)
1996	303	49	8632	17,5	76,2	37	19
1997	303	49	8613	17,5	76,1	37	19
1998	303	49	8595	17,5	76,1	37	19
1999	303	49	8576	17,4	76,1	37	19
2000	303	49	8557	17,4	76,0	37	19
2001	303	49	8539	17,3	76,0	37	19
2002	303	49	8520	17,3	76,0	37	19
2003	303	49	8502	17,3	75,9	37	19
2004	303	49	8483	17,2	75,9	37	19
2005	303	49	8465	17,2	75,9	37	19
2006	303	49	8446	17,2	75,9	37	19
2007	303	49	8428	17,1	75,8	37	18
2008	303	49	8409	17,1	75,8	37	18
2009	303	49	8391	17,0	75,8	37	18
2010	303	49	8372	17,0	75,7	37	18
2011	303	49	8354	17,0	75,7	37	18
2012	303	49	8335	16,9	75,7	37	18
Celkový spočítaný objem sedimentů							1083
Zaměřený objem sedimentů							6000

Tabulka 55: výpočet zanášení MVN Přestavky v letech 1962 – 2013

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m³)
1963	1178	700	4200	6,1	55,8	390	195
1964	1178	700	4005	5,8	54,6	382	191
1965	1178	700	3814	5,5	53,5	374	187
1966	1178	700	3627	5,2	52,2	366	183
1967	1178	700	3444	5,0	51,0	357	178
1968	1178	700	3266	4,7	49,6	347	174
1969	1178	700	3092	4,5	48,3	338	169
1970	1178	700	2923	4,2	46,8	328	164
1971	1178	700	2759	4,0	45,3	317	159
1972	1178	700	2601	3,8	43,8	307	153
1973	1178	700	2448	3,5	42,2	295	148
1974	1178	700	2300	3,3	40,6	284	142
1975	1178	700	2158	3,1	38,9	272	136
1976	1178	700	2022	2,9	37,2	260	130
1977	1178	700	1892	2,7	35,4	248	124
1978	1178	700	1768	2,6	33,6	235	118
1979	1178	700	1650	2,4	31,8	222	111
1980	1178	700	1539	2,2	30,0	210	105

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m³)
1981	1178	700	1434	2,1	28,1	197	98
1982	1178	700	1336	1,9	26,3	184	92
1983	1178	700	1244	1,8	24,5	172	86
1984	1178	700	1158	1,7	22,8	159	80
1985	1178	700	1078	1,6	21,1	147	74
1986	1178	700	1005	1,5	19,4	136	68
1987	1178	700	937	1,4	17,8	125	62
1988	1178	700	874	1,3	16,3	114	57
1989	1178	700	817	1,2	14,9	104	52
1990	1178	700	765	1,1	13,6	95	48
1991	1178	700	717	1,0	12,4	87	43
1992	1178	700	674	1,0	11,2	79	39
1993	1178	700	635	0,9	10,2	71	36
1994	1178	700	599	0,9	9,3	65	32
1995	1178	700	567	0,8	8,4	59	29
1996	1178	700	537	0,8	7,6	53	27
1997	1178	700	511	0,7	6,9	48	24
1998	1178	700	486	0,7	6,3	44	22
1999	1178	700	464	0,7	5,7	40	20
2000	1178	700	444	0,6	5,2	37	18
2001	1178	700	426	0,6	4,8	33	17
2002	1178	700	409	0,6	4,4	31	15
2003	1178	700	394	0,6	4,0	28	14
2004	1178	700	380	0,5	3,7	26	13
2005	1178	700	367	0,5	3,4	24	12
2006	1178	700	355	0,5	3,1	22	11
2007	1178	700	345	0,5	2,9	20	10
2008	1178	700	334	0,5	2,7	19	9
2009	1178	700	325	0,5	2,5	17	9
2010	1178	700	316	0,5	2,3	16	8
2011	1178	700	308	0,4	2,1	15	8
2012	1178	700	301	0,4	2,0	14	7
2013	1178	700	294	0,4	1,9	13	7
Celkový spočítaný objem sedimentů							3892
Zaměřený objem sedimentů							3800

Tabulka 56: výpočet zanášení MVN Kocourek v letech 1955 – 2003

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m³)
1955	930	450	9000	2,5	32,7	147	74
1956	930	450	8926	2,5	32,5	146	73
1957	930	450	8853	2,4	32,3	145	73
1958	930	450	8781	2,4	32,1	144	72
1959	930	450	8708	2,4	31,8	143	72
1960	930	450	8637	2,4	31,6	142	71
1961	930	450	8566	2,4	31,4	141	71
1962	930	450	8495	2,3	31,2	140	70
1963	930	450	8425	2,3	31,0	139	70
1964	930	450	8355	2,3	30,8	138	69
1965	930	450	8286	2,3	30,5	137	69
1966	930	450	8217	2,3	30,3	136	68
1967	930	450	8149	2,2	30,1	135	68
1968	930	450	8081	2,2	29,9	135	67
1969	930	450	8014	2,2	29,7	134	67
1970	930	450	7947	2,2	29,4	133	66
1971	930	450	7881	2,2	29,2	132	66
1972	930	450	7815	2,1	29,0	131	65
1973	930	450	7750	2,1	28,8	130	65
1974	930	450	7685	2,1	28,6	129	64
1975	930	450	7621	2,1	28,4	128	64
1976	930	450	7557	2,1	28,1	127	63
1977	930	450	7493	2,1	27,9	126	63
1978	930	450	7431	2,0	27,7	125	62
1979	930	450	7368	2,0	27,5	124	62
1980	930	450	7306	2,0	27,3	123	61
1981	930	450	7245	2,0	27,1	122	61
1982	930	450	7184	2,0	26,9	121	60
1983	930	450	7124	2,0	26,6	120	60
1984	930	450	7064	1,9	26,4	119	59
1985	930	450	7004	1,9	26,2	118	59
1986	930	450	6945	1,9	26,0	117	59
1987	930	450	6887	1,9	25,8	116	58
1988	930	450	6829	1,9	25,6	115	58
1989	930	450	6771	1,9	25,4	114	57
1990	930	450	6714	1,8	25,1	113	57
1991	930	450	6658	1,8	24,9	112	56
1992	930	450	6601	1,8	24,7	111	56
1993	930	450	6546	1,8	24,5	110	55
1994	930	450	6491	1,8	24,3	109	55
1995	930	450	6436	1,8	24,1	108	54

Rok	G (t/rok)	SY (t/rok)	C (m ³)	T (dny)	TE (%)	Akum. sediment (t)	Akum. sediment (m ³)
1996	930	450	6382	1,8	23,9	107	54
1997	930	450	6328	1,7	23,7	107	53
1998	930	450	6275	1,7	23,5	106	53
1999	930	450	6222	1,7	23,3	105	52
2000	930	450	6170	1,7	23,1	104	52
2001	930	450	6118	1,7	22,8	103	51
2002	930	450	6066	1,7	22,6	102	51
Celkový spočítaný objem sedimentů							2985
Zaměřený objem sedimentů							5500

4.4 Predikce zanášení nádrží

Na základě charakteru povodí a stavu nádrží byla spočítána doba, za kterou dojde k zanesení nádrže v takovém rozsahu, aby bylo možné nádrže zařadit do 3. kategorie z hlediska zanesení podle Generelu rybníků a nádrží České republiky (hydroprojekt). Do této kategorie patří nádrže s mocností sedimentu větší než 40 cm. Cílový objem sedimentu je tak roven ploše zátopy vynásobené 0,4 m. Výpočet zanášení byl opět proveden po jednotlivých letech, ale v tabulkách jsou uvedeny jen výsledné hodnoty.

4.4.1 Predikce zanášení při zachování současného stavu

První predikce rychlosti zanášení nádrží byla spočítána na základě předpokladu zachování stávajícího stavu povodí z hlediska využití území a způsobu hospodaření. Vypočítané doby jsou uvedeny v tabulce 57.

Tabulka 57: predikce zanášení řešených nádrží

Povodí	C (m ³)	SY (t/rok)	TE (%)	Akum. sediment (m ³ .rok ⁻¹)	Celkový objem sed. (m ³)	Doba (roky)
Kotalík	9400	49	77,4	19	3000	165
Přestavlky	4200	700	55,8	195	1480	8
Kocourek	13000	450	42,4	95	3680	43

4.4.2 Predikce zanášení při změně osevního plánu

Spočítaná doba nutná k akumulaci cílového objemu sedimentu v nádržích při hypotetické změně osevního plánu, ve kterém by chyběly širokořádké plodiny, je pro jednotlivé nádrže uveden v tabulkách 58.

Tabulka 58: predikce zanášení řešených nádrží

Povodí	C (m ³)	SY (t/rok)	TE (%)	Akum. sediment (m ³ .rok ⁻¹)	Celkový objem sed. (m ³)	Doba (roky)
Kotalík	9400	24	77,4	9	3000	337
Přestavlky	4200	407	55,8	113	1480	14
Kocourek	13000	159	42,4	26	3680	121

4.4.3 Predikce zanášení při částečném zatravnění orné půdy

Spočítaná doba nutná k akumulaci cílového objemu sedimentu v nádržích při částečném zatravnění orné půdy je pro jednotlivé nádrže uveden v tabulkách 59.

Tabulka 59: predikce zanášení řešených nádrží

Povodí	C (m³)	SY (t/rok)	TE (%)	Akum. sediment (m³.rok⁻¹)	Celkový objem sed. (m³)	Doba (roky)
Kotalík	9400	17	77,4	7	3000	477
Přestavlky	4200	446	55,8	124	1480	13
Kocourek	13000	274	42,4	58	3680	70

4.4.4 Predikce zanášení při přípustné ztrátě půdy v povodí

Poslední výpočet doby zanášení byl proveden pro situaci, kdy v celém povodí by intenzita eroze odpovídala přípustné ztrátě půdy. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 60.

Tabulka 60: predikce zanášení řešených nádrží

Povodí	C (m³)	SY (t/rok)	TE (%)	Akum. sediment (m³.rok⁻¹)	Celkový objem sed. (m³)	Doba (roky)
Kotalík	9400	112	77,4	43	3000	72
Přestavlky	4200	361	55,8	101	1480	16
Kocourek	13000	464	42,4	76	3680	41

5 DISKUZE

Vypočítané hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy na zemědělských pozemcích se pro jednotlivá povodí výrazně liší.

Největší intenzita eroze byla spočítána pro povodí MVN Přestavlky. Vyšší intenzita eroze do značné míry koresponduje i s rychlostí zanášení nádrže, která byla určena na základě zaměřeného objemu sedimentu. Vysoká hodnota průměrné ztráty půdy, která činí $7,76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, je dána především morfologickými faktory. Negativní vliv délky svahů, velkých sklonů a konvexního či kombinovaného tvaru svahů je podpořen hospodařením na rozsáhlých půdních blocích. Naopak jako nejméně erozně ohrožené území bylo výpočtem určeno povodí MVN Kotalík, kde průměrná ztráta půdy dosahuje výše $1,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Pozitivním faktorem je menší sklonitost terénu a kratší délka svahů, resp. menší výměry bloků orné půdy, které jsou omezené členitostí reliéfu, přirozenými liniovými prvky a cestní sítí. Střední intenzita eroze nepřekračující hodnotu přípustné ztráty půdy byla spočítána pro povodí MVN Kocourek, kde G činí $3,88 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na základě vyčíslených faktorů rovnice USLE lze říci, že intenzitu eroze negativně ovlivňuje délka svahů a zároveň méně vhodné pedologické podmínky a nevhodný osevní plán.

Zájmová území vykazují mnohé shodné rysy. Plocha řešených povodí se pohybuje cca do 2 do 5 km^2 . Jedná o území středních poloh charakteru pahorkatina až vrchoviny se střední nadmořskou výškou od 422 do 656 m n. m. Podobná je geologická stavba a pedologická charakteristika. V povodích převládají kyselé vyvřeliny či metamorfity kristalinika, na kterých se vyvinuly kambizemě doplněné v podmáčených místech gleji. Tomu odpovídá i vyrovnané hodnoty faktoru erodovatelnosti půdy ($K=0,24-0,34$). Větší rozdíly panují z hlediska klimatu. Nejchladnějším a nejvlhčím územím je povodí MVN Kocourek. Na srážky nejhudší je povodí MVN Kotalík. Nejvyšší průměrná teplota je v povodí MVN Přestavlky. Nehledě na klimatické rozdíly má zemědělská výroba a obhospodařování půdy podobný charakter. Ve všech povodích se hospodařící subjekty zabývají rostlinou a živočišnou výrobou. Srovnatelná je i skladba pěstovaných plodin v osevních plánech. Ve všech povodích jsou dominantní obiloviny, které jsou doplněny kukuřicí a řepkou. Hodnoty faktoru C jsou 0,20 - 0,35.

Jako klíčové pro různé hodnoty intenzity eroze v řešených povodích se tak jeví morfologické faktory eroze: sklon území, délka a tvar svahů. Průměrný sklon v povodí MVN Přestavlky je 13 %, což je hodnota výrazně překonávající sklony ve zbývajících povodích (8 a 7 %). Roli hraje ale i členitost reliéfu, rozdělení sklonu, výskyt terénních hran, které limitují založení rozsáhlých půdních bloků. V území chybí zlomy či nepravidelnosti, které by tvořili přirozené hranice pozemků. Takový charakter reliéfu umožňuje hospodařit na rozsáhlých půdních blocích. Průměrná výměra bloků orné půdy v povodí MVN Přestavlky je 8,5 ha, což v kombinaci s velkým sklonem území představuje značné erozní ohrožení území.

Nízká hodnota dlouhodobé ztráty půdy v povodí MVN Kotalík je způsobena mírnějšími sklonovými poměry (průměrný sklon 8 %), ale i značnou členitostí terénu. Pozemky s ornou půdou jsou tak rozděleny na XY bloků, jejichž průměrná rozloha je 4,2 ha a orientace delší strany je ve směru vrstevnic. Výsledkem je cca 4x nižší hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy.

Vypočítané množství akumulovaného sedimentu v prostoru zátopy se u dvou nádrží výrazně liší od skutečného objemu, který byl zaměřen v rámci zpracování projektu odbahnění. Jedná se o historické nádrže Kotalík a Kocourek. Pro MVN Kotalík byla hodnota celkového objemu sedimentů akumulovaných za sledované období

výpočtem stanovena na 1083 m³, oproti zaměřenému objemu 6000 m³. U nádrže Kocourek byla spočítána hodnota objemu sedimentu na 2985 m³, což je cca o 2500. m³ méně, než skutečný objem (5500 m³). Naopak u MVN Přestavlky je výpočtem získaná hodnota objemu prakticky shodná se zaměřeným množstvím (3892 a 3800 m³).

Značný rozdíl mezi výpočtem a geodetickým zaměřením získanou hodnotou může souviset s určitou mírou nejistoty při stanovení některých předpokladů a zároveň samotnou metodou výpočtu.

U obou historických mlýnských rybníků je neznámý výchozí stav, resp. rok odpovídající nulovému zanesení nádrže sedimentem. Z důvodu absence historických informací byl za výchozí bod určen rok 1955. Tento krok vycházel z předpokladu, že do 50. let, kdy fungovaly oba mlýny, byly nádrže udržované běžným způsobem, který zamezoval většímu zanášení nádrže (Mareš, Suchý, Hochmann, 1970), a zároveň že intenzita eroze v území před scelením polí byla výrazně nižší a tedy i zatížení nádrže zanášením bylo nižší. Je však pravděpodobné, že vzhledem k hlavnímu účelu nádrží - vzdouvání a zadržování vody pro potřeby mlýnů - byla údržba nádrží a meliorační práce na nich výrazně omezená. Nádrže nemohly být dlouhodobě vypuštěny a tak patrně nebylo prováděno letnění či zimování spojené s vyvezením bahna. Vzhledem k charakteru nádrže mohlo být realizováno patrně jen karbování, kterým se odstranila pouze část sedimentů (Říha, 1943). Zároveň v povodí nádrže Kotalík mohla být intenzita eroze do 50. let srovnatelná se současností, neboť podíl orné půdy na ploše povodí byl výrazně vyšší než v současnosti a to na úkor stabilizujících ploch (TTP, lesní porosty).

Druhým problémem může být omezení ze zvolené metody založené na výpočtu eroze na zemědělských pozemcích pomocí rovnice USLE. V rámci výpočtu bylo předpokládáno, že vodní eroze probíhá pouze na pozemcích ZPF a v území krytém lesním porostem je nulová. Zdrojem sedimentu v nádrži však mohou být i lesní pozemky (Vrána a Beran, 2008), na kterých může docházet k intenzivní erozi (Zuna, 2008). Zanedbání vlivu eroze mimo zemědělské pozemky se pak výrazněji projeví v povodích, kde lesní a jiné pozemky tvoří značnou část povodí, jako u povodí MVN Kotalík a Kocourek.

Problematické je rovněž určení SDR dle (Krása a kol., 2013), neboť tento vztah výpočtu SDR je odvozen pro velká povodí a je tedy vhodný pro povodí od 5 km². Problémem může být i celiství přístup použitého vztahu. Charakter povodí je vyjádřen průměrnou hodnotou CN křivek, což neumožňuje zohlednit vliv prostorového rozmístění retenčních prvků (Krása). V případě povodí MVN Kotalík je nízká hodnota SDR ovlivněna počítaným číslem odtokových křivek, které je díky hydrologicky příznivější pedologii výrazně nižší než u zbývajících povodí. Nižší hodnota čísla odtokových drah má vliv i na extrémně malý kulminační průtok spočítaný metodou CN. Vypočítaný kulminační průtok dosahuje jen zlomku N-letých průtoků, které byly určeny ČHMÚ (MPŘ MVN Kotalík). Z tohoto pohledu je otázka, zda spočítaná hodnota CN pro povodí MVN Kotalík reprezentuje skutečný stav území.

Velmi přesný byl však odhad objemu zadržovaných sedimentů pro nádrž Přestavlky. Pozitivně působícím faktorem mohl být fakt, že se jedná o nádrž realizovanou v 60. letech a je tak známý začátek sledovaného období i jednoznačně určen původní zásobní objem a celkové množství sedimentu akumulovaného ve sledovaném období. Zároveň ze všech tří řešených území je míra lesnatosti v povodí MVN

Přestavky nejnižší, což eliminuje chybu způsobenou opomenutím vlivu eroze na lesních pozemcích.

Posouzení vlivu provedení organizačních protipovodňových opatření v povodí na zanášení nádrží ukazuje, že míra účinku je různá v závislosti na stávajícím stavu povodí a způsobu hospodaření v něm. V případě prvního návrhového scénáře, který předpokládá vyloučení širokořádkých plodin z osevního plánu, došlo ke snížení rychlosti zanášení. Intenzita zanášení je vyjádřena časem, který je nutný k akumulaci takového množství sedimentu, aby byla nádrž zařazena do 3. kategorie z pohledu rozsahu zanesení (hydroprojekt). Největší účinek má změna osevního plánu na rychlost zanášení MVN Kocourek, což je podmíněno stávajícím osevním plánem s velkým podílem širokořádkých plodin (kukuřice, řepka, brambory) a relativně nízkým podílem TTP. Doba akumulace sedimentu je pro nádrž Kocourek cca 3krát delší než při zachování stávajícího osevního plánu (z 43 na 121 let). Menší účinek opatření byl zjištěn u MVN Přestavky, v jejímž povodí je intenzita eroze ovlivněna především morfologickými faktory, a u nádrže Kotalík, jejíž povodí má větší podíl pozemků s TTP.

V případě částečného zatravnění erozně nejvíce ohrožených pozemků s ornou půdou, se tento krok nejvíce pozitivně projeví v případě MVN Kotalík, což souvisí i s nejvyšší relativní výměrou zatravněných pozemků (14 % plochy ZPF). U této nádrže se v důsledku zatravnění 25 ha orné půdy doba akumulace prodlouží z 165 na 477 let. Příčinou je rovněž soustředění erozně intenzivněji ohrožených pozemků v několika míst v povodí. U nádrží Přestavky a Kocourek je účinek zatravnění nižší, než u prvního návrhového scénáře.

Poslední modelovaný scénář dokládá, že dodržení přípustné ztráty půdy definované z hlediska produkční schopnosti půdy, nezajišťuje dostatečnou ochranu proti důsledkům vodní eroze z pohledu vodního hospodářství (janeček, vrána). Vzhledem k tomu, že v povodí MVN Kocourek a Kotalík nejsou dle výpočtu přípustné ztráty půdy při stávajícím způsobu hospodaření překročeny, se rychlost zanášení snížila jen u nádrže Přestavky. V povodí nádrže Přestavky je intenzivní eroze způsobena především nepříznivými morfologickými faktory a dodržení přípustné ztráty půdy je tak dosažitelné jen rozsáhlým zatravněním v kombinaci s některými technickými protierozními opatřeními (meze, průlehy, atd.). Pro tento scénář se doba akumulace sedimentu pro jednotlivé nádrže pohybuje v rozmezí 16 až 72 let, což je vzhledem k nákladům nutných k provedení odbahnění nádrží, doba nepřiměřená. Ačkoli došlo ke snížení hodnoty přípustné ztráty půdy pro hluboké půdy z 10 na $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (janeček), bylo by žádoucí z hlediska ochrany vodních toků a nádrží limitní hodnoty zpřísnit. V případě dodržení přípustné hodnoty erozního smyvu v rozmezí 0,5 až $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což jsou hodnoty, které ještě nezpůsobují výraznější eutrofizaci vod (janeček), by se životnost odbahněných nádrží prodloužila a lépe by byly ochráněny vynaložené prostředky.

6 ZÁVĚR

S pomocí programu ArcGIS byla provedena analýza erozní ohroženosti povodí tří řešených nádrží (MVN Kotalík, MVN Přestavlky a MVN Kocourek). Rovnicí USLE byla stanovena hodnota dlouhodobé průměrné ztráty půdy na zemědělských pozemcích. Určením poměru odnosu splavenin (SDR) a poměru zachycení (TE) bylo spočítáno teoretické množství sedimentu zachyceného v nádržích. Vypočítaná data byla porovnána se skutečným objemem sedimentu v nádržích. Dále byla pro čtyři různé scénáře predikována rychlost zanášení nádrží. První scénář předpokládal zachování stávajícího stavu povodí. Druhé dva scénáře počítaly rychlost zanášení při provedení organizačních protierozních opatření v povodí. Poslední scénář uvažoval hodnotu ztráty půdy rovnu přípustné ztrátě půdy.

Z hlediska erozní ohroženosti vyšlo nejhůře povodí MVN Přestavlky, což je podmíněno především morfologickými faktory, které se jeví jako klíčové ve všech povodích. Nejmenší ztráta půdy byla spočítána v povodí MVN Kotalík, kde příznivě působí menší sklon území a velký podíl pozemků s TTP. Výsledkům intenzity eroze v povodí odpovídá i spočítané množství sedimentu v nádržích.

Vypočítané množství sedimentu v nádržích je však u dvou ze tří nádrží značně menší, než odpovídá skutečnosti. Odlišný výsledek mohl být způsobem nejistotou u některých vstupních dat, které nebylo možné u dvou historických nádrží jednoznačně určit. Vliv měla i vyšší lesnatost v povodí těchto nádrží, neboť eroze na nezemědělských pozemcích byla ve výpočtu zanedbána. Naopak v případě MVN Přestavlky se vypočítaný a skutečný objem sedimentů liší pouze v řádu desítek m³.

Rovněž výsledky predikce doby zanášení se navzájem výrazně liší. Pro různé uvažované scénáře se pohybují od cca 10 let (MVN Přestavlky) až po cca 500 let (MVN Kotalík). Vliv organizačních protierozních opatření na rychlost zanášení je různý v závislosti na charakteru povodí a určujícím erozním faktoru. Výpočet rychlosti zanášení při přípustné ztrátě půdy dokládá, že hodnota přípustné ztráty půdy stanovená z pohledu ochrany ZPF nezajišťuje dostatečnou ochranu vodohospodářských staveb.

Diplomová práce přinesla zajímavé výsledky z hlediska možnosti aplikace použité metodiky výpočtu zanášení nádrží pro malá povodí. Práce může být přínosem i jako podklad pro návrh protierozních opatření v řešených povodích.

7 ZDROJE

7.1 Literatura

- ADÁMEK Z., HELEŠIC J., MARŠÁLEK B., RULÍK M., 2008: *Aplikovaná hydrobiologie*. VÚRH JU, Vodňany, 256 s.
- BATUCA D. G., JORDAAN J. M., 2000: *Silting and desilting of reservoirs*. A. A. Balkema, Rotterdam, 330 s, online: https://books.google.cz/books?id=4YoKrkuhXEQC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, cit. 27.10.2015.
- BROWN C. B., 1944: *The control of reservoir silting*. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C., 166 s, online: https://books.google.cz/books?id=0JY_AAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, cit. 20.10.2015.
- BRUNE G. M., 1953: *Trap efficiency of reservoir*. Trans Am. Geophys. Union. American Geophysical Union, 1953, Vol., 34, (No. 3), p. 407-418, online: <http://www.readcube.com/articles/10.1029%2FTR034i003p00407>, cit. 21.10.2015.
- DURAS J. POTUŽÁK J., MARCEL M., 2015: *Rybníky a jakost vody*. In: *Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost*, ČSKI, Praha.
- HAAN C. T., BARFIELD B. J., HAYES J. C., 1994: *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*. Academic Press, San Diego, 588 s, online: https://books.google.cz/books?id=r3pzcGhqNQEC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, cit. 18.10.2015.
- HALCROW WATER, 2001: *Sedimentation in Storage Reservoirs, Final Report*. Department of Environment Transport and the Regions, Swindon, online: http://www.britishdams.org/reservoir_safety/defra-reports/200102Sedimentation%20in%20storage%20reservoirs.pdf, cit. 19.10.2015.
- HOLÝ M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. ČVUT, Praha, 181 s
- HYDROPROJEKT, a.s. Praha, 1996: *Generel rybníků a nádrží České republiky*. In: Vrána K., Beran J., 2008.
- CHAMRA S., SCHRÖFEL J., TYLŠ V., 2005: *Základy petrografie a regionální geologie ČR*. ČVUT, Praha, 181 s.
- JANEČEK M. A KOL., 2008: *Základy erodologie*. ČZÚ v Praze, Praha, 165 s
- JANEČEK M. A KOL., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Certifikovaná metodika, ČZÚ v Praze, Praha.
- JANSKÝ B., 2003: *Mladotické jezero - vývoj jezerní pánve*. In: *Geomorfologický sborník 2*, Katedra geografie ZČU v Plzni, Česká asociace geomorfologů, s. 87-93.
- KEMEL M., 1991: *Hydrologie*. ČVUT, Praha, 222 s.

- KOLÁŘ V. A KOL., 2015: *Jaké typy rybníků preferují velcí potápníci a vodní ploštice?*. In: Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost, ČSKI, Praha.
- KRÁSA J. A KOL., 2013: *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy*. Certifikovaná metodika, ČVUT, Praha.
- LUSK S., HARTVICH P., LOJKÁSEK B., 2014: *Migrace ryb a migrační prostupnost vodních toků*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 254 s.
- MAREŠ J., SUCHÝ J., HOCHMANN L., 1970: *Rybníkářství*. SZN, Praha.
- MÍKA A., 1963: *Naše rybníky a přehradní jezera*. Orbis, Praha.
- PAVELKOVÁ CHMELOVÁ R., FRAJER J., 2012: *Základy fyzické geografie 1 - hydrologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, nepublikováno, online: <http://distgeo.upol.cz/uploads/vyuka/skripta-pavelkova-frajer.pdf>, cit. 28.10.2015.
- PAVELKOVÁ R., FRAJER J., NETOPIL P. A KOL., 2014: *Historické rybníky České republiky*. VÚV TGM, Praha.
- PAVLICA J., 1964: *Malé vodní nádrže a rybníky*. SNTL, Praha, 200 s.
- POKORNÝ J., PECHAR L., BAXA M., 2015: *Zadržení vody a živin v krajině - přirozená funkce a podstata ekosystémových služeb rybníků*. In: Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost, ČSKI, Praha.
- ŘÍHA J., 1943: *Ojedinělé rybníky*. Agrární nakladatelská společnost s. r. o., Praha, 139 s.
- SLÁDEČKOVÁ A., SLÁDEČEK V., 1997: *Hydrobiologie*. ČVUT, Praha, 141 s.
- ŠÁLEK J., MIKA Z., TRESOVÁ A., 1989: *Rybníky a účelové nádrže*. SNTL, Praha, 272 s.
- VRÁNA K., 2002: *Rybníky a účelové nádrže - příklady*. ČVUT, Praha, 91 s.
- VRÁNA K., BERAN J., 2008: *Rybníky a účelové nádrže*. ČVUT, Praha, 150 s.
- VÚV TGM, v.v.i, 2015: *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*. Informace o výsledcích projektu a jejich využití, VÚV TGM, Praha.
- WILLIAMS J. R., 1977: *Sediment delivery ratios determined with sediment and runoff models*. Online: https://www.researchgate.net/publication/238660028_Sediment_delivery_ratios_determined_with_sediment_runoff_models, cit. 28.10.2015.
- ZUNA J., 2008: *Hrazení bystřin*. ČVUT, Praha, 180 s.
- ŽATECKÝ S., 2015: *Rybníky - současné problémy výstavby a údržby*. In: Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost, ČSKI, Praha.

7.2 Legislativa

- Zákon č. 99/2004 Sb., Zákon o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství), v platném znění.
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.
- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), v platném znění.
- Zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.
- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve v platném znění.
- Předpis č. 257/2009 Sb., Vyhláška o používání sedimentů na zemědělské půdě.
- Předpis č. 294/2005 Sb., Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Předpis č. 341/2008 Sb., Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, 1997.
- ČSN 46 5735 Průmyslové komposty, 1991.

7.3 Mapy

- Císařské povinné otisky 1:2880
© Ústřední archiv zeměměřičství a katastru - <http://archivnimapy.cuzk.cz/>
- Mapová kompozice - Základní mapy, Základní mapa ČR 1:10 000
Zdroj: WMS služba ČÚZK Praha - http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
© Český úřad zeměměřičský a katastrální - <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=692>

7.4 Internet

- Ministerstvo životního prostředí ČR, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., (2009): *Atlas krajiny České republiky*. Online: http://www.mzp.cz/cz/atlas_krajiny_cr, cit. 29.9.2015.
- CENIA, Geoportál. Online: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>, cit. 29.9.2015.
- Česká geologická služba: *Geologická mapa 1:50 000*. Online: http://mapy.geology.cz/geocr_50/, cit. 29.9.2015.
- Česká geologická služba: *Půdní mapa 1:50 000*. Online: <http://mapy.geology.cz/pudy/>, cit. 29.9.2015.