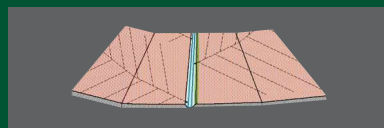




NÁVRHY REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ NA HLAVNÍCH A PŘILEHLÝCH PODROBNÝCH ODVODŇOVACÍCH ZAŘÍZENÍCH

ANTONÍN ZAJÍČEK A KOL.

METODIKA
2021



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.

SWECO 

GEOREAL 

Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních

Certifikovaná metodika

T A

Č R

Technologická
agentura
České republiky

2021

Autoři:

Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D. ¹ (zajicek.antonin@vumop.cz)

Ing. Libor Sychra ²

Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D. ³

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D. ¹

Ing. Milan Čmelík ¹

Ing. Petr Fučík, Ph.D. ¹

Mgr. Markéta Kaplická ¹

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5

² Sweco Hydroprojekt, a.s., Táborská 940/31, 140 00 Praha 4

³ GEOREAL spol. s r.o., Hálkova 12, 301 00 Plzeň

Recenzovali:

Mgr. Jiří Kvapil, Laboratoř dálkového průzkumu, CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 00, Praha 10

Ing. Marek Batysta, Ph.D. - Ministerstvo zemědělství ČR - Odbor zemědělských registrů - Oddělení prostorových informací, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Poděkování:

Certifikovaná metodika vznikla za finanční podpory TAČR - Technologické agentury ČR, programu EPSILON jako plánovaný výstup projektu TH02030397 „Nové přístupy revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení s vazbou na drenážní systémy z pohledu retence vody v krajině“ a výzkumného záměru MZE-RO 0218.

Metodiku schválil pro využití v praxi Státní pozemkový úřad - Husinecká 1024/11a, 130 00 Praha 3 - Žižkov osvědčením č. 3/2021-SPU/O ze dne 30. 6. 2021.

Smlouva o využití výsledků byla uzavřena se společností Aquagen, Ruprechtická 199/122, Liberec XIV-Ruprechtice, 460 14 Liberec.

V roce 2021 v nákladu 100 ks vydal VÚMOP, v.v.i.

Tisk: Rhodos spol. s r.o., Vyšehradská 51, 128 00 Praha 2, vydání: první, 2021

ISBN 978-80-88323-54-9 (tištěná verze), 978-80-88323-55-6 (online pdf)

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5
prof. Ing. Radim Vácha, Ph.D., ředitel

www.vumop.cz

Obsah

I.	Cíle metodiky	8
II.	Vlastní popis metodiky	9
1.	Úvod - potřebnost a využití metodiky.....	9
2.	Základní principy – teoretické minimum	11
2.1.	Ukotvení staveb odvodnění v legislativě.....	11
2.2.	Vliv staveb odvodnění na vodní režim krajiny a jakost vod.....	14
2.3.	Zdroje informací o stavbách odvodnění.....	16
3.	Vlastní postup návrhu systému opatření.....	21
3.1.	Výběr lokalit potřebných pro návrhy opatření.....	23
3.2.	Získání podkladů o stavbách odvodnění v řešeném území.....	28
3.3.	Výběr vhodných opatření pro revitalizaci HOZ.....	34
3.4.	Postup výběru opatření pro návrhy POZ	47
4.	Příklad uplatnění metodiky na pilotní lokalitě Žejbro	69
4.1.	Ohroženost lokality – potřebnost návrhů opatření	70
4.2.	Podklady o stavbách odvodnění	70
4.3.	Terénní průzkum	74
4.4.	Návrhy opatření.....	77
III.	Srovnání novosti postupů.....	82
IV.	Popis uplatnění Certifikované metodiky	83
V.	Ekonomické aspekty.....	84
VI.	Závěr.....	90

Vymezení základních pojmů

Drenážní výust'

- zařízení zajišťující odtok vody do recipientu tak, aby nedocházelo k erozi svahu či dna recipientu, zaústění kolmo na osu recipientu, min. 20 cm (30 cm) nade dnem betonová trubka, opevnění kamennou dlažbou, u větších profilů - betonové prefabrikáty (typové podklady),

hlavní odvodňovací zařízení (HOZ)

- soubor objektů, které tvoří otevřené kanály (svodné odvodňovací příkopy, záchytné příkopy a suché nádrže k zachycení vnějších vod, přehrážky a objekty sloužící k regulaci), krytá potrubí (od světlosti 300 mm včetně), včetně objektů na nich (stupně, skluzy) a odvodňovací čerpací stanice,

drobný vodní tok (DVT)

- vodní tok, který není uveden v seznamu významných vodních toků (Vyhl. č. 267/2005 Sb); má přidělené jméno, číslo hydrologického pořadí a správce,

kritický bod (KB)

- zde bod možného průniku potenciálně znečištěné vody z podpovrchového odtoku (z drenážních systémů) s recipienty, každý KB je charakterizován svým povodím – přispívající plochou,

opatření

- zde revitalizační opatření na DVT a HOZ nebo opatření technické a přírodě blízké na drenážním systému (HOZ i POZ) či v jeho návaznosti,

plošný zdroj znečištění

- zemědělské drenážní odvodnění, průsaky ze zemědělsky využívaných pozemků, infiltrace znečištěné srážkové vody, aj,

podrobné odvodňovací zařízení (POZ)

- soubor objektů, které slouží k bezprostřední úpravě vodního režimu půdy tak, aby stav pozemku odpovídal vláhové potřebě plodin a předpokládané činnosti na něm; POZ pro podzemní odvodnění je tvořeno sběrnými drény, svodnými drény, výustěmi, drenážními šachticemi a pro povrchové odvodnění je tvořeno sběrnými příkopy a objekty na nich,

revitalizace

- soubor činností a opatření vedoucích k obnově nebo k nápravě přirozených funkcí člověkem poškozených ekosystémů. Nejčastějším revitalizačním úsilím je náprava režimu toků (HOZ) a částí jejich povodí, součástí revitalizací je též odstranění příčin degradace prostředí,

vodní toky

- povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých.

Seznam použitých zkratk

CEVT	- Centrální evidence vodních toků
ČR	- Česká republika
ČSN	- Česká státní norma
ČÚZK	- Český úřad zeměměřický a katastrální
DIBAVOD	- Digitální báze vodohospodářských dat
DVT	- Drobný vodní tok
GIS	- Geografické informační systémy
HMZ	- Hlavní meliorační zařízení
HOZ	- Hlavní odvodňovací zařízení
IDVT	- Identifikátor vodního toku
ISMS	- Informační systém melioračních staveb
ISYPO	- Informační systém povodí
KB	- Kritický bod
KoPÚ	- Komplexní pozemková úprava
LMS	- Letecké měřické snímkování
LPIS	- Land Parcel Identification System
MVN	- Malá vodní nádrž
MZe	- Ministerstvo zemědělství
OS	- Odvodňovací stavba
PD	- Prováděcí dokumentace
POZ	- Podrobné odvodňovací zařízení
SIPO	- Souhrnný index potřebnosti opatření

SMS	- Státní meliorační správa
SPÚ	- Státní pozemkový úřad
TAČR	- Technologická agentura České republiky
VGHMÚř	- Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VÚMOP	- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
VHS	- Vodohospodářská stavba
ZABAGED	- Základní báze geografických dat
ZPF	- Zemědělský půdní fond
ZVHS	- Zemědělská vodohospodářská správa

I. Cíle metodiky

Cílem certifikované metodiky je poskytnout ucelený metodický návod pro navrhování revitalizačních opatření na hlavních odvodňovacích zařízeních a s nimi souvisejících podrobných odvodňovacích zařízeních.

Účelem metodiky je přenést poznatky získané a ověřené v rámci dlouhodobého výzkumu do prakticky použitelného metodického návodu.

Implementace poznatků a postupů uvedených v této metodice přispěje k zefektivnění postupu navrhování opatření na hlavních i podrobných odvodňovacích zařízeních. Metodika poskytuje návod k výběru lokalit, ve který je potřeba prioritně navrhnout opatření. Dále je uveden postup pro získání informací o stavbách zemědělského odvodnění v řešené lokalitě a návod pro výběr vhodných opatření tak, aby finanční prostředky na revitalizaci hlavních odvodňovacích zařízeních a opatření na podrobných odvodňovacích zařízeních byly vynaloženy efektivně.

V metodice uvedené postupy naleznou uplatnění zejména v procesu komplexních pozemkových úprav, ale také při projektové přípravě technických i přírodě blízkých opatření v zemědělské krajině, jejichž účelem je zvýšit retenci a akumulaci vody v krajině, zlepšit jakost vod a celkový ekologický stav zemědělské krajiny.

II. Vlastní popis metodiky

1. Úvod - potřebnost a využití metodiky

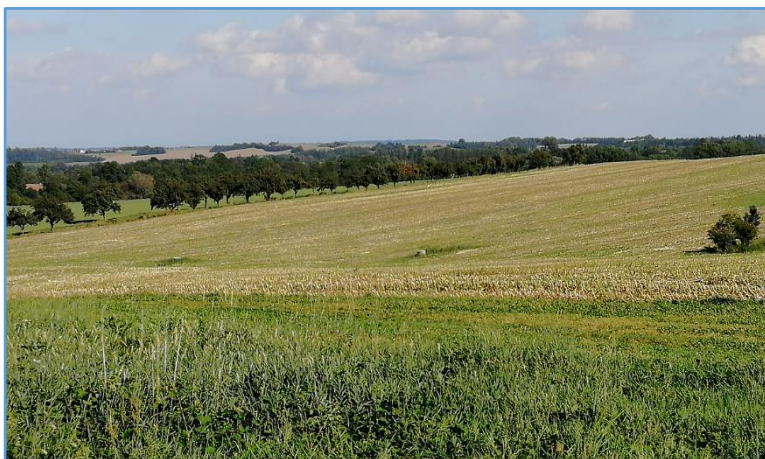
Plošné drenážní odvodnění je neoddelitelnou součástí kulturní zemědělské krajiny našeho typu. Typické odvodňovací systémy, které byly budovány zejména v období po roce 1960, mají podobu plošného drenážního systému – podrobného odvodňovacího zařízení (POZ), zaústěného do hlavního odvodňovacího zařízení (HOZ).

V současné době je plocha odvodněné půdy v České republice přibližně 1 064 999 ha (dle posledních údajů Zemědělské vodohospodářské správy - ZVHS z roku 1995), což představuje více než 25 % zemědělské půdy [1] a téměř 9 tisíc km odvodňovacích kanálů, z nichž necelé dvě třetiny (5 200 km) představují kanály otevřené a zbývající třetinu (3 800) zatrubněné. Takto rozsáhlé odvodnění krajiny však kromě benefitů pro zemědělskou výrobu přináší některé negativní efekty, zejména v územích, kde plošná intenzita odvodnění je příliš vysoká nebo se týká i lokalit, kde je odvodnění nadbytečné nebo již nežádoucí.

Možností, jak minimalizovat negativní projev HOZ a odvodňovacích staveb obecně v krajině, je jejich revitalizace [2]. Hlavní oblastí zájmu je návrh vhodných opatření na HOZ s vazbou plošné odvodňovací stavby z pohledu retence a jakosti vody. V případě HOZ by měla být cílem obnova přírodě blízkého stavu koryta a přilehlých břehů. Zvýšení drsnosti a prodloužení délky koryta (za současného snížení sklonu dna) zpomalí odtok vody z území, zvýší samočisticí schopnost toku a alespoň částečně obnoví biotopy přirozeně se vyskytující podél vodotečí jako součást krajinné kostry. Zároveň je nutno v návrhu opatření respektovat spojitost HOZ s POZ, jinak opatření nejen ztrácejí patřičný efekt, ale v některých případech mohou být i kontraproduktivní [3]. Opatření navrhovaná na POZ jsou cílena na zpomalení/snížení drenážního odtoku a na zlepšení jakosti drenážních vod. Existuje celá řada využitelných opatření, shrnutých například [4]. Výběr těch vhodných je jedním z cílů této metodiky.



Obr. 1: Příklad zahloubeného HOZ – lokalita Žejbro (foto A. Zajiček)



Obr. 2: Příklad POZ – lokalita Žejbro, místo vhodné pro návrh opatření (foto A. Zajiček)

2. Základní principy – teoretické minimum

2.1. Ukotvení staveb odvodnění v legislativě

Definice staveb odvodnění

Systémy zemědělského odvodnění patří mezi hydromeliorační stavby, tj. stavby, které úpravou vodohospodářských poměrů v půdě přispívají ke zlepšení přírodních a environmentálních podmínek v krajině (ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půd).

Tyto stavby jsou vodními díly, resp. stavbami k vodohospodářským melioracím pozemků podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (Vodní zákon) i podle zákona č. 183/2006 Sb. (Stavební zákon) a musí splňovat náležitosti stavby podle stavebního zákona a zároveň musí splňovat náležitosti vodního díla tak, jak je stanovuje vodní zákon (viz oddíl 4.3. Vodní dílo). Zákon č. 254/2001 Sb. vymezuje stavby vodohospodářských meliorací a rozděluje je do dvou základních skupin, tedy stavby k závlaze a odvodnění pozemků a stavby k ochraně pozemků před erozní činností vody. Podrobná definice je součástí Vyhlášky MZe č. 225/2002 Sb., která dělí tyto stavby na hlavní odvodňovací zařízení a podrobné odvodňovací zařízení.

Hlavní odvodňovací zařízení dle § 2 (5) je definováno jako soubor objektů, které slouží k odvádění nadbytku povrchové a podzemní vody z pozemku, k provzdušňování pozemku a k ochraně odvodňovaného pozemku před zaplavením vnějšími vodami, zejména otevřené kanály (svodné odvodňovací příkopy, záchytné příkopy a suché nádrže k zachycení vnějších vod, přehrážky a objekty sloužící k regulaci), krytá potrubí (od světlosti 30 cm včetně), včetně objektů na nich (stupně, skluzy) a odvodňovací čerpací stanice. Podrobné odvodňovací zařízení dle § 2 (6) je soubor objektů, které slouží k bezprostřední úpravě vodního režimu půdy tak, aby stav pozemku odpovídal vláhové potřebě plodin a předpokládané činnosti na něm; pro podzemní odvodnění je tvořeno sběrnými drény, svodnými drény, výustěmi, drenážními šachtami (podzemní drenážní síť) a pro povrchové odvodnění je tvořeno sběrnými příkopy a objekty na nich.

Vlastnictví staveb odvodnění

Stavby HOZ a POZ jsou rozděleny také na základě vlastnictví. Zákon č. 229/1991 Sb. Zákon o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, řeší zejména úpravu vlastnických vztahů k půdě v souladu se zájmy hospodářského rozvoje venkova i v souladu s požadavky na tvorbu krajiny a životního prostředí.

V rámci vlastnických vztahů k půdě pak popisuje hlavní meliorační zařízení, tedy zařízení pro závlahu a odvodnění. Jako hlavní odvodňovací stavby uvádí čerpací stanice, otevřené a zakryté kanály od světlosti 30 cm včetně, sběrné otevřené příkopy, stavební objekty na kanálech a příkopech, poldry a obtokové nádrže. Jedná se celkem o 19 tisíc vodních staveb, které zůstávají ve vlastnictví státu a o správu se dělí státní podniky Povodí a Lesů, na které byla též převedena správa drobných toků a Státní pozemkový úřad (SPÚ) je podle ustanovení § 4 odst. 2 zákona č. 503/2012 Sb., o Státním pozemkovém úřadu, příslušný hospodařit se stavbami využívanými k vodohospodářským melioracím pozemků a souvisejícími vodními díly.

Vlastníkem POZ (jeho části) je od r. 1991 (účinnost zákona o půdě - Zákon č. 229/1991 Sb. o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku) vždy vlastník příslušného pozemku; který často nebyl v minulosti informován o existenci meliorační stavby na svém pozemku. Vlastnické vztahy k pozemkům jsou evidovány v Katastru nemovitostí (ČÚZK) na základě zákona č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí ČR ve znění pozdějších předpisů (katastrální zákon).

Péče o stavby odvodnění

Péči o stavby k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich části provádí jejich vlastník údržbou těchto staveb. Údržba se provádí za účelem zpomalení procesu fyzického opotřebení a zabezpečení spolehlivého a bezpečného provozu těchto staveb. Termín „péče“ nezahrnuje takové zásahy do stavby, které mění původní využití stavby (způsob nakládání s vodami) a které tedy podléhá vodoprávnímu řízení nebo oznamovací povinnosti – viz § 59 odst. 1a zákona 254/2001 Sb. o vodách.

Zákon o vodách (č. 254/2001 Sb.), s § 56, odst. 4b, ukládá majiteli: „užívat pozemek tak, aby neovlivnil negativně funkci stavby k vodohospodářským melioracím pozemků nebo jejich části“; pokud je pozemek pronajímán, měl by majitel přenést smluvně tyto povinnosti na uživatele. Dále § 56, odst. 4c ukládá povinnost: „ohlašovat vlastníkově stavby k vodohospodářským melioracím pozemků, případně vodoprávnímu úřadu zjevné závady ve funkci stavby nebo její části“. Podrobnosti uvádí TNV 75 4922 Údržba odvodňovacích zařízení.

Evidence staveb odvodnění

Stavby k vodohospodářským melioracím pozemků, s nimiž je SPÚ příslušný hospodařit na základě ustanovení § 4 odst. 2 zákona č. 503/2012 Sb., spravuje v rámci organizační struktury SPÚ odbor vodohospodářských staveb (VHS) prostřednictvím územně příslušných oddělení.

Rozsah vodoprávní evidence je stanoven vyhláškou č. 252/2013 Sb. Vyhláška o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy.

Tato vyhláška nahrazuje dřívější vyhlášky MZE č. 7/2003 Sb. a MZe č. 619/2004 Sb. V paragrafu § 27 Evidence vodních děl k vodohospodářským melioracím pozemků je ustanoveno, že (1) Vodní díla k vodohospodářským melioracím zemědělských pozemků, která jsou v majetku státu, se evidují v rozsahu údajů o jejich územní identifikaci a údajů stanovených ve vyhlášce o vodoprávní evidenci; (2) Údaje podle odstavce 1 zpracovává a do informačního systému veřejné správy ukládá Státní pozemkový úřad.

2.2. Vliv staveb odvodnění na vodní režim krajiny a jakost vod

Hlavním účelem odvodnění je zlepšení vodního a vzdušného režimu zemědělských půd z hlediska potřeb zemědělských plodin, zpracovatelnosti půdy a její únosnosti pro zemědělské stroje. Pozitivem odvodnění je také zvýšení a zejména stabilizace výnosu zemědělských plodin snížením kyslíkového stresu plodin v době zamokření a také zlepšení přístupnosti a obdělávatelnosti pozemků. Odvodněním půdy a jejím provzdušněním se také zlepšuje teplotní režim půdy (ve srovnání se zamokřenými půdami je u odvodněných průměrná suma ročních teplot v hloubce 0,2 m asi o 300 až 500 °C vyšší) [5].

V období po roce 1960 došlo v souladu s politikou soběstačnosti a masivního využívání těžké zemědělské techniky k vybudování značného rozsahu odvodněných ploch i v zemědělsky méně příhodných oblastech, a to zejména v úpatních polohách vrchovin a některých hor (Českomoravská vrchovina), kde došlo k zornění velkých ploch travních porostů v honbě za získáním co největší plochy orné půdy bez ohledu na možná rizika zhoršení stavu životního prostředí. Dlouhodobé zanedbávání péče o tyto stavby odvodnění zvyšuje náklady na udržení úrodnosti pozemku, tudíž snižuje efektivitu rostlinné produkce a v důsledcích i cenu pozemku. S velkým plošným rozsahem odvodňovacích staveb jsou spojeny některé negativní vlivy na krajinu, zejména v územích, kde plošná intenzita odvodnění je příliš vysoká nebo v lokalitách, kde je odvodnění nadbytečné nebo již nežádoucí. Drenážní systémy působí v půdě jako spojité horizontální preferenční cesty, které jsou záměrně dimenzovány na odvádění velkého množství vody z odvodněné plochy. Tím je značně urychlen celkový odtok z krajiny. Odvodnění ovlivňuje prvotně režimy mělkého podpovrchového, povrchového a podzemního odtoku a vodní bilanci nesatureované zóny. Následně je ovlivněn také režim recipientu drenážních vod, zejména v případě vodotečí. Se zrychlením odtoku souvisí i zvýšené vyplavování některých látek z půdy. Drenážní soustavy jsou významným zdrojem plošného zemědělského znečištění, zejména v podobě dusičnanového dusíku [6, 7], pesticidů [8, 9] a jejich metabolitů a také rozpustných forem fosforu.

Vysoký podíl odvodněných půd je značnou ekologickou zátěží zejména v horských a podhorských oblastech se složitými vodohospodářskými poměry. Podíl drenážních vod na celkovém odtoku z povodí se liší podle vodnosti období. Vyšší podíl drenážních vod je vykazován v periodách sušších, zatímco v obdobích s vydatnějšími srážkami se podíl drenážních vod zpravidla snižuje. Drenážní vody jsou v dlouhodobé bilanci významným zdrojem vod ve vodotečích, zejména v suchých obdobích.

Některé nepříznivé vlivy na krajinu mají také vlastní Hlavní odvodňovací zařízení. V případě HOZ v podobě otevřených příkopů jsou vlastnosti, které se považují za negativní obdobné jako u jiných typů umělých vodotečí. Patří sem zejména změněné směrové a výškové poměry, průtočná kapacita, způsob opevnění a stav údržby [10, 11]. Zahloubení a napřimění odtokové linie ovlivňuje odtokový proces a snižuje úroveň hladiny podzemních vod (HPV) na přilehlých pozemcích. Značně vysoký je také podíl zatrubněných HOZ.

V případě zatrubnění došlo navíc ke ztrátě spojitosti vodoteče s přilehlými pozemky a zároveň ke ztrátě přirozené filtrace a dotace podzemních vod. Návrhy na zatrubnění byly poplatné zájmu scelování pozemků do větších produkčních bloků a reflektovaly místní podmínky pouze z hlediska přístupnosti těchto půdních bloků často bez přihlídnutí k hydrologickým charakteristikám stanoviště. Často je drenážními systémy ze zemědělsky využívaných pozemků odváděno větší množství vody, než by bylo žádoucí z hlediska samotného zemědělství, ale i z hlediska vodního hospodářství. Důvodem je přílišná intenzita odvodnění a absence dvoufunkčních systémů s možností řízení drenážního odtoku. Obecně tak v případě příliš intenzivního odvodnění došlo k poklesu biodiverzity krajiny v důsledku likvidace stanovišť některých živočišných a rostlinných druhů. Dalším, v současnosti často diskutovaným, problémem drenážních staveb je jejich funkčnost. Systémy byly většinou dimenzovány na životnost 40 let. Přestože aktuální stav drenážních staveb celkově není dobrý a průběžně se zhoršuje, většina systémů je stále funkčních. Poruchy způsobují převážně lokální zamokření ztěžující obdělávání pozemku.

2.3. Zdroje informací o stavbách odvodnění

Současný stav informací a databází HOZ

HOZ jsou v majetku státu a v současné době je jejich správou pověřen Státní pozemkový úřad (SPÚ). SPÚ má v evidenci téměř 19 tisíc staveb vodních děl a čerpacích odvodňovacích stanic kategorie HOZ (téměř 9 tisíc km odvodňovacích kanálů, z nichž necelé dvě třetiny (5 200 km) představují kanály otevřené a zbývající třetinu (3 800) zatrubněné, 17 vodních nádrží, 130 čerpacích stanic). V rámci organizační struktury SPÚ jsou stavby vodohospodářských meliorací spravovány odborem vodohospodářských staveb prostřednictvím územně příslušných oddělení.

Databáze přístupné online:

ISMS – Informační systém melioračních staveb

<https://meliorace.vumop.cz>

Jako další podklad pro získání informací o hydromelioračních stavbách lze doporučit Informační systém melioračních staveb (ISMS) na mapovém portálu <https://meliorace.vumop.cz/>, který vznikl v roce 2016. Tento portál poskytuje dosud digitalizované informace k tématům zemědělských meliorací - zejména závlahových a odvodňovacích staveb a protierozních opatření. Prezentovaná data vycházejí zejména z původních podkladů. V aplikaci jsou použita data: Podpůrné informace z databáze MIV (evidence meliorační investiční výstavby bývalé ZVHS) a Centrální evidence vodních toků (CEVT). Tato data jsou stále upřesňována z dalších zdrojů a také terénním průzkumem prováděným pracovníky VÚMOP, v.v.i. Z hlediska odvodnění jsou zajímavé vrstvy „Stavby dle ZVHS“ a „Recipient“.

Vlastní databáze liniových hydromelioračních prvků spravují také některé podniky Povodí. Například pro pilotní povodí Žejbra spravuje tato data Povodí Labe, státní podnik. Jeho částečně veřejně dostupný vlastní informační systém s názvem ISYPO (Informační systém povodí) zobrazuje linie toků na základě databáze CEVT. yp dat: GIS linie (jeden úsek správy toku = 1 linie). Z hlediska zjišťování informací o HOZ je relevantní vrstva Meliorační kanál odvodňovací (zde nesprávně zařazený do mapové vrstvy

Typ vodních toků). Jedná se o pracovní data, která jsou nadále zpřesňována. Data poskytují základní informace o poloze a správcovství DVT a HOZ, nicméně nelze je považovat za dílo s danou geodetickou přesností.

Část dat je dostupná i ke stažení ve formátu *.shp. Volně dostupné jsou vrstvy ISYPO - správcovství toků na území Povodí Labe, která zobrazuje orientované linie od soutoku k prameni vč. databázových atributů. Databáze poskytuje informace zejména o identifikátoru vodního toku IDVT, názvu toku, určení toku a správce toku. Hlavní odvodňovací zařízení jsou zde definována jako HMZ. Dále je na stránkách povodí Labe volně ke stažení GIS vrstva CEVT, ve které jsou obsaženy veškeré osy toků v území ve správě povodí Labe. Databáze obsahuje informace o typu a správcovství toku, přičemž HOZ jsou zde definovány jako „meliorační kanál odvodňovací“.

Databáze je volně ke stažení na odkazu:

http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/download_520.html

Data jsou využitelná pro pilotní území Žejbro.

Současný stav informací a databází POZ

Z hlediska evidence POZ je situace ještě komplikovanější vzhledem ke složitějším majetkovým a vlastnickým vztahům. Původně veškerou dokumentaci ke stavbám odvodnění uchovávala Zemědělská vodohospodářská správa (resp. její předchůdce Státní meliorační správa). Po ukončení činnosti ZVHS v roce 2011 byly tyto dokumenty převezeny do archivních center příslušných podniků Povodí, zde převzaty pověřenými archivátory a zaevidovány. V některých případech převzaly tyto dokumenty okresní či zemské archívy, někdy byly archivní dokumenty k hydromelioracím skartovány či ztraceny. Zároveň měli možnost dokumentaci o stavbách odvodnění převzít také vlastníci pozemků. V průběhu majetkových transformací v devadesátých letech 20. století však byla značná část podkladů ztracena nebo zničena. Nemalou část dokumentace se nedaří dohledat v archivech Podniků povodí a vlastníci a nájemci pozemku většinou tuto dokumentaci taktéž postrádají. Na základě dotazníkového šetření VÚMOP, v.v.i. [12] bylo zjištěno, že vlastníci pozemku ze 40 % neví o tom, že na jejich pozemku existuje odvodnění. Pouze 8 % z nich disponuje

nějakou dokumentací o odvodňovacích stavbách. Pouze 10 % vlastníků má v pachtovní smlouvě zanesenu existenci stavby odvodnění. Uživatelé mají k dispozici dokumentaci stavby pouze v případě 52 % pozemků, na kterých hospodaří. Přitom však 95 % považuje za potřebné vytvořit centrální systém archivace projektové dokumentace ke stavbám odvodnění (tzv. ISMS) s on-line přístupem.

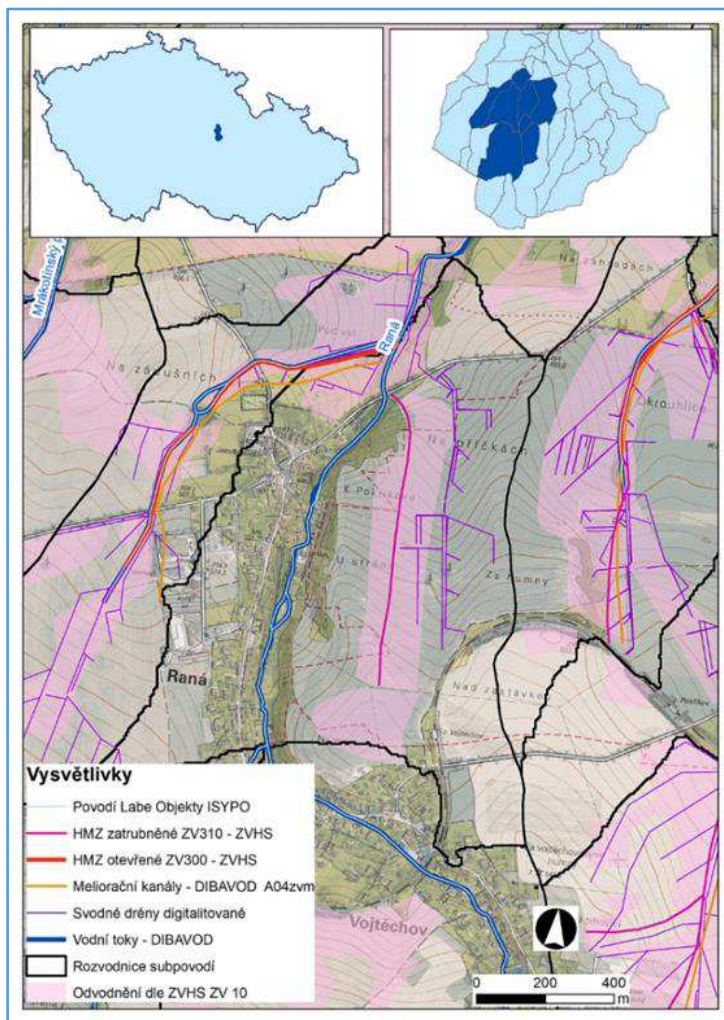
Podklady v současné době uložené v archivech Podniků povodí obsahují zachovanou projektovou dokumentaci ke stavbám odvodnění ve všech jejích fázích. Skládá se ze studií, technických zpráv PD, mapových podkladů a výkresových částí. Část těchto podkladů, zákresy podrobných odvodňovacích zařízení, byla v průběhu let 2003–2007 digitalizována. Jednotlivé zákresy byly překreslovány ručně z projektové dokumentace (zpravidla měřítko 1:1 000/2 000) do mapového podkladu v měřítku 1:10 000. Takto bylo digitalizováno celé území ČR se zachováním členění dle okresů. Výsledkem je mapová vrstva v měřítcích 1:10 000 resp. 1:5 000, která je základní a v podstatě i jedinou celostátní informační vrstvou, a to i s vymezením řady výhrad k jejímu zpracování, úplnosti a věrohodnosti. Zbylá část archívů však dosud digitalizována nebyla, a proto je její využití závislé na individuální návštěvě příslušného archívu.

Tato základní vrstva je volně dostupná ke stažení na adrese <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>.

Z hlediska Podrobných odvodňovacích staveb je relevantní zejména vrstva ZV010 Areál odvodnění a dále by to měly být vrstvy ZV410 Výúst drenážní a ZV 420 Šachtice, které však nejsou k dispozici ve většině okresů. Vrstva polygonů POZ je ve formátu SHP, přičemž jako atributy jsou uvedeny zejména číslo stavby a rok výstavby. Mapová vrstva pouze plošně vymezuje odvodněné území, ale nelze z ní lokalizovat jednotlivé liniové prvky detailu odvodnění. Přesnost této vrstvy je poplatná technickým možnostem a době svého vzniku. Její hlavní nedostatky jsou přehledně uvedeny v práci [13]: Jedná se zejména o tvarové (místy i polohové) zkreslení vzniklé ručním překreslováním podkladů, dále neaktuálnost obsahu (ve vrstvě je zakonzervován stav k roku 1992). Vzhledem ke skutečnosti, že neexistuje

evidence meliorací a jejich změn v terénu, tak geometrický i atributový rozsah dat není vždy kompletní. Riziková jsou také území, kde byly vybudovány dvě etáže odvodnění nad sebou - v evidenci zpravidla chybí velmi staré drenážní systémy, které byly budovány před datem založení předchůdců ZVHS (SMS zřízena k 1. 1. 1970) a na styku okresů, kdy některé stavby jsou duplikovány. V některých územích působí problémy i ztráta nebo zničení části archivů ZVHS (například povodně v roce 1997).

Na obrázku 3 jsou zobrazeny různé podklady o vodních tocích, HOZ a POZ v zájmové lokalitě Žejbro. Z obrázku je patrné, že různé podklady přinášejí často významně se lišící údaje o poloze staveb odvodnění. Vrstva ISYPO povodí Labe, státní podnik se dobře shoduje s liniemi vodních toků DIBAVOD, avšak již nezobrazuje zcela přesně otevřené kanály HOZ. Zatrubněné kanály potom nezobrazuje vůbec. Vrstva ZV 300 zobrazující HMZ otevřené poměrně dobře sleduje skutečný průběh HOZ. Naopak vrstva ZV 310 zobrazující HMZ zatrubněné se místy vyznačuje značnou prostorovou nepřesností. Stejně tak není v tomto území příliš přesná vrstva Melioračních kanálů z databáze DIBAVOD. Z hlediska POZ, vrstva ZV 10 zobrazuje prostorově nepřesně lokalizaci staveb odvodnění, jak je možno porovnat z vrstvy digitalizovaných svodných drénů, která byla vytvořena na základě prostorově umístěných skenů situací OS. Vrstva drenážních šachtic a výustí není pro tuto lokalitu k dispozici.



Obr. 3: Nesoulad podkladů HOZ a POZ v pilotní lokalitě Žejbro

3. Vlastní postup návrhu systému opatření

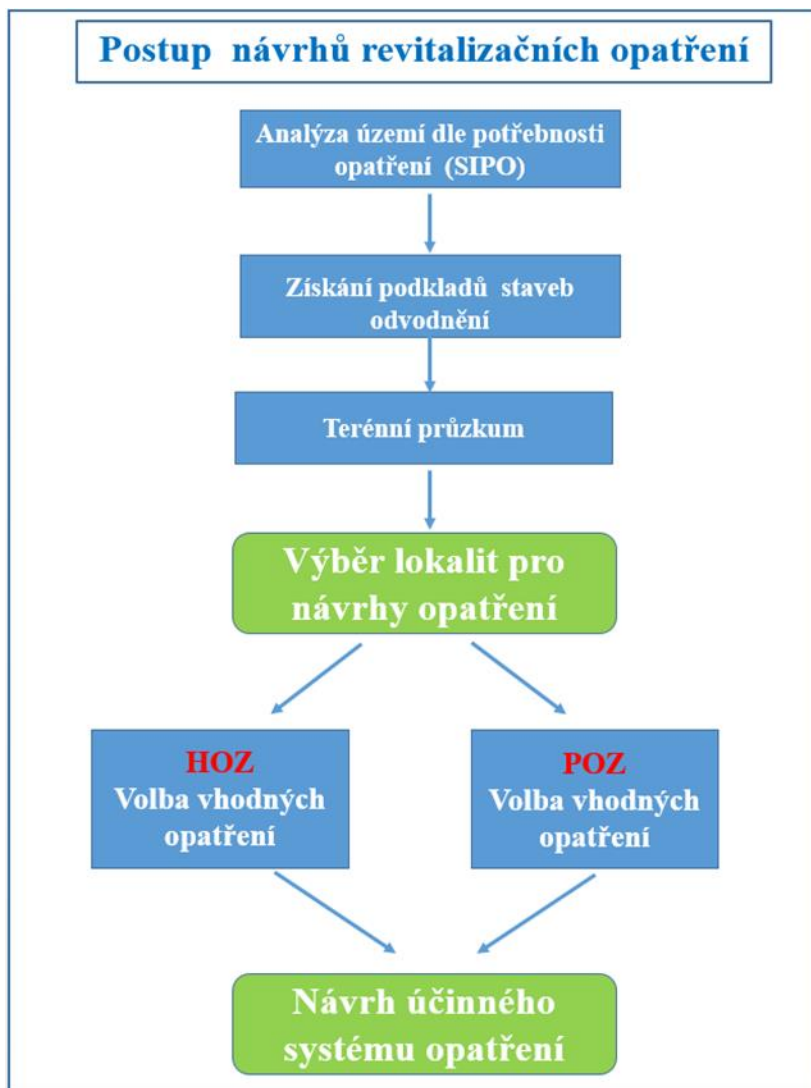
Navrhovaná opatření by měla směřovat ke zlepšení role HOZ v krajině, zejména co se týče zpomalení odtoku vody z lokality a posílení samočisticích schopností toku a snížení odnosu živin, to vše při současném zachování jejího zemědělsko-produkčního potenciálu; tj. se zachováním či cílenými zásahy do souvisejícího podrobného odvodňovacího zařízení. Pro efektivitu těchto opatření je vhodné dodržovat některé níže uvedené zásady.

Z hlediska prioritizace vynaložení finančních prostředků je doporučeno směřovat návrhy revitalizačních opatření do území, ve kterých budou mít největší efekt, tj. do lokalit nejvíce ovlivněných změnou vodního režimu po vybudování plošné stavby odvodnění, které jsou zároveň ohroženy zvýšeným vyplavováním živin a polutantů. Obecně se jedná o pozemky, které se kromě intenzivního odvodnění vyznačují zároveň vysokým podílem zornění a existencí půd s nízkou retenční schopností pro vodu v jejich zdrojových oblastech.

Pro návrh opatření, která minimalizují negativní efekty odvodňovacích systémů v krajině a podpoří efekty pozitivní, je nutná znalost přesného průběhu HOZ i poloha prvků POZ plošného odvodnění (zejména svodných drenů a drenážních výustí) a zároveň jejich základní technické charakteristiky a současný fyzický stav.

Ve vlastních návrzích opatření je nutno respektovat spojitost HOZ s POZ, jinak opatření nejen ztrácejí patřičný efekt, ale v některých případech mohou být i kontraproduktivní [3, 14]. Opatření je vhodné navrhovat v hydrologicky spojitých systémech opatření, které jsou více efektivní z hlediska funkce i z hlediska vynaložených nákladů než nepravidelně v krajině rozložená opatření solitérní.

Průběh navrhování opatření lze popsat několika návaznými kroky, které jsou zobrazeny na schématu v obr 4.



Obr. 4: Schéma postupu návrhu revitalizačních opatření na HOZ a POZ

3.1. Výběr lokalit potřebných pro návrhy opatření

Základem výběru lokalit pro návrhy opatření je definování Kritických bodů (KB) plošného znečištění v zájmovém území, vymezení jejich přispívajících lokalit a kategorizace těchto lokalit podle jejich ohroženosti plošnými zemědělskými zdroji znečištění.

Pro účely této metodiky byl kritický bod definován jako bod možného průniku potenciálně znečištěné vody z podpovrchového odtoku (z drenážních systémů) s recipienty. Tyto body se stávají nejdůležitějším kontrolním místem, které by mělo být monitorováno a vyhodnocováno (řízeno) tak, aby možná kontaminace byla vyloučena. Každý kritický bod je charakterizován svým povodím – přispívající plochou. Kritické body jsou rozčleněny v prostorové hierarchii do několika úrovní podle velikosti reprezentovaného území tak, aby bylo možno při analýzách vyhodnotit riziko jednotlivých zdrojů, resp. vybrat vhodný typ opatření a posoudit jeho efektivitu pro celkové zlepšení stavu. V rámci řešení projektu byly využívány KB dvou úrovní. První úroveň byl uzávěrový profil povodí IV. řádu na základě databáze DIBAVOD a druhou úroveň KB byl uzávěrový profil tzv. subpovodí. Tato subpovodí představují hydrologické ucelené jednotky o rozloze 20 – 100 ha, které lze vygenerovat pomocí modelu SWAT a digitálního modelu terénu.

Analýza území z hlediska potřeby návrhů opatření byla provedena pomocí metody SIPO (Souhrnný index potřeby opatření). Tato metoda byla vyvinuta pro řešení plošných podpovrchových zdrojů znečištění ve spolupráci s Povodím Vltavy, státním podnikem. Podrobný popis je v práci [15], modifikovaná verze byla využita v práci [16 a 17].

Podstatou metody je kombinace několika indexů charakterizujících vlastnosti hodnocené lokality z hlediska rizika zvýšeného nebo naopak sníženého rizika vyplavování látek ze zemědělsky využívané odvodněné půdy.

Mezi indexy zvyšující riziko patří **Index podílu orné půdy** (rovnice 1), klasifikace území byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem orné půdy roste riziko znečištění vod. Pro Českou republiku platí, že

koncentrace dusičnanů jsou ovlivněny mnohem více zorněním než momentálním hnojením.

$$I_{\text{zornění}} = \frac{F_{\Sigma \text{ orné půdy}}}{F_{\text{plošné jednotky}}} \quad (1)$$

Klasifikace území pomocí **Indexu podílu ploch odvodnění** (rovnice 2) byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem odvodnění v územní jednotce roste riziko znečištění vod. V současnosti je považováno za jisté, že drenážní systémy jsou jedním z významných faktorů, který přispívá ke zvýšenému vyplavování živin i pesticidů z půdy.

$$I_{\text{ploch}} = \frac{F_{\Sigma \text{ staveb odvodnění v rámci plošné jednotky}}}{F_{\text{plošné jednotky}}} \quad (2)$$

Dalším využitým indexem je **Index podílu infiltračně zranitelných půd** (rovnice 3), který je založen na předpokladu, že s rostoucím podílem půd s vysokou infiltrační schopností pro vodu (tedy zároveň zranitelných vyplavováním živin) v posuzované lokalitě roste riziko znečištění vod.

$$I_{\text{zran}} = \frac{F_{\Sigma \text{ infiltračně zranitelných lokalit}}}{F_{\text{plošné jednotky}}} \quad (3)$$

Index zatravněných infiltračně zranitelných půd (rovnice 4) vyjadřuje vliv zatravnění, jako již provedeného opatření, které významně snižuje vyplavování živin a mateřských látek pesticidů ze zemědělsky využívaných půd. Váha zlepšujícího vlivu indexu byla tedy stanovena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem půd zranitelných vyplavováním živin, které byly zatravněny, klesá riziko znečištění vod v posuzované lokalitě.

$$I_{TTP-zran} = \frac{F_{\Sigma \text{zatravněných půd 1 a 2 kategorie zranitelnosti}}}{F_{\Sigma \text{infiltračně zranitelných půd v rámci lokalit B 1,2}}} \quad (4)$$

Index zlepšujícího vlivu vodních nádrží byl zvolen na základě skutečnosti, že výsledná kvalita vody ve vodních recipientech je ovlivňována také procesem samočištění. Tento proces probíhá v prostředí celého povodí (zmírňuje tím vliv plošných zdrojů znečištění) i ve vlastních tocích a nádržích. Klasifikace indexu byla provedena na základě předpokladu, že s rostoucím podílem vodních ploch v posuzované lokalitě obecně klesá riziko znečištění vod. Výpočet indexu byl proveden podle rovnice 5.

$$I_{VN} = \frac{F_{\Sigma \text{vodních nádrží}}}{F_{\text{plošné jednotky}}} \quad (5)$$

Dalším krokem hodnocení lokalit kritických bodů bylo shrnutí dílčích faktorů zvyšujících riziko znečištění vod a faktorů do samostatných indexů. Tímto způsobem vznikl **Index zornění – odvodnění** (rovnice 6), který klasifikuje do pěti stupňů rizika území na základě předpokladu, že s rostoucím podílem orné půdy a staveb odvodnění v hodnocené lokalitě roste riziko znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu roste stupeň rizika.

$$I_{\text{zornění_odvodnění}} = \frac{SR - I_{\text{zornění}} + SR - I_{\text{ploch}}}{2} \quad (6)$$

Posledním dílčím indexem byl **Index opatření** (rovnice 7), který určuje vliv zlepšujícího vlivu realizovaných opatření (zatravnění ve zranitelných oblastech). Klasifikace jeho hodnot byla provedena na základě předpokladů, že riziko zatížení plošným podpovrchovým znečištěním je snižováno realizovanými opatřeními (zatravněním), cílenými do ploch infiltračně zranitelných půd v hodnoceném území. Pokud je zlepšující potenciál

realizovaných opatření významný, snižuje se riziko vlivu drenážních systémů na jakost povrchových vod.

$$I_{\text{opatření}} = \frac{\text{Váha zlepšujícího vlivu } I_{\text{zran}} + \text{Váha zlepšujícího vlivu } I_{\text{TTP-zran}}}{2} \quad (7)$$

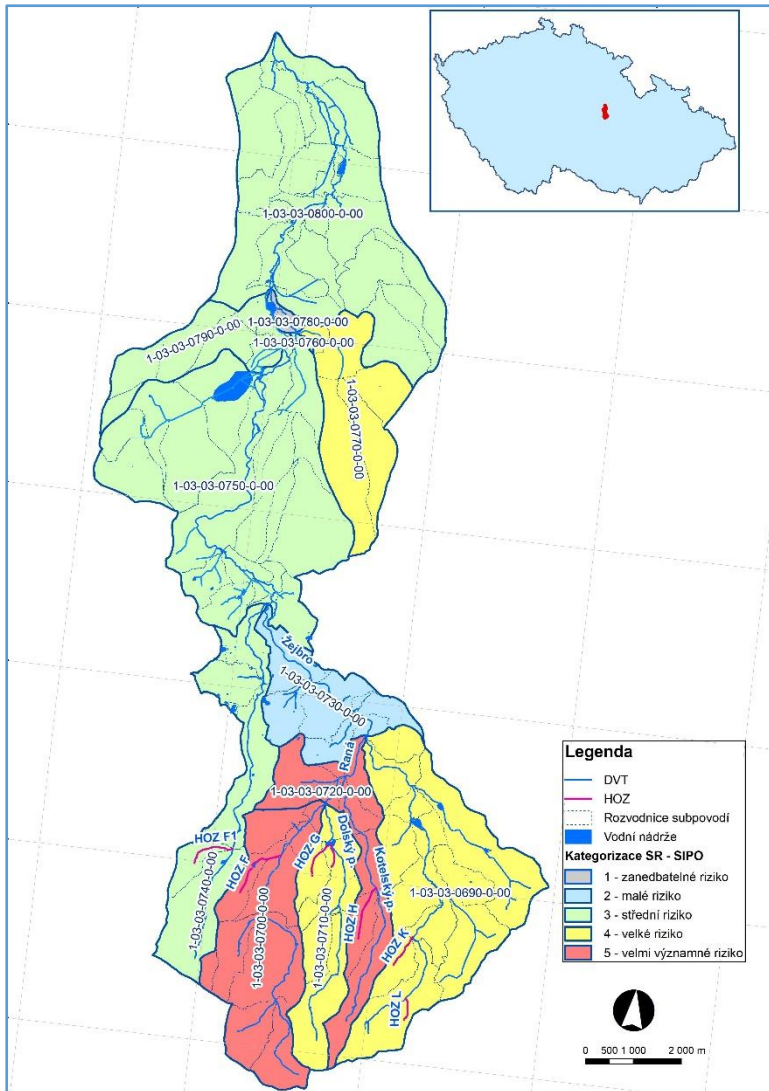
Posledním a hlavním krokem kategorizace je **Souhrnný index potřebnosti opatření (SIPO)**, který byl vypočten kombinací všech výše zmíněných dílčích indexů za pomoci rovnice 8. Hodnota tohoto souhrnného indexu zahrnuje kromě faktorů zvyšujících riziko zatížení podpovrchových vod také faktory zlepšující, jako je vliv již aplikovaných opatření (zatravnění) a vodních nádrží v řešené lokalitě.

$$SIPO = \frac{SR \cdot I_{\text{zornění_odvodnění}} * SR \cdot I_{\text{opatření}} * (2 * SR \cdot IVN)}{4} \quad (8)$$

Hodnota indexu kategorizovaná do pěti stupňů rizika vyjadřuje potřebnost návrhu dalších opatření, snižujících zátěž plošným zemědělským znečištěním v hodnocené lokalitě. Slovní hodnocení tohoto rizika je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Slovní interpretace Stupně rizika Souhrnného indexu potřebnosti opatření

Stupeň rizika SIPO	Slovní hodnocení:	
	Stupně rizika	Potřebnosti opatření
1	Zanedbatelné riziko	Velmi nízká potřeba opatření
2	Malé riziko	Nízká potřeba opatření
3	Střední riziko	Střední potřeba opatření
4	Velké riziko	Vysoká potřeba opatření
5	Velmi významné riziko	Velmi vysoká potřeba opatření



Obr. 5: Příklad hodnocení území z hlediska potřebnosti návrhů opatření metodou SIPO na prostorové úrovni povodí IV. řádu pilotní lokality Žejbro

3.2. Získání podkladů o stavbách odvodnění v řešeném území

Pro základní orientaci v řešeném území lze použít běžně dostupná data, popsaná v kapitole 2.3. Z hlediska staveb POZ se tedy jedná především o evidenci Centrální evidence vodních toků (CEVT) a vrstvy ZV 300 zobrazující Hlavní meliorační zařízení v podobě otevřených kanálů a vrstvy ZV 310 zobrazující HMZ zatrubněné. Z hlediska POZ je základním zdrojem vrstva bývalé ZVHS ZV.

Předpokladem úspěšného návrhu opatření na stavbách odvodnění je však zcela zásadní dostupnost podstatně přesnějších podkladů o skutečném průběhu HOZ a pole klíčových prvků POZ. Tato data lze získat třemi základními způsoby:

- 1) využitím archivních podkladů staveb odvodnění;
- 2) využitím metod dálkového průzkumu země;
- 3) terénním průzkumem.

1) Využití archivních podkladů staveb odvodnění

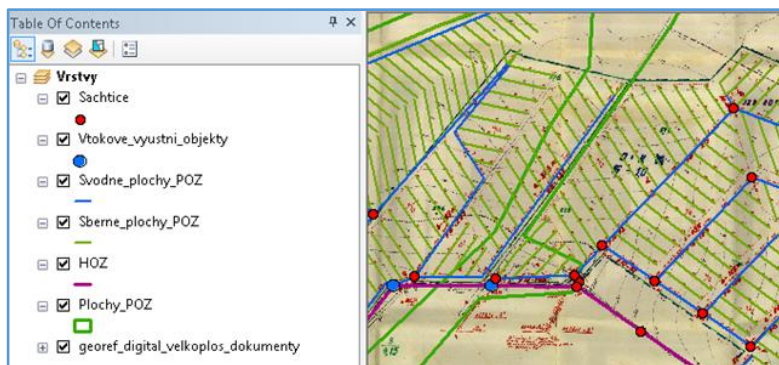
Podstatou je vyhledání a získání projektové dokumentace od subjektů disponujících dokumentací ke stavbám odvodnění. Jedná se především o archivy podniků Povodí příslušných pro řešenou lokalitu. Dále též o oblastní a okresní archivy, resp. Moravský zemský archiv v Brně, v menší míře též obce a místní zemědělské společnosti). Vzhledem k mnoha okolnostem (podrobně popsáným v kapitole 2) se míra úspěšnosti získání těchto podkladů se pohybuje mezi 50 – 60 % v závislosti na řešeném území, přičemž je větší pravděpodobnost nalezení dokumentace k plošně rozsáhlejšími stavbám zemědělského odvodnění.

V dalším kroku je nutno nalezené poklady naskenovat, georeferencovat a následně vektorizovat. Georeferencování je proces, který přesně definuje, kde na Zemi byl vytvořen obraz nebo rastrová datová sada. Nutným podkladem je identifikace vřícovacích bodů (jejichž zeměpisné souřadnice jsou dostatečně přesně známy). Georeferencování typicky probíhá v prostředí GIS, např. v ArcGIS.

Nevýhodou tohoto postupu je obtížnější orientace v archivech podniků Povodí, navíc Původní projektové dokumentace v podobě archivních projektů jsou většinou bez zakresu skutečného provedení [14, 18]. Velmi často nebyla realizace provedena důsledně podle projektu, takže reálné uložení stavby v terénu nemusí odpovídat projektu.



Obr. 6: Soutisk naskenované a georeferencované situace stavby odvodnění s polygonem ZVHS a ortofotomapou



Obr. 7: Příklad vektorizace a digitalizace podkladů

2) Využití metod dálkového průzkumu země (DPZ)

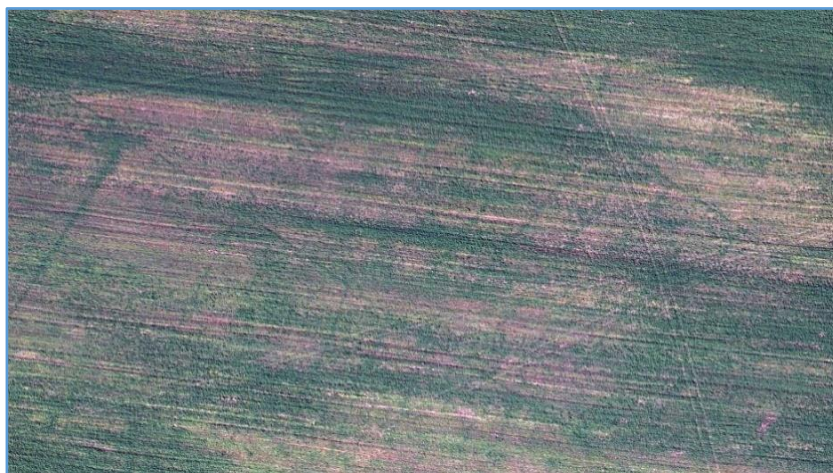
Metody DPZ umožňují konkrétní identifikaci staveb zemědělského odvodnění na zemědělské půdě a to včetně informace o přesném rozsahu a tvaru předmětné stavby. Zákres polygonů bude prezentovat identifikovatelný a interpretovatelný projev odvodňovacích staveb na snímkaném povrchu v konkrétním termínu snímkování. Správně identifikovaný projev odpovídá reálnému umístění stavby v terénu. Způsobem identifikace staveb odvodnění pomocí DPZ a způsoby interpretace dat se velmi dopodrobna zabývá metodika [14].

K identifikaci staveb odvodnění lze jako podklady využít archivní data, snímky z aktuálního průzkumu nebo jejich kombinaci. Mezi použitelná archivní data patří zejména archivní letecké měřické snímky z Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř) v Dobrušce, ČUZK-Geoportál, komerční zdroje (odkazy Google, Seznam) a další.

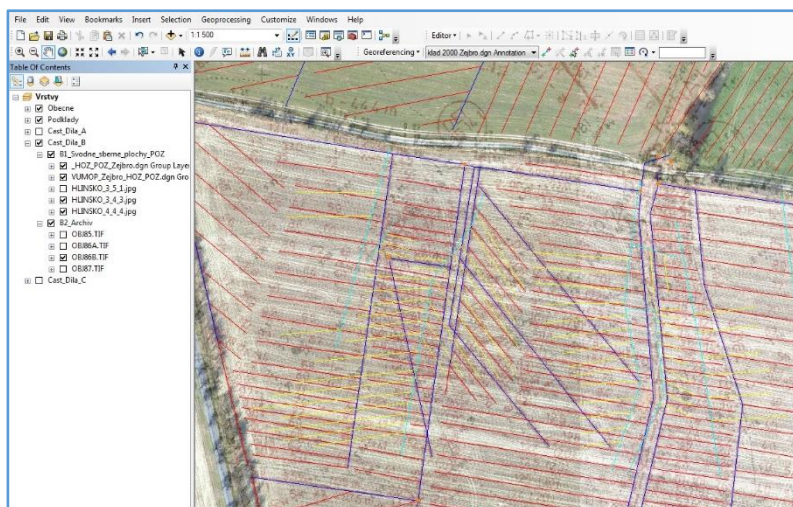
V případě potřeby aktuálních dat na větším území lze využít podstatně nákladnější letecké měřické snímkování. Vysoká efektivita byla potvrzena [19] především u větších územních celků a současně po celistvých základních jednotkách (typu celé k. ú.). Pro menší územní celky typu jednotlivé půdní bloky či jejich skupiny (cca do 50-100 ha) se jeví efektivní také využití bezpilotních prostředků. Výhodou je také aktuálnost takto pořízených dat. Naopak nevýhodou kromě vysoké nákladnosti je nutnost výběru/hlídaní nejvhodnější kombinace počasí a optimální vlhkosti půdy/porostů k detekci existujících staveb a ani RPAS (drony) v tomto ohledu nejsou operativní. Často rychlé výkyvy v počasí – zejm. min. srážky a malá nasycenost půd v posledních letech ztěžují identifikaci drénů pomocí DPZ. Všechna získaná data lze integrovat do jednotné databáze [19].



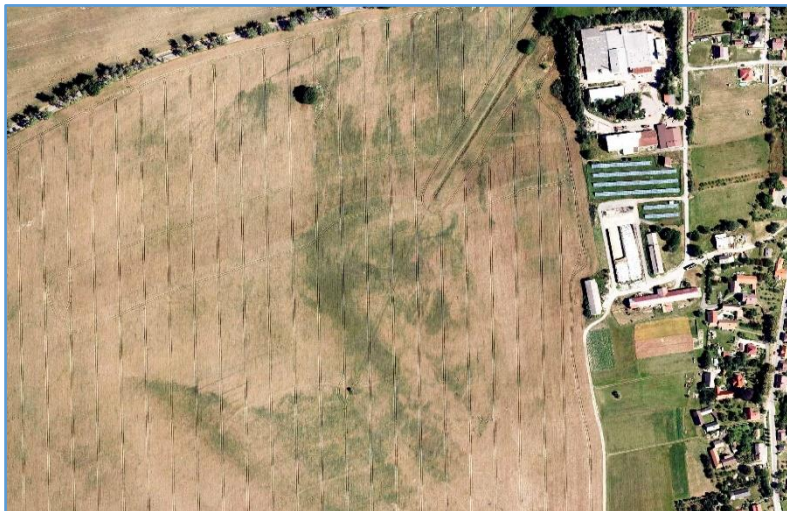
Obr. 8: Příklad využitelného leteckého nosiče CESSNA 402B a letecký měřicí systém kamera Vexcel UltraCAM Eagle



Obr. 9: Ukázka identifikace skutečného průběhu a umístění odvodňovacích systémů na LMS – ortofoto s upravenou radiometrií.



Obr. 10: Ukázka vektorových zákresů skutečnosti a vyhodnocení archivních situací, s podklady rastrů archivů a ortofotomapy v rámci GIS



Obr. 11: Ukázka identifikace skutečného průběhu a umístění odvodňovacích systémů na LMS – ortofoto

3) Terénní průzkum

Výše uvedené metody zajištění informací o přítomnosti staveb zemědělského odvodnění je, zejména ve fázi podrobné analýzy a návrhů, nutné doplnit i o terénní průzkum, který poskytne doplnění a upřesnění informací z hlediska jejich identifikace, a také k přispěje k upřesnění jejich skutečných parametrů a aktuálního fyzického stavu.

Terénní průzkum je nutnou součástí přípravy návrhů jakýchkoliv opatření. Průzkum by měl být zaměřen na ověření a doplnění získaných podkladů o lokalizaci prvků odvodňovacích staveb. Stěžejní je lokalizace a zaměření drenážních výustí, ať již vizuální metodou nebo např. za využití termografického snímkování pomocí metodiky [20]. Důležitou součástí terénního průzkumu je pořízení fotodokumentace a dalších podkladů pro návrhy opatření.



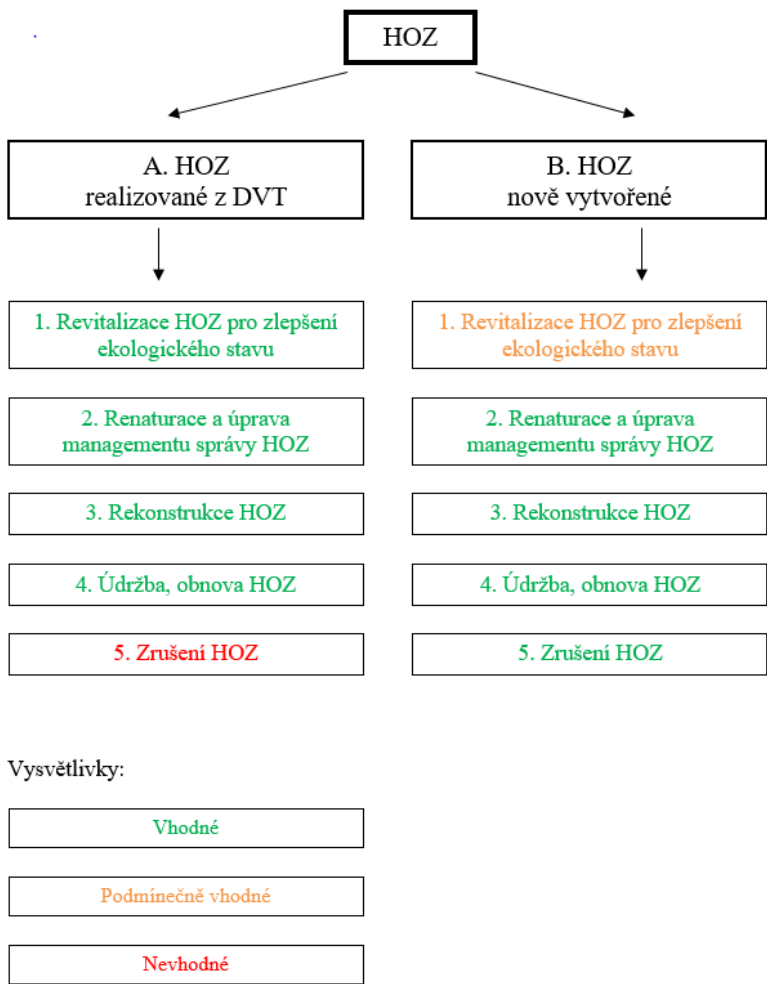
Obr. 12: Terénní průzkum – identifikace drenážní výustě a zhodnocení jejího stavu (pilotní lokalita Žejbro, foto A. Zajíček)

3.3. Výběr vhodných opatření pro revitalizaci HOZ

Při rozhodovacím procesu o volbě vhodného revitalizačního opatření na hlavním odvodňovacím zařízení je nejprve nezbytné získat informaci o tom, zda byl HOZ realizován využitím původního koryta drobného vodního toku nebo byl realizován bez návaznosti na historický vodní tok. Tedy zda byl vystavěn tzv. na zelené louce a průtok vody v něm zajišťuje pouze stavba plošného odvodnění. Tuto skutečnost lze nejlépe ověřit analýzou historických podkladů o území (historických map, projektu stavby odvodnění nebo dotazem na pamětníky historického stavu území). Dalším základním předpokladem je znalost současného stavu území (např. funkčnost odvodnění či jeho oprávněnost v souladu se současným stavem využití území) a informace o územních limitech případného návrhu. Dále je potřeba získat co nejpřesnější informace o stávajícím vodním režimu území (z dlouhodobého hlediska), zda má být zachována funkce drenáže i po provedení revitalizačních opatření, zda by měla být drenáž napojena na revitalizovaný úsek toku, co možná nejpřesnější podklady o průběhu drenážního potrubí a další nezbytné podklady pro projektovou činnost tohoto charakteru (např. nezbytné průzkumy, informace o vlastnické struktuře a postoji uživatelů dotčených pozemků). Opatření navrhovaná na hlavních odvodňovacích zařízeních jsou vybírána z katalogu opatření HOZ, který byl vytvořen v rámci řešení tohoto projektu [21]. Katalog obsahuje sedm katalogových listů hlavních opatření revitalizace HOZ, které jsou podrobně popsány. Cílem opatření je navrátit nebo aspoň přiblížit vodní toky přírodnímu stavu při současném zachování intenzivní zemědělské výroby, která v této lokalitě probíhá.

Ne všechna v katalogu uvedená opatření je vhodné aplikovat pro obě základní kategorie staveb hlavních odvodňovacích zařízení (HOZ / DVT). Pro přehlednost vhodnosti jednotlivých základních skupin opatření je dále uvedeno jednoduché schéma na obr. 13. Parametrizaci vybraných opatření potom lze provést např. pomocí programu „Parametrizace opatření na HOZ“ „HOZPAR“ [22], který byl taktéž výstupem tohoto projektu.

Základní schéma navrhovaných opatření:

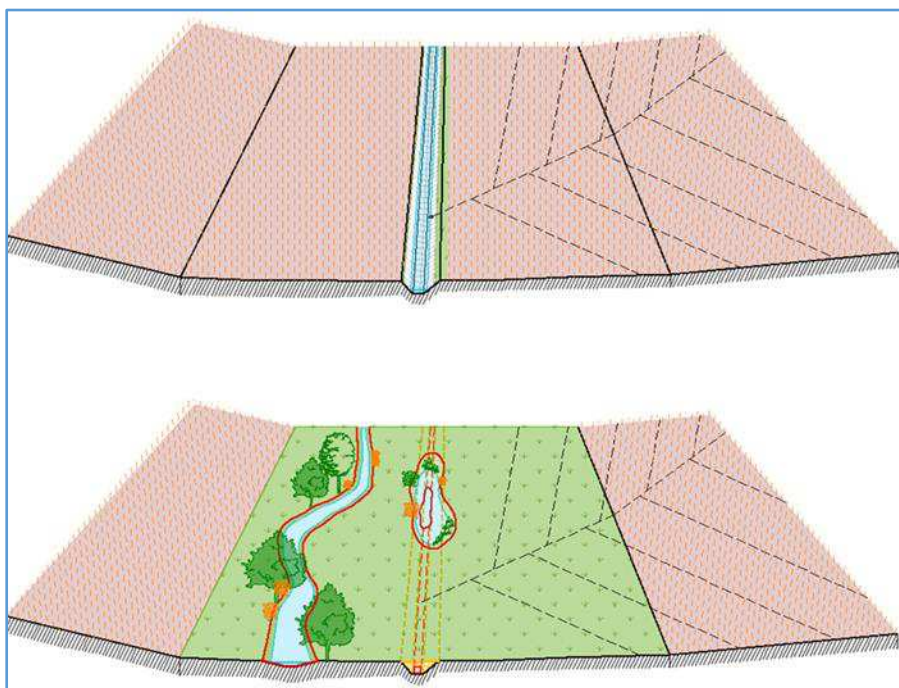


Obr. 13: Základní schéma opatření navrhovaných pro revitalizaci HOZ

Níže je uveden stručný popis jednotlivých opatření uvedených v katalogu a doplněný o vzorové schéma stávajícího a návrhového stavu.

Typ 1: Realizace nového málo kapacitního koryta, nahrazení HOZ zatrubněním v celé trase

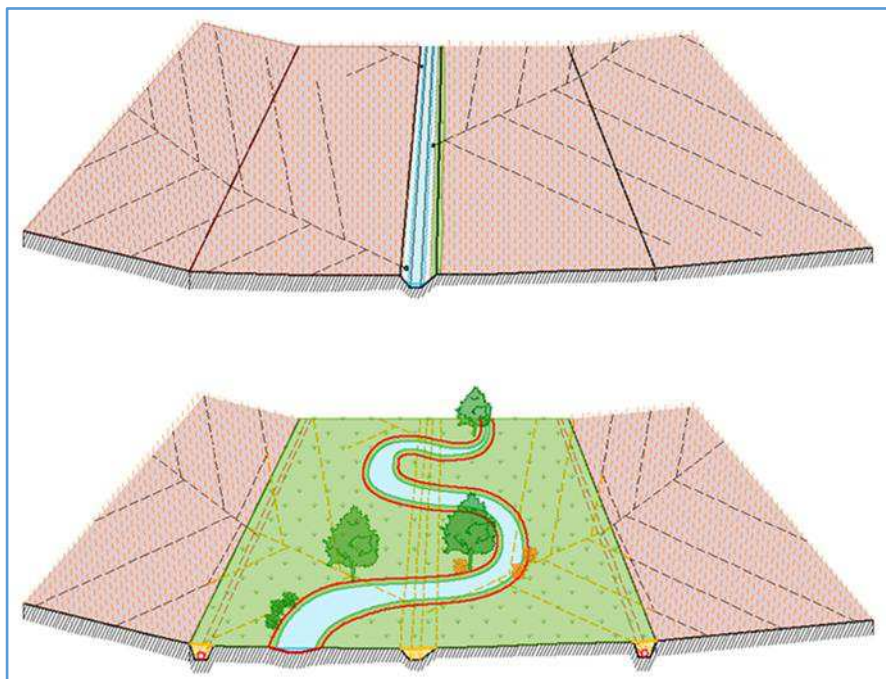
Předmětem opatření je revitalizace, tedy opětovné obnovení přírodě blízkého stavu koryta a navazujících břehů. Opatření je zaměřeno na zpomalení odtoku z území, zadržení části vody v rámci členitého koryta, zvýšení samočistící schopnosti toku a obnovení zaniklých biotopů podél přirozených vodotečí jako jednu z důležitých částí krajinné kostry. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 14.



Obr. 14: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 1: Realizace nového málo kapacitního koryta, nahrazení HOZ zatrubněním ve stávající trase; nahoře řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 2: Realizace nového málo kapacitního koryta, zaústění drénů do potrubí vedoucího u paty údolí

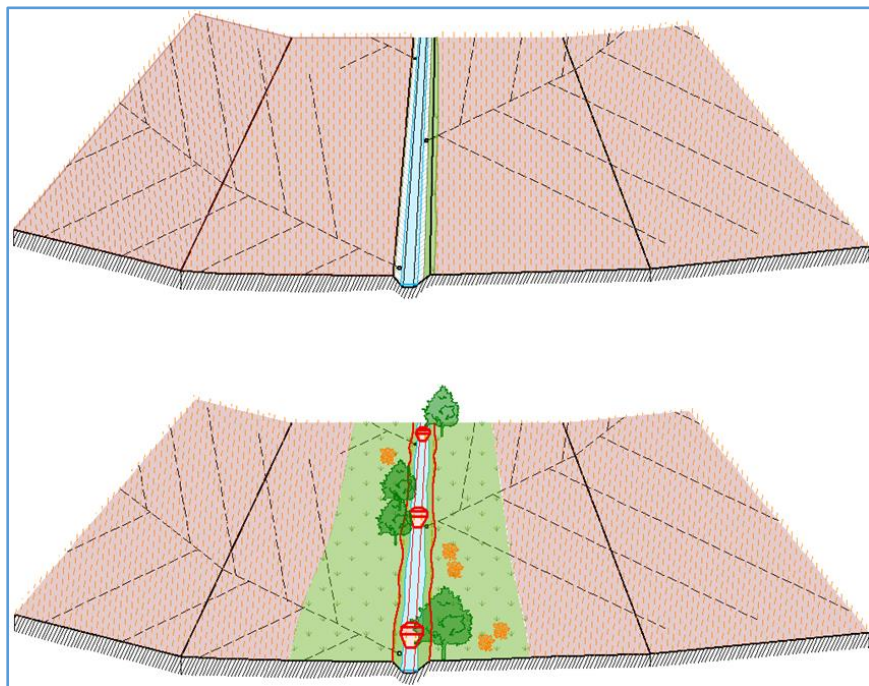
Předmětem opatření je zrušení stávajícího koryta HOZ a jeho nahrazení přírodě blízkým vodním tokem přibližně v trase stávajícího koryta. Původní otevřené koryto bude v rozhodující délce zcela zasypáno, lokálně mohou být v jeho trase realizovány tůňe nebo slepá ramena. Tento přístup umožňuje využití celé šířky údolní nivy bez ohledu na stávající plošné stavby odvodnění. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 15.



Obr. 15: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 2: Realizace nového málo kapacitního koryta, zaústění drénů do nového potrubí vedoucího u paty údolí.; nahore řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 3: Realizace kaskády tůní ve stávající trase HOZ s úpravou břehů, zaústění drénů v místě tůní

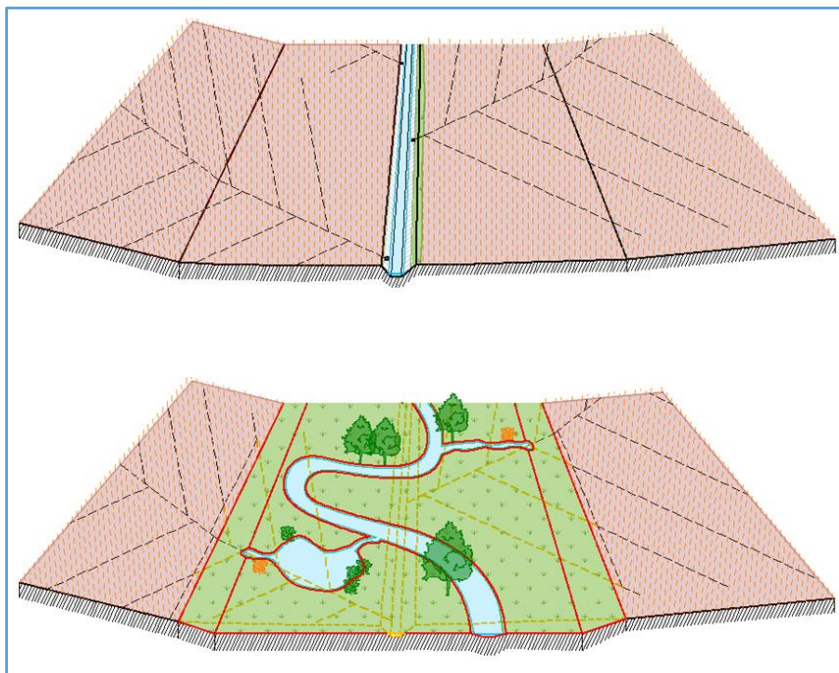
Předmětem opatření je úprava stávajícího koryta HOZ ve stávající trase, která je zpravidla vyvolána územními limity. Je navržena realizace kaskády balvanitých skluzů (přehrážek) tak, aby pod těmito přehrážkami mohla být zachována stávající hloubka koryta a mohlo být zachováno stávající vyústění drénů. Souběžně s touto úpravou podélného sklonu je navrženo odstranění stávajícího technického opevnění a úprava břehů do pozvolnějšího sklonu. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 16.



Obr. 16: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 3: Realizace kaskády tůní ve stávající trase HOZ s úpravou břehů, zaústění drénů v místě tůní; nahore řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 4: Realizace širokého potočního pásu s meandrující kynetou, zaústění POZ do koryta

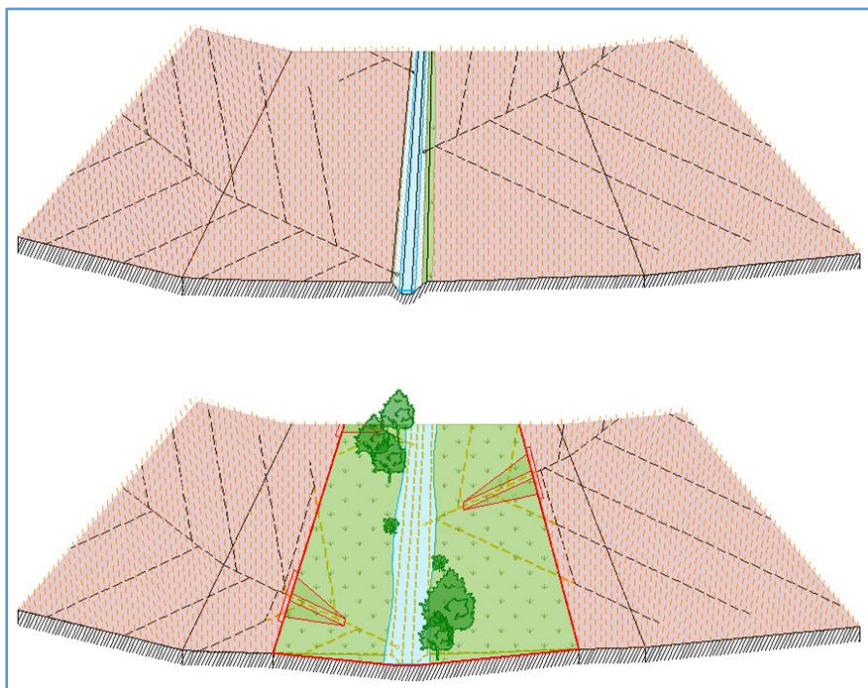
Jedná se o případ, kdy byl HOZ v minulosti realizován regulací existujícího přirozeného DVT se stálým průtokem. Předmětem opatření je zrušení stávajícího koryta HOZ a jeho nahrazení přírodě blízkým vodním tokem přibližně v trase stávajícího koryta. Původní otevřené koryto bude zcela zasypano, lokálně mohou být v jeho trase realizovány tůně nebo slepá ramena, do kterých bude cíleno vyústění POZ. Nově vytvořené koryto bude vytvořeno a namodelováno v souladu s geomorfologickým typem, který je pro danou lokalitu nejpřirozenější. V podmínkách ČR se zpravidla jedná o vodní toky s plně vyvinutým meandrováním. Schéma opatření je na obr. 17.



Obr. 17: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 4: Realizace širokého potočního pásu s meandrující kynetou, zaústění drénů do koryta; nahore řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 5: Přeměna HOZ z korytového na zatravněnou údolnici

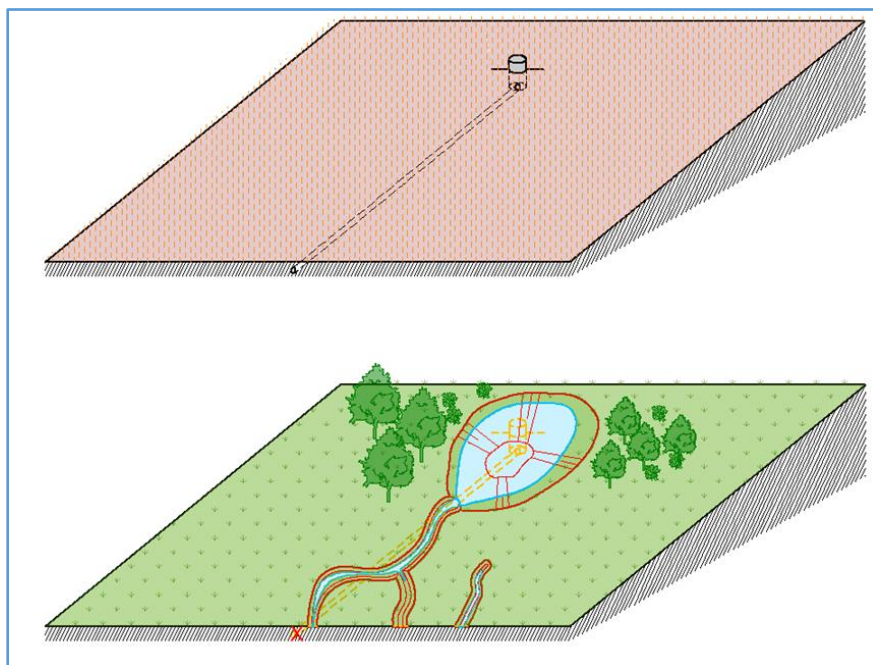
Předmětem opatření je zrušení stávajícího koryta HOZ a jeho převedení na zatravněnou údolnici. Formou investiční revitalizace dojde k odstranění stávajícího opevnění, případně k pozvolnému snížení terénu ve spádu ke stávajícímu korytu. Tím dojde k vytvoření výrazné údolnice miskovitého charakteru, v rámci které bude kumulován průtok vody. Nebude realizováno žádné nové koryto, naopak vodní tok bude ponechán zcela samovolnému vývoji v rámci vymezené údolnice. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 18.



Obr. 18: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 5: Přeměna HOZ z korytového na zatravněnou údolnici; nahoře řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 6: Revitalizace pramenních částí a pramenišť

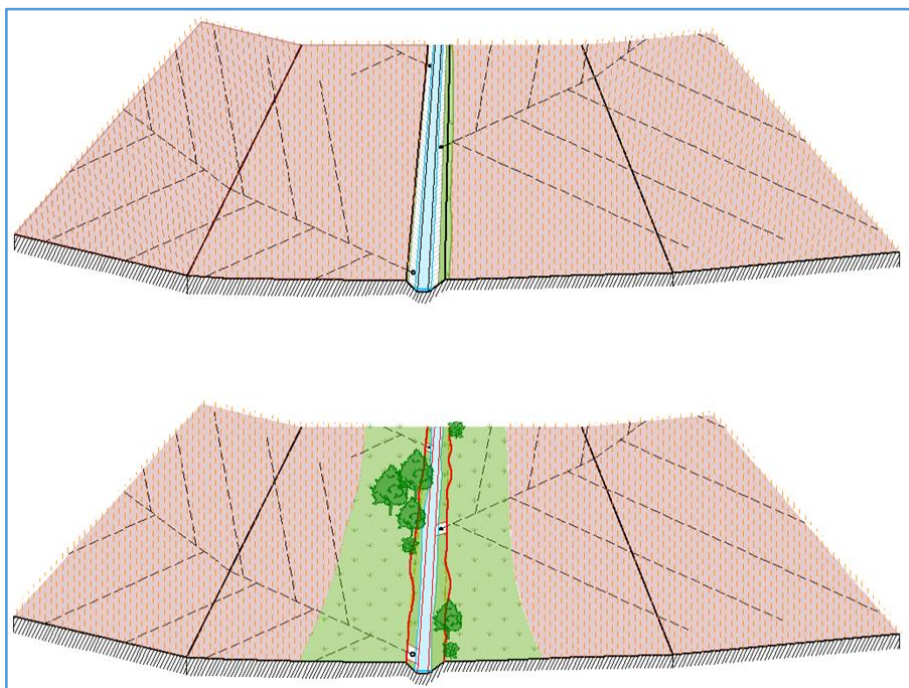
Pramenní jímky je zpravidla vhodné uvádět do původního stavu před jejich podchycením drenážním systémem, s čímž souvisí převod pozemků v okolí objektu z orné půdy na TTP. Stávající pramenní jímka je zcela zrušena (nahrazena kamenným nebo šterkovým záhozem) a funkce drénu, který zprostředkoval odtok vody z jímky, je zrušena. Okolí jímky je vhodným způsobem sanováno a revitalizováno (zatravněním, vysázením doprovodné zeleně). Případně jsou realizovány drobné terénní úpravy (mikrodeprese, průlehy, meze). Revitalizační úprava odtoku z prostoru prameniště směřuje ke co největšímu zadržování vody. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 19.



Obr. 19: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 6: Revitalizace pramenních částí a pramenišť; nahore řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření

Typ 7: Renaturace a úprava managementu správy HOZ

Cílem opatření je iniciovat a podpořit renaturační procesy stávajícího vodního toku a s tím související úprava managementu území (správy HOZ). Výsledkem by mělo být obnovení přírodě blízkého stavu koryta a navazujících břehů s cílem zpomalit odtok z území, zvýšit samočistící schopnost toku a případně obnovit zaniklé biotopy podél přirozených vodotečí jako jednu z důležitých částí krajinné kostry. Schematické zakreslení tohoto opatření je uvedeno na obr. 20.



Obr. 20: Vzorový schematizovaný pohled opatření HOZ typu 7: Renaturace a úprava managementu správy HOZ; nahoře řešené území před návrhem opatření; dole stav po návrhu opatření.

Výběr nejvhodnějšího typu revitalizačního opatření lze provést za pomoci níže uvedeného rozhodovacího schématu, který je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Rozhodovací schéma pro výběr opatření na HOZ

Hlavní odvodňovací zařízení (HOZ) – volba vhodného typu opatření		
HOZ / DVT :	A. HOZ realizované z DVT	B. HOZ nově vytvořené
1. Revitalizace HOZ pro zlepšení ekologického stavu		
Opatření TYP 1	A. Vhodné	B. Nevhodné
<p>Opatření rozpracované v katalogovém listu 1 je vhodné pro HOZY realizované z DVT, zejména pak při jednostranném odvodnění území, které je možné svést do nově navrženého potrubí v původní trase koryta HOZ. Opačná strana území může být využita pro revitalizaci koryta v nové trase bez omezení stávajících staveb POZ. Dojde tedy k oddělení nově vzniklého koryta vodního toku od drenážního systému.</p> <p>V případě, že byl HOZ historicky realizován tzv. na zelené louce a jeho jediným zdrojem vody je právě drenážní systém, není odůvodněné realizovat nové koryto bez napájení právě z tohoto drenážního systému (reálné nebezpečí revitalizace bez vody v korytě).</p>		
Opatření TYP 2	Vhodné	Nevhodné
<p>Opatření rozpracované v katalogovém listu 2 je vhodné pro HOZY realizované z DVT, zejména když se při návrhu opatření nabízí možnost využít celou šířku údolní nivy. Drenáž je svedena do nových drenů při krajích údolní nivy a neomezuje nás při návrhu revitalizace vodního toku. Opět dojde k oddělení nově vzniklého koryta vodního toku od drenážního systému.</p> <p>V případě, že byl HOZ historicky realizován tzv. na zelené louce a jeho jediným zdrojem vody je právě drenážní systém, opět platí, že není</p>		

Hlavní odvodňovací zařízení (HOZ) – volba vhodného typu opatření		
HOZ / DVT :	A. HOZ realizované z DVT	B. HOZ nově vytvořené
odůvodněné realizovat nové koryto bez napájení právě z tohoto drenážního systému (reálné nebezpečí revitalizace bez vody v korytě).		
Opatření TYP 3	Vhodné	Vhodné
Opatření rozpracované v katalogovém listu 3 je vhodné pro HOZY realizované z DVT i koryta realizovaná na zelené louce. Při realizaci kaskády tůní ve stávající trase koryta není důležité, zda jeho průtok závisí pouze na příspěvku z drenážního systému. Naopak nově vzniklé tůně mohou lépe sloužit při vyrovnávání proměnlivého průtoku právě v korytech závislých na drenážní vodě.		
Opatření TYP 4	Vhodné	Podmínečně vhodné
Opatření rozpracované v katalogovém listu 4 je vhodné více pro HOZY realizované z DVT, nicméně lze jeho aplikaci využít i v rámci dříve vybudovaných korytech bez návaznosti na DVT. V takovém případě je ovšem nutné důkladně posoudit vodní bilanci území z dlouhodobého hlediska, aby nedošlo k situaci, že nově revitalizované koryto (za nemalé finanční prostředky) bude převážnou část roku bez vody. Tento typ opatření opět nabízí možnost využít celou šířku údolní nivy. Výhodou z hlediska kvality vody je napojení drenážních vod na nově vzniklé revitalizované koryto. Bude tedy využito jeho samočisticích schopností v plném rozsahu.		
Opatření TYP 5	Podmínečně vhodné	Vhodné
Opatření rozpracované v katalogovém listu 5 je vhodné více pro HOZY realizované bez návaznosti na historické DVT, nicméně lze jeho aplikaci využít i v rámci koryt vybudovaných zkapacitněním DVT. Zde však pouze podmíněně v rámci horních partií povodí a po důkladné analýze očekávání budoucí změny vodního režimu území.		

Hlavní odvodňovací zařízení (HOZ) – volba vhodného typu opatření		
HOZ / DVT :	A. HOZ realizované z DVT	B. HOZ nově vytvořené
Opatření TYP 6	Nevhodné	Vhodné
<p>Opatření rozpracované v katalogovém listu 6 je vhodné pouze pro drenážní stavby v té nejvrchnější části území, tedy bez návaznosti na původní koryta DVT. Předpokládá se, že pramenní jímky, které jsou předmětem revitalizace v rámci tohoto typu opatření, byly historicky realizovány ještě před vznikem soustředěného odtoku (tedy mimo legislativně stanovený vodní tok).</p>		
2. Renaturace a úprava managementu správy HOZ		
Opatření TYP 7	Vhodné	Vhodné
<p>Opatření rozpracované v katalogovém listu 7 je vhodné pro obě základní kategorie HOZ. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o drobné iniciační opatření mající za následek nastartování postupné renaturace v kombinaci s ekologickou správou vodního útvaru, není důvod rozlišovat mezi HOZ realizovaným z původního DVT a HOZ realizovaným na zelené louce.</p>		
3. Rekonstrukce HOZ		
<p>Rekonstrukce HOZ není revitalizačním opatřením a není tedy v rámci tohoto projektu podrobně rozpracována (nebyl pro ni vytvořen katalogový list).</p>		
4. Údržba, obnova HOZ		
<p>Údržba a obnova HOZ nejsou revitalizačním opatřením a nejsou tedy v rámci tohoto projektu podrobně rozpracovány (nebyl pro ně vytvořen katalogový list).</p>		

Hlavní odvodňovací zařízení (HOZ) – volba vhodného typu opatření

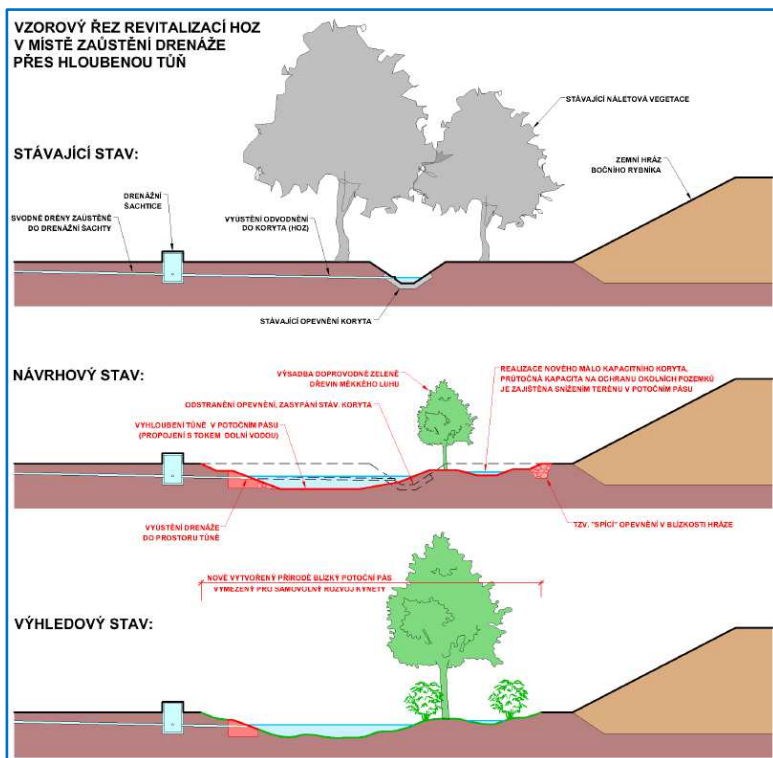
HOZ / DVT :

A. HOZ realizované z
DVT

B. HOZ nově
vytvořené

5. Zrušení HOZ

Zrušení HOZ není revitalizačním opatřením a není tedy v rámci tohoto projektu podrobně rozpracována (nebyl pro něj vytvořen katalogový list). Zrušení HOZ bez náhrady nebo příslušné adekvátní úpravy není v případě jeho dřívější realizace z původního DVT relevantní.



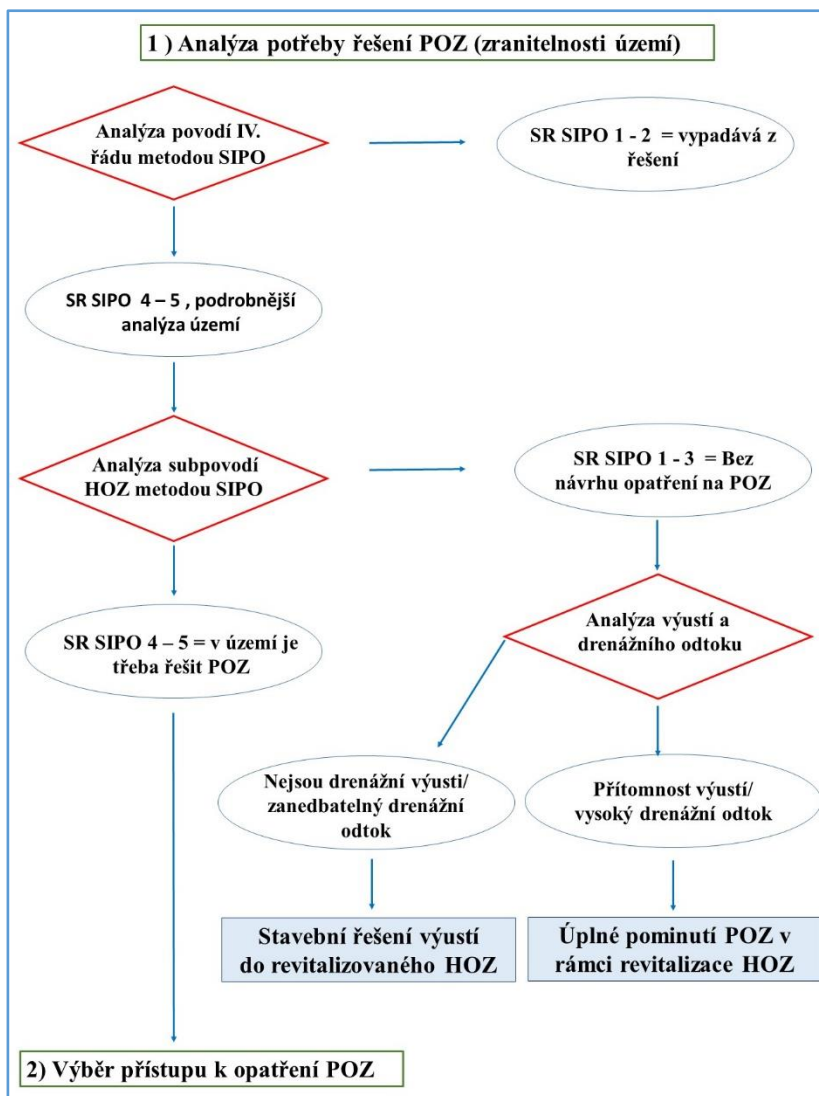
Obr. 21: Příklad zaústění drenáže přes hloubenou tůň na vzorovém řezu.

3.4. Postup výběru opatření pro návrhy POZ

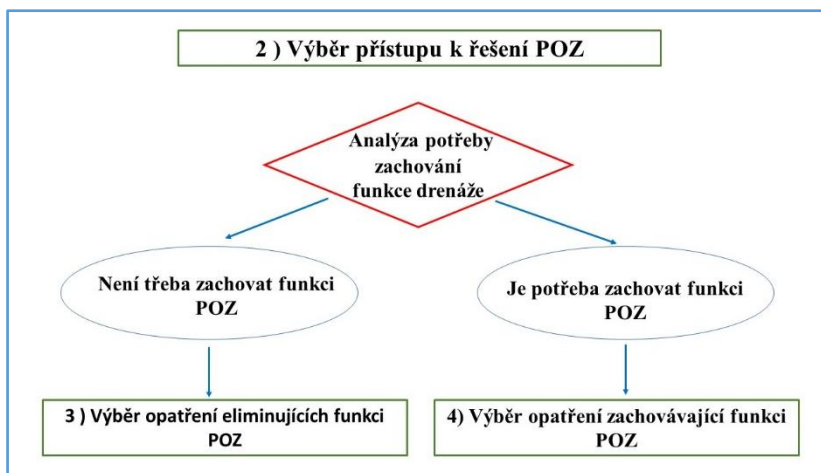
V rámci řešení projektu byl vyvinut postup pro výběr vhodného opatření na stavbách POZ. Tento postup lze charakterizovat šesti základními kroky, které jsou prezentovány pomocí následujících diagramů.

Prvním krokem je analýza řešené lokality na základě potřeby návrhů opatření na POZ (obr. 22). Tato analýza probíhá dvoustupňově metodou SIPO podle prostorového měřítka. V prvním stupni je využito měřítka povodí IV. řádu s tím, že povodí IV. řádu, která jsou zranitelná podpovrchovými zdroji znečištění, jsou podrobena analýze ve druhém stupni, tj. v měřítku subpovodí. V rámci subpovodí s hodnotou SR-SIPO 4 a 5 je velmi vhodné uvažovat nad návrhem opatření na POZ; nicméně toto nevyklučuje návrhy opatření na POZ v oblastech se SIPO nižších hodnot zejména v případě zjištění lokálních poruch, změn využití pozemku či stavby odvodnění a dalších problémů. V rámci subpovodí, která nejsou příliš zranitelná podpovrchovým plošným znečištěním (SR-SIPO 1-3), je potřeba řešit především velikost drenážního odtoku a přítomnost drenážních výustí. V případě identifikace výustí a vyšší vodnosti staveb odvodnění je tyto výusti nutno stavebně ošetřit v rámci revitalizace HOZ, který je jejich recipientem (například vyústění drenáže do zahloubené tůně). Pokud je drenážní odtok nízký až zanedbatelný a nebyly zjištěny známky drenážních výustí, není nutno v rámci revitalizace HOZ plošné odvodnění cíleně řešit.

Druhým krokem rozhodovacího mechanismu (obr. 23) je analýza potřeby dalšího zachování funkce drenážní stavby, která proběhne na základě místního šetření a vyhodnocení charakteru drenážního odtoku, fyzického stavu řešené stavby a intenzity zemědělské výroby. V případě, že není třeba zachovat funkci stavby POZ, ať již kompletně či pouze částečně (např. jednu drenážní skupinu), je možno využít některého z opatření eliminujících nebo omezujících funkci drenáže, které jsou popsány v kroku 3. V případě, že je potřeba zachovat funkci odvodnění (např. z důvodu zachování intenzivní zemědělské výroby nebo značného podmáčení pozemku) lze vybírat z opatření popsaných v kroku 4.



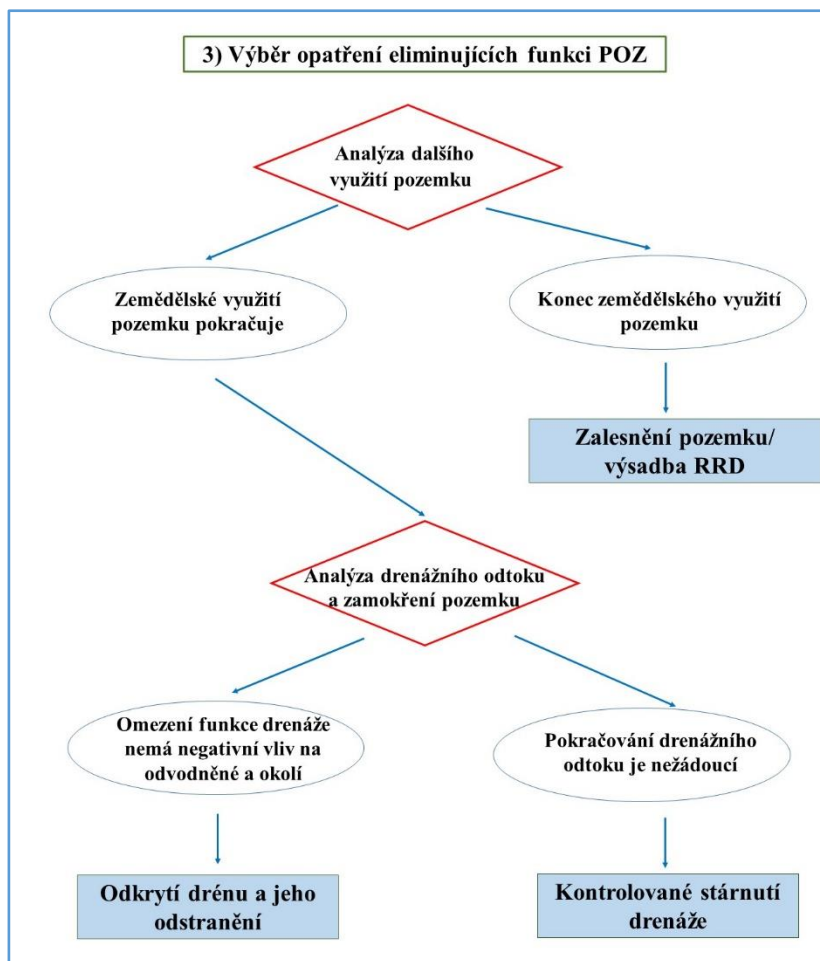
Obr. 22: Postup výběru opatření na POZ – krok 1: analýza potřebnosti návrhů opatření v řešeném území



Obr. 23: Postup výběru opatření na POZ – krok 2: výběr přístupu k řešení návrhů

V případě, že další existence stavby odvodnění není potřebná, je možné v **kroku 3** (obr. 24) vybrat vhodné opatření pro ukončení funkčnosti stavby odvodnění. V případě pokračujícího zemědělského využití pozemku připadají v úvahu možnosti odkrytí a úplného odstranění drénu, zejména v případě, že zachování drenážního odtoku je nepotřebné či nežádoucí. Pokud omezení funkce drenáže nemá negativní vliv na odvodněné ani na okolní pozemky, je možné ponechat posuzovanou stavbu jejímu kontrolovanému stárnutí. V případě, že pozemek již nebude dále zemědělsky využíván, je možné ho zalesnit, popř. vysadit plantáž rychle rostoucích dřevin např. dle metodiky [11].

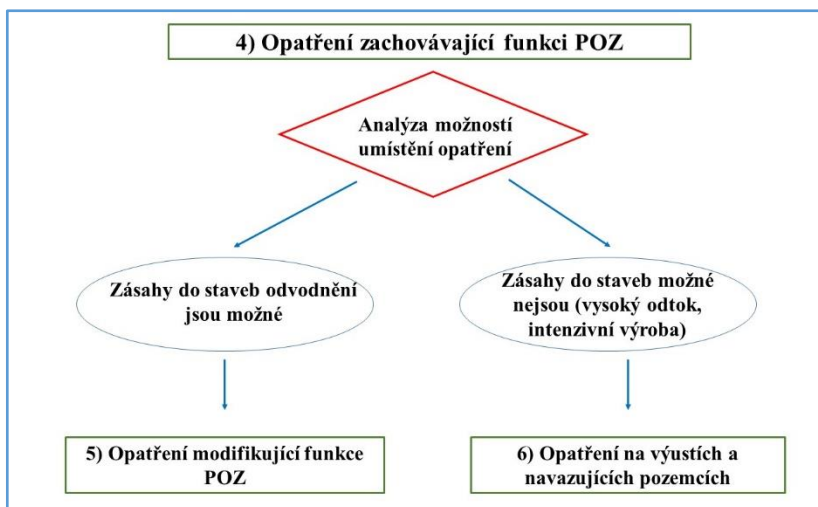
Krok 4 (obr. 25) je zaměřen na výběr typu opatření v situaci, kdy je potřeba zachovat funkci odvodňovací stavby. V tomto bodě je klíčová analýza možnosti umístění daného opatření. To závisí zejména na vlastnicko – uživatelských vztazích a charakteristikách řešené lokality.



Obr. 24: Postup výběru opatření na POZ – krok 3: výběr opatření eliminujících funkci HOZ

V případě, že zásahy do stavby odvodnění možné jsou, lze využít schéma znázorněné jako **krok 5**, který se zabývá výběrem vhodného opatření

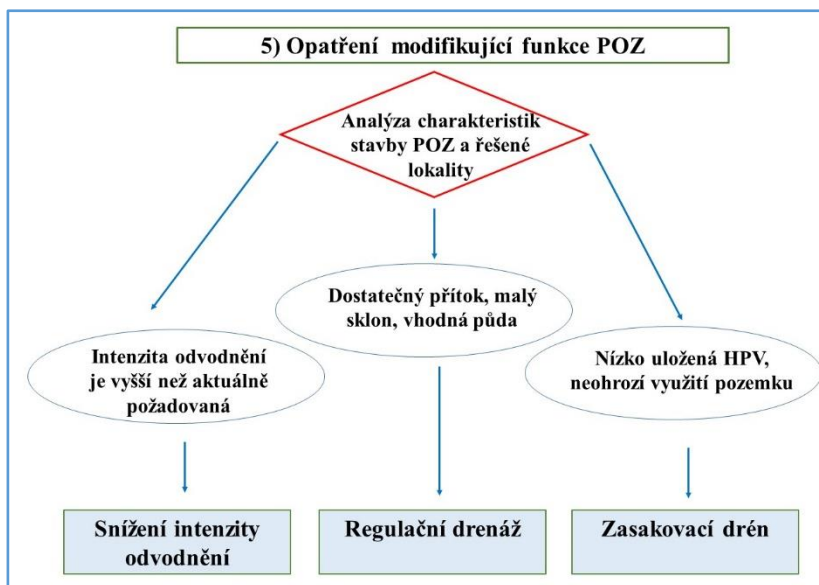
modifikujícího funkce POZ přímo na odvodněném pozemku (obr. 26). Takto lze vybírat z opatření typu regulační drenáž, snížení intenzity odvodnění, popř. využití zasakovacího drénu. Pokud jsou v území vhodné podmínky, ve smyslu sklonu, půdních vlastností a je zabezpečen dostatečný přítok, lze doporučit opatření typu regulační drenáž. V případě, že intenzita odvodnění je vyšší, než v současné době požadovaná, je vhodné využít opatření typu snížení intenzity drenážního odvodnění. Ve specifických případech, jako je nízká uložená hladina podzemní vody, lze za splnění dalších podmínek využít vsakovacího drénu.



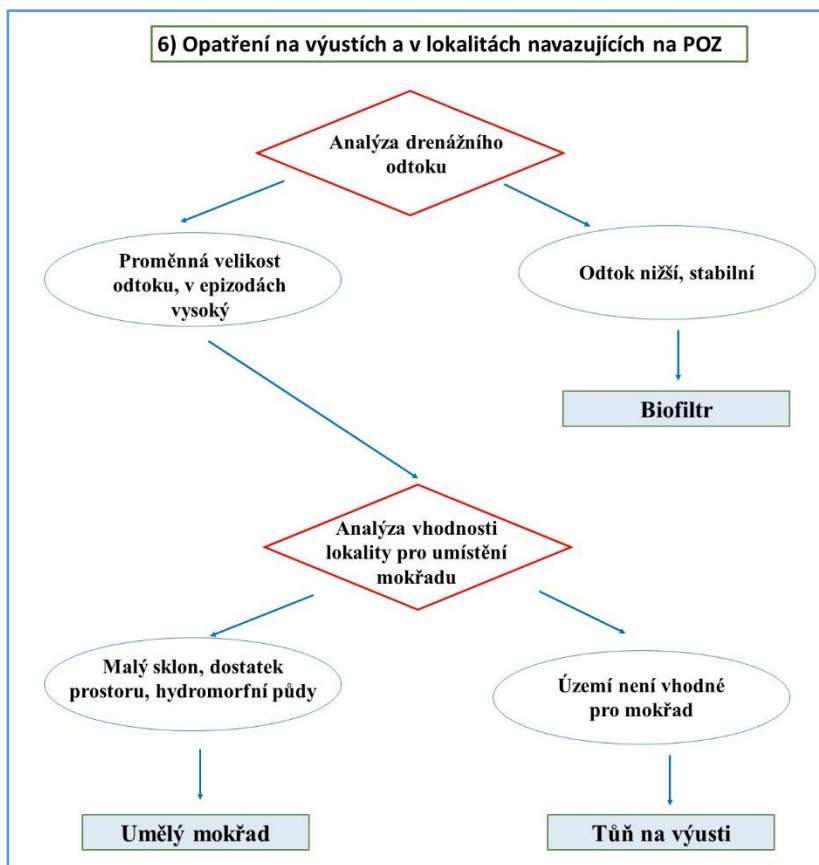
Obr. 25: Postup výběru opatření na POZ – krok 4: výběr opatření zachovávajících funkci HOZ

V případě, že opatření je nutno navrhovat mimo vlastní odvodněnou lokalitu, následuje **krok 6**, v jehož průběhu probíhá výběr několika typů opatření na drenážních výustích nebo návaznosti na drenážní systém. Možnosti výběru opatření jsou uvedeny na obr. 27.

V případě stabilních a relativně nižších drenážních průtoků je vhodné využít biofiltr jako dostatečně účinné a nenákladné opatření s nízkými prostorovými nároky. V případě větších odtoků z drenážního systému a dostatku prostorových možností v kombinaci s vhodným podložím je vhodné navrhnout některý typ umělého mokřadu popř. kořenové čistírny drenážních vod. Další možností je vybudovat tůň pod drenážní výustí, popř. přímo v korytě HOZ (či jejich kaskádu), která představuje vhodné opatření zejména pro zpomalení odtoku z povodí. V případě tůní je nutné dbát na správné stavebně - technické vyřešení drenážních výustí.



Obr. 26: Postup výběru opatření na POZ – krok 5: výběr opatření modifikujících funkci POZ



Obr. 27: Postup výběru opatření na POZ – krok 6: výběr opatření na drenážních výustích a v lokalitách navazujících na stavby odvodnění

Opatření navrhovaná na stavbách POZ

Hlavním cílem opatření na POZ je snížit přísun polutantů vyplavovaných z půdy drenážním odtokem do povrchových toků a zároveň zpomalit odtok mělkých podpovrchových vod (drenážních) z těchto lokalit.

Výběr navrhovaných opatření na POZ vychází z katalogu opatření publikovaného [23]. Některá z opatření jsou také podrobně rozepsána v [13]. V tomto katalogu je obsaženo celkem 17 opatření, která je možno navrhovat na stavbách POZ nebo v jejich hydrologické návaznosti. Přehled nejčastěji navrhovaných opatření s odhadem jejich účinnosti je uveden v tabulce 3. Níže následuje stručný popis těchto opatření se zmíněním jejich největších kladů a záporů. Náklady na jejich výstavbu a údržbu jsou potom uvedeny v tabulce 8 v kapitole IV Ekonomické aspekty. Prezentovaná schémata opatření pocházejí, pokud není uvedeno jinak z katalogu [23].

Tabulka 3: Seznam možných opatření na POZ a odhad jejich účinnosti

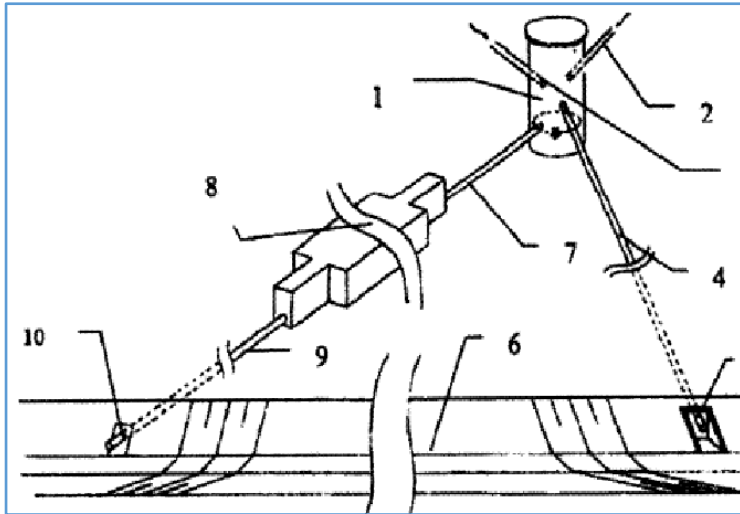
Opatření	Účinnost (%)		
	odtok	N-NO ₃	pesticidy
Biofiltr	10 - 15	75 - 99	25 - 82
Umělý mokřad	15 - 25	50 - 99	25 - 75
Kořenová čistírna	5 - 10	10 - 25	15 - 50
Tůň napájená drenážní vodou	10 - 50	10 - 25	5 - 25
Regulační opatření na drenáži	50 - 90	30 - 75	25 - 50
Zasakovací drén	50 - 100	50 - 99	25 - 75
Lokální eliminace drénu	25 - 75	25 - 75	25 - 35
Snížení intenzity odvodnění	50 - 75	25 - 75	25 - 50
Kontrolované spontánní stárnutí drenáže	75 - 100	25 - 90	1 - 50

D1: Biofiltr

Biofiltr je malé zařízení, které funguje na principu nahrazení úseku drénu bioreaktorem. Základní součástí každého bioreaktoru je redukující látka – zdroj elektronů, která je umístěna ve vhodném kontejneru či zemi jámě, skrz kterou prochází čištěná voda. Redukující látka je v naprosté většině případů uhlíkatá a organická a denitrifikaci zprostředkovávají tzv. chemo-organotrofní bakterie. Jako náplň lze využít dříve doporučenou obilnou slámu, nebo v současnosti preferované různé kombinace dřevní štěpky, kůry, popř. v kombinaci s anorganickým substrátem (písek, štěrk). Do popředí se též dostává využití biouhle (biochar). Podrobně se tomuto věnuje např. metodika [24]. Pro zajištění komplexní účinnosti lze využít biofiltr dvojstupňový [25]. Biofiltr se umísťuje na svodných drénech, paralelně se svodným drénem nebo může být situován pod drenážní výustí. Výhodou opatření jsou relativně malé rozměry, nízké pořizovací náklady a dobrá účinnost při běžných hydrologických situacích. Nevýhodou je skutečnost, že bioreaktor je dimenzován na čištění drenážních pouze do určitého odtoku. V průběhu srážko-odtokových epizod je třeba částečně či úplně vyloučit hydraulickou clonou nebo bezpečnostním obtokem nadbytečný objem vod přesahující parametry biofiltru, např. dle užitého vzoru [26].

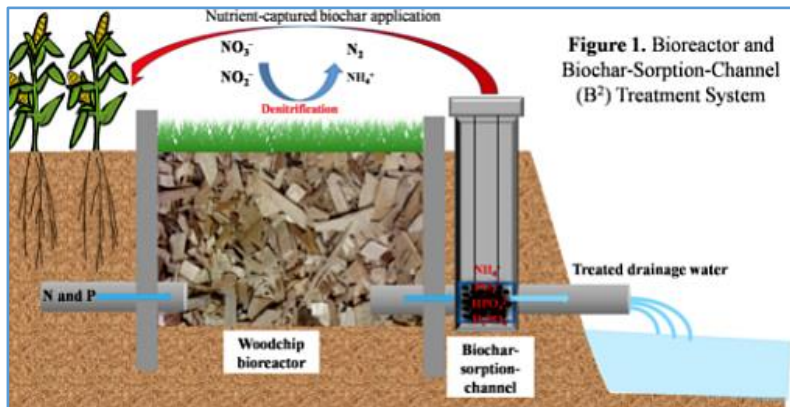


Obr. 28: Příklad biofiltru se slámovou náplní (foto M. Nechvátal)



Obr. 29: Schéma možného umístění biofiltru pro čištění drenážních vod [26].
1 - drenážní šachtice, 2,3 - svodné drény, 4,5 - bezpečnostní obtok a výúst do recipientu, 6 – recipient (potok, HOZ), 7 – přívodný drén do biofiltru, 8 – těleso biofiltru, 9,10 – výtokové potrubí se zaústěním.

Obr. 30: Schéma dvoustupňového biofiltru s náplní dřevěné štěpky a biouhle



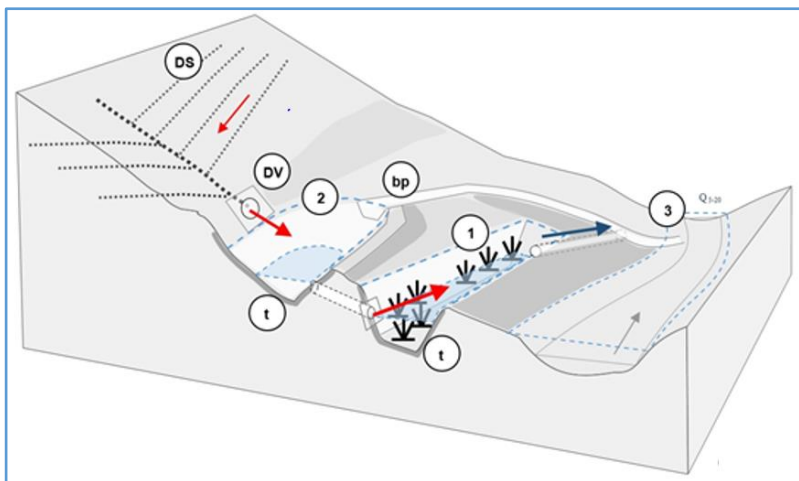
(United States Environmental Protection Agency)

D2: Umělý mokřad

Mezi potenciálně velmi účinná biotechnická opatření pro vyplavování živin a pesticidů ze zemědělsky intenzivně obhospodařovaných odvodněných půd patří mokřady situované v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj). V mokřadech probíhá celá řada fyzikálních, biologických a chemických procesů, jako jsou zejména denitrifikace, sorpce a zásobování aerobních bakterií kyslíkem prostřednictvím rozvětveného kořenového systému mokřadních rostlin (např. rákos, zblochan, chrastice, orobínek, sítina), čímž je podpořena biodegradace rozložitelných organických látek obsažených ve vodě.

Pro zabezpečení dostatečné účinnosti musí být umělý mokřad vybudován na vhodném místě [27]. Obecně je vhodné mokřady umisťovat do plochých údolních poloh přiléhajících z vnější strany (ze strany přítoku svahových a drenážních vod) k vegetačním pobřežním pásům. Drenáž, resp. odvodňovací příkopy, by měly ústít do těchto mokřadů a jejich další vedení směrem k toku by mělo být přerušeno. Mokřad musí mít dostatečnou plochu a musí zaručovat dostatečnou dobu zdržení vody, a to i v době zvýšených průtoků. Doporučovaná doba zdržení je (z hlediska odbourání cca 50% koncentrace či množství NO_3^-) minimálně 20 - 30 hodin [28]. Za účelem zabezpečení dostatečné doby zdržení v průběhu srážko – odtokových epizod je vhodné před samotný mokřad navrhovat objekt pro dočasnou (v řádu dnů) akumulaci drenážní a/nebo povrchové vody ze zemědělské půdy a její postupné odtékání do mokřadu. Dimenzování předřazeného objektu je třeba věnovat pozornost v souvislosti s kapacitou níže situovaných mokřadů a souvisejícího okolí, s použitím souvisejících norem a metodik.

Hlavní výhodou umělého mokřadu je pozitivní vliv na jakost vody, ekologický stav řešené lokality (biodiverzita, mikroklima). Dále též zpomalení odtoku a zadržování vody. Nevýhodou umělého mokřadu jsou zejména prostorové nároky (mj. nutnost řešit majetkoprávní vztahy), relativně vysoké náklady na vybudování a nutnost údržby. Podrobně se problematice umělých mokřadů ve vazbě na stavby zemědělského odvodnění věnuje metodika [29].



Obr. 31: Schéma umístění umělého mokřadu, 1 – mokřad podélně protáhlého tvaru, 2 – předřazený retenční objekt, 3 – recipient – DVT, DV – drenážní výúst, DS – drenážní skupina, bp - bezpečnostní přepad, t – těsnění. Schéma VÚMOP, v.v.i.



Obr. 32: Příklad umělého mokřadu (Dánsko, Jutsko, foto A. Zajíček)



Obr 33: Experimentální umělý mokřad Velký Rybník (VÚMOP, v.v.i., foto A. Zajíček)



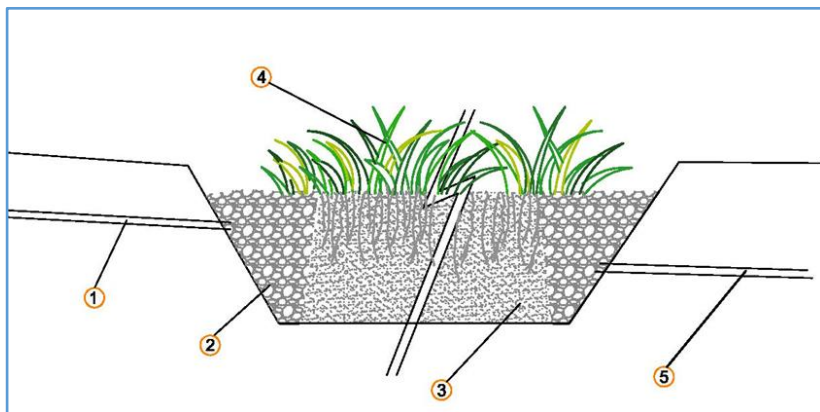
Obr 34: Experimentální Umělý mokřad Velký Rybník – předřazený objekt (VÚMOP, v.v.i, foto A. Zajíček)

D3: Kořenová čistírna

Kořenové čistírny drenážních vod fungují na stejných principech jako přirozené mokřady, kde probíhají samočisticí procesy. Základním principem kořenové čistírny je průtok drenážní vody kořenovým filtrem. Kořenový filtr je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu sídlí bakterie, které zajišťují čisticí proces. Rostliny vysázené na kořenovém filtru mají doplňkovou funkci - částečně využívají živiny, dodávají kyslík a po odumření organickou hmotu, na jejich kořenech sídlí bakterie a v zimě působí jako tepelná izolace.

Kořenová čistírna je uměle vytvořený mokřad, který je doplňkově prvkem ke zvýšení druhové biodiverzity organismů a přírodních procesů. Vedlejším účelem je potom funkce estetická a krajinnotvorná.

Údržba kořenových čistíren spočívá především v údržbě nadzemní biomasy (1x ročně). Po určité době (6 - 10 let) je nutná výměna substrátu.; cca 1x za 3-5 let odbahnění či odstranění sedimentu

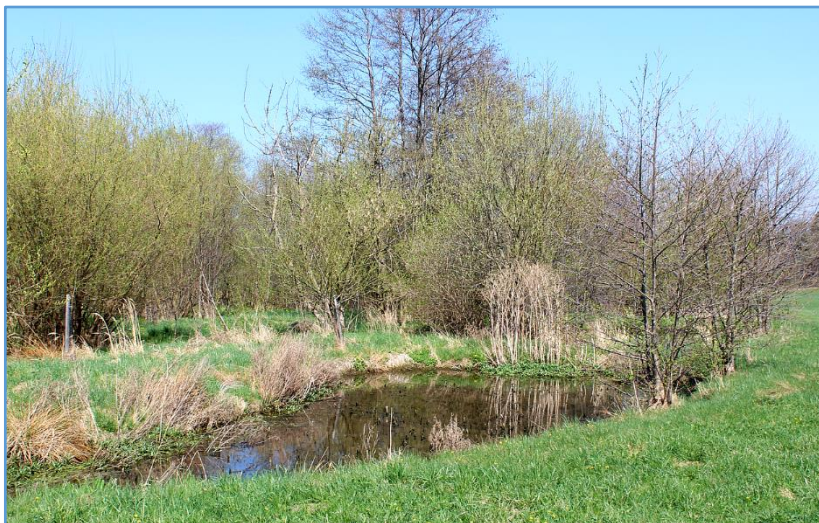


Obr. 35: Schéma kořenové čistírny drenážních vod, 1 – přítok drenážní vody, 2 – hrubé kamenivo, 3 – filtrační lože, 4 – mokřadní vegetace, odtok drenážní vody, schéma VÚMOP, v.v.i

D4: Tůň dotovaná drenážní vodou

Tůň je terénní deprese nebo prohlubeň v terénu, trvale nebo periodicky naplněná vodou. Tůňe jsou zcela zahloubené pod úroveň terénu, nemají hráz ani jiná technická zařízení. Maximální hladina vody v tůni může být dána pouze okolním terémem či zemním valem z jejího výkopku. Hlavním zdrojem vody je voda vytékající z drenážních systémů. Tůňe mohou být průtočné nebo neprůtočné – výhradně napájené drenážní vodou, případně v kombinaci s přítokem povrchových vod.

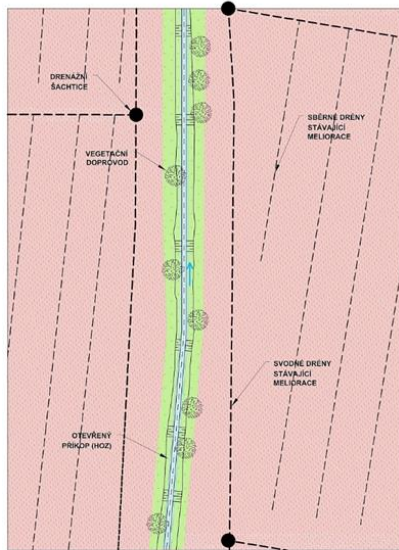
Výhodou budování tůní je zejména zpomalení odtoku vody. Dalším pozitivním efektem je zvýšení druhové biodiverzity organismů a přírodních procesů. Vedlejším účelem tůní je potom funkce estetická a krajinná. Tůňemi je též možno stabilizovat poměry v místech drenážních výustí nebo pod drenážními výustěmi, tedy tam, kde by mohlo docházet k lokální povrchové erozi. Nevýhodou je nutnost správné údržby – odstraňování náletu, nadměrného sedimentu a pomístní úpravy zemních valů.



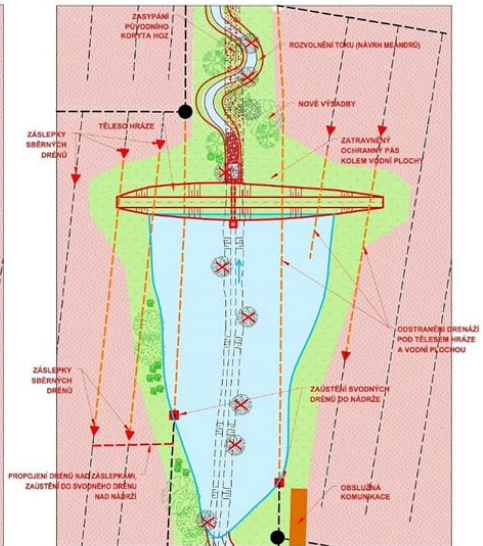
Obr. 36: Tůň realizovaná v rámci revitalizace části toku Žejbra (foto A. Zajiček)



SOUČASNÝ STAV



NÁVRHOVÝ STAV



Obr. 37: Schematické znázornění tůně navržené v rámci řešeného projektu na pilotním povodí Žejbro

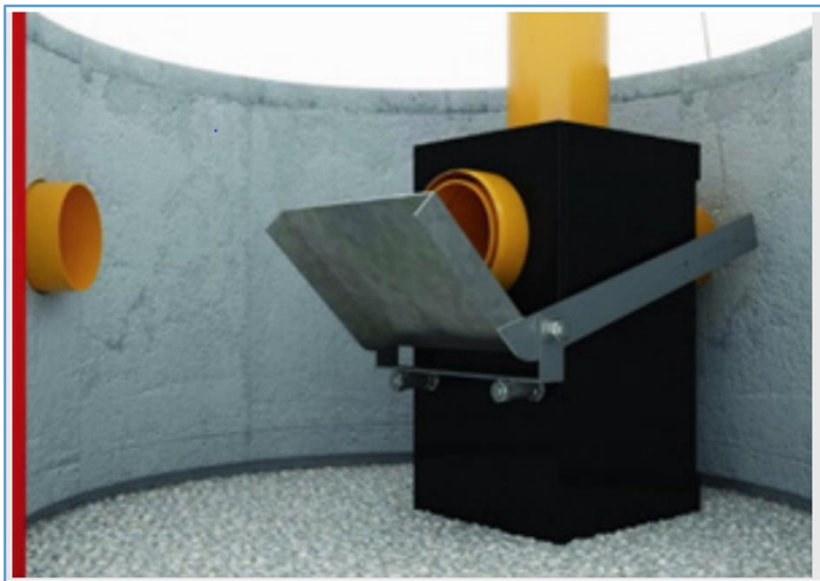
D5: Regulační opatření na drenáži

Ve vhodných lokalitách lze jednoúčelovou funkci odvodňovacího systému přeměnit na funkci regulační. Existuje vícero typů tohoto opatření (drenáž s regulovaným odtokem, drenáž s regulovaným odtokem a přítokem vody – vlastní regulační, retardační drenáž). Základním principem funkce zařízení je vzduť vody regulačním prvkem. Regulační prvky mají zpravidla nastavitelnou přetokovou hranu. Ovládání regulace může být ruční nebo automatické.

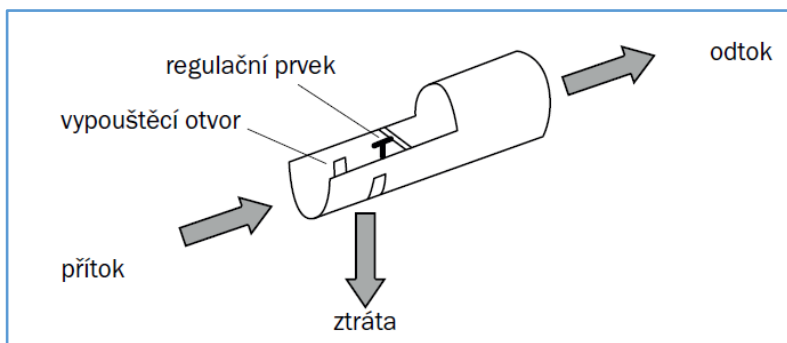
Prvky regulace drenážního odtoku lze instalovat ve vhodných lokalitách (limitující podmínky představují zejména sklon terénu, druh půdy sklon nivelety drénů a kolísání hladiny podzemní vody, podrobně popsáno v metodice [30]). Mohou být instalovány v otevřených šachticích nebo pod povrchem terénu.

Regulací úrovně HPV (pomocí regulačních prvků na sběrných nebo svodných drénech) v odvodněné ploše je dosaženo zvětšení míry nasycenosti půdního profilu vodou s efekty zvýšení účinnosti samočisticích procesů a odčerpávání živin kořeny rostlin současně s posílením dotace zásob podzemní vody. Mezi další výhody patří celkové snížení drenážního odtoku, jeho zpomalení a posílení složky akumulace vody v půdním profilu, snížení zátěže povrchových vod znečištěnými vodami drenážními (zadržením a využitím živin, aktivací anebo intenzifikací denitrifikačních a dalších procesů). Ve vhodných stanovištních podmínkách docílení efektu podzemní závlahy drenážním podmokem pro pěstované plodiny, zvýšení územního výparu.

Nevýhodou tohoto opatření je, že se jedná o investičně i provozně náročnější typ stavby (složitější objekty, údržba, opravy, potřeba kontrol a manipulace). Celý proces zdržení drenážní vody je závislý na vydatnosti a časovém rozložení zdrojů drenážní vody (lze jej vylepšovat s využitím gravitačního principu převodu vod; princip dodávky vody s využitím čerpání /tj. dodávka cizích vod/ zde není uvažován). Také existuje zvýšené riziko poruch regulačních objektů; zvýšené riziko zanášení nebo zarůstání drenážního potrubí kořeny.



Obr 38: Dílenské provedení regulačního prvku s pulsním režimem činnosti. Vlastní blok je proveden z PVC formy, vylité betonem; jsou použity odpadní kanalizační PVC tvarovky KG, kovové části jsou z nerez plechu a nerez páskové oceli. Dvojice plováků je instalována každý na jednom z dvojice táhel (zdroj: Kulhavý et al., 2015)



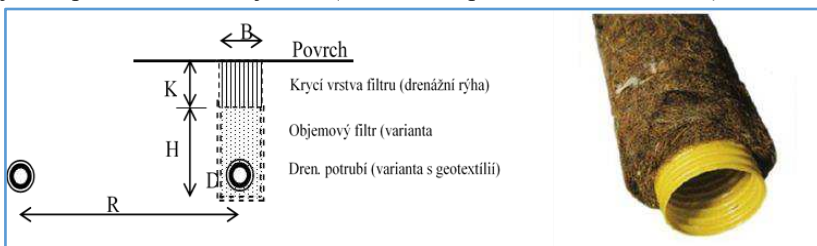
Obr. 39: Příklad kombinace vypouštěcího otvoru s regulačním prvkem pasivním nebo aktivním (Gironás, L.A., 2009 via Kulhavý et al, 2015)

D6: Zasakovací drén

Princípem opatření je podpovrchová infiltrace vod pomocí perforovaného potrubí v drenážní rýze. Účinnost infiltrace lze podpořit vhodným obsypem, který zvyšuje obvod kontaktu zasakovacího drénu s rostlou zeminou a současně chrání drén proti nežádoucímu vplavování zemitých částic při zpětném proudění vody z půdy do drénu. K podpovrchové infiltraci dochází filtrací přivedené vody z drénů (často prostřednictvím filtračních obsypů drénu, zpravidla však pouze s využitím původního drenážního záspy rýhy) do okolního prostředí.

Předpokladem návrhu opatření je provedení hydropedologického, hydrogeologického a melioračního průzkumu k prokázání účinnosti infiltrace (je-li hladina trvale hlouběji pod úrovní drénů, bude zpravidla opatření vyhovovat). Nutností je zabránění exfiltrace drenážních vod na povrch.

Výhodou opatření je zejména zvýšení retence a akumulace vody v přilehlé půdě a zvýšení intenzity infiltrace vod do půdy. Z hlediska jakosti vod je pozitivní prodloužení doby zdržení vody na pozemku (vznik lepších podmínek pro biologické dočištění drenážních vod). Mezi nevýhody opatření patří riziko znečištění hlubších zvodní, nutnost vyřešení bezpečného odvedení přebytku vod a potřeba řešit vliv opatření na provoz mechanizace po řešeném pozemku. Náklady na opatření jsou zvýšeny náročným předrealizačním průzkumem, kdy je potřeba posouzení dopadů infiltrace na jakost podzemních zdrojů vod (zhodnocení potenciálu samočištění).



Obr. 40: Příklad návrhových parametrů objemového filtru ($K=0,8\text{m}$; $H=1,2\text{m}$; $B=0,6\text{m}$; $D=0,25\text{m}$; $R=10\text{m}$); vpravo příklad prefabrikovaného filtru drenážních trubek

D7: Odkrytí a odstranění drénu

Podstatou opatření je likvidace části, popř. celého drenážního systému. Opatření je navrhováno, pokud není žádoucí na dotčeném pozemku opatření dále zachovat. Opatření vhodné pro části stavebních pozemků, na kterých se buduje novostavba (jakéhokoli typu).

Vybrané trasy drénů jsou likvidovány odkrytím, vyjmutím drenážek (případně jejich mechanickou destrukcí: zborcením, rozdrčením atd.) a opětovným zasypáním a zhutněním rýhy.

Pozitivním efektem opatření je zastavení drenážního odtoku (s dopady na množství i jakost vod) a zvýšení akumulace vody v přilehlé půdě.

Nevýhodou je vysoká pracnost (zejména jedná-li se o eliminaci celého systému) a finanční náročnost. Z horšení podmínek pro efektivní management lokality.

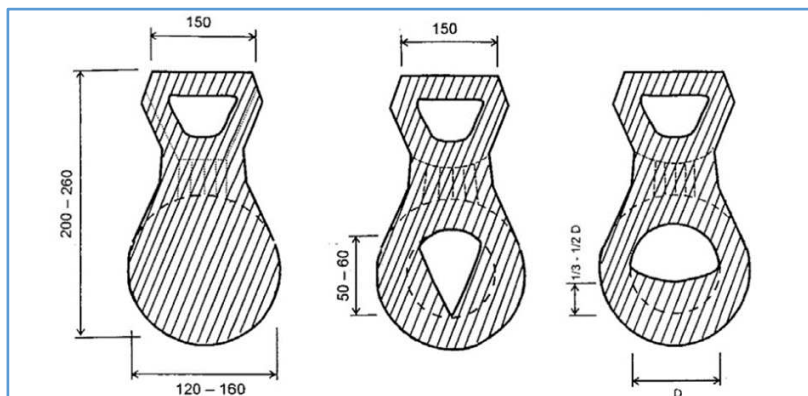


Obr. 41: Příklad odkrytí drénu (lokalita Dehtáře (foto A. Zajíček))

D8: Snížení intenzity odvodnění

Toto opatření je vhodné realizovat, pokud je intenzita odvodnění vyšší než aktuálně požadovaná, může se snížit rychlost odtoku drenážní vody pomocí hydraulického omezení kapacity konstrukčního odvodňovacího prvku - clony. Clonu tvoří deska odpovídající tvaru a rozměru drenážního potrubí, s libovolným typem výřezu v průtočném profilu. Clona se vkládá do mezery mezi dvěma drenážními trubkami nebo do rozšířené svislé spáry (ve stávajícím potrubí). Průtočná plocha clony je menší než plocha průtočného průřezu potrubí a drenážní odtok je tím redukován. Pro efektivní instalaci je třeba velmi přesného vytyčení drénu.

Výhodami tohoto opatření jsou regulace drenážního odtoku (s dopady na množství i jakost vod), zvýšení perkolace drenážních vod do půdy, zvýšení retence a akumulace vody v přilehlé půdě a snížení vyplavování živin a pesticidů (ovlivnění kulminací průtoků, zvýšení doby zdržení). Nevýhodou může být riziko zanesení drenážního potrubí usazovanými zemitými částicemi v těsné blízkosti před clonou, poškození drenážní trubky při instalaci clony (prasknutí), obtékání clony drenážním obsypem a okolní půdou při větších průtocích (riziko vyplavování zeminy a vytváření kaveren v blízkosti drénu, riziko nežádoucího lokálního zamokření).



Obr. 42: Možné provedení clon pro redukci či eliminaci drenážního průtoku (TNV 75 4221)

D9: Kontrolované stárnutí drenáže

Pokud je funkce odvodnění pozemku nepotřebná či nežádoucí a přesto zásadním způsobem nezhoršuje podmínky dotčených pozemků, je kontrolované spontánní stárnutí drenáže nejméně ekonomicky náročným opatřením. Opatření se bude projevovat v místě zaústění POZ do HOZ prokazatelným vyrušením přítoku drenážních vod. Celkově se předpokládá návrat lokality do stavu blízkému stavu před realizací odvodnění – a to ve většině aspektů (zvýšení zamokření i zvýšení úrovně hladiny podzemní vody).

Výhodou opatření je především snížení intenzity odtoku vod, zejména omezení zbytečných ztrát mělké podzemní vody a zlepšení jakosti vod (podpora denitrifikace v obnovených anaerobních podmínkách).

Mezi nevýhody lze považovat nutnost pravidelné kontroly stavu lokality pro vyloučení negativních projevů (lokální zamokření, eroze). Dále lze očekávat snížení infiltrační a retenční schopnosti půd, dílčí omezení provzdušňenosti půdního profilu a omezení žádoucích oxidačních procesů a zhoršení podmínek pro efektivní zemědělský management lokality (např. seč TTP a odvoz biomasy) při zvýšení intenzity zamokření.



Obr. 43: Příklady stárnutí drenáže. Vlevo zarůstání drenážky kořeny, vpravo mokřad vniklý dlouhodobou poruchou drénu. (foto A. Zajíček)

4. Příklad uplatnění metodiky na pilotní lokalitě Žejbro

Postupy v metodice uvedené byly aplikovány na pilotní lokalitě Žejbro.

Jedná se o dlouhodobě sledované povodí, které se nachází v okrese Chrudim, poblíž města Skutče. Detailní popis povodí lze najít v práci [31]. Geomorfologicky spadá území převážně do subprovincie Česká tabule, (oblast Východočeská tabule, celek Svitavská pahorkatina, podcelek Chrudimská tabule, okrsky Štěpánovská stupňovina a Hrochtýnecká tabule). V pramenné oblasti zasahuje také do subprovincie Českomoravská vrchovina (celek Železné hory, podcelek Sečská vrchovina, okrsky Skutečská pahorkatina a Kameničská vrchovina). Reliéf terénu je členitý s povrchem skloněným od JZ k SV a charakteristický zářiznutými údolními. Vrchovinový ráz přechází směrem na sever postupně v ráz pahorkatinný. Nadmořské výšky se pohybují v rozmezí 224 - 676 m. Geologickým podkladem jsou převážně fylity, fylitizované břidlice, droby a buližníky. Kvarterní pokryv tvoří písčito-jílovité eluviální sedimenty o mocnosti do 2 metrů. Půdní pokryv je vzhledem k velikosti a členitosti území rozmanitý. Celkem se vyskytuje 19 hlavních půdních jednotek. Procentuálně převažují půdy oglejené (28,5 %), kambizemě (25 %), a půdy kyselé až podzolované (6,7 %). Celkem 35,5 % půd nepatří do zemědělských, tudíž nebyly bonitovány.

Velký podíl odvodněných ploch v zájmovém území představuje značné riziko znečištění vod plošnými podpovrchovými zdroji znečištění (dusík, pesticidy). Velkoplošné odvodnění je zvláště charakteristické pro povodí Kotelského a Dolského potoka, které jsou součástí povodí Žejbra. Kostru odvodnění tvoří celkem 7 HOZ značených písmeny F, F1, H, G, G1, L, K. Toto značení jednotlivých objektů je používáno v projektové dokumentaci na velkoplošné odvodnění Chrudimka II, kterou vypracoval Hydroprojekt Praha. Dále značná část toků v povodí byla upravena do podoby HOZ. Z hlediska zastoupení POZ dosahuje jeho podíl 17,6 %. V jednotlivých povodích IV. řádu se však tento podíl pohybuje od 0,0 do 53,8 % území.

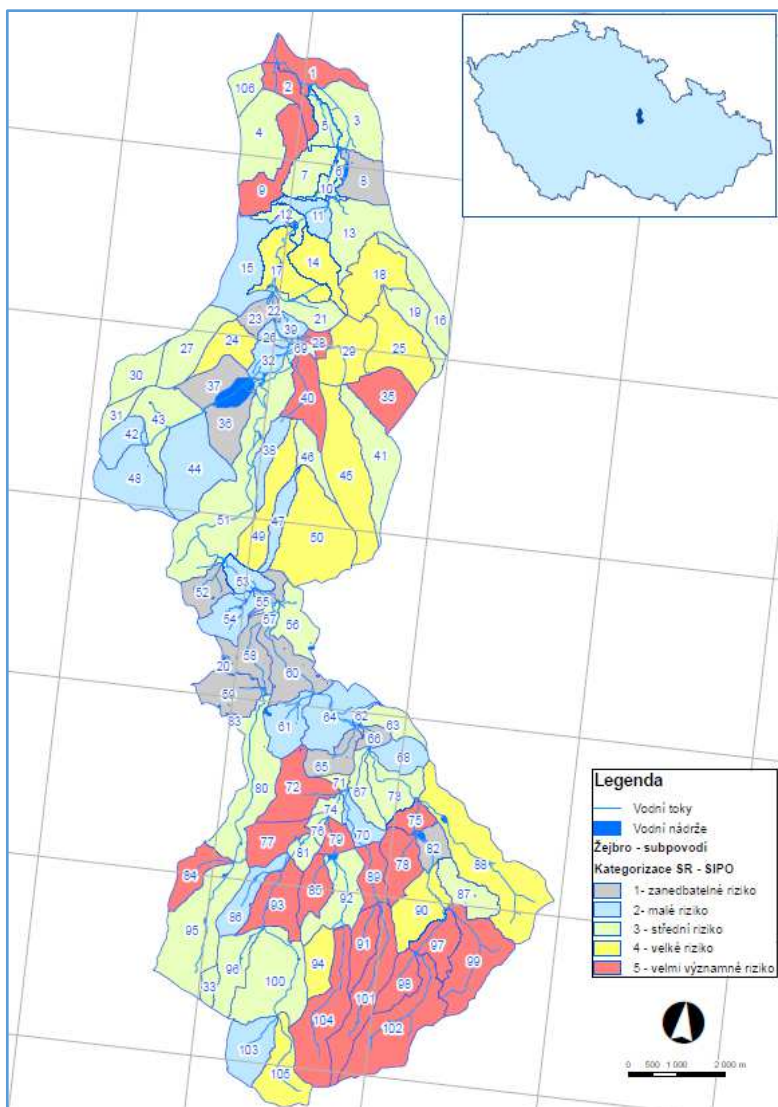
4.1. Ohroženost lokality – potřebnost návrhů opatření

Pro prvotní výběr subpovodí, do kterých byla cílena opatření byla klíčová analýza pomocí SIPO. Ta byla provedena ve dvou prostorových úrovních. První úroveň byla povodí IV. řádu, kterých spadá do zájmové lokality celkem 12. Výsledky pro povodí IV. řádu jsou graficky prezentovány na obr. 5. Tři povodí do stupně rizika SIPO 4 (vysoká potřeba návrhů opatření) a dvě povodí do stupně rizika SIPO 5 (velmi vysoká potřeba návrhů opatření). Tato povodí se nacházejí zejména v jižní, pramenné části povodí. Proto byl také další průzkum zaměřen zejména do této části povodí.

Presnější vymezení lokalit s vysokou potřebou návrhů opatření proběhlo v prostorovém měřítku subpovodí, která byla opět analyzována metodou SIPO. Výsledek je v grafické podobě prezentován na obr. 44. Ze 105 hodnocených subpovodí bylo celkem 36 subpovodí vyhodnoceno jako lokality s vysokou a velmi vysokou potřebou návrhů opatření. Velká většina těchto subpovodí, zranitelných znečištěním z podpovrchových plošných zdrojů znečištění, se opět nachází v jižní části pilotního území.

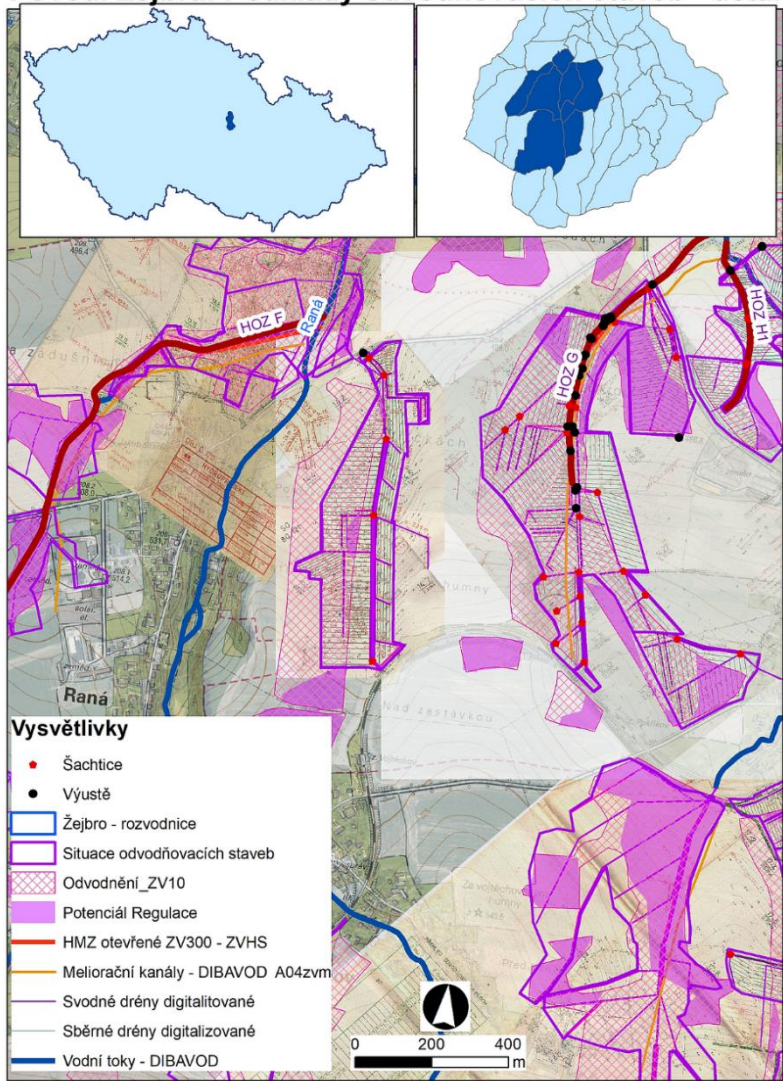
4.2. Podklady o stavbách odvodnění

V zájmovém území bylo identifikováno celkem sedm HOZ, které společně se značně upravenými DVT tvoří kostru odvodnění. Tyto HOZ jsou v získané projektové dokumentaci (velkoplošné odvodnění Chrudimka II, Hydroprojekt Praha) označeny písmeny F, F1, H, G, G1, L, K. Jejich průběh je prezentován na obr. 45. Dále byly získány skeny výkresů situací podrobných staveb odvodnění. Pro pilotní lokalitu bylo nalezeno a následně zdigitalizováno přibližně 60 % archivních dokumentací ke stavbám odvodnění. Zajištěné archivní dokumentace představují hodnotný podklad pro identifikaci stavby, a to i přesto, že ne vždy plošně a tvarově odpovídají skutečnosti v terénu. Z těchto důvodů bylo provedeno též ověření polohy a rozsahu staveb odvodnění pomocí metod dálkového průzkumu země.

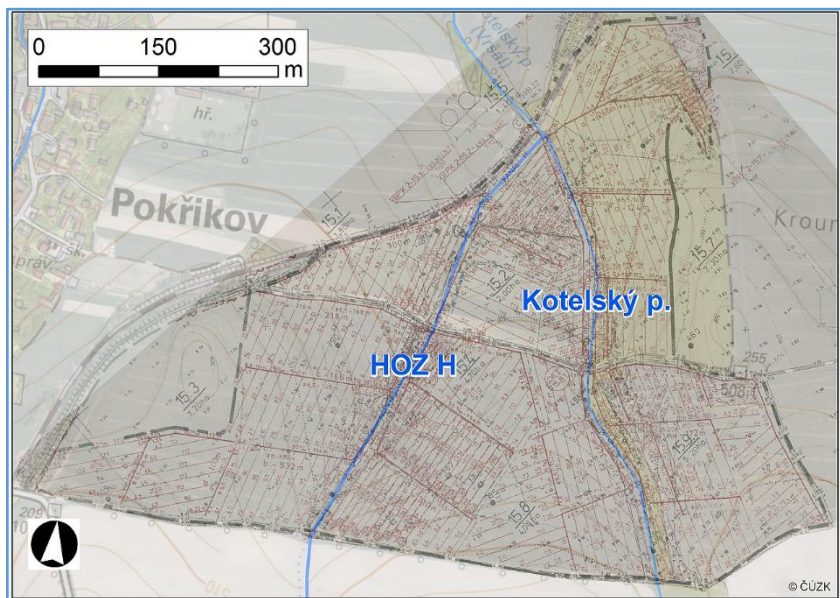


Obr. 44: Hodnocení území z hlediska potřeby návrhů opatření metodou SIPO na prostorové úrovni povodí IV. řádu pokusné lokality Žejbro

Povodí Žejbra: Podklady odvodňovacích staveb - detail



Obr. 45: Digitalizované podklady o stavbách odvodnění - lokalita Žejbro



Obr. 46: Příklad georeferencované situace stavby odvodnění v pilotní lokalitě Žejbro



Obr. 47 Ukázka identifikace skutečného průběhu a umístění odvodňovacích systémů na LMS – ortofoto (zdroj mapy.cz)

4.3. Terénní průzkum

V rámci terénního průzkumu proběhla rekognoscace staveb odvodnění (HOZ i POZ) v subpovodích vytipovaných jako zranitelná podpovrchovými zdroji znečištění, tj. s vysokou potřebností návrhů opatření dle stupně rizika indexu SIPO. Podrobně byl zkoumán stav vytipovaných HOZ, identifikovány drenážní výusti a šachtice, popř. lokální poruchy POZ. Z průzkumu byla pořízena fotodokumentace. Součástí terénního průzkumu byl také monitoring jakosti vod drenážních, vod HOZ a povrchových toků. Jeho účelem bylo potvrdit správnost kategorizace subpovodí v zájmovém území z hlediska ohroženosti plošným podpovrchovým zemědělským znečištěním a získat podklad pro odhad aktuálního odnosu dusičnanového dusíku a potenciální účinnosti navržených opatření. Výsledky monitoringu prokázaly velmi vysoké zatížení vod plošným zemědělským znečištěním, zejména dusičnanovým dusíkem (tabulka 4), když hodnota mediánu koncentrací byla 19,9 mg/l.

Značnou variabilitu koncentrací N-NO₃ (od 0,4 do 65,8 mg/l) lze vysvětlit zejména proměnlivou velikostí průtoku a skladbou plodin, resp. hnojením v průběhu osevního postupu. Hodnoty koncentrací dusičnanového dusíku se také lišily podle typu vod (vyšší koncentrace vod HOZ a drenážních vod prokazují význam podpovrchového vyplavování dusíku). Nejvyšší koncentrace N-NO₃ v zájmovém území byly změřeny v drenážních vodách a ve vodách HOZ s hodnotou stupně rizika indexu SIPO 5, ve kterých průměrná hodnota dosahovala 29,9 mg/l a hodnota mediánu 28,1 mg/l. V drenážních vodách a vodách HOZ v subpovodích s hodnotou stupně rizika indexu SIPO 2 – 3 byly hodnoty mediánu koncentrací N-NO₃ 19,3 mg/l.

Na základě těchto výsledků potom mohly být stanoveny koncentrace typické pro jednotlivé stupně rizika SIPO (od 5 po 30 mg/l). Tyto hodnoty podrobně uvedené v tabulce byly využity pro odhad zatížení vod podpovrchovým (drenážním) odtokem a také pro odhad účinnosti navržených opatření. V tabulce 4 jsou prezentovány také hodnoty specifického odnosu N-NO₃. Průměrný roční odnos dusičnanového dusíku z jednoho ha odvodněné plochy byl stanoven na 64 kg/rok, z 1 ha subpovodí 18 kg/ha.

Na základě výše uvedených výsledků a předpokládaných hodnot odnosu dusičnanového dusíku subpovodí se stupněm rizika SIPO 4 a 5 zaujímají 42 % rozlohy pilotního území, ale jsou odpovědné za 83 % zátěže vod dusičnanovým dusíkem z podpovrchových zdrojů znečištění. Jednoznačně se tedy jedná o lokality, do který je nutno směřovat opatření.



Obr. 48: Terénní průzkum HOZ v pilotní lokalitě Žejbro (foto Š. Marval)



Obr. 49: Terénní průzkum POZ - lokální porucha odvodnění na pilotní lokalitě Žejbro (foto A. Zajiček)

Tabulka 4: Hodnoty koncentrací $N-NO_3$ a jeho odnos pro jednotlivé stupně rizika indexu SIPO odvozené na základě monitoringu jakosti vod v pilotní lokalitě Žejbro

SR SIPO	Koncentrace $N-NO_3$		Roční odnos $N-NO_3$ z 1 ha plochy	
	TTP (mg/l)	Orná (mg/l)	Subpovodí (kg/rok)	Odvodnění (kg/rok)
1	5	10	2,1	16,6
2	8	15	3,3	34,5
3	10	20	8,2	56,3
4	15	25	24,7	83,1
5	20	30	71,4	167,3

4.4. Návrhy opatření

Na základě zhodnocení výsledků analýzy potřebnosti návrhů opatření (SIPO), přítomnosti HOZ nebo silně upravených toků v řešené lokalitě a se zohledněním poznatků z terénního průzkumu a zjištěných lokálních problémů bylo vybráno čtrnáct subpovodí pro vlastní návrhy opatření.

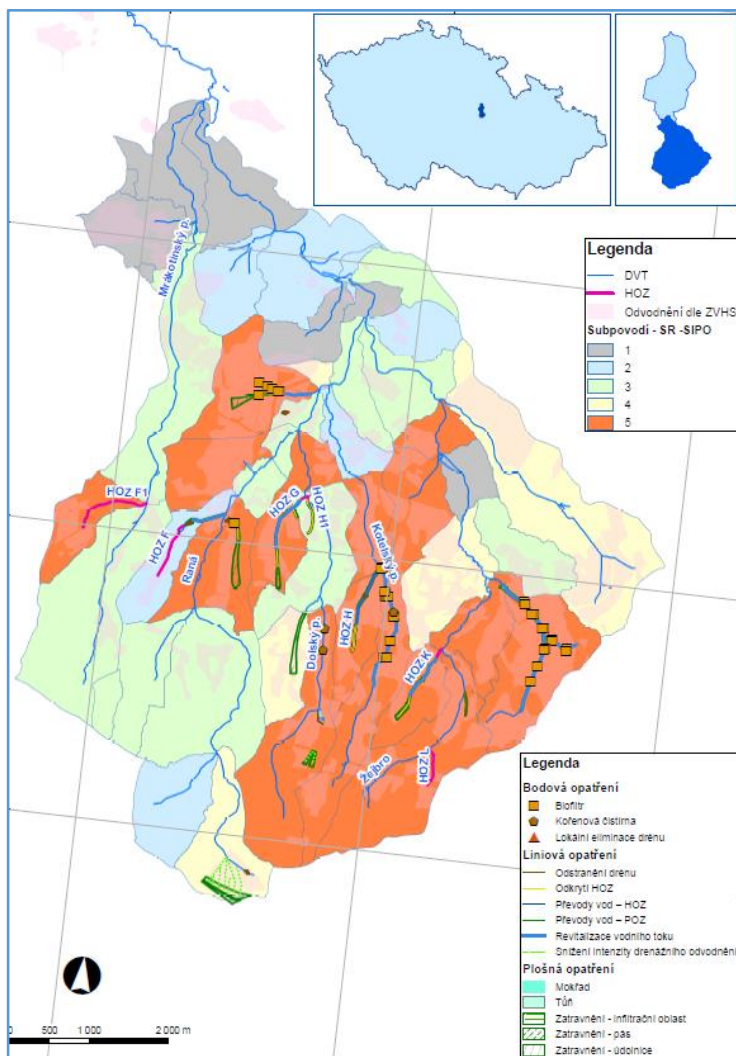
Bodová opatření byla cílena zejména na drenážní výustě nebo do jejich návaznost. Celkem bylo navrženo 44 bodových opatření na POZ a drenážních výustích, z toho 40 biofiltrů a 4 kořenové čistírny.

Liniová opatření byla cílena zejména na revitalizaci HOZ a toků. Navrhována však byla také opatření typu odkrytí a odstranění drénu nebo snížení intenzity odvodnění. Z liniových opatření bylo navrhováno zejména Odkrytí HOZ – 1 317 m, odkrytí drénů – 2 823 m a revitalizace toku – 5 816 m.

Plošná opatření byla navrhována zejména přímo na HOZ, resp. tocích plnicích roli recipientu drenážních vod. Byly to především tůně sloužící ke zpomalení odtoku, snížení znečištění a zároveň plnicí ekosystémové funkce a navrhované především v místech vyústění drenážních vod. Těchto tůní bylo navrženo celkem 40 s plochou 1,6 ha. Dalšími opatřeními byly umělé mokřady, kterých bylo ve vhodných lokalitách navrženo celkem 12 o ploše přibližně 2 ha. Další plošná opatření byla cílena přímo do plochy řešených subpovodí. Jedná se zejména zatravnění zdrojové (infiltrační) oblasti, které cílí především na snížení znečištění podpovrchovým odtokem. Dále bylo navrženo několik opatření cílících primárně na snížení erozního odtoku a smyvu, tj. zatravněné pásy (4) či zatravněné údolnice (16) primárně na erozi, částečně i na podpovrchový odtok a zatravněné pásy (4) zaměřené primárně na erozi. Přehled navržených opatření je uveden v tabulce 5.

Tabulka 5: Přehled opatření navržených v pilotní lokalitě Žejbro

Opatření		Počet	Plocha (m ²)	Délka (m)
Bodová	Biofiltr	40	n	n
	Kořenová čistírna	4	n	n
Plošná	Mokřad	12	20 413	n
	Tůň	40	16 047	n
	Zatrávnění - infiltrační oblast	2	58 209	n
	Zatrávnění - pás	4	45 770	n
	Zatrávnění - údolnice	16	249 471	n
Liniová	Odkrytí drénu	53	n	2 823
	Odkrytí HOZ	7	n	1 317
	Převody vod – HOZ	1	n	23
	Převody vod – POZ	4	n	537
	Revitalizace vodního toku	31	n	5 816
	Snížení intenzity drenážního odvodnění	8	n	2 647



Obr. 50: Přehled a lokalizace opatření navržených v pilotní lokalitě Žebro

Detailní popis návrhů opatření ve vybraném subpovodí

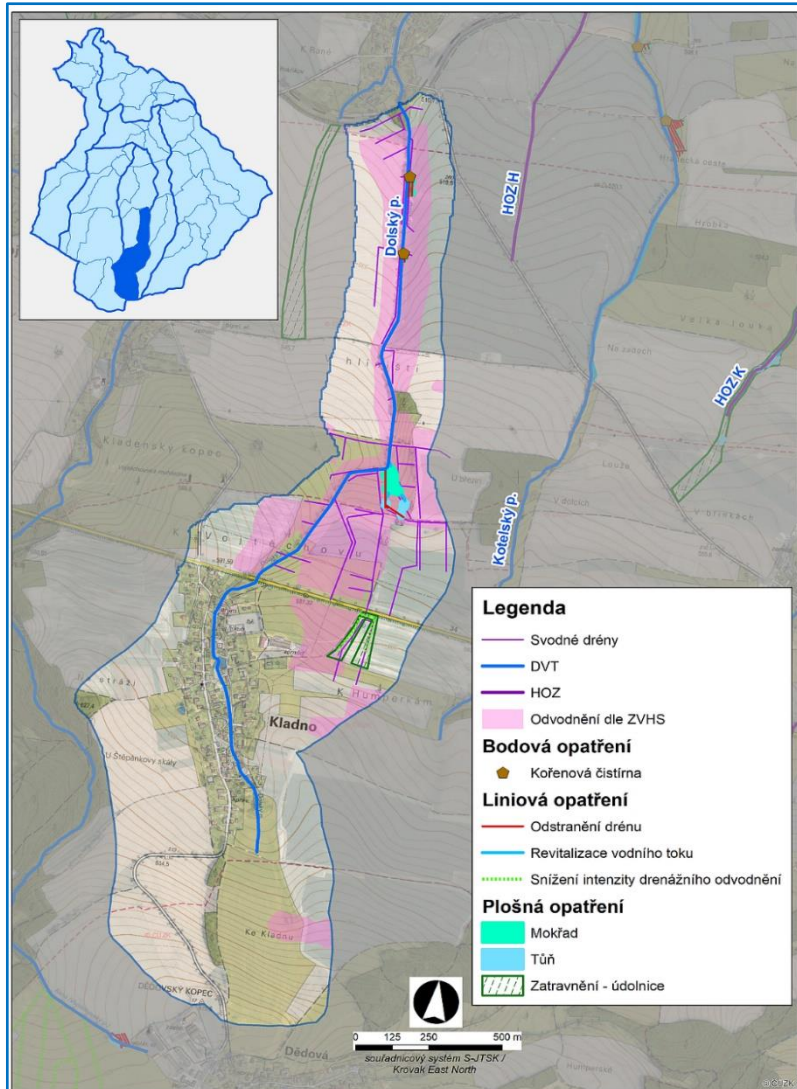
V tomto rozlehlém od severu k jihu protáhlém subpovodí označeném jako subpovodí 104 (obr. 51) byla opatření navrhována ve čtyřech dílčích lokalitách. Ve střední části toku Dolského potoka byla navržena realizace mokřadu na hlavníku před zaústěním drenáže do recipientu. Cílem navrhovaných opatření je zlepšení kvality vody před vtokem do recipientu a snížení intenzity odvodnění. Poněkud výše proti proudu byl navržen další mokřad na hlavníku před zaústěním drenáže do recipientu.

V lokalitě Kladno, v dolní části drenážního systému před zaústěním do recipientu, je na HOZu navržena realizace mokřadní plochy. Nad tímto mokřadem je navržena ještě dvojice tůní, jedna v trase HOZu, druhá na hlavníku vedoucím od východu. Tento hlavník je navrženo přerušit a zaústit do mokřadu novou trasou mimo stávající HOZ.

Nad silnicí první třídy potom bylo navrženo zatravnění údolnice v trase hlavního svodného drénu a podél polní cesty vedoucí souběžným směrem. Dále bylo v tomto místě navrženo snížení intenzity odvodnění.

Tabulka 6: Charakteristiky subpovodí 104 a přehled navržených opatření

Subpovodí 104	
Povodí IV. řádu	1-03-03-0710-0-00 Dolský potok
Plocha (ha)	199,6
Odvodněno (%)	23,6
SR SIPO	5
Odnos N-NO ₃ (kg/rok)	7 087
Odnos po realizaci opatření (kg/rok)	1 890
Opatření bodová	
Kořenová čistírna (n)	2
Opatření liniová	
Revitalizace toku (n)	3
Snížení intenzity POZ (n)	1
Odkrytí drénu (n)	7
Opatření plošná	
Umělý mokřad (n)	3
Tůň dotovaná drenážní vodou (n)	2
Zatravnění údolnice (n)	2



Obr. 51: Přehled a lokalizace opatření navržených ve vybraném subpovodí na pilotní lokalitě Žebro

III. Srovnání novosti postupů

Metodika reaguje na v současnosti zvýšenou potřebu řešení problematiky staveb zemědělského odvodnění. Extremity v rozložení srážek a teplot, které se v poslední době objevují, zvýrazňují některé negativní efekty intenzivního odvodnění krajiny, jako je zejména zrychlený odtok vody z krajiny a vnos znečištění z plošných zemědělských zdrojů znečištění do recipientu.

Novost postupů v metodice uvedených je dána především zacílením na komplexní řešení problematiky odvodňovacích staveb, tj. respektování zjevné hydrologické propojenosti plošných staveb podrobných odvodňovacích zařízení s odvodňovací kostrou - hlavními odvodňovacími zařízeními popř. drobnými vodními toky.

Metodika nabízí postupy pro získání a sjednocení podkladů o stavbách odvodnění HOZ i POZ, které jsou nezbytným předpokladem návrhu účinného systému opatření pro zvýšení retence a akumulace vody v krajině a zlepšení jakosti vod. Analýza území z hlediska potřebnosti návrhů opatření umožní směřovat finanční prostředky na návrhy opatření lokalit, kde budou mít největší efekt. Postupy a rozhodovací diagramy pro výběr vhodného systému opatření vytvářejí předpoklad návrhu efektivních opatření, která mají po realizaci skutečný potenciál zlepšení vodního režimu zemědělské krajiny a zlepšení jakosti vod.

IV. Popis uplatnění Certifikované metodiky

Postupy uvedené v metodice jsou cíleny na optimalizaci role odvodňovacích staveb v zemědělské krajině. Z pohledu tohoto zaměření má metodika potenciál uplatnitelnosti ve státní správě i komerční sféře.

Z hlediska státní správy je metodika cílena zejména na Státní pozemkový úřad, který je dle § 56 odst. 6 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a § 4 odst. 2 zákona č. 503/2012 Sb., o SPÚ příslušný hospodařit se stavbami využívanými k vodohospodářským melioracím pozemků a souvisejícími vodními díly.

Využití metodiky se přímo nabízí v procesu plánování Komplexních pozemkových úprav, zejména pro zohlednění drenážní hydrologie ve Studiih odtokových poměrů, které předcházejí zahájení samotných pozemkových úprav. Návazně mohou být postupy v metodice uvedené využity pro řešení návrhů protierozních a protipovodňových opatření, do kterých by měla být zahrnuta též opatření na stavbách odvodnění a následně je zapracovat do Plánů společných zařízení.

Využití těchto metodických přístupů lze předpokládat i v případě dalších orgánů vlastníčích a spravujících hlavní odvodňovací zařízení a drobné vodní toky, jako jsou zejména státní podniky Povodí a Lesů ČR.

Z hlediska komerční sféry může metodika najít uplatnění u subjektů zaměřených na oblast vodohospodářských staveb, projekčních firem a projektantů pozemkových úprav a také projektantů technických a přírodně blízkých opatření za účelem zvýšení retence a akumulace vody v povodí a zlepšení její jakosti.

Některé postupy v metodice uvedené mohou naleznout uplatnění rovněž u samotných vlastníků a uživatelů zemědělských pozemků zejména z pohledu identifikace samotných staveb odvodnění a řešení lokálních problémů, které se mohou v souvislosti s odvodněním vyskytnout.

Samozřejmostí je zahrnutí výsledků metodiky do dalších projektových i zakázkových činností na pracovištích řešitelského týmu.

V. Ekonomické aspekty

V rámci navrhování opatření pro zlepšení retence a akumulace vody v krajině a zlepšení její jakosti je velmi obtížné, až prakticky nemožné konkrétně vyčíslit ekonomické přínosy těchto opatření. Uvádí se, že hodnota zadržení 1m³ vody v krajině představuje přibližně 500 Kč ročně [32]. Odhadované náklady úpraven vody (regenerační sůl a likvidace odpadní vody) se pro snížení koncentrací dusičnanů z 50 mg/l na 15 mg/l pohybují kolem 3,2 Kč a na snížení koncentrací dusičnanů ze 100 mg/l na 43 mg/l dokonce 6,3 Kč na 1 m³ (dle informací z vodárenských podniků).

Z pohledu čistě finanční analýzy je nutno konstatovat, že navržené systémy opatření nejsou samofinancovatelné a čistě finanční benefity nepokryjí přepokládané náklady na jejich návrhy, realizaci a údržbu. Tato opatření však vzhledem k jejich charakteru mají celospolečenské přínosy, jako jsou zlepšení ukazatelů jakosti vod, posílení biodiverzity, zlepšení kulturních funkcí krajiny a pozitivní dopad na vodní zdroje v řešeném území. Proto je vhodné je navrhovat a financovat z veřejných prostředků, včetně spolufinancování jejich každoroční údržby.

Odhadované náklady lze rozčlenit na náklady potřebné pro přípravu a návrhy opatření - část A (analýza území, získání a úprava podkladů, terénní průzkum, návrhy opatření) a na část B - náklady potřebné na vybudování a údržbu navrhovaných opatření. V části C jsou potom uvedeny náklady odhadnuté pro vybudování opatření na pilotní lokalitě Žejbro, na které byly testovány postupy uvedené v této metodice.

A) Náklady na přípravu návrhů opatření

Tyto náklady se vztahují zejména k získání relevantních podkladů o stavbách odvodnění v řešené lokalitě, analýze území z hlediska potřeby opatření, terénnímu průzkumu a vlastním návrhům opatření.

Celkové náklady budou značně odlišné v závislosti na velikosti řešeného území. Obecně pro menší území je výhodné využívat především archivní podklady, pro větší území je vhodné tyto podklady kombinovat s metodami DPZ.

V případě využití archivních dat lze předpokládat následující náklady:

dohledávání archivní dokumentace, komunikace s organizacemi a uživateli; ostatní kancelářské a administrativní práce komunikace, zpracování dokumentů -	člověko-hodina	300 – 400,- Kč
zpracování a vyhodnocení (vektorizace) geodat, práce s daty CAD a GIS data, analýzy, dohledání-	člověko-hodina	550 – 700,- Kč
náklady na analýzu území SIPO -	člověko-hodina	550 – 600,- Kč
náklady na terénní průzkum -	člověko-hodina	300 – 450,- Kč
náklady na návrhy opatření -	člověko-hodina	550 – 700,- Kč

V tabulce 7 jsou potom uvedeny náklady na získání dat pomocí DPZ.

Tabulka 7: Náklady na získání podkladů o stavbách odvodnění pomocí DPZ

nový sběr dat DPZ letecké měřické snímkování (včetně přeletů)	letecké měřické snímky	hodina letu	10.000 - 15.000,- Kč (1-motorové) 14.000 - 19.000,- Kč (2-motorové)
zpracování leteckých měřických snímků zpracování dat DPZ – především ortofotomapy (případně další DMT, 3D mapování ad.)	snímkové triangulace, ortofotomapa (GSD 5/10cm), 3D stereo-mapování	člověko-hodina	500 - 700,- Kč
zpracování a analýza GIS dat, tvorba SW GIS aplikací	práce s daty, geodatabáze, SW, analýzy	člověko-hodina	500 - 900,- Kč

B) Náklady na realizaci a provoz opatření

Jednotkové náklady na realizaci a provoz opatření na revitalizaci hlavních odvodňovacích zařízení byly převzaty z katalogu opatření [21], který vznikl v rámci řešení tohoto projektu a v kombinaci s údaji obsaženými v katalogu opatření, který byl výstupem řešení projektu Povodí Vltavy, státní podnik [23].

Hlavní složku nákladů na opatření pro revitalizace HOZ představují:

- zemní práce spojené s vytvořením nového a zrušením starého koryta, resp. s odkrytím zatrubněné části koryta;
- způsob naložení se stávajícím opevněním;
- nové nezbytně nutné opevnění nejlépe poddajného charakteru;
- cena za materiál tvořící členitost a jeho umístění do koryta;
- realizace nových svodných drénů (potrubí).

Vlastní jednotkové náklady se mohou lišit podle zejména podle velikosti koryta řešeného HOZ, popř. do podoby HOZ zregulovaného toku. V případě HOZ či malého toku se v závislosti na dalších doprovodných opatřeních náklady mohou pohybovat v rozmezí 1 000 – 3 000 Kč/m řešeného úseku, přičemž obvyklé náklady se pohybují okolo 2 000 Kč/m, jak je uvedeno v tabulce 8. U větších vodních toků jsou náklady individuální a řídí se především rozsahem navržených zemních prací. Ceny se tak mohou pohybovat od 5 000 do 13 000 Kč/m.

Tabulka 8: Náklady na typická opatření pro revitalizaci HOZ

Typ opatření	Jednotka	Investice/ jednotka (Kč)	Provoz/jednotka/ rok (Kč)
Odkrytí zatrubněných HOZ	m	600	70
Revitalizace koryta HOZ	m	2 000	80
Revitalizace vodního toku	m	3 500	100
Převody vod na úrovni HOZ	m	500	10
Liniová zeleň	m	150	45

Náklady na opatření na plošných stavbách odvodnění byly převzaty z katalogu opatření [23] a jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Náklady na typická opatření pro revitalizaci POZ

Typ opatření	Jednotka	Investice/ jednotka (Kč)	Provoz/ jednotka/rok (Kč)
Regulace odtoku z pramenních jámek s ochranným zatravněním	ks	80 000	570
Lokální eliminace drénu (části drénu) - zaslepení	ks	350	0
Odkrytí drénu a jeho úplné odstranění	m/ha	280/	0
		500 000	
Snížení intenzity drenážního odvodnění	ks/ha	350/20 000	0
Tůň dotovaná drenážní vodou nebo Tůň na drenážní výusti	m ³	400	30
Objekt na drenáži typu kořenové čistírny	ks	100 000	3 600
Biofiltr v návaznosti na drenážní systém	ks	10 000	1 200
Převody drenážních vod na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	m	150	2
Regulace na úrovni podrobného odvodňovacího zařízení	m/ha	380/570 000	2/1 000
Zasakovací drén	m	150	2
Mokřad v dolní části drenážního systému (či v návaznosti na něj)	ha	600 000 – 3 000 000	370 286
Zatravnění infiltrační oblasti	ha	80 000	6 480

C) Náklady na opatření na příkladu pokusné lokality Žejbro

V tabulce 10 jsou uvedeny náklady na vybudování opatření ve čtrnácti vybraných subpovodích pilotní lokality Žejbro. Celkové náklady dosahují 34 530 000 Kč. Z odhadu účinnosti těchto opatření vyplývá, že po jejich realizaci by došlo ke snížení zátěže vod dusičnanovým dusíkem o 44 340 kg za rok. Náklady na snížení zátěže o 1 kg vycházejí průměrně na 880 Kč, pokud z hodnocení vyjmeeme atypické subpovodí 74, kde byl navržen realizačně velmi nákladný umělý mokřad, lze odhadnout průměrný náklad na snížení zátěže vod o 1 kg dusičnanového dusíku za rok prostřednictvím vybudovaných revitalizačních opatření na 400 - 500 Kč.

Tabulka 10: Náklady na realizaci opatření navržených na pilotní lokalitě Žejbro

Kód sub-povodí	Bodová opatření		Liniová opatření		Plošná opatření		Celkem
	Počet (n)	Cena (tis Kč)	Délka (m)	Cena (tis Kč)	Plocha (m ²)	Cena (tis Kč)	Cena (tis Kč)
72	6	150	1 012	1 218	42 875	830	2 198
74	0	0	339	68	2 573	900	968
85	0	0	725	1 175	35 545	928	2 104
86	0	0	395	726	15 321	661	1 387
91	0	0	1 084	2 056	400	88	2 144
92	0	0	523	542	6 686	233	775
93	2	50	620	236	46 804	1 345	1 630
94	0	0	0	0	36 246	362	362
98	0	0	796	1 389	28 553	638	2 027
99	18	450	2 371	5 928	609 966	2 510	8 888
101	14	550	2 441	4 291	28 842	1 794	6 636
102	0	0	551	97	5 515	283	380
104	0	200	836	369	20 773	2 706	3 276
105	0	0	2 552	742	60 158	1 011	1 753
Celkem	40	1 400	14 248	18 838	940 257	14 291	34 530

VI. Závěr

Certifikovaná metodika přináší návrh standardizovaného postupu zpracování návrhů opatření na hlavních a podrobných odvodňovacích zařízeních s cílem zvýšení retence a akumulace vody v zemědělské krajině a zlepšení její jakosti.

Metodika obsahuje postupy pro navrhování vhodných opatření ve třech navazujících krocích 1) výběr vhodných lokalit pro návrhy revitalizačních opatření, 2) získání podkladů o stavbách odvodnění v řešeném území, 3) výběr vhodných opatření. Součástí metodiky je též ukázka aplikace popsaných postupů na pilotní lokalitě a analýza předpokládaných nákladů na vybraná opatření.

Metodika reaguje na současnou zvýšenou potřebu řešení problematiky staveb zemědělského odvodnění, kdy současné extremity v rozložení srážek zvýrazňují některé negativní efekty intenzivního odvodnění krajiny, jako je zejména zrychlený odtok vody z krajiny a vnos znečištění z plošných zemědělských zdrojů znečištění do recipientu.

Přenesení postupů uvedených v této metodice do praktického využití např. v rámci řešení Komplexních pozemkových úprav má potenciál přispět ke zlepšení stavu intenzivně odvodněné zemědělské krajiny v České republice.

Summary

The methodology deals with the design of revitalisation measures on main drainage facilities and related of agricultural tile drainage systems. It is applicable particularly in the field of public administration (methodology is mainly aimed at the State Land Office, Watershed management Authorities and others). Further application of the methodology can be assumed in the commercial sphere, especially in the case of companies involved in designing measures and water management constructions. Main use of this methodology is supposed in the processes of the Land consolidation

The aim is to design an effective system of measures that will contribute to increasing water retention and storage in intensively farmed catchments and reduce water pollution from subsurface non –point sources (drainage runoff).

The theoretical part of the methodology briefly describes the legislative context of drainage systems in the Czech Republic (ownership, management), sources of information of drainage systems and their impact on the water regime and quality in agricultural catchments.

In main part of the methodology, there is described the process of designing measures in the three subsequent steps. The first step is the selection of suitable sites for the t measures placement.

The second step is to obtain all available information on the drainage systems in the locations where the measures will be proposed. In particular, geo-referenced scans of drainage systems situations, remote sensing methods and actual field surveys can be used, mainly aimed at identifying the current physical condition of the structures under study and local problems in the area under consideration.

The third step is the selection of appropriate measures. The methodology separately presents decision schemes for selecting appropriate measures in both the main drainage facilities and areal tile drainage systems and a description of the measures most commonly proposed.

The final part of the methodology presents an example of the application of the described procedure on the pilot site Žejbro.

Literatura

- [1] KULHAVÝ, Z.; FUČÍK, P. (2015): Adaptation Option for Land Drainage Systems Toward Sustainable Agriculture and the Environment: A Czech Perspective. Pol. J. Environ. Stud. 24(3):1085-1102, doi/10.15244/pjoes/34963.
- [2] JUST ET AL. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Český svaz ochránců přírody, MŽP. 359 s. ISBN 80-239-6351-1.
- [3] ZAJÍČEK A., KULHAVÝ Z., SYCHRA L., HEJDUK T., ČMELÍK M., KAPLICKÁ M. (2019): Návrhy revitalizačních opatření na hlavních odvodňovacích zařízeních na příkladu pilotní lokality v povodí vodního toku Žejbro. 1. část – koncepce návrhu opatření. Vodní hospodářství, 69(2): 4-9. ISSN 1211-0760.
- [4] EUROPEAN NWRM PLATFORM. Catalogue of Natural Water Retention Measures. <http://nwrn.eu/measures-catalogue>
- [5] JŮVA, K. (1957): Odvodňování půdy. Praha, 526 s.
- [6] FUČÍK, P.; ZAJÍČEK, A.; DUFFKOVÁ, R.; KVÍTEK, T. (2015): Water Quality of Agricultural Drainage Systems in the Czech Republic — Options for Its Improvement, In Research and Practices in Water Quality; Lee, T.S.; InTech: Rijeka, pp. 239-262, <http://dx.doi.org/10.5772/59298>. ISBN 978-100 953-51-2163-3.
- [7] FUČÍK, P., ZAJÍČEK, A., KAPLICKÁ, M., DUFFKOVÁ, R., PETERKOVÁ, J., MAXOVÁ, J., TAKÁČOVÁ, Š. (2017): Incorporating rainfall-runoff events into nitrate-nitrogen and phosphorus load assessments for small tile-drained catchments. Water, 9, 712; (ISSN Print:2575-1867 ISSN Online: 2575-1875) doi:10.3390/w9090712.
- [8] ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., KAPLICKÁ, M., MAXOVÁ, J. (2017): Vyplavování pesticidních látek zemědělskou drenáží. Rostlinolékař 4(2017), 24 – 28. ISSN 1211-3565,
- [9] ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., KAPLICKÁ, M., LIŠKA, M., MAXOVÁ, J., DOBIÁŠ, J. (2018): Pesticide leaching by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components. Water Science and Technology, 77(7-8): 1879-1890. doi: 10.2166/wst.2018.068.

- [10] KULHAVÝ, Z.; FUČÍK, P.; TLAPÁKOVÁ, L. (2013): Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině. Metodická příručka pro žadatele OPŽP. MŽP, SFŽP Praha. ISBN: 978-80-7212-589-0.
- [11] KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., TLAPÁKOVÁ, L., PELÍŠEK, I., ŠVIHLA, V. (2014): Zalesňování v minulosti odvodněných pozemků. Recenzovaná metodika. VÚMOP, v.v.i. 52 s., ISBN 978-80-87361-38-2.
- [12] KULHAVÝ Z., PELÍŠEK I., ŠVIHLA, V., Hanák, J., Kraus, J., KVÍTEK, T. (2017): Postupy pro dosažení udržitelnosti hydromelioračních opatření v podmínkách České republiky. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i. 145 s. ISBN 978-80-87361-75-7.
- [13] KULHAVÝ Z., FUČÍK P., TLAPÁKOVÁ L., SOUKUP M., ČMELÍK M., HEJDUK T., MARTÁK P., STEHLÍK M., PAVEL M. (2012): Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v Prioritních osách 1 a 6. Část A: Metodická příručka pro žadatele OPŽP, část B: Podrobný rozbor problematiky. MŽP, VÚMOP v.v.i., Hydroprojekt CZ a.s., A: 28s.+79s. příloh+vzorová PD; B: 125 s.
- [14] TLAPÁKOVÁ, L., ČMELÍK, M., ŽALOUĐÍK, J., KARAS, J. (2016): Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti, číslo osvědčení 3/2017-SPU/O. VÚMOP, 2016. ISBN 978-80-87361-58-0, 214 str.
- [15] NOVÁK, P., FUČÍK P., KULHAVÝ, Z., ZAJÍČEK, A., PELÍŠEK, I., PTÁČNÍKOVÁ, L., DOSTÁL, T., KRÁSA, J., BAUER, M., PAVEL, M., ROSENDORF, P., KRÁTKÝ, M., KVÍTEK, T. (2016): Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí. Metodický návod – identifikace kritických bodů a kategorizace lokalit ohrožených znečištěním z povrchových a podpovrchových plošných zemědělských zdrojů pro celé území České republiky v podrobnosti sloužící k tvorbě listů opatření typu A. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i., 69 s.
- [16] ZAJÍČEK, A., DOSTÁL, T., KRÁSA, J., HEJDUK, T., FUČÍK, P., KULHAVÝ, Z., BAUER, M., PELÍŠEK, I., JÁCHYMOVÁ, B., DEVÁTÝ, J., ROSENDORF, P., PAVEL, M. (2018): Povodí Vltavy, státní podnik: Atlas plošného zemědělského znečištění vod, VÚMOP, 243 s. ISBN: 978-80-87361-85-6.
- [17] ZAJÍČEK, A., KARÁSEK, P., BURIAN, V., KOTEROVÁ, V., PAVEL, M., KVÍTEK, T. (2020): Návrhy přírodě blízkých a technických opatření na zemědělské půdě v povodí VN Švihov na Želivce. Vodní hospodářství 70(4).

- [18] TLAPÁKOVÁ L., PELÍŠEK I., KULHAVÝ Z., ŽALOUDÍK J. (2013): Identifikace drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země (úvod do problematiky). *Vodní hospodářství* 64, 3, s.8-14. ISSN 1211-0760.
- [19] VYBÍRAL, T., ZAJÍČEK, A., TLAPÁKOVÁ, L., VACEK, M., HEJDUK, T., SYCHRA, L. ČMELÍK, M. (2020): Jednotná geodatabáze hlavních odvodňovacích zařízení a drenážních systémů. Ověřená technologie. 54 s. ISBN 978-80-88323-32-7 (tištěná verze), 978-80-88323-33-4 (online verze - pdf).
- [20] MARVAL, Š., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T., ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., VACEK, M., HÜBSCH, L., SÍTKOVÁ, V., MIKULÁŠ, P. (2020): Termografické snímkování pro účely identifikace drenážních výustí a znečištění povrchových vod. Certifikovaná metodika. 74 s. ISBN 978-80-88323-28-0 (tištěná verze), 978-80-88323-29-7 (online pdf), osvědčení č. 1/2021-SPU/O.
- [21] PAVEL, M. a kol. (2019). Katalog revitalizačních opatření HOZ. Výstup z projektu Nové přístupy revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení s vazbou na drenážní systémy z pohledu retence vody v krajině. SWECO Hydroprojekt a.s.,
- [22] VYBÍRAL, T., SYCHRA, L., ZAJÍČEK, A. (2019): Parametrizace opatření na HOZ (HOZPAR). Software. www.georeal.cz. VÚMOP, v.v.i., Sweco Hydroprojekt a.s., GEOREAL spol. s r.o.
- [23] KULHAVÝ, Z., PAVEL, M., KUDRNOVÁ, L., FUČÍK, P., DOSTÁL, M., ZAJÍČEK, A., PELÍŠEK, I., KRÁSA, J., DUFFKOVÁ, R., NOVÁK, P., HEJDUK, T. (2017). Katalog opatření pro snížení plošných zemědělských zdrojů znečištění pro listy opatření typu A (včetně odvodňovacích systémů) s ohledem na kategorizaci kritických ploch a povodí. Zpracováno v rámci studie pro povodí Vltavy, státní podnik „Příprava listů opatření A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí. Praha, 163 s.
- [24] ANTOŠ, V., POLÁCH, L., FUČÍK, P., HRABÁK, P., ŠUPÍKOVÁ, I., ZAJÍČEK, A., HEJDUK, T. 2021. Substráty pro nízkonákladové systémy k čištění kontaminovaných průmyslových a zemědělských vod. Certifikovaná metodika. ISBN 978-80-88323-52-5 (tištěná verze), ISBN 978-80-88323-53-2 (online pdf).
- [25] ABDI, D.E., OWEN, J.S., JR., BRINDLEY, J.C., BIRNBAUM, A.C., WILSON, P.C., HINZ, F.O., REGUERA, G., LEE, J.-Y., CREGG, B.M., KORT, D.R., FERNANDEZ, R.T. 2020. Nutrient and pesticide remediation using a two-stage bioreactor-adsorptive system under two hydraulic retention

- times. Water Research, 170, art. no. 115311. DOI: 10.1016/j.watres.2019.115311
- [26] DOLEŽAL, F., NECHVÁTAL, M. (2015). Zařízení k úpravě jakosti drenážní vody. Užité vzor CZ 28249 U1.
- [27] UUEMAA, E., HUGHES, A.O., TANNER, C.C. 2018. Identifying Feasible Locations for Wetland Creation or Restoration in Catchments by Suitability Modelling Using Light Detection and Ranging (LiDAR) Digital Elevation Model (DEM). Water, 10, 464; doi:10.3390/w10040464
- [28] TOURNEBIZE, J., CHAUMONT, C., MANDER, U. 2017. Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. Ecol. Eng., 103, 415–425.
- [29] FUČÍK P., VYMAZAL, J., ŠEREŠ, M., HEJDUK, T., HNÁTKOVÁ, T., SOCHACKI, A., KULHAVÝ, Z., ZAJÍČEK, A., ZHEN, Z., DUFFKOVÁ, R., KAPLICKÁ, M., SÍTKOVÁ, V., POLÁKOVÁ, V., KUKAČKA, J. 2021. Metodika pro navrhování umělých mokřadů v návaznosti na zemědělské odvodnění pro zlepšení jakosti vody. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i. ISBN 978-80-88323-50-1 (tištěná verze), ISBN 978-80-88323-51-8 (online pdf).
- [30] KUHĽAVÝ Z., ŠTIBINGER J., KŘOVÁK F., KASL M., PELÍŠEK I., SOUKUP M., MACEK L., JAKOUBEK J., PAVLÍČEK T. (2015): Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i., ČZU v Praze, Agropojekce Litomyšl, s.r.o., Aquion, s.r.o. 235 s. ISBN 978-80-87361-52-8
- [31] MUSILOVÁ, L.; KULHAVÝ, Z.; TLAPÁKOVÁ, L.; PELÍŠEK, I.; ČMELÍK, M.; BUREŠOVÁ, Z.; EICHLER, J. (2013): Informační zpracování databází pro experimentální povodí Žejbro za období 2002 – 2012. VÚMOP, v.v.i. Pardubice, Skuteč. 141 s.
- [32] HÖNIGOVÁ, I., VAČKÁŘ, D., LORENCOVÁ, E., MELICHAR, J., GÖTZL, M., SONDEREGGER, G., OUŠKOVÁ, V., HOŠEK, M., CHOBOT, K., 2012. Survey on grassland ecosystem services - Report of the European Topic Centre on Biological Diversity. Nature conservation agency of the Czech Republic, p. 78.

Seznam publikací, které předcházely zpracování certifikované metodiky

V průběhu řešení, které předcházelo dosažení certifikované metodiky, byla pozornost soustředěna na dosažení odborných publikací. Cílem publikování dílčích výsledků bylo získání zpětné vazby odborné veřejnosti k prezentovaným dílčím poznatkům. Provedená odborná diskuse v rámci recenzního řízení přispívá nejen ke kvalitě samotného publikačního výstupu, ale rovněž k samotnému směřování prováděnému výzkumu a především možné využitelnosti získaných poznatků v praxi.

Příspěvky ve sborníku a prezentace na konferencích

ZAJÍČEK A., KULHAVÝ Z., SYCHRA L., HEJDUK T., KAPLICKÁ M. (2019): Design of revitalization measures on main drainage facilities. Poster ve sborníku abstraktů z konference Book of abstracts 8th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, 17 – 21 June, 2019 Aarhus University, Denmark, s. 380. ISBN 978-87-971486-0-0.

ZAJÍČEK A., MARVAL Š., VYBÍRAL T., FUČÍK P. (2019): How to identify proper place for designing of remediation measures on drainage outlets. Ústní prezentace a příspěvek ve sborníku abstraktů z konference Book of abstracts 8th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control, 17 – 21 June, 2019 Aarhus University, Denmark, s. 196. ISBN 978-87-971486-0-0.

ZAJÍČEK, A. (2019): Nové přístupy revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení s vazbou na drenážní systémy z pohledu retence vody v krajině Dehtáře, 13. 11. 2019.

ZAJÍČEK, A., SYCHRA, L. (2020): Odborný seminář projektu Nové přístupy revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení s vazbou na drenážní systémy z pohledu retence vody v krajině. Online webinář 17. 12. 2020.

Odborné články

TLAPÁKOVÁ L., ČMELÍK M., NOVÁK P. (2017): Informační systémy a evidence hlavních odvodňovacích zařízení – co (ne)víme? Vodní hospodářství 67(12): 11-19. ISSN 1211-0760

ZAJÍČEK A., SYCHRA L., ČMELÍK M., MAXOVÁ J. (2019): Přírodě blízká opatření pro revitalizaci hlavních odvodňovacích zařízení. Agrobases (25. 6. 2019):18-19.

ZAJÍČEK A., KULHAVÝ Z., SYCHRA L., HEJDUK T., ČMELÍK M., KAPLICKÁ M. (2019): Návrhy revitalizačních opatření na hlavních odvodňovacích zařízeních na příkladu pilotní lokality v povodí vodního toku Žejbro. 1. část – koncepce návrhu opatření. Vodní hospodářství, 69(2): 4-9. ISSN 1211-0760.

Software

VYBÍRAL, T., SYCHRA, L., ZAJÍČEK, A. (2019): Parametrizace opatření na HOZ (HOZPAR). Software. www.georeal.cz. VÚMOP, v.v.i., Sweco Hydroprojekt a.s., GEOREAL spol. s r.o.

Ověřená technologie

VYBÍRAL, T., ZAJÍČEK, A., TLAPÁKOVÁ, L., VACEK, M., HEJDUK, T., SYCHRA, L. ČMELÍK, M. (2020): Jednotná geodatabáze hlavních odvodňovacích zařízení a drenážních systémů. Ověřená technologie. 54 s. ISBN 978-80-88323-32-7 (tištěná verze), 978-80-88323-33-4 (online verze - pdf).

Soubor specializovaných map

ZAJÍČEK, A., SYCHRA, ČMELÍK, M., MARVAL, Š., VYBÍRAL, T., HEJDUK, T., MAXOVÁ, J., KAPLICKÁ, M (2020): Návrhy revitalizačních opatření na hlavních odvodňovacích zařízeních a k nim přilehlých podrobných odvodňovacích opatření v povodí Žejbra, VÚMOP 2020, počet stran: 18 stran textu, 36 stran mapových příloh. ISBN 978-80-88323-30-3 (tištěná verze), 978-80-88323-31-0 (on line verze - pdf).

Dedikace

Certifikovaná metodika vznikla za finanční podpory TAČR - Technologické agentury ČR, programu EPSILON jako plánovaný výstup projektu TH 02030397 „Nové přístupy revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení s vazbou na drenážní systémy z pohledu retence vody v krajině“. Dále vznikla za podpory výzkumného záměru MZE- RO 0218.

Jména oponentů

Odborník z daného oboru:

Mgr. Jiří Kvapil

Laboratoř dálkového průzkumu

CENIA, česká informační agentura životního prostředí

Vršovická 1442/65, Praha 10

telefon +420 724 549 967

jiri.kvapil@cenia.cz

Odborník ze státní správy:

Ing. Marek Batysta, Ph.D.

Ministerstvo zemědělství ČR

Odbor zemědělských registrů

Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Tel.: +420 221 812 687

E-mail: marek.batysta@mze.cz

www.eagri.cz

Kontakty na osoby předkladatele certifikované metodiky

Mgr. Antonín Zajiček, Ph.D

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Žabovřeská 250

156 27 Praha 5 – Zbraslav

Mobil: + 420 724 396 312

zajicek.antonin@vumop.cz

www.vumop.cz

Prohlášení předkladatele certifikované metodiky

Předkladatel prohlašuje, že zpracovaná certifikovaná metodika nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví.

Citace

Zajiček, A., Sychra, L., Vybíral, T., Hejduk, T., Čmelík, M., Fučík, P., Kaplická, M. (2021): Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních Certifikovaná metodika. 99 s. ISBN 978-80-88323-54-9 (tištěná verze), 978-80-88323-55-6. (online pdf), osvědčení č. 3/2021-SPU/O.



T A
Č R

Technologická
agentura
České republiky

Název	Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních
Autoři	Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D.; Ing. Libor Sychra; Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D.; Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.; Ing. Milan Čmelík; Ing. Petr Fučík, Ph.D.; Mgr. Markéta Kaplická
Vydal	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Vydání	První vydání, 2021
Počet stran	99
Náklad	100
Tisk	Rhodos spol. s r.o., Vyšehradská 51, 128 00 Praha 2
Distribuce	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Žabovřeská 250, 156 27, Praha 5
ISBN	Tištěné: 978-80-88323-54-9 PDF: 978-80-88323-55-6