

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra fyzické geografie a geoekologie**

Studijní program: Geografie  
Studijní obor: Geografie a kartografie



**Klára Vláčilová**

**Integrace odvodňovacích opatření v projektech revitalizace vodních toků.  
Aplikace v povodí Klíšského potoka.**

Integration of drainage measures in stream restoration projects. Application in the catchment area of the Klíšský Brook.

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Poděbrady, 2021

## Zadání bakalářské práce

### **Název práce:**

Integrace odvodňovacích opatření v projektech revitalizace vodních toků. Aplikace v povodí Klíšského potoka.

### **Cíle práce:**

Hlavními cíli jsou rešerše odborné literatury a stávajících projektů na téma integrace odvodňovacích opatření v projektu revitalizace vodních toků. Aplikační část zahrnuje tvorbu databáze odvodňovacích systémů v zájmovém území horního toku Klíšského potoka. Dílčím cílem je stručná fyzickogeografická charakteristika zájmového území.

### **Použité pracovní metody:**

- Rešerše odborné domácí a zahraniční literatury na téma odvodňovacích opatření a možností jejich adaptace
- Fyzickogeografická charakteristika zájmového území
- Shromáždění a analýza dokumentace, mapových a dalších podkladů k odvodnění v zájmovém území
- Terénní průzkum
- Diskuze výsledků

**Zájmové území:** Revitalizovaný úsek horního toku Klíšského potoka.

**Datové zdroje:** odborná literatura (časopisy zaměřené na hydrologii, krajinu a revitalizace), data z ČHMÚ, podklady od Státního podniku Povodí Ohře, mapové podklady, letecké snímky, terénní průzkum.

Datum zadání: 24. 10. 2020

Jméno studenta: Klára Vláčilová

Podpis studenta: .....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Podpis vedoucího práce: .....

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Poděbradech, 11. 7. 2021

.....

Klára Vláčilová

## Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za konzultace, korektury a doprovod na terénním průzkumu. Dále děkuji Doc. RNDr. Zdeňkovi Klimentovi, CSc. taktéž za odborný doprovod na terénním průzkumu. Za poskytnutá data děkuji státnímu podniku Povodí Ohře, Mgr. Karlu Chobotovi, Ph.D. z AOPK ČR za data KVES a Mgr. Anně Lamačové, Ph.D. z ČHMÚ za data k prameni v zájmovém území. Nakonec bych ráda poděkovala své rodině a kamarádům za jejich podporu a trpělivost.



## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá možnostmi integrace odvodňovacích opatření při revitalizaci vodních toků v zemědělské krajině. Hlavní cíle práce jsou tvorba rešerše na dané téma a tvorba databáze odvodňovacích systémů v zájmovém území horního toku Klíšského potoka. Dílčím cílem je fyzickogeografická charakteristika zájmového území. Jsou uvedeny a diskutovány pozitivní a negativní efekty odvodnění a následně jsou popsána adaptační opatření, která mají škodlivé účinky zmírnit. Přehled odvodnění v povodí je syntézou mapových podkladů z Registru půdních bloků, podkladů poskytnutých Povodím Ohře, drenáže nalezené na leteckých snímcích a terénního průzkumu. V zájmovém území se nachází hlavní odvodňovací zařízení i drenážní potrubí. Do revitalizované části Klíšského potoka ústí 10 povrchových kanálů a 7 drenáží. Zatímco kanály jsou stále funkční, drenáž se zanáší sedimentem, zarůstá vegetací a působí spíše zamokření. Výsledky slouží jako podklad pro návrh adaptačních opatření při revitalizaci Klíšského potoka.

**Klíčová slova:** hydromeliorace, odvodnění, zemědělská krajina, adaptační opatření, revitalizace, retence vody

## **Abstract**

This thesis deals with options of integration of drainage measures in stream restoration projects in rural landscape. The main aims are creation of research on the topic and creation of database of drainage systems in the area of interest, upper course of the Klíšský Brook. Partial aim is physical-geographical characteristics of the area of interest. The positive and negative effects of drainage are presented and discussed, and then adaptation measures to mitigate the harmful effects are described. The overview of drainage in the catchment is a synthesis of map data from the Register of Soil Blocks, data provided by the Ohře River Basin, drainage found in aerial photographs and field research. There are both main drainage facilities and drainage pipes in the area of interest. 10 surface canals and 7 drainages flow into the revitalized part of the Klíšský Brook. While the canals are still functional, the drainage is clogged with sediment, overgrown with vegetation and causes wetting. The results serve as a basis for the design of adaptation measures in the restoration of the Klíšský Brook.

**Key words:** hydromelioration, drainage, rural landscape, adaptation measures, restoration, water retention

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	8
SEZNAM TABULEK .....	9
SEZNAM PŘÍLOH .....	9
SEZNAM ZKRATEK .....	10
1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE .....	12
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	13
2.1 Historie hydromelioračních opatření .....	13
2.2 Projektová dokumentace k hydromelioracím v Česku .....	13
2.3 Formy hydromelioračních opatření v české zemědělské krajině .....	14
2.4 Dopady odvodnění na zemědělskou krajinu .....	16
2.4.1 Vliv odvodnění na půdu .....	16
2.4.2 Vliv odvodnění na kvalitu vody a transport živin .....	18
2.5 Efekty adaptačních opatření .....	19
2.5.1 Čištění vody .....	19
2.5.2 Vliv vegetace .....	21
2.6 Přehled adaptačních opatření .....	22
2.6.1 Eliminační opatření a rekonstrukce .....	24
2.6.2 Odvodňovací systémy s regulací a retardací toku .....	25
2.6.3 Umělé mokřady a tůně .....	26
2.6.4 Denitrifikační biofiltr .....	28
2.6.5 Primárně protierozní opatření .....	30
2.6.6 Suchý „buffer“ pokrytý vegetací .....	30
2.6.7 „Saturated buffer zone“ .....	31
2.6.8 „Integrated buffer zone“ .....	32
2.6.9 Adaptace odvodňovacích zařízení při revitalizaci vodního toku .....	32
2.7 Příklady projektů adaptací odvodňovacích opatření .....	34
3 METODIKA A ZDROJE DAT .....	37
3.1 Zdroje pro fyzickogeografickou analýzu území .....	37
3.2 Tvorba databáze hydromelioračních opatření .....	38
3.3 Mapové a textové podklady poskytnuté Povodím Ohře .....	38
3.4 Letecké snímky .....	39
3.5 Koncept terénního průzkumu v povodí Klíšského potoka .....	40
4 FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	41
4.1 Geologie a geomorfologie .....	42

4.2	Klimatické poměry.....	42
4.3	Hydrologie, hydrogeologie, jakost vody.....	43
4.4	Pedogeografie a pedologie .....	44
4.5	Krajinný pokryv a jeho změny .....	46
4.5.1	Historické zdroje.....	46
4.5.2	Corine Land Cover .....	46
4.5.3	Konsolidovaná vrstva ekosystémů .....	48
4.6	Ochrana přírody .....	49
5	VÝSLEDKY.....	50
5.1	Vyhodnocení vrstvy ZVHS, poloha HOZ.....	50
5.2	Výsledky terénního průzkumu .....	52
5.2.1	Poloha výustí odvodňovacích systémů .....	53
5.2.2	Syntéza mapových podkladů a výsledků terénního průzkumu.....	56
6	DISKUZE .....	59
7	ZÁVĚR .....	62
8	ZDROJE .....	63
8.1	Literatura.....	63
8.2	Online zdroje dat a online literatura.....	68
9	PŘÍLOHY.....	71

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1: Příklad vyústění hlavního odvodňovacího zařízení do vodního toku
- Obrázek 2: Příklad vyústění drenáže do vodního toku
- Obrázek 3: Zamokření půdy jako následek poškozené drenáže
- Obrázek 4: Schémata pěti porovnávaných adaptačních opatření
- Obrázek 5: Příklad instalace záslepky pro eliminaci fungování drenáže
- Obrázek 6: Ukázka regulačního prvku ve tvaru obráceného T
- Obrázek 7: Schéma vzduť hladiny podzemní vody pomocí regulačního prvku
- Obrázek 8: Mokřad s povrchovým tokem vody, příklad z Austrálie
- Obrázek 9: Schéma umělého mokřadu s podpovrchovým tokem vody
- Obrázek 10: Schéma denitrifikačního lůžka ("bed")
- Obrázek 11: Ukázka denitrifikačního biofiltru (lůžko)
- Obrázek 12: Ukázka zatravněného zasakovacího příkopu
- Obrázek 13: Řídící box umístěný v nasycené nárazníkové zóně
- Obrázek 14: Pohled na integrovanou nárazníkovou zónu
- Obrázek 15: Možnosti adaptace odvodňovacích zařízení při revitalizaci vodního toku
- Obrázek 16: Schéma části regulační drenáže Uherčic
- Obrázek 17: Nákres plánované průtočné tůně a adaptace drenáže na vodním toku Žejbro
- Obrázek 18: Lesnovské mokřady
- Obrázek 19: Schéma tůní vybudovaných v trase potoka u Borové před jeho revitalizací
- Obrázek 20: Schéma boční a průtočné tůně na potoce u Borové
- Obrázek 21: Vizuální projevy drenáže na ploše porostlé vegetací
- Obrázek 22: Poloha a vymezení zájmového území: povodí IV. řádu Klíšského potoka
- Obrázek 23: Bifurkace, kterou se odděluje Klíšský potok od Jílovského
- Obrázek 24: Hydrogeologické rajony a ochranná pásma vodních zdrojů v povodí Klíšského a Jílovského potoka
- Obrázek 25: Vydatnost [ $l \cdot s^{-1}$ ] pramene Velké Chvojno mezi lety 1961 a 2020
- Obrázek 26: Skupiny půdních typů v povodí Klíšského potoka
- Obrázek 27: Historické ortofoto (50. léta), pohled na revitalizovaný úsek Klíšského potoka
- Obrázek 28: Porovnání tříd krajinného pokryvu CLC v letech 1990 a 2018
- Obrázek 29: Konsolidovaná vrstva ekosystémů pro povodí Klíšského potoka
- Obrázek 30: Oblasti ochrany přírody v povodí Klíšského potoka
- Obrázek 31: Přehled HOZ a POZ v povodí Klíšského potoka
- Obrázek 32: Klasifikace drenáže dle stupně rozeznatelnosti v povodí Klíšského potoka

Obrázek 33: Fotografie z terénního průzkumu na Klíšském potoce 27. 5. 2021

Obrázek 34: Poloha vyústění odvodňovacích systémů a výskyt zamokření v okolí Klíšského potoka dle terénního průzkumu

Obrázek 35: Konduktivita vody [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ] na vybraných výústích do Klíšského potoka naměřená 27. 5. 2021

Obrázek 36: Vyhodnocení jistoty přítomnosti drenáže v povodí Klíšského potoka

Obrázek 37: Vyhodnocení jistoty přítomnosti drenáže v okolí Klíšského potoka

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání efektivity vybraných adaptačních opatření v čistění vody

Tabulka 2: Rozloha skupin půdních typů a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka a „bufferu“

Tabulka 3: Změnová matice krajinného pokryvu CLC mezi lety 1990 a 2018

Tabulka 4: Délka hlavních odvodňovacích zařízení v povodí Klíšského potoka

Tabulka 5: Délka drenáže nalezené na leteckých snímcích v povodí Klíšského potoka

Tabulka 6: Výústní body odvodňovacích systémů v revitalizovaném úseku povodí Klíšského potoka dle terénního průzkumu

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Zatřídění tříd krajinného pokryvu CLC do skupin

Příloha 2: Ukázka mapy poskytnuté Povodím Ohře

Příloha 3: Sklonitost [ $^{\circ}$ ] v povodí Klíšského potoka

Příloha 4: Mapa půd ohrožených erozí a zamokření půd v povodí Klíšského potoka

Příloha 5: Mapa II. vojenského mapování v povodí Klíšského potoka

Příloha 6: Mapa III. vojenského mapování v povodí Klíšského potoka

Příloha 7: Rozloha skupin krajinného pokryvu a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka v roce 2018

Příloha 8: Rozloha skupin krajinného pokryvu a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka v roce 1990

Příloha 9: Rozloha ekosystémů dle Konsolidované vrstvy ekosystémů v povodí Klíšského potoka v roce 2013

Příloha 10: Porovnání poloh hlavních odvodňovacích zařízení dle CEVT a ZVHS

Příloha 11: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d0pp (povrchová, z pravé strany)

Příloha 12: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d1tp (zatrubněná, z pravé strany)

Příloha 13: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d2pl (povrchová, z levé strany)

Příloha 14: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d3pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 15: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d4pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 16: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d5tl (zatrubněná, z levé strany)  
Příloha 17: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d7pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 18: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d8tl (zatrubněná, z levé strany)  
Příloha 19: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d9pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 20: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d10tl (zatrubněná, z levé strany)  
Příloha 21: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d11pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 22: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d12pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 23: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d13pl (povrchová, z levé strany)  
Příloha 24: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d14tp (zatrubněná, z pravé strany)  
Příloha 25: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d15tl (zatrubněná, z levé strany)  
Příloha 26: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d16pp (povrchová, z pravé strany)  
Příloha 27: Výustí odvodnění do Klíšského potoka d17tl (zatrubněná, z levé strany)  
Příloha 28: Zamokření v blízkosti Klíšského potoka

## SEZNAM ZKRATEK

AOPK ČR: Agentura ochrany přírody České republiky

BPEJ: bonitované půdně ekologické jednotky

C: uhlík

CD: Controlled Drainage (regulační systém)

CEVT: Centrální evidence vodních toků

CLC: Corine Land Cover

ČGS: Česká geologická služba

ČR: Česká republika

ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav

DS: drenážní systém

DB: denitrifikační biofiltr

FWS CW: Free Water-Surface Constructed Wetland (umělý mokřad s povrchovým tokem vody)

GPS: Global Positioning System

HOZ: hlavní odvodňovací zařízení

HPJ: hlavní půdní jednotka

HPV: hladina podzemní vody

IBZ: Integrated Buffer Zone (nasyčená nárazníková zóna)

KVES: Konsolidovaná vrstva ekosystémů  
MT 2: mírně teplá oblast  
MZe ČR: Ministerstvo zemědělství České republiky  
N: dusík  
N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: dusičnanový dusík  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: dusičnany  
NH<sub>3</sub>: amoniak  
OP: odvodněné plochy  
P: fosfor  
P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: fosforečnanový fosfor  
POZ: podrobné odvodňovací zařízení  
SBZ: Saturated Buffer Zone (nasycená nárazníková zóna)  
SPÚ: Státní pozemkový úřad  
TTP: trvalý travní porost  
TP: celkový fosfor  
Var.: varianta  
VÚMOP: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy  
VÚV TGM: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka  
WMS: Web Map Service (webová mapová služba)  
ZVHS: Zemědělská vodohospodářská správa

# 1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Revitalizace vodních toků jsou v současnosti nedílnou součástí činností zvelebujících krajinu a zmírňujících efekt klimatických změn, které zahrnují riziko dlouhých suchých období. Úpravami měnícími přírodní charakter krajiny procházely nejen vodní toky, ale celá rozsáhlá území. V Česku se ve 20. století jednalo především o odvodňování zemědělských ploch i ploch původně nezemědělských kvůli zisku další orné půdy. Celkem je takto odvodněno 13,5 % území Česka (Kulhavý a kol. 2007, Kulhavý 2016). Správně provedené hydromeliorační úpravy zvyšují zemědělskou produkci. V některých případech však byly odvodněny lokality zcela nevhodné pro intenzivní zemědělské obhospodařování. Následně byla v 90. letech orná půda často zatravněna, a odvodnění tak pozbylo smyslu, ale v pozemku zůstalo uloženo a opomíjeno. Někteří majitelé pozemků se při restitucích ani nedozvěděli, že se na jejich pozemku nachází drenáž. Kromě přílišného odvodnění mívají odvodňovací systémy také znečišťující efekt, projevující se zejména nadměrným vyplavováním dusičnanů a fosforečnanů ze zemědělských nebo dříve zemědělských ploch.

V povodí Klíšského potoka, v němž je řešena revitalizace části tohoto vodního toku, byla přítomnost drenáže zaznamenána až při úvodním terénním průzkumu. Vznikla tak potřeba vyřešit otázku, jak s odvodněním, zejména výustěmi do potoka, při revitalizaci naložit. Hlavní cíle této bakalářské práce jsou dva. Prvním je sepsání rešeršní části. Ta nastíní česká specifika hydromeliorací. Jsou rozebrány kladné i záporné efekty odvodňovacích systémů, především dopady na kvalitu vody. V obecné i konkrétní rovině jsou uvedeny možnosti nápravy negativ, zahrnující popis vybraných adaptačních opatření, která je možno cílit na problémy spojené s odvodněním. Jsou uvedeny také příklady revitalizačních projektů.

Druhým cílem je zmapování polohy drenáží, jejich výustí i povrchových odvodňovacích kanálů v revitalizovaném úseku povodí Klíšského potoka a popis jejich stavu. Tato část zahrnuje shromažďování mapových podkladů, vektorizaci drenážních trubek nalezených na leteckých snímcích a účast na terénním průzkumu. Práce tedy směřuje k tomu, aby drenáže a další prvky odvodnění nebyly považovány za nutné zlo při revitalizaci, ale byly vzaty jako příležitost pro komplexnější úpravy v zájmovém úseku, a aby jejich úpravou došlo ke zlepšení stavu zemědělské krajiny. Dílčím cílem této práce je fyzickogeografická charakteristika horního toku Klíšského potoka se zaměřením na dlouhodobé změny krajinného pokryvu. Výsledky získané zpracováním dílčího a hlavních cílů poslouží k návrhu vhodných opatření při revitalizaci Klíšského potoka.



## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Historie hydromelioračních opatření

Historie hydromelioračních opatření, především odvodňovacích, v Česku sahá do 2. poloviny 19. století. Drenáže v podobě trubek z pálené hlíny, používané nejprve v Anglii a Německu, se za několik let ujaly i na našem území (Kulhavý a kol. 2007). O dlouhé tradici odvodnění u nás svědčí skutečnost, že 13 % drenáží je starších než 95 let, přičemž ale byly dimenzovány na 40 let fungování (Zajíček a kol. 2019b, Vybíral a kol. 2020). Ministerstvo zemědělství (MZe ČR 2020) zmiňuje, že 500 000 ha území bylo odvodňováno již před rokem 1945.

Stavby zemědělského odvodnění byly na území Česka budovány v obdobích před 1. světovou válkou a především po 1. světové válce a mezi lety 1960–1990. V prvních dvou uvedených obdobích výstavba směřovala do úrodných oblastí, především do Polabské nížiny a na jižní Moravu, kde odvodnění již využívané orné půdy podpořilo intenzivní zemědělskou produkci. Během komunistického režimu se odvodnění budovalo mnohdy bez zohlednění dopadů na krajinu, s cílem zisku soběstačnosti v zemědělské produkci. O využití půdy rozhodoval stát, a drenážní systémy (DS) byly projektovány pro rozlehlé plochy. Byla odvodňována i původně nezemědělská, méně úrodná půda, např. extrémně těžká, jílovitá, ve vyšších polohách (Tlapáková 2017, Zajíček a kol. 2019a, Kulhavý a kol. 2007, Kuráž a Soukup 2004). Zařízení budovaná v tomto období nerespektují hranice pozemků tak, jak byly restituovány v 90. letech 20. století. Běžně jedna drenážní skupina patří až několika desítkám majitelů, což znesnadňuje jejich úpravy i údržbu, jelikož je potřeba dohoda se všemi majiteli (Kulhavý 2016, Kulhavý a kol. 2020, Kvítek a kol. 2016, Kulhavý a kol. 2019).

V 80. letech 20. století se začaly používat také trubky z perforovaného plastu. Systémy projektované na konci 80. let byly dokončovány ještě na počátku 90. let (Kulhavý 2019), tedy v době, kdy se rozbíhala snaha o revitalizační a novou výzkumnou činnost v odvětví hydromeliorací (Krejčová 2017). Od 90. let nové drenážní systémy téměř nevznikají, což souvisí i s poklesem intenzity zemědělství a zatravňováním a zalesňováním orné půdy po pádu komunismu (Wnek a kol. 2021).

### 2.2 Projektová dokumentace k hydromelioracím v Česku

Zdánlivě formální součástí problematiky je projektová dokumentace, resp. její ztráta, neúplnost a nepřesnost. Zemědělská vodohospodářská správa (ZVHS) vedla nejucelenější dokumentaci, která se po zrušení ZVHS v roce 2011 přesunula do rukou Státního pozemkového úřadu (SPÚ), státních podniků Povodí, jiných státních podniků i soukromých osob. Archivy byly poté v některých případech rušeny nebo zničeny např. při povodních. Při restitucích nebyli někteří vlastníci vůbec informováni o drenáži na jejich pozemku. Odhadem je archivováno 50–60 % dokumentace

k odvodněným pozemkům (Kulhavý 2019, Kulhavý a kol. 2007). Při pátrání po dokumentaci tedy musíme počítat s tím, že pro námi zvolené území nebude dostupná.

Aktuálně nejkompletnějším mapovým podkladem pro celou Českou republiku (ČR) je vektorizovaná vrstva staveb odvodnění dle bývalé ZVHS, dostupná na portálu MZe ČR v Registru půdních bloků ve formě webové mapové služby („Web Map Service“ - WMS), webové aplikace i vrstvy ke stažení. Její přesnost vzhledem k reálným polohám odvodňovacích systémů je 65–85 %. „Jedná se zejména o tvarové (místy i polohové) zkreslení vzniklé ručním překreslováním podkladů, dále neaktuálnost obsahu“ (Vybíral a kol. 2020, s. 13, 14). Vybíral a kol. (2020, s. 14) uvádí, že „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.“ Nově se o tvorbu celostátní databáze, dostupné v online aplikaci Informační systém melioračních staveb, snaží Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP), doplňují MZe ČR (2020) a Kulhavý (2019). Avšak tato databáze z velké části vychází právě z vrstvy ZVHS a neobsahuje zásadní změny.

### **2.3 Formy hydromelioračních opatření v české zemědělské krajině**

Zákon č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon), § 56, uvádí mezi vodními díly kategorií nazvanou Stavby k vodohospodářským melioracím pozemků. Za tyto stavby jsou považovány stavby určené k zavlažování, odvodňování a k ochraně pozemků před erozní činností vody. Cílem hydromelioračních opatření je úpravou vodohospodářských poměrů v půdě zlepšit přírodní a environmentální podmínky v krajině (Vybíral a kol. 2020). Vlastník pozemku, na němž se zařízení nachází, má povinnost o něj pečovat (Kulhavý 2019).

Odvodňovací zařízení přizpůsobují stav pozemku vláhové potřebě plodin tím, že odvádějí nadbytečnou vodu, ochraňují pozemek před zatopením a provzdušňují půdu (Tlapáková 2017, Vyhláška MZe č. 225/2002 Sb., § 2 (4)). Dle MZe ČR (2020, s. 12) a Vybírala a kol. (2020, s. 8) „v rámci celého systému odvodnění rozlišujeme tzv. podrobné odvodňovací zařízení (POZ) a hlavní odvodňovací zařízení (HOZ).“

Vyhláška MZe č. 225/2002 Sb., § 2 (5) definuje HOZ (příklad na Obrázku 1) jako kanály zahrnující „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 a odvodňovací čerpací stanice.“ Někdy HOZ vznikala zatrubněním vlásečnicových vodních toků (Just a kol. 2020). HOZ jsou vlastněna státem prostřednictvím SPÚ, státních podniků Povodí a Lesů ČR (Zajíček a kol. 2019a, MZe ČR 2020, Vybíral a kol. 2020). Dle Justa a kol. (2005) jsou HOZ a drobné vodní toky upravovány, aby do nich mohla ústít drenáž, tedy jsou hloubeny minimálně 1–1,5 m.



**Obrázek 1: Příklad vyústění hlavního odvodňovacího zařízení do vodního toku**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)

Do HOZ tedy ústí ve výšce min. 20 cm nade dnem POZ (Vybíral a kol. 2020), která se stávají z „podpovrchových sběrných drénů s rozchody 8–25 m, průměrnou hloubkou uložení 0,9–1,1 m (prvorepublikové až 2 m) a nejběžnější světlostí 4–10 cm, drénů svodných (s větší světlostí trubek) kontrolních šachtic, drenážních výústí (Obrázek 2) a dalších objektů na drenáži“ (MZe ČR 2020, s. 12). Vlastníkem POZ je majitel pozemku. V Česku je odvodňováno 1 064 999 ha půdy, což činí cca 13,5 % rozlohy státu, při přepočtu na rozlohu zemědělské půdy je to 25,2 % (Kulhavý a kol. 2007, Kulhavý 2016). Drenáž podporuje odtok zejména v plochých terénech (Gramlich a kol. 2018).



**Obrázek 2: Příklad vyústění drenáže do vodního toku**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)

Obdobně i závlahová zařízení jsou členěna na hlavní a podrobná. Podrobná slouží k rozvodu vody na pozemku. Jedná se např. o přenosné potrubí nebo pásové zavlažovače. Funkcí hlavních závlahových zařízení je odběr a doprava závlahové vody a zahrnují mj. „odběrné objekty, nádrže, čerpací stanice, otevřené kanály i krytá potrubí“ (Vyhláška MZe č. 225/2002 Sb., § 2 (20)). Opatření zabraňující vodní erozi pozemku je ve Vyhlášce MZe č. 225/2002 Sb., § 2 (7) definováno jako „stavba nebo soubor staveb, upravující sklon území nebo zachycující a odvádějící povrchovou vodu

a splaveniny stékající po pozemcích nebo zvyšující infiltraci povrchové vody; je tvořena zejména protierozními příkopy, průlehy, terasami, přehrážkami nebo suchými nádržemi.“

## 2.4 Dopady odvodnění na zemědělskou krajinu

Odvodňovací systémy s sebou přinášejí pozitiva i negativa. Níže jsou v podkapitolách podrobněji rozvedeny dopady na půdu, pohyb a kvalitu vody, které jsou nezřídka negativního rázu. Na druhé straně „pro řadu zemědělců je funkční drenáž důležitá i v současné době. Potřebují provádět agrotechnické operace s minimální závislostí na vývoji počasí (setí, sklizeň) a odvodnění to umožňuje - v některých lokalitách je existence odvodnění i nadále hlavní podmínkou polaření“ (Kulhavý a kol. 2020, s. 13).

Mezi zápory odvodnění patří zásahy do krajiny. Při odvodnění louky za účelem zisku nové orné půdy dochází ke snížení biodiverzity až zničení biotopu. Dalším negativem je zahlubování vodních toků kvůli vytvoření spádu umožňujícího odtok vody z drenážních soustav. Negativní dopady může mít i poškozená drenáž ve vhodné lokalitě, vlivem čehož dochází k zamokření a erozi půdy (viz Obrázek 3). Projevují se defekty způsobené zanášením sloučeninami manganu a železa, pronikáním kořenů, mechanickým působením, korozí, sesuvy půdy, nebo defekty vzniklé již při stavbě drenáže (Kulhavý a kol. 2007, Just a kol. 2020).

HOZ i POZ urychlují odtok vody z krajiny a snižují hladinu podzemní vody (HPV) na přilehlých pozemcích. Zvyšují a urychlují nástup povodňových maxim na vodních tocích. Fungují jako preferenční cesty pro odtok vody z plochy (Kulhavý a kol. 2007, Kuráž a Soukup 2004, Zajíček a kol. 2019c, Vybíral a kol. 2020). Vzhledem k tomu, že v minulosti byla drenáž zaváděna i v oblastech s normální HPV, v posledních letech, kdy se potýkáme se suchem, se projevuje drenáž nadměrným odvodněním (MZe ČR 2020).



**Obrázek 3: Zamokření půdy jako následek poškozené drenáže**

*Zdroj: Kulhavý a kol. (2020)*

### 2.4.1 Vliv odvodnění na půdu

Přínosem správně provedených opatření ve vhodných lokalitách je zlepšení vodního režimu zamokřených půd, provzdušnění a zlepšení produkční schopnosti půdy (Zajíček a kol. 2019c).

Přítomnost drenáže mění toky látek a energie v půdě, a tím i přirozený vývoj půdy. Ten je narušen už při budování drenážního systému, kdy dochází k vykopání a převrstvení půdy a dočasnému zvýšení pórovitosti (Montagne a kol. 2009). Odvodnění umožní obdělávatelnost půdy a vjezd zemědělských strojů, které však půdu zhutňují a snižují její schopnost infiltrace (Vybíral a kol. 2020). Měli bychom tedy počítat s alternativou, že odvodněná půda postupem času bude opět zadržovat více vody, než když bylo odvodnění nově vybudováno.

Příčinou zamokření je srážková voda nebo prameny (Zajíček a kol. 2019d). Při zamokření mohou probíhat dva procesy. Jedním je pseudoglejový a stagnoglejový proces, způsobený nepříznivou hydraulickou vodivostí povrchové vrstvy nebo celého profilu, takže se srážková voda drží na povrchu. Pojezd zemědělských strojů dále přispívá ke zhutnění půdy a snížení propustnosti. Druhým je proces glejový, kde se projevuje vysoká HPV. Půdy ovlivňované tímto procesem jsou vhodné k úpravě vodního režimu odvodněním (Kuráž a Soukup 2004).

Odvodněním se zvyšuje objem vzduchu v půdě, čímž se nasmartují oxidační procesy železa a manganu. V aerobním prostředí jsou rychleji rozkládány organické látky. Odvodněná půda poskytuje příhodnější prostředí pro některé půdní organismy, mj. pro žížaly, které půdu kypří. Tyto oxidační, dekompoziční a biologické procesy vedou k rychlejšímu vytváření půdních agregátů a nových pórů, tím pádem ke zvýšení retenční schopnosti půdy. Rostliny navíc mohou čerpat vzduch z pórů (Kulhavý a kol. 2020, Montagne a kol. 2009, MZe ČR 2020). Negativem rozkladu organické hmoty je, že dusík (N) v ní vázaný bude rychleji mineralizován a nitrifikován (Kulhavý a kol. 2007). Nezměněna zůstává barva, struktura a zrnitost (Kuráž a Soukup 2004).

Při intenzivních srážkách zvyšuje drenáž infiltraci, jelikož půda je před srážkami odvodněna, a tedy připravena pojmout více vláhy. Během srážek drenáže vodu zachycují a odvádějí z pozemku pryč, což umožňuje vsak další vody, která by bez drenáže odtékala po povrchu a splavovala půdu do recipientů (Montagne a kol. 2009, MZe ČR 2020, Kulhavý a kol. 2007). Ačkoli povrchová eroze je snížena, přítomnost drenáže zvyšuje eluviaci a množství sedimentů vyplavovaných drenážní vodou do povrchových vod. Též okolo drenážních výustí může působit eroze (Gramlich a kol. 2018).

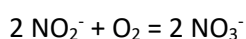
Odvodnění má dopady na teplotní režim. V létě voda díky vysoké tepelné kapacitě půdy ochlazuje. Je-li v půdě dostatek vody, je využívána na evapotranspiraci, tzn. k přeměně slunečního záření na latentní teplo. Při nedostatku vody se půda přehřívá vlivem zjevného tepla. Snížení HPV se projeví také zvýšením teploty kořenového balu, a následně dřívějším nástupem vegetační sezóny. Průměrná roční suma teplot v hloubce 0,2 m je o 300–500 °C vyšší u odvodněných půd (Kulhavý a kol. 2020, Vybíral a kol. 2020). V zimě při nedostatku vody půda promrzá (Kulhavý a kol. 2007).

#### 2.4.2 Vliv odvodnění na kvalitu vody a transport živin

„Drenážní soustavy jsou v ČR významným zdrojem plošného zemědělského znečištění, zejména v podobě dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ), pesticidů a jejich metabolitů a také rozpustných forem fosforu,“ píše Vybíral a kol. (2020, s. 4). Odvodňovací systémy odvádějí vodu z pozemku i s živinami v ní. V neodvodněné půdě by probíhalo samočištění znečištěné vody při pomalém postupu profilem nebo na povrchu (Just a kol. 2020). Je nutné brát v úvahu, že do drenáže infiltruje voda nejen z odvodněné plochy, nýbrž z celého povodí, kde se mohou vyskytovat další zdroje znečištění (Zajíček a kol. 2019d). Množství a charakter znečištění jsou dány mj. stratifikací propustných a nepropustných vrstev hydrogeologické struktury a jejich filtrační schopností (Kulhavý a kol. 2019), konektivitou povodí (Fučík a kol. 2017) a antropogenním ovlivněním (Tlapáková 2017).

Koloběh N, fosforu (P) i dalších živin je přirozený a živiny jsou pro život ve vodě nezbytné, avšak antropogenní činností se množství živin nadměrně zvyšuje. Do půdy a dále do vody se látky dostávají atmosférickou depozicí, hnojením, fixací mikroorganismy a z geologického podloží (Dodds a Smith 2016, Smith 2003, agris.cz, Moudrý 2006, Wurtsbaugh a kol. 2019). Živiny drenáží vyplavené z půdy jsou opět doplňovány hnojením a vyplavovány, pokud nejsou spotřebovány na produkci biomasy (Tlapáková 2017, Schipper a kol. 2010, Zajíček a kol. 2019d). Během vegetačního období množství N i P v půdě ubývá díky odběru rostlinami, aby na podzim opět narůstalo vlivem rozkladu zbytků po sklizni. V zimě dochází k útlumu mineralizace díky nečinnosti mikroorganismů (Černý a kol. 2011).

Značný vliv na intenzitu procesů koloběhu N (amonizace, nitrifikace, denitrifikace) má teplota: s jejím poklesem se procesy utlumují. Mineralizací hnojiv a organických zbytků obsahujících N za pomoci mikroorganismů vzniká amoniak ( $\text{NH}_3$ ), (Černý a kol. 2011, Vymazal 2011, Rousseau a kol. 2008). Amoniak je přijímán rostlinami, nebo vstupuje do nitrifikačního procesu, který „transformuje relativně nepohyblivou amonnou formu na velmi pohyblivou dusičnanovou formu dusíku. Tím se dusík zpřístupňuje rostlinám jako dobře využitelná živina, ale také tím vzniká riziko jeho ztrát vyplavováním,“ (Černý a kol. 2011, online) protože dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) se špatně vážou na půdní částice (Gramlich a kol. 2018). Nitrifikace probíhá pouze ve vlhkém prostředí (Černý a kol. 2011, Vymazal 2008). Dle Pittera (2015) jsou nitrifikační rovnice tyto ( $\text{NH}_3$  je amoniak,  $\text{O}_2$  je molekula kyslíku,  $\text{NO}_2^-$  je dusitanový aniont,  $\text{H}^+$  je vodíkový kationt,  $\text{NO}_3^-$  je dusičnanový aniont):



Živiny (N i P) vyplavené z půdy v přílišném množství mohou způsobit eutrofizaci. Eutrofizovaná voda tedy obsahuje velké množství živin, které zapříčiňují značný nárůst biomasy řas a sinic. Ve sladkých vodách bývá P (zejména rozpuštěný reaktivní, který je pro řasy a sinice okamžitě dostupný)

limitujícím prvkem pro růst řas a sinic (Vymazal 2017, Smith 2003). Některé sinice a řasy produkují toxiny (Dodds a Smith 2016). Dalšími dopady řas a sinic, zejména ve stojatých vodách, jsou vodní květ, vegetační zabarvení, snížení průchodu světla vodním sloupcem, zhoršená chuť a zápach vody, nárůst detritu, vyčerpání kyslíku ve vodě. Naproti tomu v tekoucích vodách se riziko anoxie minimalizuje. Nárůst fytoplanktonu se snižuje, pokud je doba zdržení vody kratší než doba jeho množení, což bývá 0,5–1,5 dne. I bez zmíněných následků, vysoká koncentrace  $\text{N-NO}_3^-$  sama o sobě může být toxická pro vodní organismy.  $\text{NH}_3$  ve velkém množství může fungovat u lidí jako endokrinní disruptor (Smith 2003, Wurtsbaugh a kol. 2019).

K vyplavování P a N z drenáže dochází převážně při srážkových událostech (Zak a kol. 2019, Montagne a kol. 2009, Fučík a kol. 2016). Zatímco koncentrace vyplavovaného celkového fosforu (TP) a fosforečnanového fosforu ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) se během srážek zvyšují, koncentrace  $\text{NO}_3^-$  se snižují díky převládnutí ředění. Průměrné hodnoty vyplavovaného  $\text{N-NO}_3^-$  se počítají v desítkách kilogramů na hektar za rok,  $\text{P-PO}_4^{3-}$  a TP v desítkách gramů (Fučík a kol. 2017, Zajíček a kol. 2019d).

Z pesticidů jsou nejčastěji aplikované herbicidy, v menším množství fungicidy a insekticidy. Koncentrace vyplavených pesticidů jsou přibližně stejné v drenážní vodě i v povrchovém splachu z polí (Brown a Beinum 2009). „Rezidua přípravků na ochranu rostlin mohou způsobovat závažné ekotoxikologické problémy jak u terestrické, tak u vodní bioty a zhoršovat jakost vody samotné“ (Zajíček a kol. 2019d, online). V odvodněné půdě byly dále zaznamenány ztráty vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku. Vody jsou též znečištěny rozpuštěným organickým uhlíkem (C). Vyplavovány jsou také půdní částice, převážně jílové a písčité povahy, které zvyšují množství sedimentu ve vodních tocích (Zak a kol. 2019, Montagne a kol. 2009, Kulhavý a kol. 2007, Fučík a kol. 2016, Vymazal 2017).

## **2.5 Efekty adaptačních opatření**

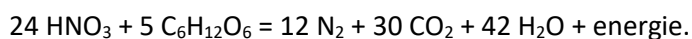
Některá výše uvedená negativa spojená s odvodněním se mohou v budoucnu stupňovat následkem klimatických změn, jako jsou přívalové deště, suchá období, změny distribuce srážek během roku i v prostoru, ačkoli roční úhrn by se nemusel změnit (Carstensen a kol. 2020, Kvítek a kol. 2016, Dzuráková a kol. 2018). Pro přizpůsobení očekávaným nárůstům extrémů je možné uskutečnit různá opatření, a to jak plošně rozsáhlá v podobě velkých vodních nádrží (Kulhavý a kol. 2007), tak šetrnější opatření pro krajinu, která zde budou popsána.

### **2.5.1 Čištění vody**

Jakost drenážní vody může být zlepšována denitrifikací, odběrem živin z vody kořeny rostlin pro tvorbu biomasy, sedimentací polutantů a činností mikroorganismů (Vymazal 2017, Haiming a kol. 2017). Dusičnany mohou být odstraněny dalšími procesy, Schipper a kol. (2010) a Jaynes a Isenhardt

(2013) zmiňují mikrobiální imobilizaci dusíku do organické hmoty, v omezené míře disimilační redukcí dusičnanů na amoniak a anammox. Zajíček a kol. (2019d), Maiga a kol. (2017), Rousseau a kol. (2008) a Pugliese a kol. (2020) říkají, že účinnost čistícího opatření je závislá na době zdržení vody a snižuje se při zvýšení průtoků, které způsobí, že se voda v mitigačním systému zdrží kratší dobu. Pro zjištění celkové efektivity opatření je potřeba sledovat obsah N ve vodě ve všech formách.

Heterotrofní denitrifikace je převažujícím procesem odstraňování  $\text{N-NO}_3^-$  z drenážní vody. Probíhá pouze ve vlhké půdě a v anaerobních podmínkách (Černý a kol. 2011). Původně zamokřené půdy ve srovnání s odvodněnými plnily denitrifikační funkci lépe, což sice znamená úbytek N ve formě, kterou mohou přijímat rostliny, ale zároveň také úbytek živin, které znečišťují povrchové vody. Černý a kol. (2011, online) popisuje, že „na rozdíl od nitrifikace je denitrifikace redukční proces, kdy nitráty jsou za přítomnosti lehce rozložitelných organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík.“ Denitrifikace „závisí na množství dusičnanů jako příjemců elektronů a množství dostupného organického C jako donorů elektronů“ (Zak a kol. 2019, s. 372). Uhlík dodává vegetace, případně může být dodáván do adaptačního opatření ve formě dřevní štěpky, pilin či slámy. Intenzita denitrifikace stoupá se zvyšováním koncentrace  $\text{NO}_3^-$  (Zak a kol. 2019, Zak a kol. 2018, Carstensen a kol. 2020, Schipper a kol. 2010, Černý a kol. 2011). Portál agris.cz uvádí, že sumárně lze denitrifikaci vyjádřit takto (uhlík přítomný v glukóze reaguje s kyselinou dusičnou za vzniku dusíku, oxidu uhličitého, vody a uvolnění energie):



Fosfor je odebírán sedimentací a sorpcí jeho rozpuštěných reaktivních forem např. na jílovité půdní částice, železo, hliník, vápník a organický materiál (Pugliese a kol. 2020, Gramlich a kol. 2018). Ve vhodném prostředí, např. v mokřadech, může být P odstraňován též mikrobiální asimilací (Vymazal 2008). „Odstraňování fosforu v mokřadech bývá omezováno kvůli tomu, že použité materiály neobsahují dostatečné množství železa, hliníku nebo vápníku, které by usnadnily srážení a/nebo sorpci fosforu,“ uvádí Vymazal a kol. (2008, s. 971). Podíl zadržného P se zvýší při zvýšení jeho koncentrace (Braskerud a kol. 2005). Teplota nemá na odstraňování P velký vliv (Lu a kol. 2009).

O znečištění pesticidy píše Zajíček a kol. (2019d, online), že „odbourávání pesticidů v mokřadu probíhá prostřednictvím vícero různých procesů, jako jsou hydrolýza, fotolýza, sedimentace, adsorpce, mikrobiální degradace, příjem rostlinami.“

Carstensen a kol. (2020) a Haiming a kol. (2017) upozorňují na zaznamenané negativní dopady adaptačních opatření, a to uvolňování metanu činností bakterií. Jaynes a Isenhardt (2013) či Schipper a kol. (2010) doplňují riziko uvolňování oxidu dusného při nedokonalé denitrifikaci, nebo vyluhování rozpuštěného organického materiálu např. z denitrifikačních biofiltrů.



### 2.5.2 Vliv vegetace

Vegetace je vysazována při tvorbě adaptačních opatření z více důvodů. Jedním z nich je vytváření biotopů (Dzuráková a kol. 2017). Výsadba rychle rostoucí vegetace má estetický přínos, a její následné sklizení také ekonomický přínos, protože může být využita např. jako biomasa ke spalování a ke kompostování (Maiga a kol. 2017, Rousseau a kol. 2008). Tyto benefity jsou však spíše vedlejší. Hlavní funkcí vegetace je podpora čistících schopností adaptačního opatření.

Vymazal (2011, s. 62) uvádí, že vegetace plní „izolační funkci adaptačního opatření během zimy, poskytuje substrát pro růst bakterií, vypouští kyslík do rhizosféry, čerpá nutrienty.“  $\text{N-NO}_3^-$  a  $\text{P-PO}_4^{3-}$  jsou přístupnou formou pro rostliny, které jej využívají pro růst (Schipper a kol. 2010). Makrofyty, které jsou součástí adaptačních opatření, tedy odebírají z vody živiny, které by bez jejich přítomnosti přijímal fytoplankton a zvyšoval tím svůj objem (Smith 2003). Rostliny jsou zdrojem C potřebného pro denitrifikační proces (Zak a kol. 2018, Zak a kol. 2019). Ponořené rostliny nebo kořeny rostlin dodávají do vody kyslík (Maiga a kol. 2017, Zajíček 2019b).

Zatímco vliv vegetace na odebrání  $\text{NO}_3^-$  z vody je pozitivní, u P se nemusí projevit, případně vegetace přispívá k recyklaci fosforu v lokalitě, i k jeho vyplavování do vodoteče, neboť rostliny jej sice na jaře přijmou, ale na podzim opět uvolní při rozkladu (Carstensen a kol. 2020). Zak a kol. 2018 a Zak a kol. 2019 pozoroval, že v letním období je „buffer“ či mokřad porostlý vegetací zdrojem P. Je to způsobeno jeho uvolňováním při rozkladu rostlin, které na jaře P odebíraly z vody (Lu a kol. 2009). Navíc u P neprobíhají reakce obdobné denitrifikaci, které by jej spotřebovaly. Uvolňování P i N při rozkladu organických zbytků lze omezit posečením vegetace před tím, než odumře. Nicméně tím také bude snížen obsah organického C poskytujícího elektron, čímž se sníží intenzita denitrifikace. (Vymazal 2017, Pugliese a kol. 2020).

Lokality osázené dřevinami se ukázaly být efektivnější při absorpci N. Více odstraněného P a zachyceného sedimentu bylo zaznamenáno v místech osázených bylinami (Zak a kol. 2019). Zajíček a kol. (2019d, online) uvádí, že „mezi nejúčinnější opatření na snížení vyplavování zejména dusičnanů a mateřských látek pesticidů patří zatravnění infiltrační (zdrojové) oblasti drenážního systému,“ tj. horní partie povodí, kde se infiltrují srážky do půdy. Ze zemědělsky intenzivně obhospodařovaných povodí je vyplavováno více  $\text{N-NO}_3^-$  než z luk, což je důsledek hnojení orné půdy na jedné straně a zároveň zmírňujícího efektu travnatých ploch na vyplavování dusičnanů na straně druhé. Zmírňující efekt trvalých travních porostů (TTP) nebyl tak výrazně pozorován u pastvin, ačkoli i zde se projevil. U fosforu rozdíl daný vlivem krajinného pokryvu pozorován nebyl (Fučík a kol. 2017, Zajíček a kol. 2019d). Výzkum Zajíčka a kol. (2019e) ukazuje, že z půdy pokryté TTP je drenáží vyplavováno až o 50 % méně  $\text{N-NO}_3^-$  než z orné půdy.

Častou doprovodnou vegetací při revitalizacích bývá v Česku olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), olše šedá (*Alnus incana*), vrba nachová (*Salix purpurea*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), vrba popelavá (*Salix cinerea*), rákos (*Phragmites*), skřípínek jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), okřehek (*Lemna*), orobinec (*Typha*), v zahraničí také vodní hyacint (tokozelka nadmutá, *Eichhornia crassipes*), (Kliment a kol., online, Vymazal 2008, Maiga a kol. 2017, Rousseau a kol. 2008).

## 2.6 Přehled adaptačních opatření

Přítomnost drenáží je nutné brát v potaz při revitalizacích vodních toků, vodních ploch, či mokřadů (Tlapáková 2017, Kulhavý a kol. 2019, Just a kol. 2005). Při navrhování a budování adaptačního opatření je potřeba minimalizovat riziko poškození svodných drénů při manipulaci s drenáží, aby v důsledku toho nedocházelo k zamokření zemědělské půdy mimo oblast adaptačního opatření, a tím omezení zemědělství, jak zmiňuje Zajíček a kol. (2019a).

Volba opatření je ovlivňována funkcí, kterou mají plnit: čištění vody, regulace či zvyšování HPV, zadržetí, případně znovuvyužití vody (Kulhavý a kol. 2020). Zadržetí může mít povahu akumulační pro delší období, i retenční, kdy opatření zpomalí odtok do řek, čímž roztáhne a zploští hydrogramy kulminačních průtoků při velkých srážkách. Dalšími přínosy adaptačních opatření jsou zachytávání sedimentů splachovaných z polí, produkce biomasy funkce biotopu a „stepping stone“ pro vodní i suchozemské organismy (Zak a kol. 2019). Volba závisí také na zájmu vlastníka, velikosti plochy, funkčním vztahu drenáže s okolními pozemky, objektech na drenáži, sklonu, hydraulice, hydrologii, půdních typech (Kulhavý a Fučík 2015) a na požadované kapacitě (Carstensen a kol. 2020).

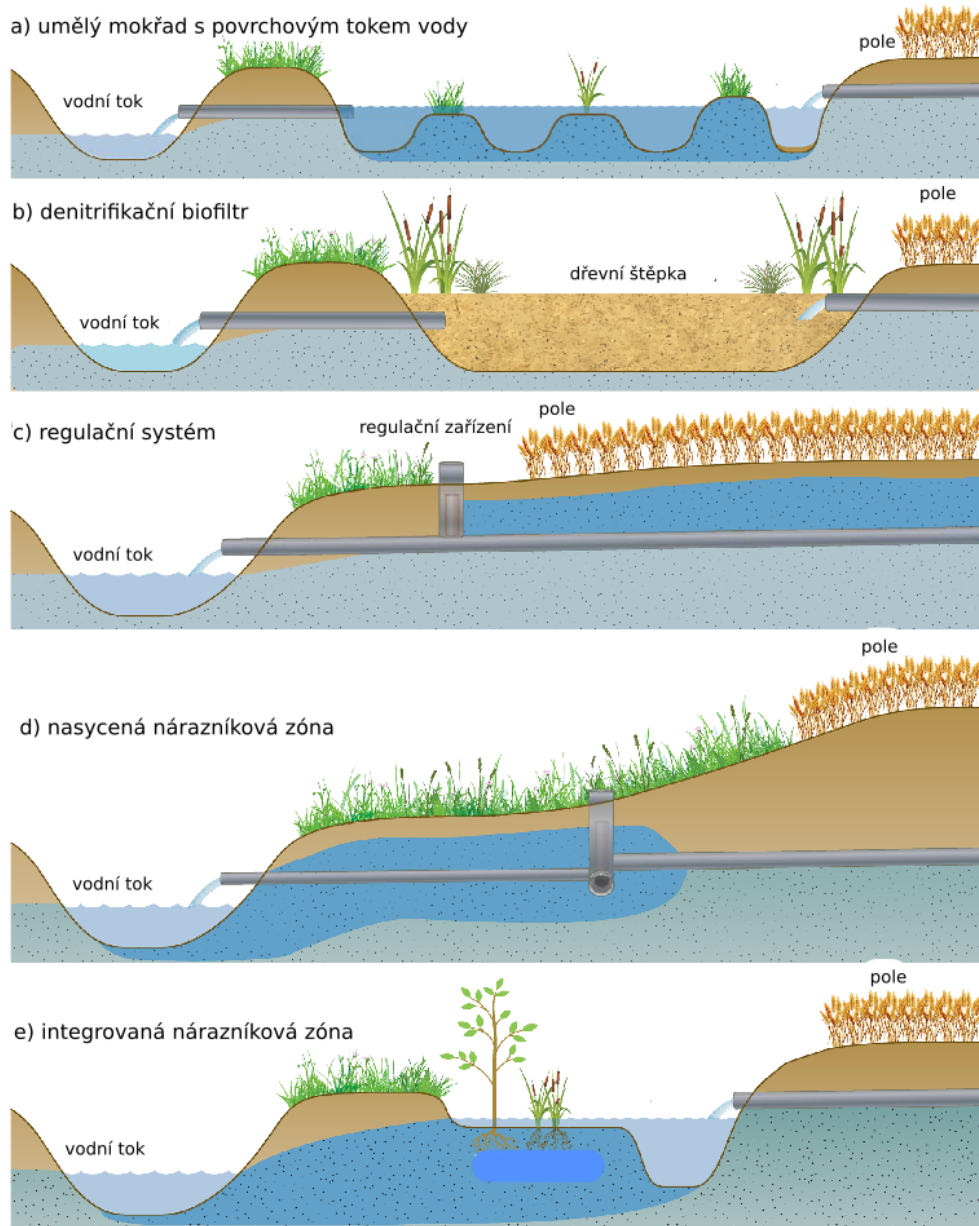
Podíl a množství polutantů odstraněných konkrétním opatřením je dle různých výzkumů značně variabilní a závisí na mnoha proměnných, jako jsou vlastnosti prostředí, využívání krajiny, roční období a srážkoodtokový režim (Pugliese a kol. 2020). Carstensen a kol. (2020) porovnával efektivitu vybraných opatření z lokalit po celém světě podle množství a podílu živin odstraněných z vody. Výběr údajů je uveden v Tabulce 1. Nejvyšší podíl  $\text{N-NO}_3^-$  z vody jsou schopny odstranit nasycené „buffery“ („saturated buffer zones“ – SBZ), a to 68 %, v čemž však není započítána voda, která je propouštěna rovnou do vodoteče. Při jejím započítání je to pouze 39 %. Více či rovno 40 %  $\text{N-NO}_3^-$  odstraní umělý mokřad s povrchovým tokem vody („free water surface constructed wetland“ – FWS CW), denitrifikační biofiltr („denitrification bioreactor/biofilter“ - DB) a regulační systém („controlled drainage“ - CD), přičemž CD má z nich nejvyšší efektivitu. Nejnižší efektivitu má integrovaná nárazníková zóna („integrated buffer zone“ - IBZ). Nejúspěšnější v odstraňování P jsou IBZ. Naopak CD fosfor spíše zadržují. Obrázek 4 představuje náčrtky pěti zmíněných opatření v pořadí FWS CW (část a), DB (b), CD (c), SBZ (d), IBZ (e). Podrobné popisy následují níže v podkapitolách.

**Tabulka 1: Porovnání efektivity vybraných adaptačních opatření v čištění vody**

Vysvětlivky: FWS CW - umělý mokřad s povrchovým tokem vody, DB - denitrifikační biofiltr, CD - regulační systém, SBZ - nasycená nárazníková zóna, IBZ - integrovaná nárazníková zóna

Zkoumaný jev	FWS CW	DB	CD	SBZ	IBZ
průměrný podíl odstraněného N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [%]	40 ± 17	44 ± 21	48 ± 18	68/37 ± 39/25	26 ± 4
průměrně odstraněný N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [g·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	60 ± 69	594 ± 481	1 ± 1	23 ± 18	140 ± 50
průměrný podíl odstraněného TP [%]	18 ± 46	29 ± 26	-50 ± 136		48 ± 6
průměrně odstraněný TP [g·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	0,68 ± 4,19	0,03 ± 0,13	-5,79 ± 5,79		2,44 ± 0,76

Zdroj: Carstensen a kol. (2020)



**Obrázek 4: Schémata pěti porovnávaných adaptačních opatření**

Vysvětlivky: a) umělý mokřad s povrchovým tokem vody, b) denitrifikační biofiltr, c) regulační systém, d) nasycená nárazníková zóna, e) integrovaná nárazníková zóna

Zdroj: Carstensen a kol. (2020)

Obvykle probíhají revitalizace vodních toků a HOZ. Adaptace DS jsou na to navázané (Zajíček a kol. 2019a). V následujících podkapitolách jsou představeny možnosti úprav drenážního systému nebo jeho výustí a výustí HOZ do vodoteče. Pro HOZ obecně platí, že „zvýšení drsnosti a prodloužení délky koryta (za současného snížení sklonu dna) zpomalí odtok vody z území, zvýší samočistící schopnost toku a alespoň částečně obnoví biotopy přirozeně se vyskytující podél vodotečí jako součást krajinné kostry“ (Vybíral a kol. 2020, s. 5). Pomalejší odtok přispívá k infiltraci a akumulaci do podzemních vod (Dzuráková a kol. 2017).

### **2.6.1 Eliminační opatření a rekonstrukce**

Kulhavý a kol. (2007) vyčleňuje rekonstrukci a ukončení provozu drenáže mimo adaptační opatření. Takové zákroky jsou vhodné v případech, kdy drenáž byla vybudována špatně, působí ke škodě krajiny, nebo byla silně poškozena a neplní odvodňovací funkci, či je pozemek zamokřován (Kulhavý a kol. 2020; MZe ČR 2020). Dalším důvodem eliminace je změna funkce pozemku ze zemědělské na jinou (Kulhavý a Fučík 2015).

Dle MZe ČR (2020) se mezi eliminační opatření řadí např. rušení částí staveb, přerušování drénů příčně vedenými výkopy a následným vyplněním méně propustnými materiály, vyjmutí sběrného drénu a zavezení zeminou, mokřady na odvodněné půdě, řízené dosloužení drenáže, zásepky na drenáži. Ty bývají umísťovány obvykle ve svodných drénech ve vzdálenosti 15–25 m, např. ve formě pytlů naplněných jílem nebo hustou betonovou směsí, nebo desek vkládaných do mezery mezi drenážními trubkami (Obrázek 5). Rozklad či ucpání drenáže je možné provést biologickým narušováním a ucpáváním kořeny vhodně vysazených vlhkomilných rostlin. V některých případech je vhodné přistoupit k částečnému nebo úplnému odstranění DS z pozemku (Kulhavý a Fučík 2015, Zajíček a kol. 2019b, Kulhavý a kol. 2015). Drenáž lze částečně eliminovat při revitalizacích vodních toků, do nichž potrubí ústí (Just a kol. 2005).

Za pozitivum eliminace odvodňovacích zařízení můžeme považovat ukončení potřeby jejich údržby. Negativem je definitivnost zákroku. V souvislosti s tím Kulhavý a kol. (2007) upozorňuje, že se může opět objevit potřeba intenzivnějšího zemědělství a odvodnění. Odstranění drenáží je finančně nákladné a jsou prováděny rozsáhlé zásahy na pozemku do hloubky, ve které je drenáž umístěna (Kulhavý a kol. 2020). Místo odstranění je vhodné zvážit použití některého z adaptačních opatření (Kulhavý a Fučík 2015). V případě snahy o zachování poškozené drenáže navrhuje Kulhavý a kol. (2020 s. 14) „provést celkovou rekonstrukci drenážního systému, což je uplatnitelné v malém rozsahu a jedná se o velmi nákladnou variantu.“ Ve srovnání s eliminačními opatřeními a rekonstrukcí je podle Kulhavého a kol. (2007) v praxi rozšířenější přístup „nic nedělat“, neboť je to přístup finančně nejdostupnější. Tímto způsobem je možné nechat drenáž spontánně dosloužit.



**Obrázek 5: Příklad instalace záslepky pro eliminaci fungování drenáže**  
Zdroj: Kulhavý a kol. (2015)

### 2.6.2 Odvodňovací systémy s regulací a retardací toku

Opatření snižují celkový odtok z DS i kulminační průtok při povodních, odtok je rozložen do delší doby (Wesström a kol. 2014). Soukup a Kulhavý (2003, s. 3) a podobně také Carstensen a kol. (2020) a Wesström a kol. (2014) uvádějí, že „účinek regulace se projevuje permanentním nebo občasným zvýšením HPV, zvyšováním zásob půdní vody, snížením drenážního odtoku o cca  $\frac{1}{4}$  až  $\frac{1}{2}$ , zkrácením období kritických (minimálních) hodnot půdních vlhkostí, zvýšeným podílem evapotranspirace, zvýšením dotace podzemních zásob vody a zvýšením výnosů zemědělských plodin.“

Regulační opatření podporují retenci i akumulaci vody v půdě, ale aby nedošlo k zamokření, je třeba udržovat HPV v dostatečné hloubce pod povrchem (Kulhavý a kol. 2019). S regulací toku vody je omezováno vyplavování nutrientů, takže jsou díky zadržení v zemědělské ploše přijímány rostlinami, čímž se snižuje znečištění povrchových vod a zvyšují se výnosy (Kulhavý a Fučík 2015). Opatření jsou uplatitelná především v rovinatých terénech. Denitrifikační procesy probíhají jen málo kvůli nedostatku uhlíkatého materiálu (Carstesen a kol. 2020, Wesström a kol. 2014). Zkušební projekty s regulačními systémy probíhaly od 70. let v Polabí a na jižní Moravě (Kulhavý a kol. 2007).

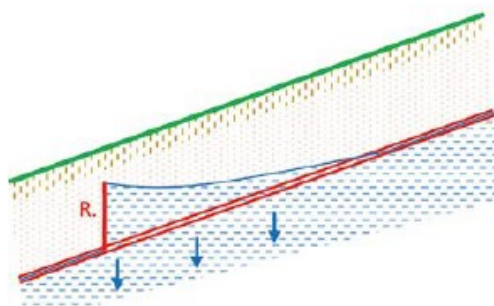
Existují různé typy regulace. **Regulační drenáž** spojuje závlahovou a odvodňovací funkci. Je zajištěn přívod závlahové vody do drenáže, a HPV může být uměle doplňována a udržována. Po zastavení přívodu zavlažovací vody pomocí regulačních prvků v šachticích bude drenáž odvodňovat. Regulace HPV funguje během celého vegetačního období (Kulhavý a kol. 2020). Soukup a Kulhavý (2003) předpokládají, že regulační drenáž zadrží 400–1100 m<sup>3</sup> vody na hektar za rok, což je více než u dalších uvedených typů, kde je efektivita 200–600 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> za rok.

**Drenáž s regulovaným (ovládaným, řízeným) odtokem** je v zahraniční literatuře nejčastěji uváděna pojmem „controlled drainage“ (schéma c) na Obrázku 4). „Hladina podzemní vody je řízena speciálním retardačním prvkem umístěným na drenážní šachtici“ (Kuráš a Soukup 2004, s. 248). Hradítko zvyšuje bázi odvodnění, což má podobný efekt, jako kdyby se drenáž uložila blíže k povrchu, tedy výše nad HPV (Kulhavý a kol. 2019). Při **podzemní retardaci drenážního odtoku** jsou

do potrubí vkládány retardační prvky ve tvaru obráceného T (Obrázek 6), čímž dochází ke vzduť vody na regulovanou výšku, jak je znázorněno na Obrázku 7. Hustota prvků je 4–12 na hektar. Další možností je **převod** soustředěných **drenážních vod** ze zamokřené do sušší plochy (Soukup a Kulhavý 2003, Kuráž a Soukup 2004, Carstensen a kol. 2020).



**Obrázek 6: Ukázka regulačního prvku ve tvaru obráceného T**  
Zdroj: Kulhavý a kol. (2020)



**Obrázek 7: Schéma vzduť hladiny podzemní vody pomocí regulačního prvku**  
Zdroj: Kulhavý a kol. (2019)

### 2.6.3 Umělé mokřady a tůně

Podle VÚV TGM (2018, s. 102) je mokřad „sezonně nebo trvale podmáčená nebo mělce zatopená plocha přispívající ke komplexnosti revitalizace území, kde jsou přirozené podmínky k rozvoji rostlin přizpůsobených k životu ve vodě. Cílem opatření je akumulace vod na plochách vhodných k zamokření a pomalé vsakování vod do půd anebo vytvoření vhodných stanovišť.“

Umělé i přírodní mokřady jsou, i díky nízkému provzdušnění, využitelné při procesu čištění zemědělského znečištění i komunálních a průmyslových odpadních vod. Umělé mokřady vytvářejí podobné podmínky pro fungování procesů jako přírodní a jejich vývoj je možno usměrňovat (Vymazal 2011, Vymazal 2017, Rousseau a kol. 2008). Carstensen a kol. (2020), Zajíček a kol. (2019d) a Pugliese a kol. (2020) uvádějí, že umělé mokřady fungují jako biotop, zadržují vodu v krajině pro sušší období, zpomalují drenážní odtok, působí jako ochrana před povodněmi, zachytávají sedimenty a polutanty, odbourávají pesticidy, zadržením nutrientů je zprostředkovávají pro absorpci rostlinám a zvyšují denitrifikaci. Schopnost pohlcovat fosfor je sporná, v některých případech jsou mokřady dokonce jeho zdrojem, díky rozkládajícím se rostlinám. Příčinou může být

také mobilizace reaktivního P ze sedimentů. Braskerud a kol. (2005) uvedl, že se stářím mokřadu se zvyšuje schopnost zadržet částicový P. Mokřady jsou uplatnitelné v terénech se sklonem 2–3 % (Carstensen a kol. 2020).

Hydrologicky jsou rozlišovány mokřady s povrchovým či podpovrchovým tokem vody, a s vertikálním či horizontálním tokem. Typy se liší také v efektivitě čištění vody. Většina mokřadů má horizontální povrchový tok (Maiga a kol. 2017, Rousseau a kol. 2008, Vymazal 2017). V horní části vodního sloupce probíhají procesy aerobní, v zamokřené půdě a při dně potom procesy anoxické a anaerobní (Vymazal 2008). Mokřady mohou být hodnoceny podle toho, jestli vegetace je plovoucí, ponořená, či vyčnívající nad hladinu. V umělých mokřadech převažuje ta, která koření ve dně a vyčnívá nad hladinu (Vymazal 2011).

**Mokřady s povrchovým tokem vody** jsou v zahraniční literatuře známé jako FWS CW. Stávají se z vodní plochy, včetně hlubší (1–2 m) sekce vhodné pro sedimentaci, sekce s podmáčenou půdou a sekce porostlé vegetací (Obrázek 8, případně schéma a) na Obrázku 4), (Vymazal 2017, Maiga a kol. 2017). V provzdušněných místech blízko hladiny probíhá nitrifikace amoniakálního dusíku, a následně ve spodní anaerobní zóně denitrifikace  $\text{NO}_3^-$ . Živiny jsou odebírány také na produkci biomasy. Mokřady jsou efektivní v rozkladu organického znečištění díky mikrobiálním dekompozičním procesům (Vymazal 2011, Vymazal 2008).

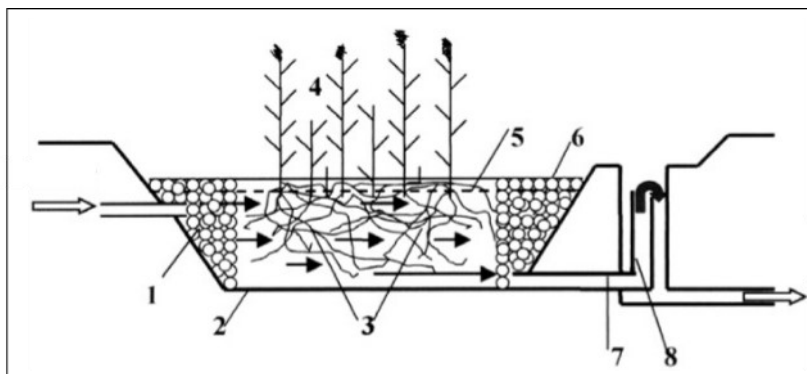


**Obrázek 8: Mokřad s povrchovým tokem vody, příklad z Austrálie**  
Zdroj: Vymazal (2010)

**Mokřady s podpovrchovým tokem vody** fungují na principu vertikálního, horizontálního nebo kombinovaného toku. V mokřadu s horizontálním tokem voda pomalu teče skrz porézní, převážně anaerobní prostředí, jak je znázorněno na Obrázku 9. (Maiga a kol. 2017). Aerobní zóny vznikají kolem kořenů a oddenků vysázené vegetace. Obě zóny tvoří prostředí pro bakteriální rozklad organických zbytků. Ačkoli anaerobní prostředí omezuje oxidaci amoniakálního dusíku a nitrifikaci, poskytuje vhodné podmínky pro denitrifikaci (Vymazal 2011, Rousseau a kol. 2008). Mokřady



s vertikálním tokem jsou stavěné na intermitentní tok a nejsou využívány pro čištění vod plynoucích ze zemědělských pozemků (Maiga a kol. 2017).



**Obrázek 9: Schéma umělého mokřadu s pod povrchového tokem vody**

Vysvětlivky: 1) prostor pro přitékající vodu, vyplněný velkými kameny (porézní prostředí), 2) nepropustná vrstva, 3) filtrační materiál, prokořeněná vegetací, 4) vegetace, 5) vodní hladina, 6) odtoková sběrná zóna, 7) drenážní trubka, 8) konstrukce pro odtok, regulující úroveň vodní hladiny  
Zdroj: Vymazal (2010)

Z tuzemské literatury a metodik (Just a kol. 2005, Just 2018, Just a kol. 2020, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV TGM) 2016) vyplývá, že mokřady na vyústění drenáží nebývají budovány se všemi uvedenými náležitostmi. Může se jednat o prostou zamokřenou plochu s vodou proudící z drenáže. „Za mokřad lze považovat neovladatelný prostor s akumulovanou vodou, např. močál, prameniště, rašelinště, podmáčenou louku, jezírko, tůň, dno dlouhodobě vypuštěného rybníka atd“ (VÚV TGM 2018, s. 102). „Základním typem nivního mokřadu je úplně obyčejná, přirozeně zamokřená nivní louka. K obnovení tohoto typu mokřadu obvykle postačuje eliminovat vlivy způsobující odvodnění příslušné plochy – nepřírozené zahloubení koryta vodního toku a navazující technické odvodnění nivy“ (Just a kol. 2020, s. 277). Mokřad je tokem protékán, nebo leží mimo něj. Je vhodné, aby byl dispozičně i hloubkově členitý, se zálivy a ostrůvky.

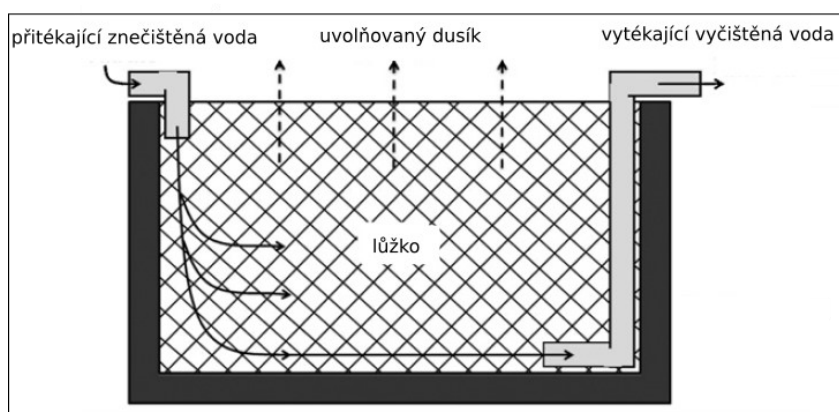
Just a kol. (2005) a VÚV TGM (2018) uvádějí, že drenáž může ústit do tůně při revitalizovaném vodním toku a být jejím důležitým zdrojem vody. Tůň může být vytvořena přímo na vodním toku (průtočná), nebo v jeho blízkosti, propojena s ním (boční). Podle Justa (2018) lze i běžně zahloubená výustní místa považovat za tůně. Tůně se mohou postupně zanášet sedimenty vyplavovanými z drenáže. Je vhodné udržovat hladinu v úrovni terénu, aby se vytvořila široká zóna zamokření, a tůň se stala součástí mokřadu. Mokřady a tůně popisované v české literatuře tedy někdy nejsou tak sofistikované jako příklady ze zahraničí, avšak jsou snadnější na konstrukci i na případnou údržbu.

#### **2.6.4 Denitrifikační biofiltr**

Účelem denitrifikačního biofiltru/bioreaktoru je snížení koncentrace dusičnanů a fosforečnanů ve vodě a zpomalení toku vody. Je založen na pomalém průtoku vody redukcí látkou. „Tato je ve většině případů uhlíkatá a organická, a denitrifikaci zprostředkovávají tzv. chemoorganotrofní



bakterie. Náplní jsou v současné době nejčastěji různé kombinace dřevní štěpky, kůry, popř. v kombinaci s anorganickým substrátem“ (Zajíček a kol. 2019c, s. 19). Dřevní štěpka může být nahrazena např. slámou, kukuřičnými klasy nebo stonky, ale je nutná jejich častější výměna kvůli vyčerpání C. Dřevní štěpku je potřeba měnit po 5–15 letech. Pokud byly částice uhlíkaté látky příliš rozměrné, denitrifikace probíhala pouze v povrchové vrstvě a jádro se nepodílelo, čímž se snížila efektivita DB. Pomalejšímu rozkladu uhlíkatého materiálu napomáhá anaerobní prostředí, které DB poskytuje (Schipper a kol. 2010, Carstensen a kol. 2020, Pugliese a kol. 2020). Zajíček a kol. (2019d) poukazuje na možnost sorpce pesticidů v biofiltrech, avšak tato teorie není dostatečně prozkoumána. K odstraňování P dochází v biofiltrech převážně zadržováním P vázaného na částicích, zatímco úbytek rozpuštěného reaktivního fosforu je minimální. DB jsou budovány na povrchu i pod povrchem půdy. Jsou vhodné do terénu se sklonem 2–3 % (Carstensen a kol. 2020). Schipper a kol. (2010) popisuje tři využívané typy biofiltrů: denitrifikační zdi, lůžka a vrstvy („denitrification walls“, „beds“, „layers“). Lůžka (Obrázky 10 a 11, příp. schéma b) na Obrázku 4) jsou nádoby a nádrže vyplněné uhlíkatým materiálem, do nichž je vyústěna drenáž přivádějící znečištěnou vodu. Ve větším měřítku může být opatření zbudováno na HOZ nebo na vodním toku. Hloubka nádoby bývá 1–2 m. Jsou konstruovány spíše na běžné průtoky než na povodňové výkyvy. Zdi jsou protáhlá tělesa z uhlíkatého materiálu, umístěná pod zemí, kolmá na tok podpovrchové vody. Nachází-li se v půdě drenáž, jsou budovány podélně s ní. Voda, která přes zdi protéká do drenáže, se čistí. Vrstvy jsou oproti tomu konstruovány horizontálně. Znečištěná voda na ně dopadá shora a prostupuje jimi. Voda procházející biofiltrem je mikrobiální činností zbavována rozpuštěného kyslíku, což může mít negativní dopady na biotu, která vodu bude čerpat. Výhodou DB je, že jsou poměrně jednoduché na konstrukci i údržbu.



**Obrázek 10: Schéma denitrifikačního lůžka ("bed")**

Zdroj: Schipper a kol. (2010)



**Obrázek 11: Ukázka denitrifikačního biofiltru (lůžko)**  
Zdroj: Zajíček (2019a)

### 2.6.5 Primárně protierozní opatření

Protierozní opatření jsou cílena zejména na zmírnění dopadů srážkoodtokových situací, ale uplatní se i v období sucha. Do těchto opatření nebo jejich okolí může ústít drenáž. Dle Dzurákové a kol. (2017, s. 25) mají podpořit vsakování vody a zpomalovat a odvádět povrchový odtok, aby nenabyl síly schopné odnášet zeminu, zvýšit retenci a zkrátit dráhu povrchového odtoku. Toho bývá dosaženo krajinným pokryvem chránícím půdu před erozním účinkem kapek, návrhem optimálního tvaru pozemku a pomocí liniových biotechnických opatření (Uhrová a kol. 2016). Jedná se zejména o svodné, záchytné a „zasakovací příkopy (na Obrázku 12) a průlehy, hrázky doplněné průlehy, přehrážky v údolnicích, zasakovací pásy apod. Tyto prvky je vhodné doplnit o travnatý pás s doprovodnou zelení“ (Dzuráková a kol. 2017, s. 25). Remízy a meze je vhodné obnovit tam, kde byly před kolektivizací (Zajíček a kol. 2019e). Nasycené prostředí vzniklé zadržením vody vytvoří podmínky pro denitrifikaci, kterou lze podpořit dodáním kůry nebo slámy (Wicke a kol. 2015).



**Obrázek 12: Ukázka zatravněného zasakovacího příkopu**  
Zdroj: Dzuráková a kol. (2017)

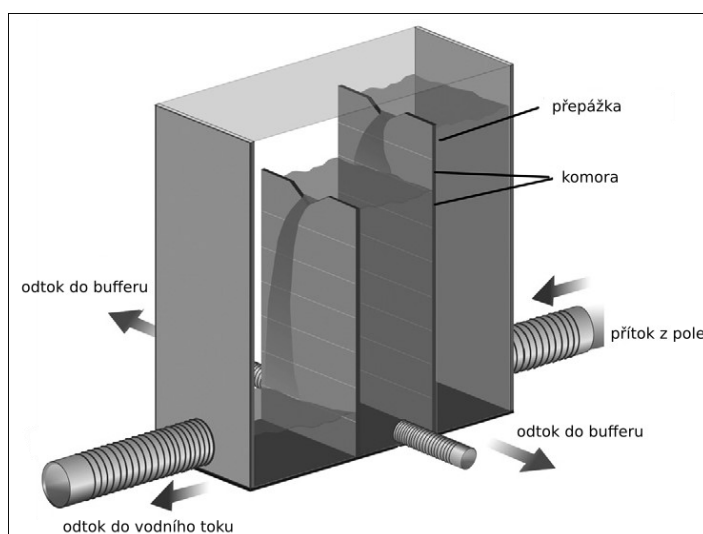
### 2.6.6 Suchý „buffer“ pokrytý vegetací

„Buffer“ (nárazník) je uplatnitelný v případě plošného splachu i v případě drenážních vod. Jedná se o vyvýšenou zónu, přes kterou voda infiltruje do vodoteče, a která by měla vytvářet anoxické prostředí (Carstensen a kol. 2020). „Buffery“ jsou budovány za účelem snížení difuze N, P, pesticidů

a sedimentu a půdy z polí do povrchových vod, vytvoření habitatu pro vlhkomilné a vodní druhy rostlin adaptované na eutrofní prostředí a produkce biomasy v podobě rychle rostoucích mokřadních rostlin. Zak a kol. (2019) poukazuje na to, že efektivita zadržení N, P, pesticidů a sedimentů se projevuje až při šířce „bufferu“ větší než 10 m, ale poté je velmi vysoká, a to až 90 %, což potvrzuje Lee a kol. (2020). Vyšší efektivita byla u „bufferů“ pokrytých trávou i dřevinami než u pouze zatravněných, díky prokořenění. „Buffery“ je vhodné osázet rychle se šířícími druhy vegetace. Z tohoto opatření vycházejí SBZ a IBZ. V „bufferech“ probíhá denitrifikace jako převažující proces, dále odběr N a P rostlinami a mikrobiální imobilizace (Zak a kol. 2018, Zak a kol. 2019).

### 2.6.7 „Saturated buffer zone“

Tzv. nasycená nárazníková zóna je jako nová metoda přestavena v článku od Jaynes a Isenhardt (2013) a dále Jacquemin a kol. (2020). Schematický náčrtek je na Obrázku 4, schéma d). Do vyvýšeného břehu je paralelně s vodotečí zabudováno potrubí vedoucí drenážní vodu, která by jinak vytékala rovnou do toku (Carstensen a kol. 2020). Voda je do „bufferu“ usměrněna formou řídicího boxu (Obrázek 13). Jaynes a Isenhardt (2013, s. 632) popisují, že „řídicí box je tvořen třemi komorami oddělenými dvěma přepážkami, které mohou být užity k nastavení vodní hladiny v prostřední komoře.“ Do první komory voda vtéká. Z prostřední komory odtéká do potrubí vedoucího „bufferem“. Při vysokém přítoku z pozemku přetéká voda i přes druhý přepad a dále z třetí komory do vodního toku. V případě potřeby rychlého odvodnění stačí vyjmout přepady. Nevýhodou je nutnost přítomnosti osoby, která toto provede. Délka trubky v „bufferu“ může být až několik set metrů, na koncích je zaslepená. Zadržaná voda nasycuje „buffer“. S rostoucí vzdáleností od zaústění drenáže do „bufferu“ byla pozorována snižující se koncentrace dusičnanů ve vodě. SBZ se hodí do terénu se sklonem 2–8 % (Jacquemin a kol. 2020, Jaynes a Isenhardt 2013, Carstensen a kol. 2020).



**Obrázek 13: Řídicí box umístěný v nasycené nárazníkové zóně**  
Zdroj: Jaynes a Isenhardt (2013)

### 2.6.8 „Integrated buffer zone“

Zak a kol. (2018) a Zak a kol. (2019) představují tzv. „integrated buffer zone“ (integrovanou nárazníkovou zónu). Měla by být efektivnější než suchý „buffer“. Můžeme si ji prohlédnout výše na Obrázku 4 a níže na Obrázku 14. Voda z drenáže ústí do mělké tůně a z ní je přefiltrována přes břehovou zónu do vodního toku. Současně může být část vody odvedena z tůně přímo do recipientu pomocí další drenáže, a může být vybudován i prvek (studna) umožňující vypustit celou nádrž. „Buffer“ je tvořen převážně pískem a štěrkem s příměsí jílu. Efektivita denitrifikace je zvýšena přítomností dřevní štěpky jakožto zdroje C. Tyto materiály lze použít též na dno vodní nádrže. Rozloha celého systému se pohybuje mezi 250–800 m<sup>2</sup>, přibližně polovinou se podílí „buffer“ a polovinou tůň. Doba zdržení vody v modelovém projektu v Dánsku je 3–6 dní. Při přívalových srážkách nádrž zadrží určitý objem vody, čímž oddálí a sníží kulminaci průtoku, ale tato schopnost by neměla být přeceňována. Opatření je uplatnitelné v lokalitě se sklonem větším než 4 % (Carstensen a kol. 2020).



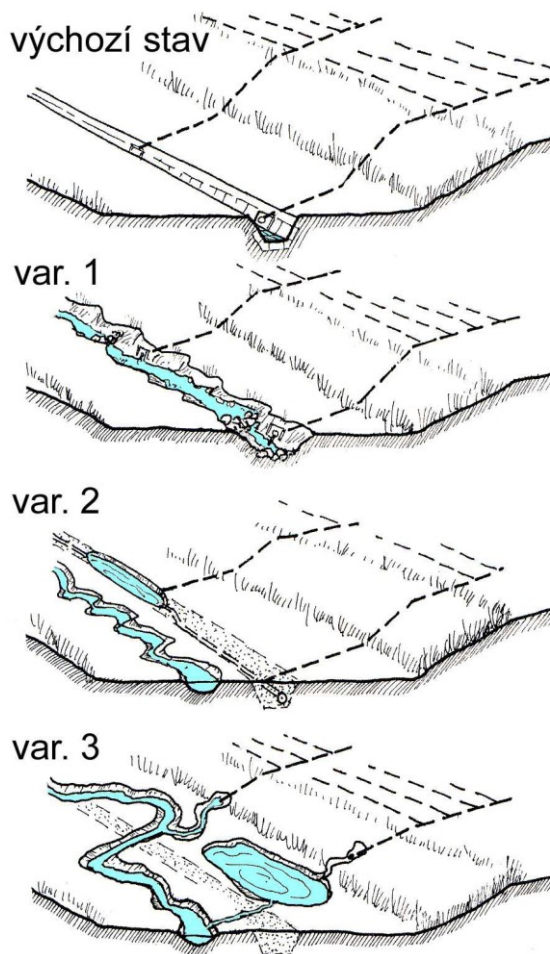
**Obrázek 14: Pohled na integrovanou nárazníkovou zónu**  
Zdroj: Zak a kol. (2019)

### 2.6.9 Adaptace odvodňovacích zařízení při revitalizaci vodního toku

Na Obrázku 15 jsou zakresleny a v textu popsány možnosti úprav odvodňovacích zařízení při revitalizaci vodního toku, kdy jsou tyto úpravy nezbytné a jsou spíše vedlejším efektem revitalizace. „S trubními hlavníky drenážních soustav, které ústily do upraveného koryta, lze naložit různými způsoby:

- Na funkci odvodnění rezignovat, protože je neúčinné nebo nepotřebné. Dolní části hlavnků se odtlakují otevřením do terénu nebo kterýmkoliv z dále uváděných způsobů.
- Hlavnky respektovaných odvodňovacích zařízení otevřít v okraji nivy, pod zlomem bočního svahu, a to volně do terénu s následkem žádoucího přimokření nivy, do nivní tůně nebo do mělkého otevřeného koryta přírodě blízkého rázu (Obrázek 15, varianta (var.) 3).
- Vyvést hlavníky do dostatečně hlubokých tůní v nivě nebo v korytě revitalizovaného toku (Obrázek 15, var. 1 a 3).

- V místech ústění hlavníků do rušeného koryta vytvořit v jeho stopě postranní tůň (Obrázek 15, var. 2).
- Respektovat místa ústění hlavníků do regulovaného koryta, včlenit je do nového koryta a situovat do nich, při zachování potřebné hloubky dna, „výústní tůň“ (Obrázek 15, var. 1).
- Při částečné revitalizaci, kdy se zachovává stopa regulovaného koryta, provádět změlčování apod. revitalizační úpravy vždy nad výústními místy“ (Just a kol. 2005, s. 28, 29; obdobně Just a kol. 2003).



**Obrázek 15: Možnosti adaptace odvodňovacích zařízení při revitalizaci vodního toku**

Vysvětlivky: var. 1 – revitalizované koryto si v místech výústí drenáží zachovává původní hloubku, případně jsou situovány drobné tůňky, var. 2 – je vytvořeno nové koryto vodního toku, v původním jsou tůňky, případně je vloženo potrubí, kam drenáž ústí, var. 3 – hlavníky drenáží se otevírají na okraji nivy, voda teče po povrchu  
 Zdroj: Just a kol. 2005

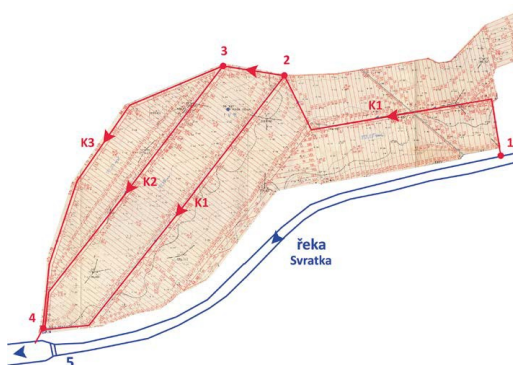
V případě změny trasy koryta je možno regulační koryto využít tak, že „do regulačního koryta je vložen svodný drén pro zachycení odvodňovacích detailů z pole. Částečným zasypaním je toto koryto upraveno v nenápadný travnatý příkop, schopný zachycovat splaveniny z pole. Nutno však počítat s tím, že i takový příkop bude soustřeďovat povodňové proudění. Proto, pokud bychom od této revitalizace požadovali jako jeden z významných efektů tlumení průběhu povodní rozlivem

v nivě, bylo by vhodnější zbytkový příkop úplně zasypat“ (Just a kol. 2005, s. 24). Tento sběrač bude vyústěn do nového koryta vodního toku, až to bude možné.

## 2.7 Příklady projektů adaptací odvodňovacích opatření

### Regulační drenáž v Uherčicích

Stavba o rozloze 113 ha na březích řeky Svratky pochází z roku 1991. „Využívá gravitační princip pro odvodnění i závlahu: odvodňovací fáze probíhá po otevření šoupat dolní výpusti, kdy voda odtéká do podjezí. Závlahy je dosahováno otevřením šoupat odběrného objektu na břehu řeky a uzavřením dolních výpustí. Po ploše je voda rozváděna systémem drénů,“ popisuje Kulhavý a kol. (2019, s. 11). V půdním profilu je možno akumulovat až 150 000 m<sup>3</sup> vody. Schéma části stavby je na Obrázku 16.



**Obrázek 16: Schéma části regulační drenáže Uherčic**

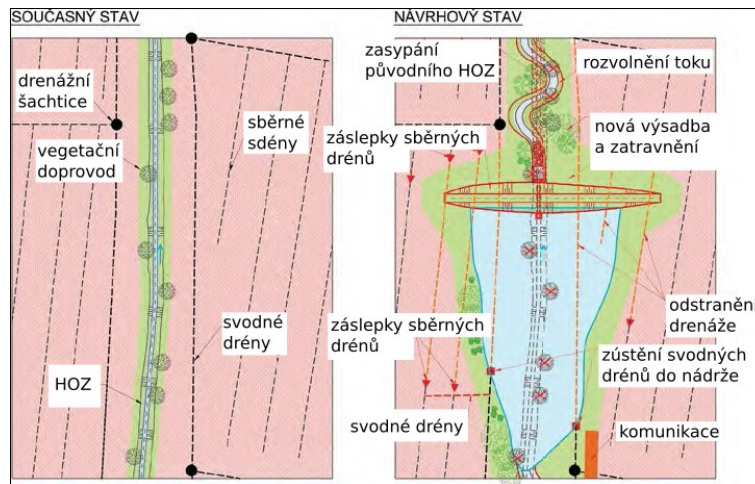
Vysvětlivky: 1 - odběrný objekt; 2,3 - rozdělovací šachty; 4 - sdružená regulační šachta s odpadním potrubím vyvedeným do podjezí; 5 - jez na řece Svratce; K1, K2, K3 - hlavní rozváděcí potrubí.

Zdroj: Kulhavý a kol. (2019)

### Revitalizace v povodí vodního toku Žejbro

Adaptace odvodňovacích zařízení proběhla v návaznosti na revitalizaci vodního toku (Zajíček a kol. 2020). Jak je znázorněno v Obrázku 17, byla navržena průtočná tůň na vodním toku. V jejím okolí byly zaslepeny sběrné drény, aby nedocházelo ke zpětnému toku vody z tůně do drenáže. Svodné drény byly zaústěny do tůně, případně do vodoteče: „z důvodu nivelety HOZ jsou drény vedeny souběžně s tokem a pomalu klesají, než do něj zaústí“ (Zajíček a kol. 2019a, s. 7). Některé drény byly zavedeny do denitrifikačních biofiltrů nebo byly přerušeny před zaústěním do vodoteče, čímž vznikly mokřady. Technická opatření byla doplněna vysázením vhodné vegetace. Další, méně častá opatření navrhovaná v projektu, jsou převody vod a zatravněné pásy a údolnice. Tvůrci projektu očekávají zlepšení hydrologické bilance, zvýšení biodiverzity a estetičnosti, snížení eroze, podporu denitrifikace a odbourání reziduí pesticidů (Zajíček a kol. 2019a, Zajíček a kol. 2019c).





**Obrázek 17: Nákres plánované průtočné tůně a adaptace drenáže na vodním toku Žejbro**  
Zdroj: Zajíček a kol. (2020a)

### Eliminace drenáže v povodí Sviňovického potoka

V projektu revitalizace Sviňovického potoka „v dolním úseku koryta na pravém břehu došlo k částečnému odstranění plošné drenáže a drény byly před zústěním koryta vyvedeny na povrch, což vyvolalo potřebu zahloubení koryta oproti původnímu stavu,“ uvádí Kliment a kol. (online, s. 5).

### Eliminace drenáže v revitalizačním projektu Lesnovských mokřadů u Jihlavy

Na počátku projektu nebylo známo, že se v území nachází rozsáhlá odvodňovací síť. Pouhé zaslepení potrubí se ukázalo jako neefektivní, takže drenážní síť musela být odstraněna, aby voda nebyla okamžitě odváděna. Akumulace vody byla podpořena revitalizací vodního toku a tvorbou tůní (Obrázek 18, Adaptterraawards.cz). V jiném projektu z Adaptterraawards.cz, Systém malých tůňek a mezí k zadržování vody, byly hydromeliorace pouze zaslepeny, takže voda je v nich zadržována.

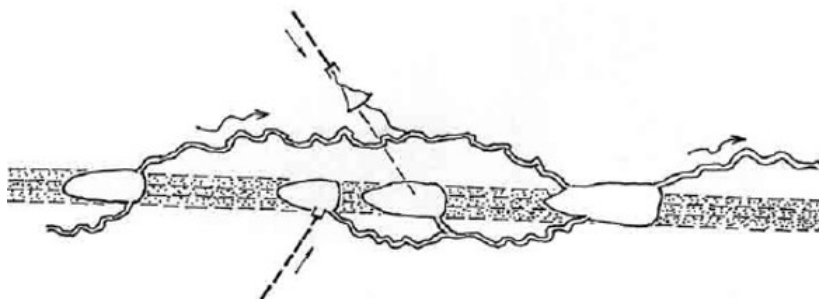


**Obrázek 18: Lesnovské mokřady**  
Zdroj: Adaptterraawards.cz

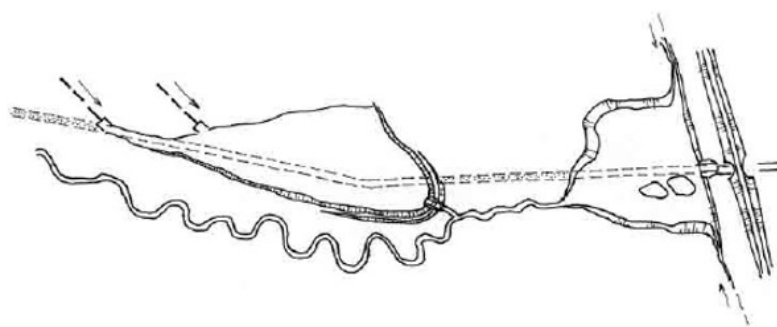
### Revitalizace potoka u Borové na Českokrumlovsku

Obrázky 19 a 20 ukazují realizovaná opatření. Dle Obrázku 19 bylo zbudováno revitalizační koryto a v regulovaném korytě byly vytvořeny tůně, do nichž ústí drenáž. Zbytek regulovaného koryta byl zasypán. Obrázek 20 znázorňuje dolní konec revitalizovaného úseku. Jsou na něm zbudovány dvě

tůně, z nichž horní je sycena drenážní vodou a je odvodňována do revitalizovaného toku, a spodní průtočná tůň slouží především k zachytávání sedimentů (Just a kol. 2003).



**Obrázek 19: Schéma tůní vybudovaných v trase potoka u Borové před jeho revitalizací**  
Zdroj: Just a kol. 2003



**Obrázek 20: Schéma boční a průtočné tůně na potoce u Borové**  
Zdroj: Just a kol. 2003

### **Spojení mokřadu a biofiltru**

Spojením dvou opatření v modelovém projektu v Dánsku má být dosaženo vyšší efektivity v čištění vody od N a P. Stavba se skládá ze sedimentační plochy, biofiltru a čistící plochy s vodou. Probíhá sedimentace P vázaného na částicích, následně denitrifikace a imobilizace. Při porovnání běžného mokřadu a tohoto projektu, běžný mokřad odstraňoval průměrně 26 % celkového N, a mokřad s biofiltrem 27 %, tedy téměř stejně. Zadržení TP se zvýšilo ze 6 % na 24 % (Pugliese a kol. 2020).

### **Mokřady ve Francii**

V povodí o rozloze 355 ha v jihovýchodní Francii je zemědělsky obděláváno 98 % z této rozlohy. Mokřady zbudované na výustích svodných drénů byly osázené vegetací. Prvořadým cílem je záchyt pesticidů. Projekt byl koncipován jako spolupráce s vlastníky pozemků s důrazem na komunikaci s nimi, aby se mohli rozhodnout, jestli budou na projektu participovat. Projekt trval přibližně 5 let, z toho první 2 roky byly věnovány monitoringu lokalit a komunikaci s vlastníky (v článku nazváno jako „přesvědčování farmářů“). Na rozdíl od projektů, kde jsou pozemky odkupovány, zde zůstává půda farmářům, kteří na její větší části mohou dále hospodařit (Tournebize a kol. 2012).



### 3 METODIKA A ZDROJE DAT

Při tvorbě této práce byly využity počítačové softwary ArcMap 10.6, Microsoft Word, Microsoft Excel a Inkscape.

#### 3.1 Zdroje pro fyzickogeografickou analýzu území

Hlavním zájmovým územím je povodí Klíšského potoka IV. řádu. Kromě toho byly zkoumány dílčí části povodí – odvodněné plochy a oblast 200 m na obě strany od potoka. Pro úvodní charakteristiku a mapu povodí byly zpracovány zdroje ArcČR 500, DIBAVOD, ČÚZK, Centrální evidence vodních toků (CEVT, poskytnuto Povodím Ohře) a Mapy.cz (základní). Charakteristiky dílčích sfér fyzické geografie využívaly další specifické zdroje na ně zaměřené. Charakteristika území spočívá především v tvorbě textu, map a tabulek a jejich analýze.

Pro popis geologie a geomorfologie byly využity Geovědní mapy České geologické služby (ČGS) 1:50 000 a WMS služby CENIA zobrazující geomorfologické členění, dále byla provedena analýza digitálního modelu reliéfu ArcČR 500. K popisu klimatu byla využita databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) dostupná na webu SPÚ. Popis hydrologie se opírá o Mapu hydrogeologických rajonů ČGS, WMS služby MZe ČR, a dále jsou formou grafu zpracována data o vydatnosti pramene v povodí, která zaslal Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Mapy ČGS byly použity také při analýze půdních poměrů, ale zde byly hlavním zdrojem BPEJ (SPÚ, platné k březnu 2021). Byla provedena analýza zastoupení a lokalizace hlavních skupin půdních typů, které vznikají sloučením hlavních půdních jednotek (HPJ) dle metodiky zveřejněné na webu Statistiky VÚMOP. HPJ jsou definovány ve Vyhlášce 327/1998 Sb, Příl. 2 Charakteristika HPJ.

Krajinný pokryv je též nahlížen dle několika zdrojů. Minoritní roli hraje Mapa potenciální přirozené vegetace CENIA. Podrobněji analyzovány byly zdroje Corine Land Cover (CLC) a také byla použita Konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES) vytvořená Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR) a CzechGlobe díky grantovému projektu TD010066 „Integrované hodnocení ekosystémových služeb v České republice“ poskytnutému Technologickou Agenturou ČR. Bylo provedeno porovnání změn krajinného pokryvu CLC mezi lety 1990 a 2018 (v roce 1990 začíná řada Corine Land Cover, a také začínají změny krajiny spojené s koncem komunistického režimu). Pro efektivní porovnání obou let byly třídy sloučeny do čtyř základních skupin (dle Přílohy 1), protože konkrétní přítomné třídy v obou letech se mírně lišily. Původních tříd je v území poměrně málo, takže generalizace neznamená podstatnou ztrátu informací o území. Vznikly skupiny Zástavba a infrastruktura, dále Orná půda, Trvalé travní porosty a Lesy. Pohled do dřívější historie poskytují mapy II. a III. vojenského mapování a historické ortofoto z 50. let, dostupné z portálu CENIA. Oddíl věnovaný ochraně přírody čerpá ze zdrojů AOPK ČR, MZe ČR a CENIA.

### **3.2 Tvorba databáze hydromelioračních opatření**

Pro navržení adaptačních opatření je potřeba znát polohu odvodněných ploch i jednotlivých drénů, zejména jejich vyústění do vodního toku (Tlapáková 2017). Vybíral a kol. (2020, s. 43) upozorňuje, že „k vytvoření spolehlivé a věrohodné databáze je nezbytné shromáždit značné množství údajů z různých zdrojů, které potvrdí/vyvrátí existenci a fyzický stav řešené stavby HOZ nebo POZ.“ Kulhavý a kol. (2020) doporučuje vyhledat dokumentaci, historické mapové podklady a aktuální i archivní letecké snímky. Má být proveden terénní průzkum, včetně odkopání části drenáže a pedologického průzkumu, bude-li potřeba. Nedestruktivní metody při terénním průzkumu zahrnují využití GPS pro zaznamenání pozice drénů a potrubní kamery pro vyhodnocení stavu drénů. Tyto metody je možné doplnit diskuzí s odborníky, majiteli a pamětníky (Kulhavý a Fučík 2015). Pro lokalizaci drenážních výustí lze využít termografickou metodu, pozemní i dálkovou, založenou na odlišném tepelném vyzářování vody z drenáže a ve vodoteči (Marval a kol. 2019).

Při shromažďování dokumentace je nejpřínosnější zakres skutečné aktuální situace „nebo alespoň situace původní v měřítku map zpravidla 1:1 000. Projekt však obsahuje i další složky jako je technická zpráva s popisem technologie výstavby, provedené průzkumy,“ uvádí Kulhavý (2019). Na zakresu 1: 1 000 mají být znázorněny jednotlivé objekty na drenáži, liniové i bodové. Tlapáková (2017) a Mze ČR (2020) upozorňují, že i původní dokumentace je často nepřesná. Vzhledem k nedostatku a nepřesnosti technické dokumentace k povodí Klíšského potoka, je nezbytné uplatnit především jiné metody lokalizace drenáže než studium dokumentace, zejména terénní průzkum a analýzu leteckých snímků. Tyto metody jsou popsány v následujících podkapitolách.

### **3.3 Mapové a textové podklady poskytnuté Povodím Ohře**

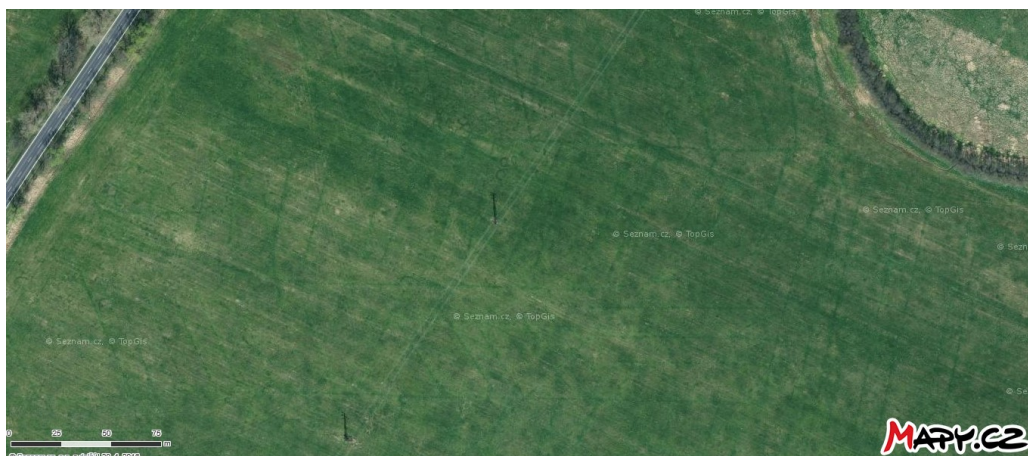
Povodí Ohře, státní podnik poskytl naskenované mapy v měřítku 1:10 000 (ukázka v Příloze 2). Jedná se o mapy, které pravděpodobně přešly na Povodí Ohře ze ZVHS. Dodané listy nepokrývají celé zájmové povodí. Jsou zakresleny polygony odvodněných ploch (OP) a linie HOZ. Protože tyto mapy byly zdrojem také pro tvorbu již existující databáze dostupné na webu MZe ČR - Registr půdních bloků (<http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>), byla za primární zdroj považována tato databáze, která pokrývá kompletní zájmové povodí. Mapy od Povodí Ohře byly georeferencovány podle prohlížecí služby ČÚZK WMS - ZM 10 a posloužily pro kontrolu údajů a polohy objektů z geodatabáze MZe ČR, přičemž úpravy vycházející z kontroly byly minimální. Nicméně databáze nezahrnuje podrobnosti jako příčinu zamokření a zakres topologie drenáže.

### 3.4 Letecké snímky

Pro lokalizaci jednotlivých drenážních per byly využity letecké snímky. Tlapáková a kol. (2016) a Tlapáková (2017) poskytuje metodiku rozpoznání drenáže na leteckých snímcích. Pro plné využití potenciálu ortofota je zapotřebí pořídit vlastní kvalitní snímky za nejvhodnějších podmínek, což zahrnuje mj. volbu pěstované plodiny, vhodnou fázi vegetační sezóny, vlhkost půdy, teplotní a hydrologické charakteristiky a úhel dopadajícího záření. „Jako nejvhodnější indikátor vystupuje u zakrytých půdních povrchů především vegetační kryt, spolehlivě indikující stupeň zamokření, hloubku hladiny podzemní vody i vodní a živinový režim půd,“ uvádí Tlapáková a kol. (2016, s. 19). Některé plodiny přímo nad drenážními trubkami rostou více a jsou tmavší (Kulhavý 2007). Drenáž lze indikovat i na holé orné půdě díky diferenciaci vlhkosti. Nejlépe využitelné jsou snímky zachycující infračervenou složku barevného spektra, vzhledem ke spektrálním příznakům vody a vegetace v tomto pásmu (Tlapáková 2017). Vhodné jsou i barevné, černobílé nebo panchromatické snímky. Drenáž se může projevit v podobě tmavých či světlých linií, popřípadě kombinovaně (Tlapáková a kol. 2016).

Pro účely této práce byly využity již existující letecké mapy, konkrétně Mapy.cz: Letecká 2012, 2018 (Obrázek 21) a současná, a prohlížeč WMS služby ČÚZK: WMS – ortofoto, na nichž je struktura drenáže alespoň v některých lokalitách zřetelná. Na jiných leteckých mapách (např. ortofoto Registru půdních bloků) nebyly drény viditelné. Na leteckých snímcích byla vyhledána typická struktura drenáží a byla provedena její vektorizace. Všechny snímky jsou pořízeny v pravých barvách. Plochy, na kterých byla zaznamenána drenáž, jsou pokryty vegetací.

Tlapáková a kol. (2016) a Tlapáková (2017) klasifikuje DS dle rozsahu a zřetelnosti jejich vizuálních projevů na snímcích do 5 kategorií. V této práci byly drenáže vzhledem k subjektivitě ukazatele klasifikovány pouze do 3 kategorií, a to: 1. dobře zřetelný systém, 2. neúplný systém, zřetelný méně, 3. neúplný systém, zřetelný velmi omezeně.



**Obrázek 21: Vizuální projevy drenáže na ploše porostlé vegetací**  
Zdroj: Mapy.cz (2018)

### 3.5 Koncept terénního průzkumu v povodí Klíšského potoka

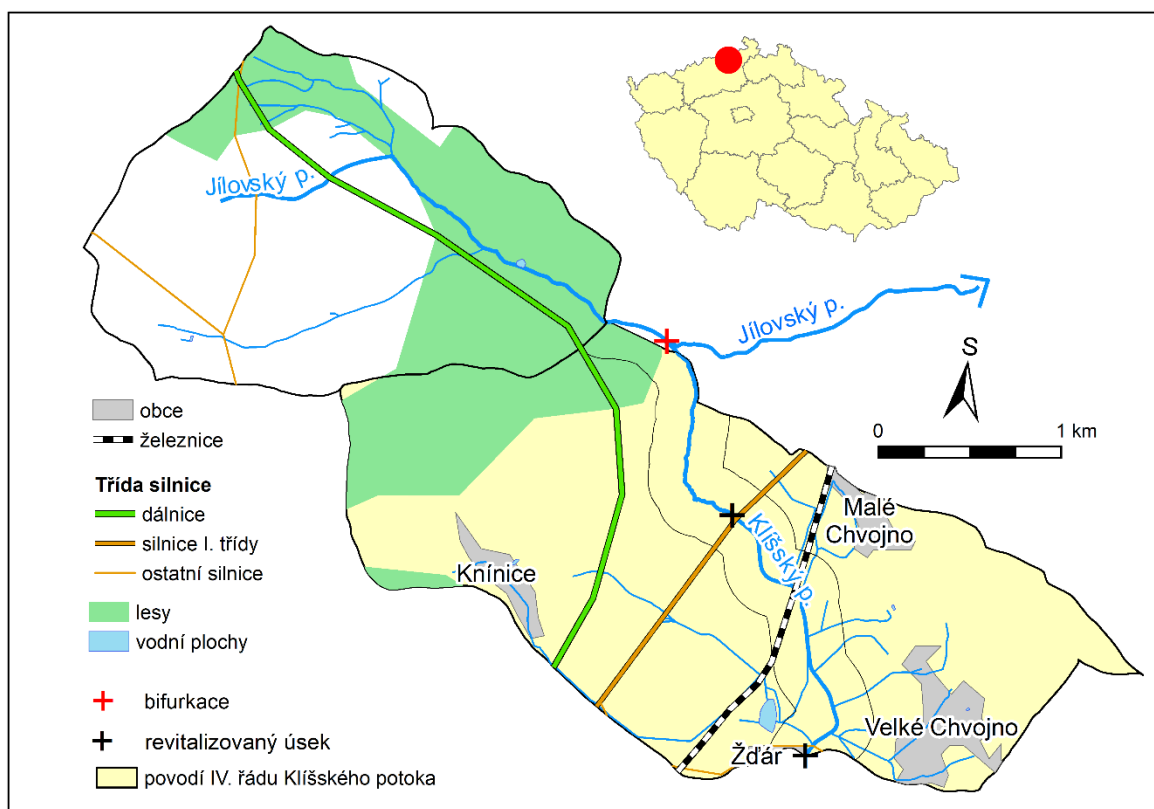
Dle Vybírala a kol. (2020) je potřeba se při terénním průzkumu zaměřit na lokalizaci výustních a vpustních objektů HOZ, linií HOZ, šachtic, propustků, výustí POZ i dalších trubek, které nesouvisí s drenáží.

Průzkum byl ve dvou dnech proveden v korytě Klíšského potoka a na jeho březích v rozsahu revitalizovaného úseku a dále na otevřených HOZ přibližně ve vzdálenosti do 200 m od Klíšského potoka. V terénu nalezené objekty související s odvodněním byly zaznamenány pomocí GPS a byly pořízeny jejich fotografie. Přesnost polohy bodů zaznamenaných GPS v mobilním telefonu se pohybuje okolo 10–15 m. Body z GPS byly z původního formátu gpx. převedeny do formátu shapefile, aby mohly být dále zpracovány v ArcMap. Byla snaha najít výustě v okolí drenáže klasifikované na ortofotu horší rozeznatelností, tedy 2 a 3, protože jejich přítomnost nemohla být podle ortofota potvrzena. U vybraných výustí HOZ i POZ byla při druhém průzkumu měřena konduktivita spolu s teplotou. Nebylo možné ji měřit na ústích vyschlých nebo příliš zanesených sedimentem. V rámci terénního průzkumu byly odebrány vzorky vody, avšak v době tvorby této práce nebyly ještě laboratorně analyzovány a nejsou zde tedy uvedeny.

Data z průzkumu byla zpracována a byla provedena syntéza hydromelioračních opatření nalezených na leteckých snímcích, ve vrstvě ZVHS a při terénním průzkumu. Drenáž, která byla při analýze ortofota vyhodnocena jako kategorie 1, se přenáší do dalších výstupů jako kategorie, kterou již není třeba potvrzovat. Do druhé kategorie spadají drenáže, jejichž rozpoznatelnost na ortofotu již nebylo možné potvrdit s jistotou, ale v terénu díky přítomnosti výustí byly potvrzeny. Třetí kategorie zahrnuje drenáž, jejíž rozeznatelnost, a tedy jistota, že se skutečně jedná o drenáž, byla nízká, a zároveň její výskyt nebyl v terénu nijak potvrzen.

## 4 FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

V této části budou charakterizovány přírodní podmínky úseku Klíšského potoka, na němž je řešena revitalizace, a v následující části bude pro stejné území zpracována také poloha odvodňovacích systémů. Tento úsek toku byl antropogenně upraven v 50. letech 20. století. Hlavním zájmovým územím je povodí IV. řádu Klíšského potoka na horním úseku tohoto toku. Pokud bude v textu zmiňováno „povodí“ nebo „povodí Klíšského potoka“, pojem směřuje právě k tomuto území. Jeho rozloha je 608,40 ha. Poloha a základní prvky lokality jsou zaneseny do mapy na Obrázku 22. Území se nachází severně od Ústí nad Labem v obcích Libouchec a Velké Chvojno, a spadá do obce s rozšířenou působností Ústí nad Labem. Toto povodí je součástí povodí III. řádu Klíšského potoka, jehož analýzou se zabýval Vrška (2020) ve své bakalářské práci. Cílem této práce je tedy zaměřit se podrobněji na menší území ve formě povodí IV. řádu. Pro podrobnější charakteristiky okolí revitalizovaného úseku byl vytvořen také „buffer“ o šířce 200 m na obě strany od linie Klíšského potoka ve sledovaném povodí IV. řádu. Dále byly v některých případech analyzovány OP.



**Obrázek 22: Poloha a vymezení zájmového území: povodí IV. řádu Klíšského potoka**

Zdroj: DIBAVOD, ČÚZK, ArcČR 500, Povodí Ohře – CEVT

Klíšský potok nezačíná pramenem, nýbrž umělou bifurkací Jílovského potoka, zbudovanou v 15. století s cílem nadlepšení průtoků v Klíšském potoce kvůli zásobování Ústí nad Labem vodou (libouchec.cz). Bifurkaci je možné si prohlédnout na Obrázku 23. Klíšský potok se v Ústí nad Labem

vlévá do Labe, je tedy vodním tokem II. řádu. Revitalizace Klíšského potoka je řešena mezi říčními kilometry 11,310–12,960, tzn. mezi soutokem se Žďárským potokem a silnicí I/13. Skrz povodí vede dálnice D8 a železnice (DIBAVOD, ArcČR 500, Mapy.cz (základní)).



**Obrázek 23: Bifurkace, kterou se odděluje Klíšský potok od Jílovského**

*Zdroj: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D. (2020)*

#### **4.1 Geologie a geomorfologie**

Dle Geovědní mapy ČGS 1:50 000 protéká Klíšský potok v revitalizovaném úseku kamenitými až hlinito-kamenitými sedimenty, které se rozkládají na značné části povodí, a nivními sedimenty. V povodí jsou dále na větších plochách přítomny vápnité jílovce, slínovce a prachovce.

Geomorfologicky spadá území do Hercynského systému, provincie Česká vysočina, Krušnohorské subprovincie, do oblastí Krušnohorské hornatiny a Podkrušnohorské oblasti a dále do tří celků: Krušné hory, Mostecká pánev a České středohoří. Přítomny jsou také tři podcelky: Loučenská hornatina, Chomutovsko-teplická pánev a Verneřické středohoří, a tři okrsky: Nakléřovská vrchovina, Libouchecká brázda a Ústecké středohoří (CENIA: WMS). Nejvyšším bodem povodí Klíšského potoka je Nakléřovská výšina s výškou 704 m n. m. (Mapy.cz, základní). Analýzou nad digitálním modelem reliéfu bylo zjištěno, že nejnižším místem území je oblast, kde jej opouští Klíšský potok, a to ve 387 m. n. m. V Příloze 3 je vizualizována sklonitost v povodí. V „bufferu“ kolem revitalizované části toku je sklon nejvýše 5°, a v nejbližších metrech u potoka nepřesahuje 2°. Při postupu proti proudu směrem k bifurkaci se sklon postupně zvyšuje. OP v povodí jsou lokalizovány převážně v terénu se sklonem menším než 5°. Sklony přítoků také nepřesahují 5°.

#### **4.2 Klimatické poměry**

Dle klasifikace BPEJ, spadá zájmové území do oblasti MT2, což je mírně teplá a mírně vlhká oblast, charakteristická průměrnou roční teplotou 7–8 °C. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje mezi 550 a 650 mm. Pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období je 15–30 %. Do MT2 patří 83,55 %

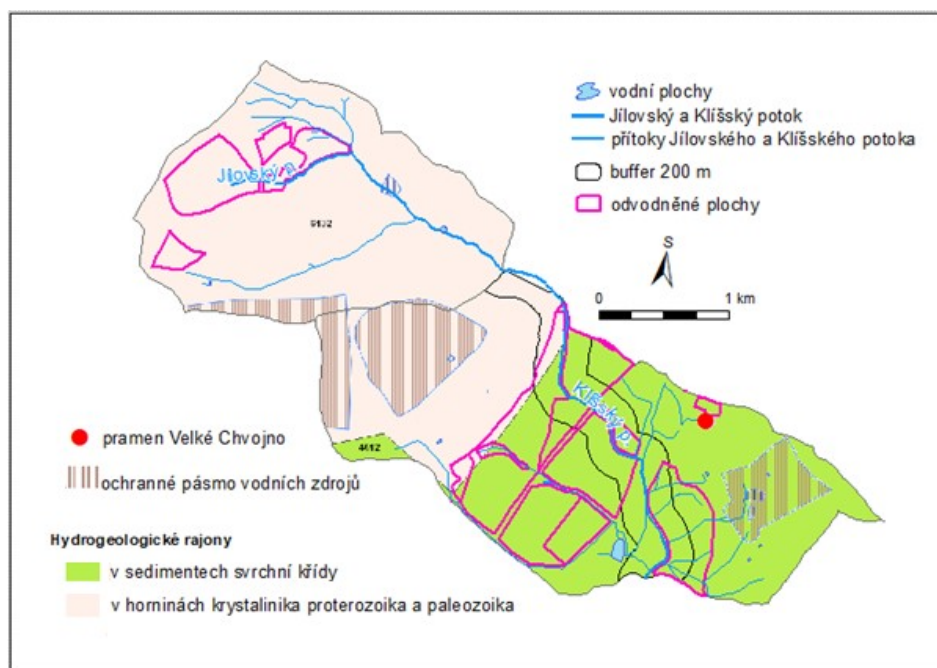


plochy povodí Klíšského potoka, zbytek vyplňuje chladná a vlhká oblast s průměrnou roční teplotou nižší než 5 °C. Roční úhrn srážek převyšuje 800 mm a pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období je nulová (Vyhláška 327/1998 Sb., Příl. 1 Charakteristika klimatických regionů).

### 4.3 Hydrologie, hydrogeologie, jakost vody

Podle WMS služby Registru půdy, vrstvy OPVZ – podzemní, se v povodí Klíšského potoka nacházejí ochranná pásma vodních zdrojů, ale neprotínají se ani s vymezeným „bufferem“ 200 m ani s odvodněnými plochami. Podle portálu Suchovkrajine.cz se okres Ústí nad Labem řadí mezi oblasti mírně ohrožené suchem (platné k roku 2021).

Revitalizovaný úsek toku spadá do hydrogeologického rajonu Křída Dolního Labe po Děčín - levý břeh, severní část, v sedimentech svrchní křída. Západní část povodí Klíšského potoka patří do rajonu Krystalinikum východní části Krušných hor, v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika. Stejně tak pramenná oblast Jílovského potoka, ze kterého se Klíšský potok odděluje, náleží k horninám krystalinika (Mapa hydrogeologických rajonů ČGS). Rajony, ochranná pásma a pozice pramene Velké Chvojno, o kterém je psáno níže, jsou zakresleny na Obrázku 24.



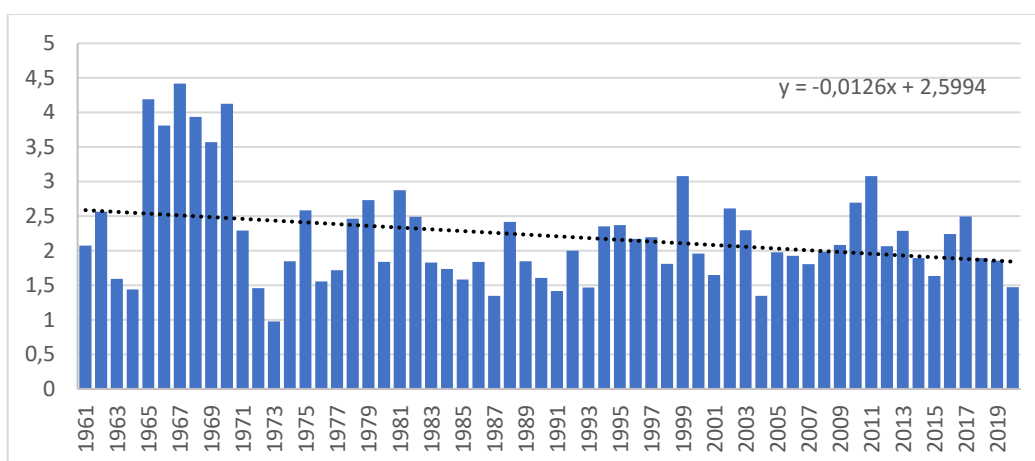
**Obrázek 24: Hydrogeologické rajony a ochranná pásma vodních zdrojů v povodí Klíšského a Jílovského potoka**

Zdroj: DIBAVOD, Povodí Ohře – CEVT, ČGS, ČHMÚ, MZE ČR

V povodí IV. řádu Klíšského potoka není veden žádný monitoring odtoku povrchových vod, který by nyní mohl být zpracován. Vrška (2020) ve své bakalářské práci uvádí hydrologické charakteristiky Klíšského potoka na stanici Ústí nad Labem-Klisky, které zpracoval na základě dat ČHMÚ, která mu

byla poskytnuta tímto ústavem. Dlouhodobý průměrný průtok na zmíněném profilu je  $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Profil je však značně vzdálen od revitalizovaného úseku.

ČHMÚ nově poskytl data k vydatnosti pramene PP0525 Velké Chvojno, který je v zájmovém území monitorován (vyznačen na Obrázku 24). Průměrná roční vydatnost mezi roky 1961 a 2020 je vykreslena v Obrázku 25. Lineární spojnice trendu ukazuje na klesající vydatnost pramene. Ve 2. polovině 60. let pozorujeme období zvýšené vydatnosti pramene, po zbytek doby vydatnost spíše kolísá. Nejnižší průměrná vydatnost byla naměřena v roce 1973 ( $0,98 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ), nejvyšší v roce 1967 ( $4,42 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Průměrná vydatnost za celé sledované období činí  $2,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ , medián je  $1,87 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ .



**Obrázek 25: Vydatnost [ $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ] pramene Velké Chvojno mezi lety 1961 a 2020**

Zdroj: data poskytnutá ČHMÚ (2021)

#### 4.4 Pedogeografie a pedologie

Dle Půdních map ČGS 1:50 000 v revitalizovaném úseku protéká potok pseudogleji modálními a fluvizeměmi glejovými. Se stoupající nadmořskou výškou v okolí bifurkace dominují kambizemě dystrické a kryptopodzoly modální.

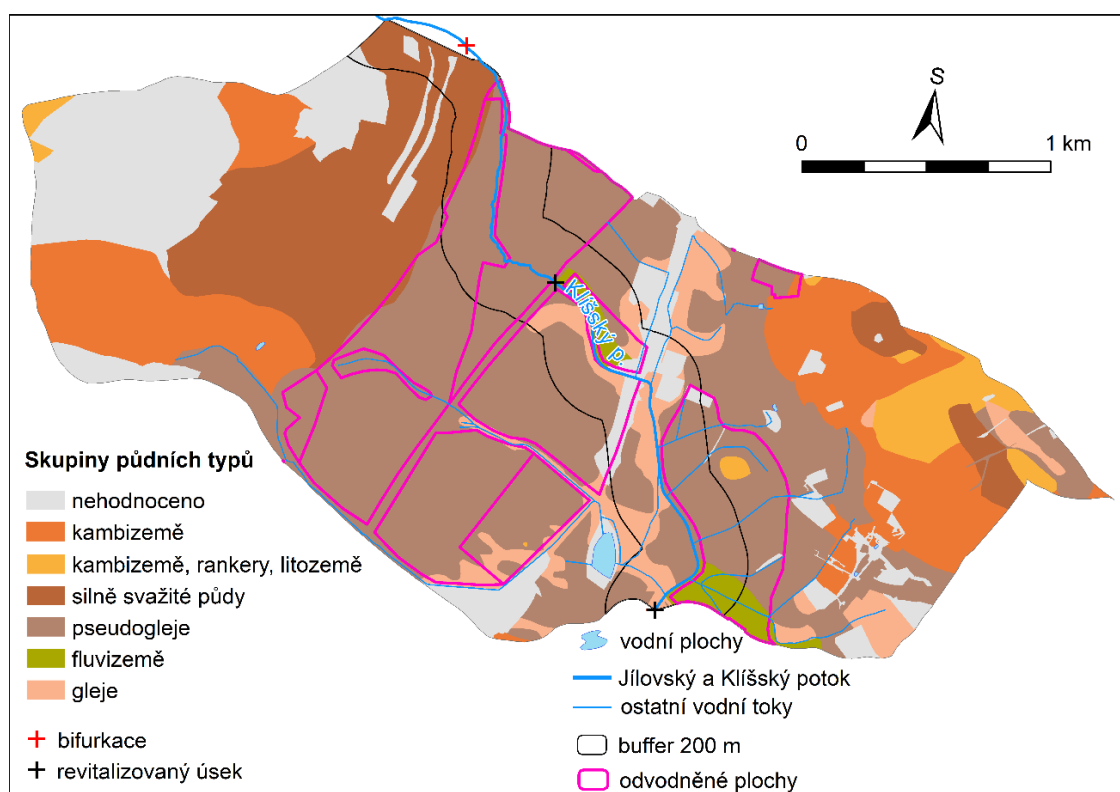
V Tabulce 2 je vyjádřeno zastoupení skupin půdních typů. Skupiny jsou znázorněny také na Obrázku 26. V povodí Klíšského potoka i v „bufferu“ se nejvíce vyskytují pseudogleje (43,34 %, 61,26 %), což odpovídá tomu, že nejčastější HPJ v povodí je charakterizována jako kambizemě oglejené a pseudogleje. Podél potoka jsou protažené gleje. Zastoupení glejů je však poměrně nízké – v povodí 6,60 % a v „bufferu“ 13,11 %. Gleje v povodí jsou variabilní, neboť z celého povodí patří 6 HPJ do této skupiny, z toho 5 se nachází i v „bufferu“. Kambizemě jsou v povodí zastoupeny 15,03 % (další 2,96 % spolu s rankery a litozeměmi), ale v „bufferu“ se nevyskytují vůbec; jsou situovány spíše v okrajových partiích povodí. Skupina silně svažitých půd má zastoupení v „bufferu“, avšak nikoliv v revitalizovaném úseku. Nalezneme je v okolí bifurkace. Každá skupina má v povodí minimálně dvě hlavní půdní jednotky.



**Tabulka 2: Rozloha skupin půdních typů a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka a „bufferu“**

	Povodí Klíšského potoka			„Buffer“ 200 m okolo Klíšského potoka		
	rozloha [ha]	podíl na rozloze povodí [%]	počet HPJ	rozloha [ha]	podíl na rozloze povodí [%]	počet HPJ
<b>6 - Kambizemě</b>	91,43	15,03	3			
<b>8 - Kambizemě, rankery, litozemě</b>	18,02	2,96	3			
<b>9 - Silně svažitě půdy</b>	86,84	14,27	2	11,67	11,00	1
<b>10 - Pseudogleje</b>	263,66	43,34	3	64,97	61,26	2
<b>11 - Fluvizemě</b>	9,98	1,64	3	7,10	6,69	3
<b>13 - Gleje</b>	40,15	6,60	6	13,90	13,11	5
<b>nehodnoceno</b>	98,32	16,16		8,42	7,94	
<b>Celkem</b>	<b>608,40</b>	<b>100,00</b>	<b>20</b>	<b>106,05</b>	<b>100,00</b>	<b>11</b>

Zdroj: Státní pozemkový úřad (2021)



**Obrázek 26: Skupiny půdních typů v povodí Klíšského potoka**

Zdroj: Státní pozemkový úřad, DIBAVOD, Povodí Ohře – CEVT, MZe ČR

Mapa erozní ohroženosti (VÚMOP: Půda v mapách) ukazuje, že pozemky v „bufferu“ mají dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy, vypočítanou z Univerzální rovnice ztráty půdy, nižší než  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , což značí nejnižší stupeň ohroženosti. Svažitější pozemky v západní části povodí Klíšského potoka se vyznačují vyšším stupněm ohroženosti. Podobně také Registr půdních bloků (WMS služba) ukazuje, že půdy ohrožené erozí leží mimo OP, převážně na severozápadě území

(Příloha 4). V Příloze 4 jsou kromě toho zakresleny zamokřené půdy dle Registru půdních bloků, z nichž některé se protínají s odvodněnými plochami, a z větší části se táhnou v pásu širokém desítky metrů podél Klíšského potoka.

#### **4.5 Krajinný pokryv a jeho změny**

Dle WMS služby Registru půdy, vrstvy kultur je většina půdních bloků v povodí Klíšského potoka pokryta TTP. Mapa Potenciální přirozené vegetace CENIA řadí povodí do dvou oblastí. Převažuje kategorie 7 - Černýšové dubohabřiny. Do revitalizované části toku od soutoku se Žďárským potokem k železnici, zasahuje kategorie 18 - Bučina s kyčelnicí devítilistou.

##### **4.5.1 Historické zdroje**

Podle historického ortofota z 50. let, dostupného na Geoportálu CENIA (Obrázek 27) bylo okolí revitalizovaného úseku v době před vyrovnáním toku pokryto zemědělskou půdou a TTP. Pokryv měl mozaikovitý charakter, zemědělská půda byla členěna na menší plochy osázené různými plodinami. Nebyly přítomny téměř žádné remízy. Úzký souvislý pás keřovité vegetace se táhl podél Klíšského potoka. Obdobný ráz měla krajina v době II. a III. vojenského mapování (CENIA; Přílohy 5 a 6). Podle mapy II. vojenského mapování se prolíná orná půda s TTP. Roztroušené vegetace je málo. Rovněž III. vojenské mapování ukazuje na nízký výskyt mezí a remízů v krajině. Již jsou přítomny mnohé komunikace a osídlení, krajina je členitější než v současnosti.

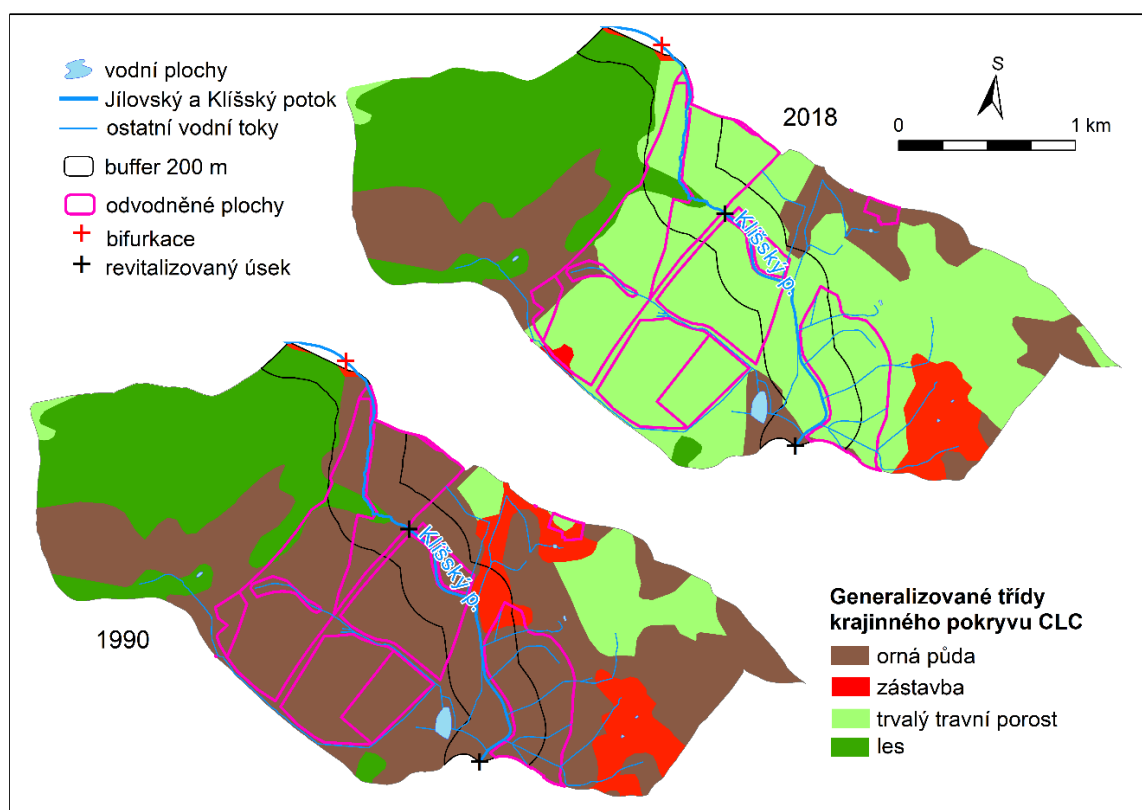


*Obrázek 27: Historické ortofoto (50. léta), pohled na revitalizovaný úsek Klíšského potoka  
Zdroj: CENIA*

##### **4.5.2 Corine Land Cover**

Bylo porovnáno zastoupení skupin krajinných pokryvů, které jsou popsány v kapitole Metodika a zdroje dat, za roky 1990 a 2018. Zastoupení skupin na ploše povodí Klíšského potoka je uvedeno v Přílohách 7 a 8. V roce 2018 byly nejzastoupenější skupinou v povodí Klíšského potoka, v bufferu

i na OP trvalé travní porosty (54,09 %, 84,72 %, 93,03 %). Druhou nejrozšířenější kategorií v povodí i v „bufferu“ je les (23,06 %, 10,81 %), zato na odvodněných plochách se vyskytuje pouze minimálně (2,74 %). Orná půda je přítomna spíše méně, v povodí Klíšského potoka má podíl 18,66 %, v „bufferu“ a na OP necelá 4 %. Zástavba je v povodí zaznamenána také pouze v jednotkách procent. Údaje jsou vizualizovány v Obrázku 28, podle nějž zejména pastviny a lesy vyskytující se na severozápadě tvoří rozsáhlé kompaktní plochy. Naproti tomu v roce 1990 tyto rozsáhlé plochy zabírala orná půda (též Obrázek 28), která v roce 1990 tvořila 63,41 % plochy povodí Klíšského potoka. V bufferu vyplňovala 82,78 % plochy, a na odvodněných plochách se vyskytovala z 95,37 %. TTP bylo v povodí pozorováno 6,76 %. Lesů bylo 23,07 %, tedy téměř totožný podíl jako v roce 2018.



**Obrázek 28: Porovnání tříd krajinného pokryvu CLC v letech 1990 a 2018**  
 Zdroj: Corine Land Cover 1990 a 2018, DIBAVOD, MZe ČR, Povodí Ohře – CEVT

Na základě těchto dat vznikla kontingenční tabulka (Tabulka 3), vyjadřující v absolutních hodnotách změny rozloh skupin pokryvu v povodí Klíšského potoka mezi lety 1990 a 2018. Tyto změny vyjadřuje také již zmíněný Obrázek 28. V povodí Klíšského potoka značně ubylo orné půdy ve prospěch TTP (286,68 ha). Tento jev je ještě výraznější v revitalizované části toku a na odvodněných plochách, v nichž téměř veškerou ornou půdu nahradily TTP. Dalšíh 92,23 ha orné půdy z roku 1990 zůstalo ornou půdou. Lze předpokládat, že přesun 13,38 ha zástavby do kategorie orné půdy je způsoben spíše rozdílným postupem při digitalizaci než reálnou změnou. Zastoupení a poloha lesních ploch se téměř nezměnila.

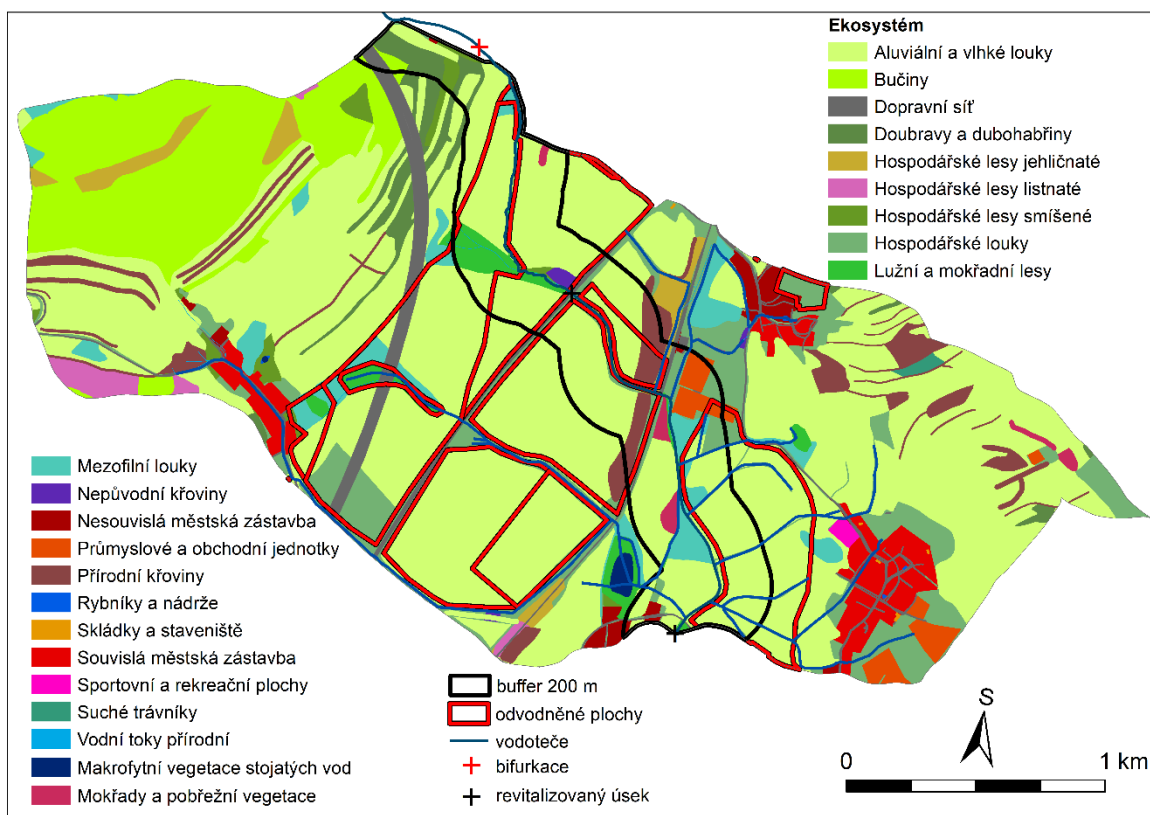
**Tabulka 3: Změnová matice krajinného pokryvu CLC mezi lety 1990 a 2018**

Rozloha v roce 1990 [ha]	Rozloha v roce 2018 [ha]			
	Zástavba, infrastruktura	Orná půda	Louky a pastviny	Les
Zástavba, infrastruktura	18,57	13,38	9,13	0,00
Orná půda	6,88	92,23	286,68	0,01
Louky a pastviny	0,00	7,86	33,27	0,00
Les	0,00	0,06	0,01	140,30

Zdroj: Corine Land Cover 1990 a 2018

#### 4.5.3 Konsolidovaná vrstva ekosystémů

Vrstva KVES obdržena od AOPK ČR poskytuje podrobnější pohled na krajinu (Příloha 9, Obrázek 29). I přes tuto podrobnost v povodí Klíšského potoka dominuje ekosystém aluviálních a vlhkých luk s podílem 56,63 %. Aluviální a vlhké louky převažují i na odvodněných plochách (81,39 %), a vysoký podíl mají též v „bufferu“ (65,64 %). Jsou doplněny hospodářskými loukami v povodí (8,83 %), i na OP (6,83 %) a v „bufferu“, kde se táhnou v nejbližším okolí potoka a jeho přítoků (6,45 %). Zbylé kategorie jsou v „bufferu“ a na OP zastoupeny pouze malými ploškami. Louky na březích Klíšského potoka i jeho přítoků jsou místy prolnuté mokřady a pobřežní vegetací. Povodí Klíšského potoka jako celek je z 10,91 % pokryto bučinami, tento ekosystém je situován na severozápadě povodí.

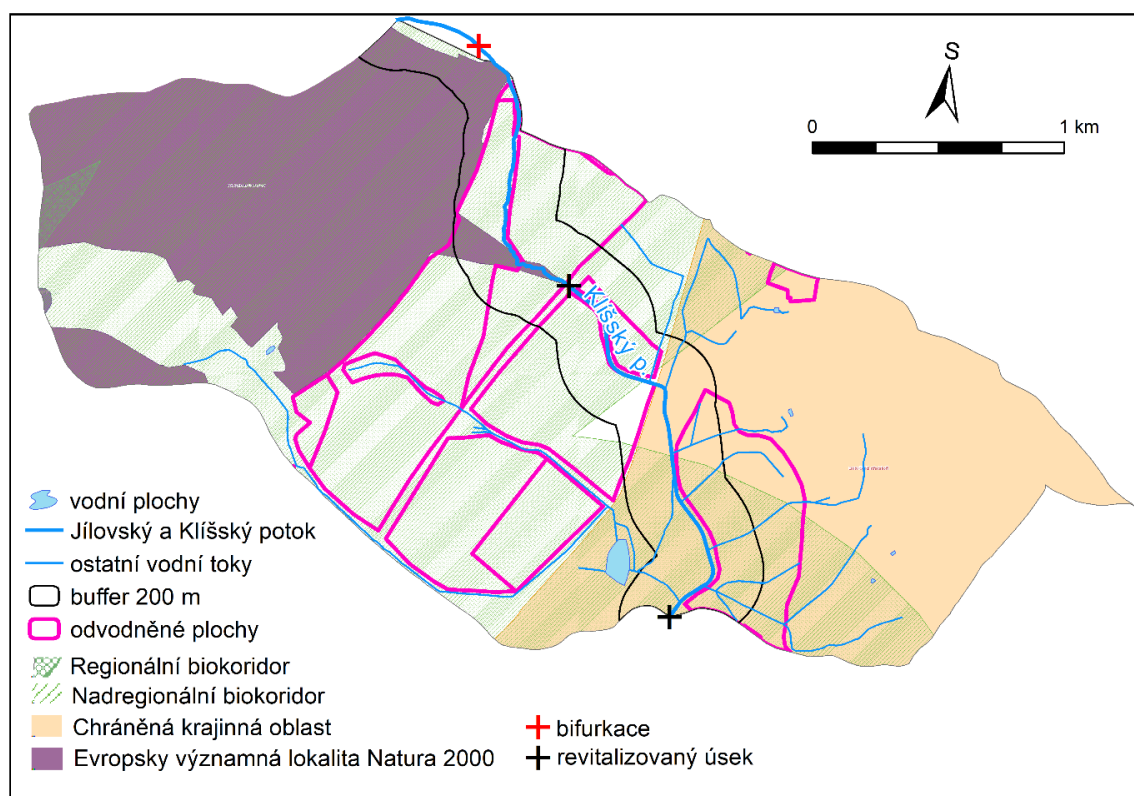


**Obrázek 29: Konsolidovaná vrstva ekosystémů pro povodí Klíšského potoka**

Zdroj: Konsolidovaná vrstva ekosystémů, DIBAVOD, MZe ČR

## 4.6 Ochrana přírody

V povodí nejsou evidována maloplošná chráněná území. Přes východ povodí Klíšského potoka, včetně části revitalizovaného úseku se táhne Chráněná krajinná oblast České Středohoří, jak vyplývá z Obrázku 30. Severozápad povodí Klíšského potoka je součástí Evropsky významné lokality NATURA 2000 - Východní Krušnohoří (AOPK ČR). Od staničení 12,4 km směrem proti proudu protéká vodní tok územím klasifikovaným jako 3. kategorie Biotopu vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců. Ta jsou Metodikou AOPK ČR (2020, s. 45) definována jako „místa, která jsou součástí migračních koridorů nebo jádrových území, kde je zároveň průchodnost biotopu významně omezena, nebo kde hrozí, že k omezení průchodnosti může v blízké budoucnosti dojít.“ Tato kategorie pokračuje dále proti proudu Klíšského potoka a přechází v 2. kategorii, migrační koridory. Význam území jako migračního koridoru je potvrzen Územním systémem ekologické stability (též Obrázek 30). Větší část povodí Klíšského potoka je vedena jako nadregionální biokoridor. Jeho zóna je v okolí Klíšského potoka přerušena jen v okolí železnice a zemědělského objektu (CENIA: WMS).



**Obrázek 30: Oblasti ochrany přírody v povodí Klíšského potoka**

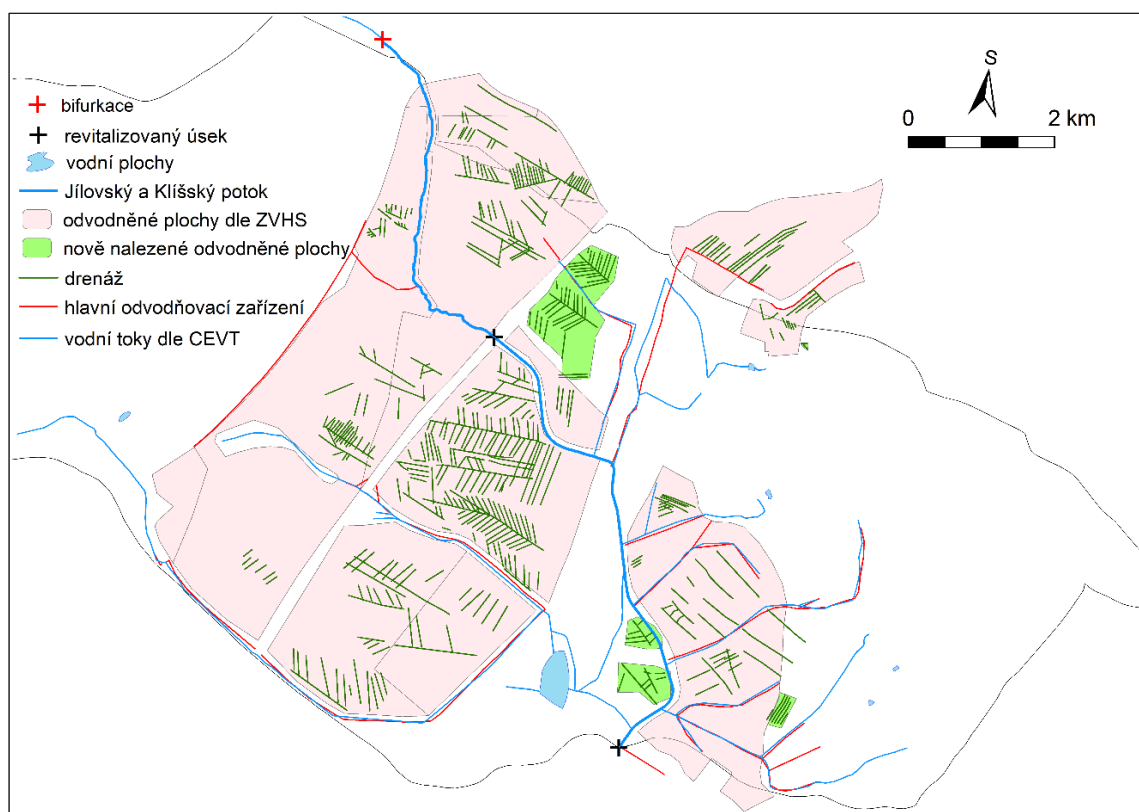
Zdroj: CENIA, AOPK ČR, MZE ČR

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Vyhodnocení vrstvy ZVHS, poloha HOZ

Obrázek 31 je syntézou HOZ, POZ a OP v povodí Klíšského potoka vycházející z různých zdrojů (MZe ČR, letecké snímky, podklady od Povodí Ohře). Směr sběrných drénů napovídá, kde můžeme očekávat drenážní výustě. V této a následující podkapitole budou popsány dílčí výstupy vedoucí k této mapě. V dalších podkapitolách se tyto poznatky propojí s objevy z terénních průzkumů.

Zpracováním vrstvy odvodnění bývalé ZVHS dostupné z webu MZe ČR bylo zjištěno, že povodí Klíšského potoka je odvodněno z 30,59 % (186,08 ha z celkových 608, 40 ha). Mimo povodí Klíšského potoka leží dalších 31,15 ha OP, které na něj navazují a jsou součástí OP náležících do zájmového povodí, či drenáž pravděpodobně ústí do HOZ vedoucích do povodí Klíšského potoka (též Obrázek 31). Suma ploch odvodněných do Klíšského potoka dle ZVHS by takto činila 217,23 ha. K tomu je potřeba přičíst dalších nejméně 9,92 ha ploch v povodí Klíšského potoka, které jsou odvodněny dle leteckých snímků, ale ZVHS je neregistruje, jak je uvedeno v podkapitole 5.2. Propojení odvodněných ploch mimo povodí s těmi v povodí můžeme odhadovat také ze stejného roku jejich výstavby (1983). Většina dalších odvodněných ploch v povodí pochází z let 1965 a 1975.



**Obrázek 31: Přehled HOZ a POZ v povodí Klíšského potoka**  
Zdroj: DIBAVOD, MZe ČR, Mapy.cz, ČÚZK, Povodí Ohře – CEVT



Podle přehledu v Tabulce 4, vycházejícího ze ZVHS je v povodí Klíšského potoka zbudováno více než 8 km hlavních odvodňovacích zařízení. Jsou členěna do tří kategorií, z nichž 7053 m je klasifikováno jako hlavní meliorační zařízení, zbylé jsou úpravy toků. Poloha HOZ dle ZVHS je vykreslena v Příloze 10, kde je porovnána s vrstvou vodních toků CEVT, dodanou Povodím Ohře. Vrstvy se převážně shodují v poloze linií tam, kde jsou přítomny obě linie. Některé části toků jsou přítomny pouze v jedné z vrstev. Důležitá shoda je v tom, že v obou vrstvách jsou zakreslena stejná místa, na nichž HOZ ústí do Klíšského potoka.

**Tabulka 4: Délka hlavních odvodňovacích zařízení v povodí Klíšského potoka**

	Typ úpravy	Délka [m]
<b>V povodí</b>	Úprava toku otevřená	682
	Úprava toku zatrubněná dle ZVHS	350
	(Úprava toku zatrubněná - doplněno při kontrole)	(240)
	Hlavní meliorační zařízení otevřená	7053
	<b>Celkem HOZ v povodí</b>	<b>8085/8325</b>

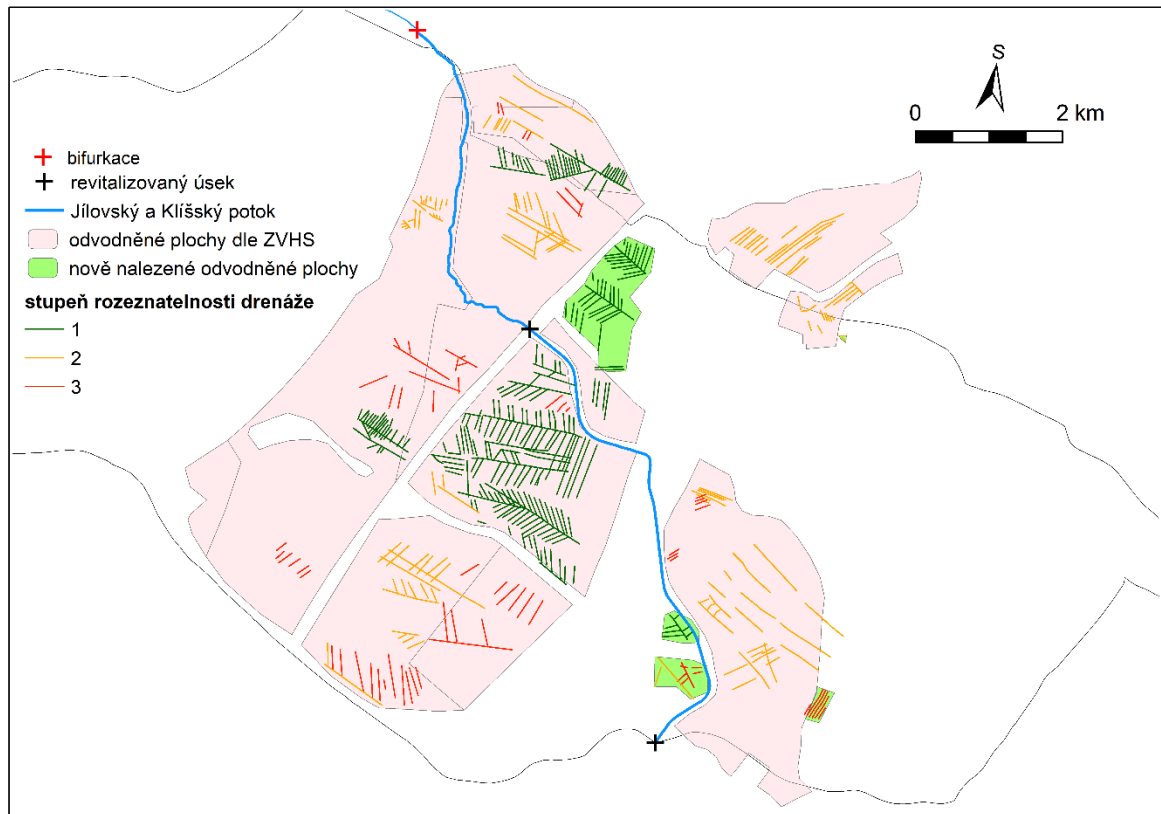
*Zdroj: Povodí Ohře, MZe ČR*

MZe ČR (2020) a Kulhavý (2019) zmiňují, že přesnost vektorizované vrstvy ZVHS, z níž především vychází lokalizace OP v této práci, je 65–85 %. Z toho důvodu byly při vektorizaci drenáže zkontrolovány na ortofotu i plochy, které nejsou vyznačeny jako odvodněné. Z celkové délky 28 150 m bylo 3 940 m drenáže nalezeno mimo OP vyznačené ve vrstvě ZVHS. Po ohraničení těchto drenáží polygony vzrostla rozloha OP o 9,92 ha, ale reálně je ještě vyšší, stejně tak délka drenáže v povodí, protože na velkých částech OP byla drenáž na ortofotu nezřetelná. Dva segmenty této nově nalezené drenáže přímo přiléhají ke Klíšskému potoku. V Tabulce 5 a na Obrázku 32 je možno vidět polohu drenáže rozčleněné do tří kategorií podle rozeznatelnosti. Dobře zřetelný systém tvoří 56,19 % drenáže. Do kategorie neúplného systému, zřetelného velmi omezeně spadá 16,59 % drenáží. Některá drenážní pera jsou kompletní nebo téměř kompletní, včetně těch, která byla nalezena mimo OP zakreslené ve vrstvě ZVHS. Z leteckých snímků můžeme pouze odhadovat přibližný směr a polohu vyústění drenáží. Výústě ověřené terénním průzkumem jsou představeny v následující kapitole.

**Tabulka 5: Délka drenáže nalezené na leteckých snímcích v povodí Klíšského potoka**

Kategorie / Dílčí povodí	Délka drenáže [m]
<b>1) Dobře zřetelný systém</b>	15816
<b>2) Neúplný systém, zřetelný méně</b>	7663
<b>3) Neúplný systém, zřetelný velmi omezeně</b>	4671
<b>Celkem</b>	<b>28150</b>

*Zdroj: Mapy.cz, ČÚZK*



**Obrázek 32: Klasifikace drenáže dle stupně rozeznatelnosti v povodí Klíšského potoka**

Zdroj: DIBAVOD, Povodí Ohře - CEVT, Mapy.cz, ČÚZK

## 5.2 Výsledky terénního průzkumu

Terénní průzkum v povodí Klíšského potoka proběhl ve dnech 12. 5. a 27. 5. 2021 (viz fotografie na Obrázku 33). V následujících podkapitolách jsou popsány jeho výsledky. Mapování při prvním průzkumu probíhalo proti směru toku, od říčního kilometru 11,310 do říčního kilometru 12,960, tedy od soutoku se Žďárským potokem k silnici I/13. Z toho důvodu jsou zájmové body číslovány v tomto směru. Při druhém výjezdu jsme postupovali po proudu. Při něm probíhala kontrola polohy zaznamenaných objektů a hledání dalších, avšak žádný další zájmový bod objeven nebyl.



**Obrázek 33: Fotografie z terénního průzkumu na Klíšském potoce 27. 5. 2021**

Zdroj: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D. (2021)



Během dvou týdnů, které uběhly mezi prvním a druhým výjezdem, obrostlo okolí potoka vegetací, a to včetně vyústí odvodňovacích systémů, takže některé byly téměř skryté. Častou rostlinou byla kopřiva (také na Obrázku 33) pokrývající v některých oblastech pás široký i několik metrů na každou stranu potoka. Horní úsek toku mezi silnicí I/13 a železniční tratí je více obrostlý keřovitou až stromovitou vegetací než dolní úsek, kde je jeho okolí spíše zatravněné, avšak i zde se najdou místa obrostlá stromy, např. v okolí výustě d9pl. Podél HOZ se většinou táhne linie keřů. Některé části HOZ nejsou obklopeny žádnou vzrostlou vegetací. Na podmáčených úsecích narazíme na rákosy.

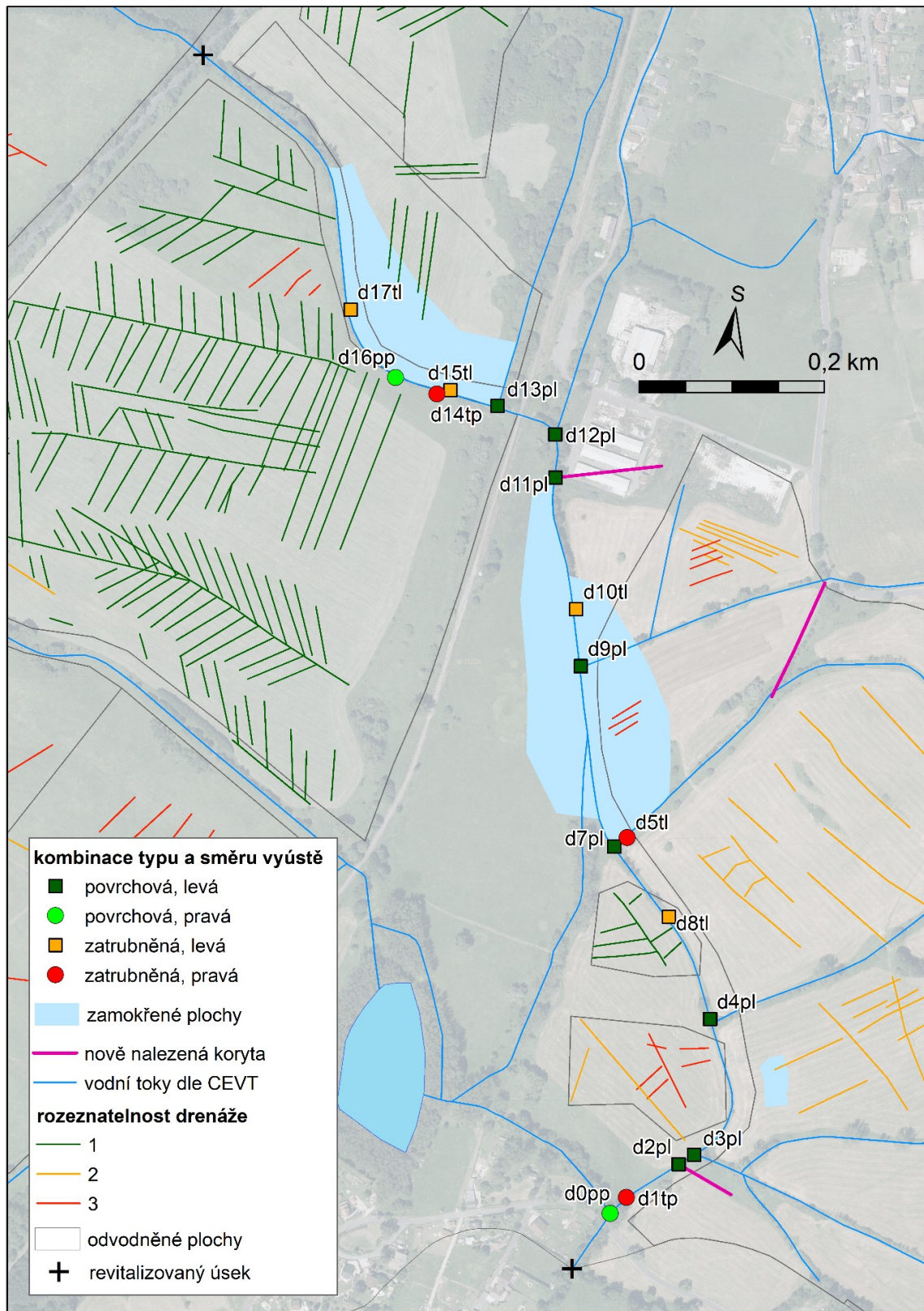
### 5.2.1 Poloha výustí odvodňovacích systémů

V Tabulce 6 jsou uvedeny typy vyústění do Klíšského potoka a směr. Jsou vyjádřeny v samostatných sloupcích i přímo v označení bodů. Na prvním místě za číslem je označena povrchová nebo zatrubněná výust' (p/t), na druhém pravá nebo levá strana (p/l). Poloha výustí včetně typu a směru je vizualizována na Obrázku 34, kde je dána do kontextu s dříve klasifikovanou rozeznatelností drenáže (a na Obrázcích 36 a 37 v podkapitole 5.2.2, které jsou syntézou terénního průzkumu a dalších zdrojů).

**Tabulka 6: Výustní body odvodňovacích systémů v revitalizovaném úseku povodí Klíšského potoka dle terénního průzkumu**

Označení	Číslo přílohy	Typ	Směr přítoku	Stav	Zeměpisná délka [° v. d.]	Zeměpisná šířka [° s. š.]
d0pp	11	povrchový	pravý	protékaný vodou	14,02624	50,72944
d1tp	12	zatrubněný	pravý	funkční	14,02645	50,72962
d2pl	13	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02717	50,73001
d3pl	14	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02738	50,73012
d4pl	15	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02733	50,73145
d5tl	16	zatrubněný	levý	zanesený sedimentem/pouze částečně funkční	14,02568	50,73308
d7pl	17	povrchový	levý	vyschlý	14,0255	50,73298
d8tl	18	zatrubněný	levý	zanesený sedimentem/pouze částečně funkční	14,02648	50,73238
d9pl	19	povrchový	levý	protékaný vodou	14,0246	50,73467
d10tl	20	zatrubněný	levý	zanesený sedimentem/pouze částečně funkční	14,02441	50,73521
d11pl	21	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02381	50,73645
d12pl	22	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02371	50,73687
d13pl	23	povrchový	levý	protékaný vodou	14,02278	50,73707
d14tp	24	zatrubněný	pravý	funkční	14,02183	50,7371
d15tl	25	zatrubněný	levý	zanesený sedimentem/pouze částečně funkční	14,02203	50,73715
d16pp	26	povrchový	pravý	protékaný vodou	14,02117	50,7372
d17tl	27	zatrubněný	levý	funkční	14,02034	50,73779

*Zdroj: Vlastní zpracování na základě terénního průzkumu*



**Obrázek 34: Poloha vyústění odvodňovacích systémů a výskyt zamokření v okolí Klíšského potoka dle terénního průřezu**

Zdroj: Terénní průřez, DIBAVOD, Povodí Ohře- CEVT, Mapy.cz, ČÚZK, MZe ČR

Přílohy 11 až 27 obsahují fotografie výústí. Vybrané výústě jsou podrobněji popsány v částech Hlavní odvodňovací zařízení a Drenáž. V terénu bylo nalezeno celkem 17 vyústění, konkrétně 10 povrchových výústí a 7 podpovrchových. Ne všechny souvisí s odvodněním (d2pl, d11pl a částečně d16pp, Přílohy 13, 21 a 26), přesto jsou zde uvedeny pro celkový přehled. Z uvedených 17 je 13 vyústí levostranných a 4 pravostranné, tedy pouze 2 povrchové kanály a 2 zatrubněné výústě směřují zprava. Při číslování v terénu byla omylem přeskočena pozice d6.

Při průzkumu byly lokalizovány zamokřené plochy (poloha je zakreslena výše na Obrázku 34, fotografie v Příloze 28), které mohou ukazovat na nefunkčnost drenáže nebo její části, jak můžeme odhadovat též ze stavu drenážních výústí zanesených sedimentem. To se týká především zamokření v oblasti mezi silnicí I/13 a železniční tratí a levého břehu v dolním úseku, kde byly nalezeny výústě v terénu i drenáž na ortofotu. Na dolním úseku, zejména na pravém břehu, není v oblasti zamokření zaznamenáno žádné odvodnění, zamokření proto může mít jiné příčiny. Zákres zamokření je pouze schematický, navíc plocha zamokření se bude měnit v průběhu roku.

### **Hlavní odvodňovací zařízení**

HOZ mají povahu rovných kanálů o šířce přibližně 1 m. Pouze při ústí do Klíšského potoka se některé mírně vlní, což může být důsledek erozní činnosti v okolí koryta Klíšského potoka. Byly potvrzeny všechny HOZ z podkladů ZVHS a CEVT. Navíc byly objeveny dva další drobné přítoky Klíšského potoka nesouvisející s odvodňovacími systémy. Jeden z nich je d2pl, kanál dlouhý přibližně 70 m. Jde o vyústění čistírny odpadních vod nedaleké obce Velké Chvojno. Ukázalo se, že voda není zcela vyčištěná a vyskytují se v ní kaly. Druhý nově objevený přítok je d11pl. Vzhledem k neprostupnosti terénu jsme nezjistili, kudy přesně teče, ale vychází z přilehlého zemědělského objektu. Nově objevená je také výúst d16pp. Při jejím prozkoumání jsme ji vyhodnotili jako krátkou strouhu odvádějící povrchové zamokření do Klíšského potoka.

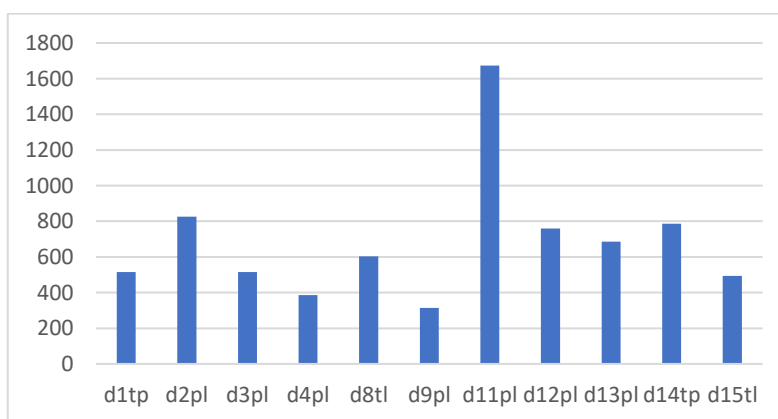
Do HOZ d3pl mají podle map vést další kanály, což nebylo potvrzeno vzhledem k tomu, že místo bylo zarostlé keři. D7pl (Příloha 17) se přibližně po 250 m od ústí do Klíšského potoka větví na dvě ramena, obě byla v době průzkumu vyschlá, stejně jako samotné ústí. Kanály d12pl a d13pl (Přílohy 22 a 23) protékají v blízkosti zemědělského objektu. Na d12pl byly nalezeny dvě trubky, které do něj ústí z tohoto objektu. Z 10 povrchových vyústění jsou pouze 2 pravostranná. Prvním z nich je d0pp (Příloha 11) hned na začátku revitalizovaného úseku, druhým je již zmíněné vyústění d16pp.

### **Drenáž**

Všechny drenáže ústí z betonových portálů v trubkách o průměru přibližně 10–15 cm (viz např. Příloha 12), ale většinou ne přímo do toku, nýbrž několik desítek centimetrů od něho, a vody po povrchu stečou do Klíšského potoka. Drenáž d5tl (Příloha 16) neústí ani tímto způsobem

přímo do Klíšského potoka, nýbrž do HOZ d7pl (Příloha 17) několik metrů před tím, než se spojí s Klíšským potokem. Rovnou do toku ústí pouze d17tl (Příloha 27) a do jeho těsné blízkosti d14tp (Příloha 24). Vyústění nejsou udržována, jsou zanášena sedimentem, zarůstají vegetací a chátrají. Nejvýrazněji se to projevuje na drenážích d5tl, d8tl (Příloha 18), d10tl (Příloha 20) a d15tl (Příloha 25), které byly plně nebo částečně ucpané sedimentem a prorostlé vegetací. D1tp (Příloha 12), d14tp a d17tl nejsou ucpané a vytékala z nich voda. V terénu nebyly zaznamenány jiné objekty na drenáži než jejich výusti.

Obrázek 35 vyjadřuje naměřenou konduktivitu vody na vybraných výustích. Nejvyšší konduktivita byla naměřena na ústí d11pl (1673  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  při teplotě 14,7 °C). Na zbylých výustích byla naměřena minimálně o polovinu nižší. Nejnižší hodnota konduktivity, 314  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  při třetí nejvyšší naměřené teplotě 11,8 °C je připsána vyústí d9pl. Výúst d2pl má druhou nejvyšší naměřenou konduktivitu, 826  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  při teplotě 14,4 °C. Jedná se o vyústění kanálu, do nějž vede výpusť z nedaleké čistírny odpadních vod. Výše naměřených hodnot zatrubněných a povrchových zaústění se prolínají.



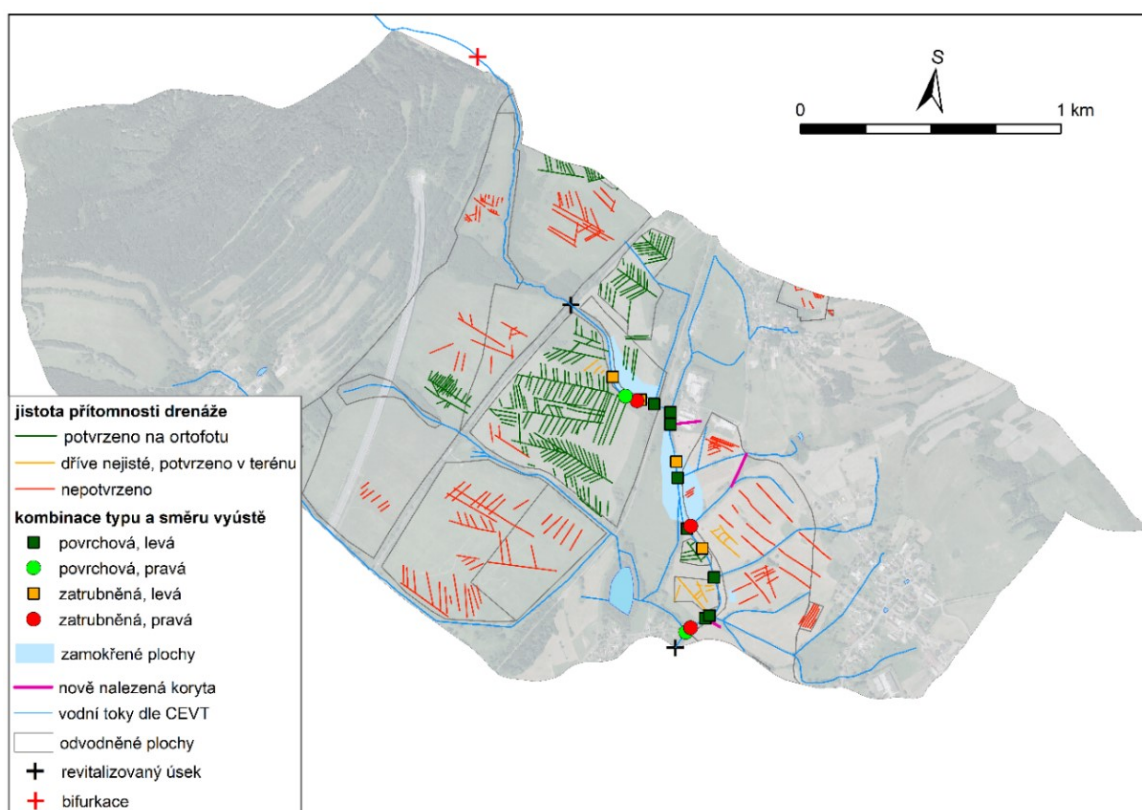
**Obrázek 35: Konduktivita vody [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ] na vybraných výustích do Klíšského potoka naměřená 27. 5. 2021**  
Zdroj: Vlastní zpracování na základě terénního průzkumu (2021)

## 5.2.2 Syntéza mapových podkladů a výsledků terénního průzkumu

Obrázek 36 a v detailu také Obrázek 37 ukazuje, s jakou jistotou můžeme potvrdit přítomnost polohy drenážních trubek v okolí Klíšského potoka. Vychází z terénního průzkumu, drenáží nalezených na leteckých snímcích a z vektorizované vrstvy bývalé ZVHS. Systémy v kategorii „nepotvrzeno“ jsou hlavně systémy vzdálenější od Klíšského potoka, kde nebyl prováděn průzkum. Také v některých místech, kde byla dle ortofota vysoká pravděpodobnost vyústění drenáží, tyto výústě nalezeny nebyly. Zato byly tyto plochy zamokřené, což může ukazovat na nefunkční drenáž v lokalitě, konkrétně mezi d7pl a d9pl. Téměř veškerá drenáž v úseku mezi silnicí I/13 a železniční tratí byla jednoznačně potvrzena již na leteckých snímcích (kategorie „potvrzeno na ortofotu“), navíc tu bylo nalezeno několik výustí.

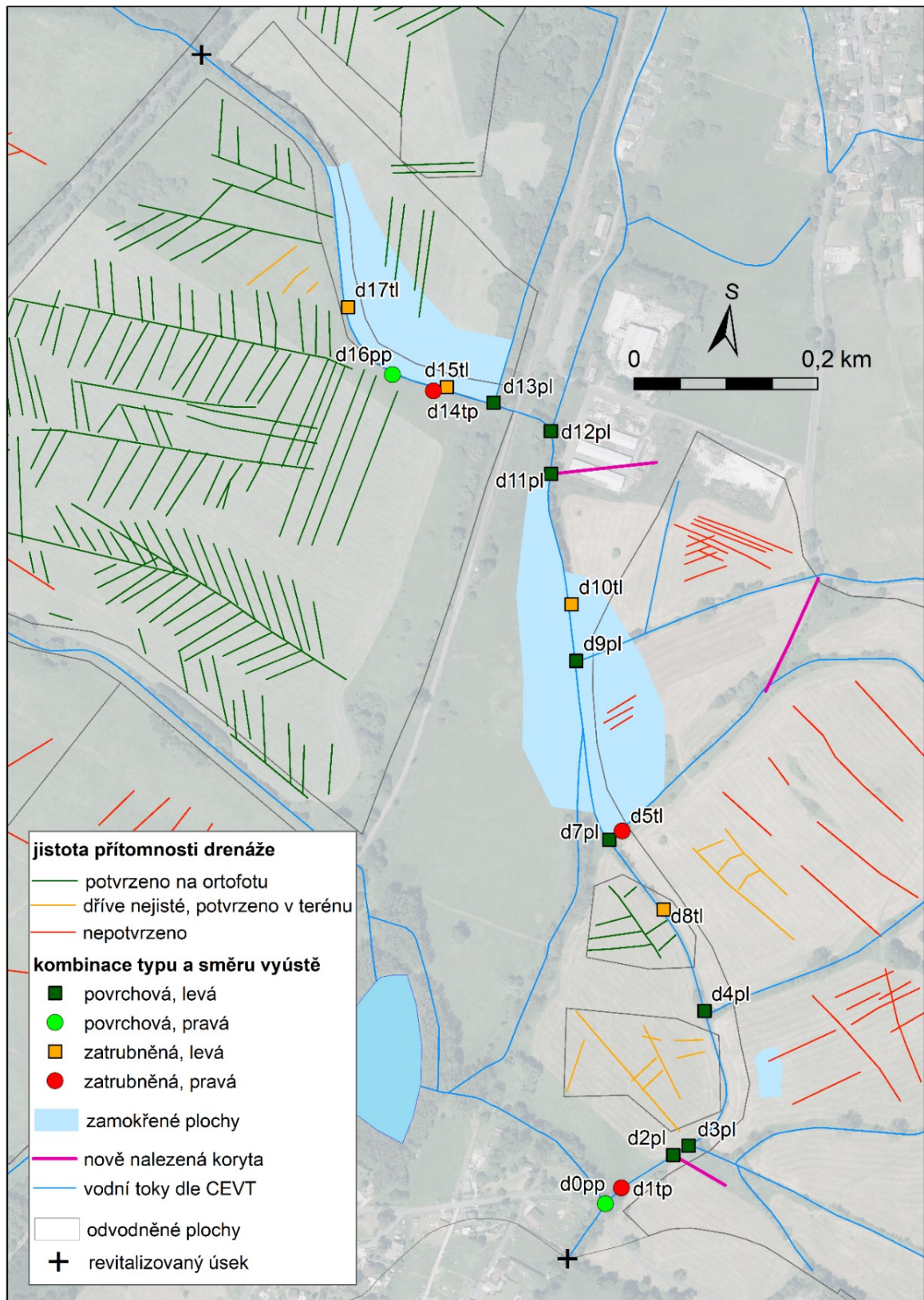


Pro potvrzení existence drenáže (vyjádřeno v Obrázcích 36 a 37 kategorií „dříve nejisté, potvrzeno v terénu“) je významná výúst d1tp, jelikož dle vrstvy ZVHS se v jejím okolí na pravém břehu neměly nacházet odvodněné plochy, pouze byly identifikovány její fragmenty na leteckých snímcích. Přítomnost této výusti také potvrzuje přechodzí předpoklad, že vrstva ZVHS neobsahuje zákres všech odvodněných ploch v zájmovém území. D8tl dokazuje výskyt odvodnění v jejím okolí na levém břehu, avšak spíše v menší ploše. Vzdálenější linie na levém břehu byly na základě terénního průzkumu vyhodnoceny jako pozůstatky mezí, které zde mohly v minulosti být. Výúst d10tl byla překvapením, neboť se v blízkém okolí neměla nacházet drenáž, a odvodněná plocha dle ZVHS také nezasahuje až k vyústí. Naopak dále proti proudu za d17tl nebyla nalezena žádná vyústění, ačkoli dle pozice drenáže na ortofotu bylo možné je očekávat. Fialové linie značící v terénu nově nalezené povrchové kanály doplňují jinak přesnou vrstvu CEVT, kterou dodalo Povodí Ohře.



**Obrázek 36: Vyhodnocení jistoty přítomnosti drenáže v povodí Klíšského potoka**

Zdroj: Terénní průzkum, DIBAVOD, Povodí Ohře - CEVT, Mapy.cz, ČÚZK, MZe ČR



**Obrázek 37: Vyhodnocení jistoty přítomnosti drenáže v okolí Klíšského potoka**  
 Zdroj: Terénní průzkum, DIBAVOD, Povodí Ohře - CEVT, Mapy.cz, ČÚZK, MZe ČR

## 6 DISKUZE

Nyní budou dány do kontextu vybrané výstupy ze všech oddílů této práce a bude diskutována použitelnost adaptačních opatření v projektu, kde je hlavním cílem revitalizace potoka v zemědělské krajině. Klesající vydatnost pramene na Klíšském potoce může být signálem, že bude vhodné zadržet v území více vody, což ukazuje na potřebnost adaptačních opatření. Vysoká konduktivita může signalizovat znečištění dusičnany a fosforečnany typické pro drenážní vodu (Vybíral a kol. 2020), které lze též kompenzovat opatřeními.

V povodí Klíšského potoka o celkové rozloze 608,40 ha se nachází nejméně 186,08 ha odvodněných ploch, což činí 30,59 % z rozlohy povodí. Jedná se tedy o povodí nadprůměrně odvodněné ve srovnání s celou ČR, která má odvodnění vybudováno na 13,5 % plochy (Kulhavý a kol. 2007, Kulhavý 2016). Díky analýze leteckých snímků byla zaznamenána také drenáž ležící mimo odvodněné plochy zakreslené ve vektorizované vrstvě bývalé ZVHS. Délka nalezené drenáže přesahuje 28 km, délka hlavních odvodňovacích zařízení 8 km. V terénu bylo v revitalizovaném úseku zaznamenáno 10 povrchových a 7 podpovrchových výustí. Z povrchových se ve 2 případech nejedná o výusti odvodňovacích systémů a další je krátkou strouhou odvodňující lokální zamokření.

Vytvořená mapa sklonitosti v povodí (ArcČR 500) může napomoci zúžení výběru opatření, protože některá opatření jsou vhodná jen v některých sklonech. V „bufferu“ 200 m kolem Klíšského potoka je sklonitost nejvýše 5°, většinou nejvýše 2°. Do těchto nižších sklonů jsou vhodné např. mokřady a denitrifikační biofiltry (Carstensen a kol. 2020). Naopak oba typy nárazníkových zón jsou vhodnější do mírně větších sklonů (Jaynes a Isenhardt 2013, Zak a kol. 2018). Nárazníkové zóny jsou navíc rozsáhlejší experimentální opatření, která nejsou vhodná z důvodu, že primárním cílem je revitalizace potoka, nikoli odvodňovacích zařízení. Možnost denitrifikačních biofiltrů navrhuje autorka ponechat otevřenou. Jejich budování by sice znamenalo další finanční výlohy, ale instalace na alespoň některých výustích by mohla zlepšit kvalitu vody, která z nich vytéká. Ohledně budování biofiltrů i dalších opatření cílících na čištění vody, která jsou porovnána u Carstensen a kol. (2020), bude vhodné se rozhodovat, až budou hotové rozbory vzorků odebraných na terénním průzkumu. Prozatím jsou známy pouze hodnoty konduktivity, které, ač někdy velmi vysoké (na d11pl je  $1673 \text{ uS}\cdot\text{cm}^{-1}$  při teplotě 14,7 °C), neprozrazují, jestli se opravdu jedná o znečištění dusičnany.

Nejrozšířenějšími půdami v zájmovém povodí jsou pseudogleje. Dle Kuráže a Soukupa (2004) jsou pseudoglejové procesy způsobeny nepříznivou hydraulickou vodivostí půdního profilu, takže voda stéká po povrchu a nevsakuje se. Takové půdy nejsou vhodné k odvodňování. Je tedy možné, že v tomto povodí neměla drenáž požadovaný efekt, protože voda k ní proniká těžce.

Analýzy Corine Land Cover předpokládaly, že většina území je zatravněná, což lze na základě terénního průzkumu potvrdit. KVES tyto travnaté porosty specifikuje na vlhké louky, případně na mokřadní vegetaci a mezofilní louky, s čímž lze též po terénním průzkumu souhlasit. Z charakteristiky CLC dále vyplývá, že zatímco ještě v roce 1990 byla většina povodí pokryta ornou půdou, do roku 2018 se 286,68 ha přeměnilo na TTP, což byl běžný trend především 90. let, jak uvádí Wnek a kol. (2021). Pro míru znečištění je to ukaz pozitivní, protože z TTP je vyplavováno méně živin (Fučík a kol. 2017, Zajíček a kol. 2019d), neboť nejsou dodávány hnojením (Tlapáková 2017). Pokrytí okolí Klíšského potoka loukami znamená, že je možno uvažovat nad tvorbou mokřadů a tůní (Maiga a kol. 2017), což by nebylo vhodné při potřebě zachování zemědělství v okolí toku.

Protože odvodnění je budováno za účelem zefektivnění zemědělské produkce (Kulhavý a kol. 2020), a v povodí Klíšského potoka orné půdy značně ubylo, zdá se být odvodnění v povodí nadbytečné. Jeho ponechání v zájmovém povodí by bylo vhodné, pokud by bylo v plánu navrátit na pozemky pole (Kulhavý 2007), což nejspíš není tento případ. Na druhou stranu, úplné nebo částečné odstranění drenáže nebo vkládání záslepek vyžaduje velké zásahy do pozemků (Kulhavý a kol. 2020), což není v tomto projektu žádoucí.

Kromě poznatků o krajinném pokryvu byly v terénu nalezeny i jiné skutečnosti, které byly zmíněny již v rešeršní části. Gramlich a kol. (2018) upozorňuje, že v okolí výustí drenážních trubek může působit eroze, což můžeme potvrdit. Není zcela zřejmé, v jaké vzdálenosti od vodního toku drenáž ústila původně, nebo jestli ústila rovnou do Klíšského potoka. V okolí drenáží je však zjevný odnos půdy, a naopak sedimentace v jiných místech, především těsně po vyústění trubek. V rámci revitalizace je možné odstranit betonové portály, z nichž drenáž ústí, zejména tam, kde je nefunkční a nejspíše se stejně rozloží. Na druhé straně by to nejspíš podpořilo erozi v okolí trubky, pokud by zůstala vyústěna na stejném místě. Je potřeba podotknout, že riziko vodní eroze s sebou nese i alternativa vyvedení drenáže na povrch již na okraji nivy a následný volný rozliv vody, jak navrhuje Just a kol. (2003), Just a kol. (2005) a Just (2018). Voda stékající po povrchu by na druhou stranu procházela procesem samočištění (Just a kol. 2020). Odstraněné betonové portály lze také nahradit přírodním materiálem, např. navezením lomového kamene.

Dosluhování drenáže, které je v terénu dobře patrné na zanesených a chátrajících výustích a také zamokřením ploch, které mají být odvodněné, je též řešeno v literatuře. Odvodnění bylo navrhováno na 40 let fungování (Zajíček a kol. 2019b, Vybíral a kol. 2020), takže drenáž v povodí Klíšského potoka budovaná v 60. a 70. letech již překročila dobu fungování, na kterou byla dimenzována. Tím se vracíme k alternativě vzniku mokřadů. Myšlenka, že mohou být vytvořeny, protože v území již neprobíhá zemědělství, je nyní podpořena faktem, že mokřady již vznikají samovolně rozkladem drenáže. Většina travních porostů v okolí Klíšského potoka již je definována



jako aluviální a vlhké louky (KVES). Boční nebo průtočná tůň či mokřad by byly vhodné např. na výusti d9pl, jejíž okolí je značně podmáčené. Při této příležitosti vyloučíme alternativu rekonstrukce drenáže (Kulhavý a kol. 2020), která by vyřešila zamokření, nikoli však úkol adaptace při revitalizaci potoka.

Regulační systémy (Wesström a kol. 2014) se ukazují jako nevhodné, protože vůbec necílí na rozkládající se drenáž a na drenáž na pozemcích bez zemědělské produkce, a naopak vyžadují budování drenáže nové. Plošně rozsáhlá opatření, jakými jsou rekonstrukce, eliminace a regulace můžeme vyloučit také proto, že pro povodí Klíšského potoka není dostupná dostatečná projektová dokumentace, před čímž varuje např. Kulhavý a kol. (2019), takže nejsme schopni určit přesnější polohu potrubí. Drenáž lokalizovaná na leteckých snímcích nemůže být považována za dostatečný podklad. Při terénním průzkumu bohužel nebylo z časových důvodů možné provádět odkopání části drenáže, jak doporučuje Kulhavý a Fučík (2015), a ani se nepodařilo vyloučit, jestli se náhodou v území nenacházejí dvě patra drenáže, jedno mladší a jedno starší (Vybíral a kol. 2020). Z jedné odvodněné plochy totiž vždy ústily drenáže stejného vzhledu, pokud jich ústilo více.

Just a kol. (2003) počítá také s možností, že potok změni svoji trasu a bude potřeba nějakým způsobem vyrovnat nivelety. Jednou z možností je již zmíněné vyvedení svodného drénu na povrch v určité vzdálenosti od potoka a voda se poté bude volně rozlévat, případně povede nově vytvořeným povrchovým kanálem, na němž mohou být také vybudovány tůně. Další možností, uplatnitelnou i pro HOZ, je pozvolné vyrovnání výškových poměrů tak, že obě vodní linie poběží paralelně vedle sebe a následně odvodnění zaústí do vodního toku. Obě tyto alternativy jsou využitelné v povodí Klíšského potoka. V okolí toku a adaptačních opatření by měla být vysázena doprovodná vegetace (Rousseau a kol. 2008), pokud se tam již nenachází. V tom případě má být zachována stávající.

Posledním bodem, který bude zmíněn, není konkrétní opatření ani poznatek z terénu. Jedná se o poukázání na alternativní způsob řešení celého revitalizačního projektu. Autorka práce se účastnila odborných jednání se správcem povodí. Ukazuje se, že snad největší překážkou pro komplexní návrhy revitalizace je nutnost držet se v nejbližším okolí potoka z důvodu majetkových poměrů. Snahy o diskuzi s majiteli blízkých pozemků nebo o odkup pozemků jsou spíše malé. V tomto ohledu je zajímavý projekt z Francie (Tournebize a kol. 2012), kde jsou projekty řešeny ve spolupráci s farmáři vlastníci přilehlé pozemky. Na druhou stranu, pozemky v Česku mohou být vlastněny značným počtem majitelů. Z diskutovaných opatření se tedy jako nejvhodnější ukázaly mokřady, které již nyní vznikají díky rozpadu a ucpání drenáže, tůně a otevření svodných drénů v určité, i když poněkud omezené vzdálenosti od Klíšského potoka a odstranění betonových portálů.

## 7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce představuje možnosti integrace hydromelioračních opatření v rámci projektu revitalizace Klíšského potoka. Hlavními cíli práce bylo sepsání rešerše o dopadech odvodňovacích opatření a možnostech kompenzace negativních efektů a dále vytvoření komplexního přehledu odvodnění v povodí Klíšského potoka. Dílčím cílem byla fyzickogeografická charakteristika.

V revitalizovaném úseku bylo zaznamenáno 7 zatrubněných a 10 povrchových výustí do Klíšského potoka, včetně strouhy napojené na lokální zamokření, výusti z čistírny odpadních vod a ze zemědělského objektu. Zbýlých 14 výustí patří k odvodňovacím systémům. Na leteckých snímcích bylo odhaleno 28 km drenážních trubek v povodí, přičemž skutečné číslo bude vyšší, protože drenáž byla často nezřetelná. Její fragmenty byly zaznamenány i mimo odvodněné plochy v mapách bývalé ZVHS, což vypovídá o nepřesnosti podkladů. Revitalizovaný úsek již není intenzivně zemědělsky využíván, ale odvodnění bylo na pozemcích ponecháno. Povrchové kanály jsou převážně rovné, jejich šířka se pohybuje okolo 1 m. Podpovrchový drenážní systém není udržován a chátrá, což se projevuje na výustích zanesených sedimentem a prorostlých vegetací a podmáčením původně odvodněných ploch. Okolí potoka je ve výsledku pokryto zamokřenými loukami a mokřadní vegetací. Vysoká konduktivita naměřená na povrchových i drenážních výustích může ukazovat na zhoršenou kvalitu vody danou nadměrným vyplavováním dusičnanů a fosforečnanů z povodí, což je u drenážní vody častý jev.

Protože drenáž v povodí přestává fungovat a její funkčnosti již není zapotřebí, navrhuje autorka využít této skutečnosti při návrhu adaptačních opatření. Znamená to vyloučit opatření náročná na provedení, jako např. regulační systém. Pokud Klíšský potok zůstane v současném, tzn. regulovaném korytě, mohou též drenáže zůstat vyústěny v současné poloze, a mohou být pouze odstraněny betonové portály, do nichž jsou trubky zabudovány, což ovšem znamená nevyužití potenciálu revitalizace. Některé svodné drény lze vyvést na povrch v určité vzdálenosti od potoka a nechat do potoka téci po povrchu, čímž se předejde nutnosti zahloubení potoka. Alternativou, která již samovolně vzniká, jsou mokřady, nejrozsáhlejší v úseku mezi silnicí I/13 a železniční tratí a dále v okolí výustí d9pl a d10tl. Jejich tvorbu lze opět podpořit vyvedením drenáže na povrch. Některý z povrchových kanálů může napájet boční nebo průtočnou tůň, která by byla spojena s Klíšským potokem. K návrhu tůně jsou vhodné kanály d4pl a d9pl, které jsou nejvíce narovnané, takže nezpomalují tok vody, navíc okolí d9pl je již nyní zamokřené a pokryté mokřadní vegetací. Po vyhodnocení odebraných vzorků vody bude možné určit, jestli má smysl cílit opatření spíše na zlepšení kvality vody, zadržení vody, nebo jestli bude efekt především krajinnotvorný. Vytvoření konkrétního návrhu si autorka ponechává do diplomové práce.

## 8 ZDROJE

### 8.1 Literatura

- BRASKERUD, B. C. a kol. (2005): Can Constructed Wetlands Reduce the Diffuse Phosphorus Loads to Eutrophic Water in Cold Temperate Regions? *Journal of Environmental Quality*, 34, 2145–2155.
- BROWN, C. D., BEINUM, W. (2009): Pesticide transport via sub-surface drains in Europe. *Environmental Pollution*, 157, 12, 3314–3324.
- CARSTENSTEN, M. V. a kol. (2020): Efficiency of mitigation measures targeting nutrient losses from agricultural drainage systems: A review. *AMBIO*, 49, 11, 1820–1837.
- ČERNÝ, J. a kol. (2011): Hnojení dusíkem: specifika a aplikace. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/> (online, cit. 24. 5. 2021).
- DODDS, W. K. a SMITH, V. H. (2016): Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters*, 6, 2, 155–164.
- DZURÁKOVÁ, M., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., LEVITUS, V. (2018): Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jeho uplatnění ve webové mapové aplikaci pro veřejnost. *VTEI*, 2018, 5, 6–11.
- DZURÁKOVÁ, M. a kol. (2017): Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. *VTEI*, 2017, 4, 25–32.
- FUČÍK, P. a kol. (2017): Incorporating Rainfall-Runoff Events into Nitrate-Nitrogen and Phosphorus Load Assessments for Small Tile-Drained Catchments. *Water*, 9, 9, Article Number: 712.
- FUČÍK, P. a kol. (2016): Zemědělské hospodaření a ochrana životního prostředí – jak to vidí zemědělci. *Vodní hospodářství*, 66, 9, 1–5.
- GRAMLICH, A. a kol. (2018): Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide fluxes from agricultural fields – A review. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 266, 84–99.
- HAIMING, W. a kol. (2017): Evaluating the sustainability of free water surface flow constructed wetlands: Methane and nitrous oxide emissions. *Journal of Cleaner Production*, 147, 152–156.
- JACQUEMIN, S. J. a kol. (2020): On the potential for saturated buffers in northwest Ohio to remediate nutrients from agricultural runoff. *PEERJ*, 8, e9007, 1–14.
- JAYNES, D. B., ISENHART, T. M. (2013): Reconnecting Tile Drainage to Riparian Buffer. *Hydrology for Enhanced Nitrate Removal. Journal of Environmental Quality*, 43, 2, 631–638.
- JUST, T. a kol. (2003): Revitalizace vodního prostředí. AOPK ČR, Praha, 144 s., ISBN 80-86064-72-7.

- JUST, T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3. ZO ČSOP Hořovicko se spoluprací se spol. Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR a MŽP, Praha, 359 s., ISBN 80-239-6351-1.
- JUST, T. (2018): Metodické doporučení: Navrhování revitalizací vodních toků v nezastavěné krajině. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Regionální pracoviště Střední Čechy, 100 s.
- JUST, T. a kol. (2020): OCHRANA A ZLEPŠOVÁNÍ MORFOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH TOKŮ: Revitalizace, dílčí vodohospodářská opatření, podpora renaturačních procesů. Metodika AOPK ČR, 454 s.
- KLIMENT, Z. a kol.: Sledování dynamiky fluvialně-morfologického vývoje zrevitalizovaného koryta Sviňovického potoka. Zpráva. Dostupné z: [http://www.wrrl-info.de/cz/docs/vortrag\\_sem29\\_kliment.pdf](http://www.wrrl-info.de/cz/docs/vortrag_sem29_kliment.pdf) (cit. 30. 3. 2021).
- KREJČOVÁ, J (2017): Vliv odvodnění a následné revitalizace na vegetaci rašelinných luk. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. Vedoucí práce Frouz, Jan.
- KULHAVÝ, F. (2016): Analýza proveditelnosti některých opatření k ochraně krajiny před suchem a povodněmi. Vodní hospodářství. 66, 9, 24–26
- KULHAVÝ, Z. a kol. (2007): Management of the Agricultural land Drainage Systems in the Czech Republic. Irrigation and drainage, 50, 141–149.
- KULHAVÝ, Z. a kol. (2015): Zalesňování v minulosti odvodněných zemědělských pozemků, recenzovaná metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Pardubice, 55 s.
- KULHAVÝ, Z., FUČÍK, P. (2015): Adaptation Options for Land Drainage Systems Towards Sustainable Agriculture and Environment: A Czech Perspective. Polish Journal of Environmental Studies, 24, 3, 1085–1102.
- KULHAVÝ, Z. (2019): MELIORACE – problém, nebo pomoc? III. Díl. Selská revue, 9/2019, 86–89.
- KULHAVÝ, Z., FUČÍK, P., TLAPÁKOVÁ, L. (2019): Mohou meliorace přispět k řešení nedostatku vody? Agrobases, 11, 10–12.
- KULHAVÝ, Z. (2020): MELIORACE – problém, nebo pomoc? V. Díl. Selská revue, 1/2020, 34–35.
- KULHAVÝ, Z., FUČÍK, P., TLAPÁKOVÁ, L. (2020): Adaptace hydromeliorací jako součást plánu realizace opatření pro zmírňování dopadů změn klimatu. Vodní hospodářství, 70, 11, 13–16.
- KURÁŽ, V., SOUKUP, M. (2004): Vliv odvodnění na půdní a hydrologické režimy. Vodní hospodářství, 8, 246–248.

- KVÍTEK, T. a kol. (2016): Stanovisko Odboru vodního hospodářství České akademie zemědělských věd k některým názorům a současným problémům vodního režimu české krajiny. *Vodní hospodářství*, 66, 3, 23–24.
- LEE, K. a kol. (2020): Multispecies Riparian Buffers Trap Sediment and Nutrients during Rainfall Simulations. *Journal of Environmental Quality*, 29, 4, 1200–1205.
- LU, S. Y. a kol. (2009): Phosphorus removal from agricultural runoff by constructed wetland. *Ecological Engineering*, 35, 3, 402–409.
- MAIGA, Y., SPERLING, M., MIHELICIC, J. (2017): Part Four. Management of Risk from Excreta and Wastewater, Constructed wetlands. In: HAAS, C. (ed.): *Global Water Pathogen Project*, Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO, 1–19.
- MARVAL, Š. a kol. (2019): Identifikace drenážních výustí s využitím termografického snímkování. Ověřená technologie. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., GEOREAL spol. s r.o, 56 s.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (2020): Plán opatření pro řešení sucha prostřednictvím pozemkových úprav a adaptací hydromeliorací v horizontu 2030. Příloha tiskové zprávy, červen 2020, 28 s.
- MONTAGNE, D. a kol. (2009): Soil Drainage as an Active Agent of Recent Soil Evolution: A Review. *Pedosphere*, 19 (1), s. 1–13.
- MOUDRÝ, J. (2006): 5. Půdní úrodnost, výživa a hnojení, zpracování půdy a předseťová příprava v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra agroekologie, Multifunkční zemědělství – skriptum, 25 s.
- PITTER, P. (2015): *Hydrochemie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 792 s.
- PUGLIESE, L. a kol. (2020): Treatment of Agricultural Drainage Water by Surface-Flow Wetlands Paired with Woodchip Bioreactors. *WATER*, 12, 7, 1–15.
- SMITH, V. H. (2003): Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems A Global Problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10, 2, 126–139.
- SCHIPPER, L. a kol. (2010): Denitrifying bioreactors-An approach for reducing nitrate loads to receiving water. *Ecological Engineering*, 31, 11, 1532–1543.
- SOUKUP, M., KULHAVÝ, Z. (2003): Retence vody na odvodněných zemědělských půdách. Příspěvek pro konferenci Praga 2003 - Krajina a voda. Dostupné z: <http://docplayer.cz/34751074-Retence-vody-na-odvodnenych-zemedelskych-pudach.html>
- TLAPÁKOVÁ, L. a kol. (2016): Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Pardubice, 214 s.

TLAPÁKOVÁ, L. (2017): Agricultural Drainage Systems in the Czech Landscape – Identification and Functionality Assessment by Means of Remote Sensing. *European Countryside*, 9, 1, 77–98.

TOURNEBIZE, J. a kol. (2012): Co-Design of Constructed Wetlands to Mitigate Pesticide Pollution in a Drained Catch-Basin: A Solution to Improve Groundwater Quality. *Irrigation and Drainage*, 61, 75–86.

VRŠKA, J. (2020): Hodnocení kvality fyzického habitatu jako podklad pro návrh revitalizace Klíšského potoka. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. Vedoucí práce: Matoušková, Milada.

UHROVÁ, J., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., ZÁRUBOVÁ, K. (2016): Komplexní systém návrhů přírodě blízkých opatření na ochranu před dopady eroze a povodní z přívalových srážek. *VTEI*, 2016, 4, 13–19.

VYBÍRAL, T. a kol. (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). GEOREAL spol. s r.o., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Sweco Hydroprojekt, a.s, 55 s.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 225/2002 Sb., o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně. In: *Sbírka zákonů*, 30. 5. 2002, částka 86/2002 (cit. 14. 2. 2021)

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci. In: *Sbírka zákonů*, 31. 12. 1998, částka 108/1998 (cit. 15. 3. 2021).

VYMAZAL, J. (2008): Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *12th World Lake Conference in Taal 2007*, 965–980.

VYMAZAL, J. (2010): Constructed Wetlands for Wastewater treatment. *Water*, 2, 3, 530–549.

VYMAZAL, J. (2011): Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience. *Environmental Science and Technology*, 45, 1, 61–69.

VYMAZAL, J. (2017): The Use of Constructed Wetlands for Nitrogen Removal from Agricultural Drainage: A Review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2017, 48, 2, 82–91.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA (2018): Příloha 1, Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí, 110 s.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA (2016): Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol 3702 Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření

pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí, 219 s.

WESSTRÖM, I., JOEL, A., MESSING, I. (2014): Controlled drainage and subirrigation – A water management option to reduce non-point source pollution from agricultural land. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 194, 74–82.

WICKE, D. a kol. (2015): Nitrate reduction in reactive swales at low temperatures: full-size field system vs. technical scale. *Water Science and Technology-Water Supply*, 15, 3, 642–648.

WNEK, A., KUDAS, D. ŠTYCH, P. (2021): National Level Land-Use Changes in Functional Urban Areas in Poland, Slovakia, and Czechia. *Land*, 10, 1, 1–16.

WURTSBAUGH, W. A., PAERL, H. W., DODDS, W. K. (2019): Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Water*, 7, 4, 1–27.

ZAJÍČEK, A. a kol. (2019a): 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.

ZAJÍČEK, A. a kol. (2019b): How to identify proper place for designing of remediation measures on drainage outlets; prezentace WETPOL 2019.

ZAJÍČEK, A. a kol. (2019c): Přírodě blízká opatření pro revitalizaci hlavních odvodňovacích zařízení. *Agrobase*, 6, 18–19.

ZAJÍČEK, A. a kol. (2019d): Jakost drenážních vod a její potenciální vliv na vodní zdroje. Dostupné online z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/19500-jakost-drenaznich-vod-a-jeji-potencialni-vliv-na-vodni-zdroje> (cit. 24. 3. 2021).

ZAJÍČEK, A. a kol. (2019e): Přírodě blízká a technická opatření na zemědělské půdě v povodí VN Švihov na Želivce. Závěrečná zpráva. *Povodí Vltavy*, 47 s.

ZAJÍČEK, A. a kol. (2020): Návrhy revitalizačních opatření na hlavních odvodňovacích zařízeních a k nim přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních v povodí Žejbra, specializovaná mapa s odborným obsahem. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Sweco Hydroprojekt, a.s, GEOREAL spol. s.r.o., 62 s.

ZAK, D. a kol. (2018): Nitrogen and Phosphorus Removal from Agricultural Runoff in Integrated Buffer Zones. *Environmental Science & Technology*, 52, 11, 6508–6517.

ZAK, D. a kol. (2019): An Assessment of the Multifunctionality of Integrated Buffer Zones in Northwestern Europe. *Journal of Environmental Quality*, 48, 2, 362–375.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: sbírka zákonů, 25. 7. 2001, částka 98/2001 (cit. 14. 2. 2021).

## 8.2 Online zdroje dat a online literatura

ADAPTERRAAWARDS.CZ: Databáze příkladů, Ozdravení vodního režimu na Lesnovských mokřadech a Systém malých tůňek a mezí k zadržování vody. Dostupné z: <https://www.adaptterraawards.cz/cs/databaze> (online, cit. 30. 3. 2021).

AGRIS.CZ: Dusík v půdě a jeho přeměny. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/118806> (online, cit. 5. 4. 2021).

ARCČR 500. Praha: ARCDATA PRAHA s. r. o., ZÚ, 2016. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (online, cit. 15. 3. 2021).

AOPK ČR: Evropsky významné lokality, Maloplošná zvláště chráněná území, Velkoplošná zvláště chráněná území. Dostupné z: <https://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/search> (online, cit. 15. 3. 2021).

AOPK ČR: WMS služby: Biotop vybraných zvláště chráněných druhů velkých savců. Dostupné z: <https://data.nature.cz/ds/9> (online, cit. 19. 3. 2021)

CENIA: Ortofotomapa (50. léta). Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?permalink=d9b93e49d4b04ace21eccd4fca07e39b> (online, cit. 14. 6. 2021).

CENIA: Potenciální přirozená vegetace. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=27e49a83231043a480bd61ed5210bcc1> (online, cit. 16. 4. 2021).

CENIA: Potenciální přirozená vegetace, legenda. Dostupné z: [http://ns.cenia.cz/arcgis/rest/services/CENIA/cenia\\_ppv/MapServer/legend](http://ns.cenia.cz/arcgis/rest/services/CENIA/cenia_ppv/MapServer/legend) (online, cit. 16. 4. 2021)

CENIA: WMS služby: II. vojenské mapování; III. vojenské mapování; Geomorfologie; Krajinné typy ČR; Potenciální přirozená vegetace; ÚSES - nadregionální biokoridory; ÚSES - regionální biokoridory. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/> (online, cit. 16. 4. 2021).

COPERNICUS: CORINE Land Cover 1990 a 2018. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (online ke stažení, cit. 9. 3. 2021).

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Geovědní mapy 1:50 000. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/> (online, cit. 14. 4. 2021).



ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Hydrogeologické rajony. Dostupné z: [https://mapy.geology.cz/hydro\\_rajony/](https://mapy.geology.cz/hydro_rajony/) (online, cit. 15. 4. 2021).

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: Půdní mapy 1:50 000. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/> (online, cit. 14. 4. 2021).

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV: Zasláná data k vydatnosti pramene PP0525 Velké Chvojno (zasláno na vyžádání, cit. 10. 6. 2021).

GEOPORTÁL ČÚZK (2020): Prohlížeč sloužba WMS - ZM 10. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM10\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx),  
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cmu3wtp1qgac2k4bg43in0sj\)\)/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cmu3wtp1qgac2k4bg43in0sj))/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba) (online, cit. 28. 2. 2021).

GEOPORTÁL ČÚZK (2021): Prohlížeč sloužba WMS - Ortofoto. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx),  
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cmu3wtp1qgac2k4bg43in0sj\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=3121](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cmu3wtp1qgac2k4bg43in0sj))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOFOTO-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3121) (online, cit. 28. 2. 2021).

KONSOLIDOVANÁ VRSTVA EKOSYSTÉMŮ © CzechGlobe © AOPK ČR 2013, s využitím vlastních dat a dat ZABAGED (© ČÚZK 2012), Corine Land Cover 2006 (© EEA 2006), Urban Atlas 2006 (© EEA 2006), DIBAVOD (© VÚV TGM 2012). Dostupné na vyžádání z: <https://data.nature.cz/ds/27> (zasláno na vyžádání, cit. 29. 4. 2021).

LIBOUCHEC.CZ (2021): Zajímavosti. Dostupné z: <https://www.libouchec.cz/obec-1/zajimavosti-pametihodnosti/> (online, cit. 11. 6. 2021).

MAPY.CZ (2021): Letecká mapa 2012, Seznam.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka-2012> (online, cit. 28. 2. 2021).

MAPY.CZ (2021): Letecká mapa 2018, Seznam.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka-2018> (online, cit. 24. 3. 2021).

MAPY.CZ (2021): Letecká mapa, Seznam.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka> (online, cit. 28. 2. 2021).

MAPY.CZ (2021): Základní mapa, Seznam.cz. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni> (online, cit. 11. 6. 2021).

METODIKA AOPK ČR (2020): Ochrana biotopu vybraných zvláště chráněných druhů v územním plánování, metodika. Dostupné z: <https://data.nature.cz/ds/53> (online pdf ke stažení, cit. 13. 4. 2021).

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ: Registr půdních bloků LPIS: Data meliorací ve formátu shp. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/> (online ke stažení, cit. 24. 3. 2021).

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ: Registr půdních bloků LPIS: WMS služby: DPB účinné – dle kultury; Hydromeliorace, OPVZ – podzemní; Půdy ohrožené erozí; Zamokřené půdy. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/523757/Uzivatelaska\\_prirucka\\_Pouziti\\_WMS\\_WFS\\_v1\\_24\\_2020\\_311.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/523757/Uzivatelaska_prirucka_Pouziti_WMS_WFS_v1_24_2020_311.pdf) (online, cit. 15. 3. 2021).

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ: Registr půdních bloků LPIS: Webová aplikace. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>, (online, cit. 28. 2. 2021).

POVODÍ OHŘE, STÁTNÍ PODNIK: Zasláné mapové podklady – linie vodních toků dle CEVT a oskenované mapové listy (cit. 10. 6. 2021).

SUCHOVKRAJINE.CZ: Regionalizace území ČR podle míry ohrožení suchem. Dostupné z: <https://vuv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1da7a37afa3b47b391ee568e08ea6cab> (online, cit. 20. 3. 2021).

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD: Celostátní databáze BPEJ 3/2021. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej> (online ke stažení, cit. 15. 3. 2021).

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I.: Informační systém melioračních staveb. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=account> (online, cit. 28. 2. 2021).

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I.: Půda v mapách. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/> (online, cit. 16. 4. 2021).

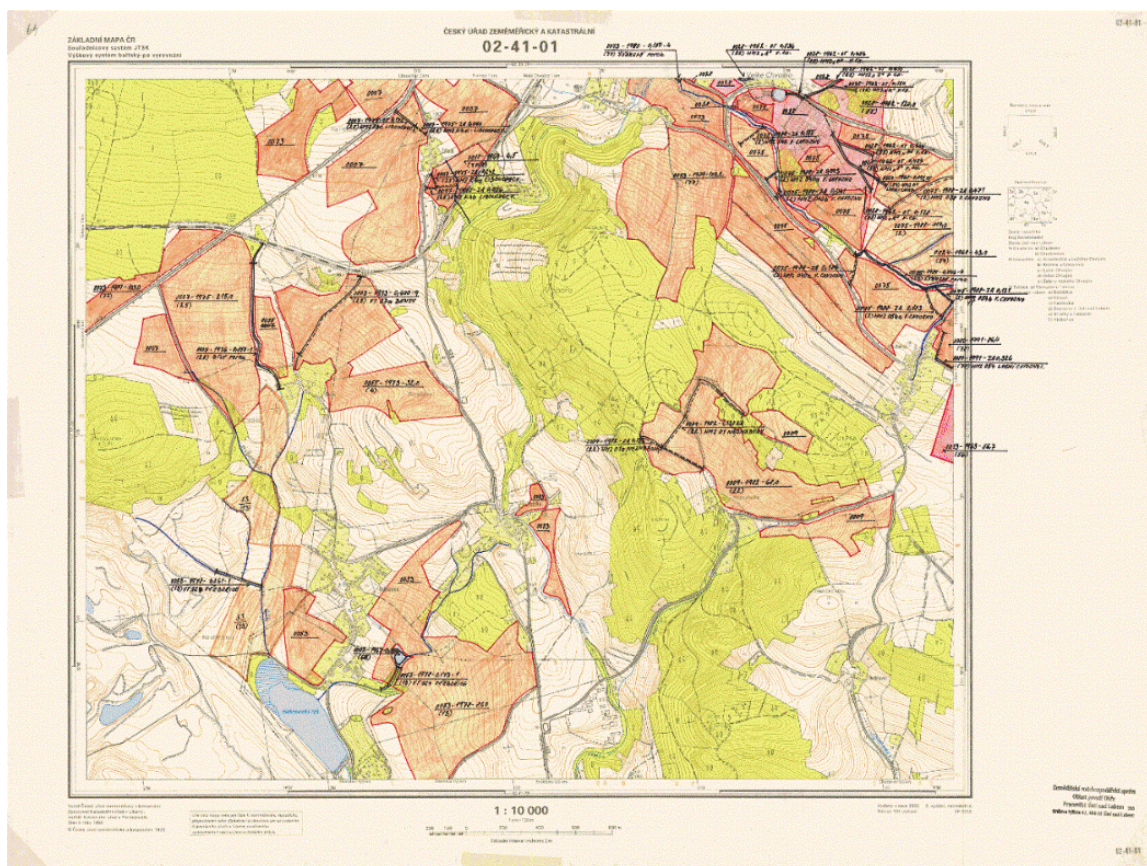
VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I.: Statistika: Základní charakteristiky BPEJ. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>, (online, cit. 15. 3. 2021).

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA: DIBAVOD - Digitální báze vodohospodářských dat. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/> (online, cit. 18. 3. 2021).

Příloha 1: Zatřídění tříd krajinného pokryvu CLC do skupin

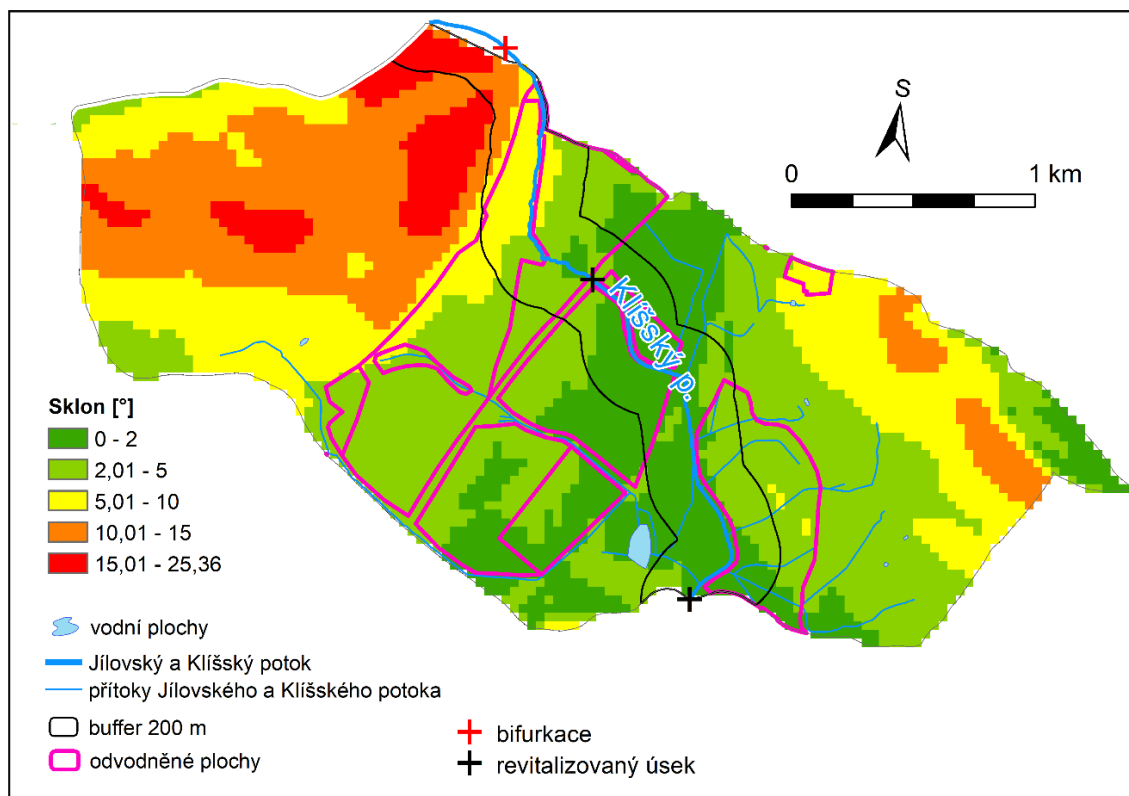
Skupina	Třída dle CLC	Označení dle CLC	Přítomna v roce 1990	Přítomna v roce 2018
Zástavba, infrastruktura	Nesouvislá zástavba	112	ano	ano
	Silnice, železnice a související plochy	122	-	ano
Orná půda	Nezavlažovaná orná půda	211	ano	-
	Orná půda s remízy	243	ano	ano
Trvalé travní porosty	Pastviny	231	ano	ano
	Přírodní louky	321	ano	-
Lesy	Listnatý les	311	ano	ano
	Jehličnatý les	312	ano	-
	Směšený les	313	ano	ano

Zdroj: Corine Land Cover 2018

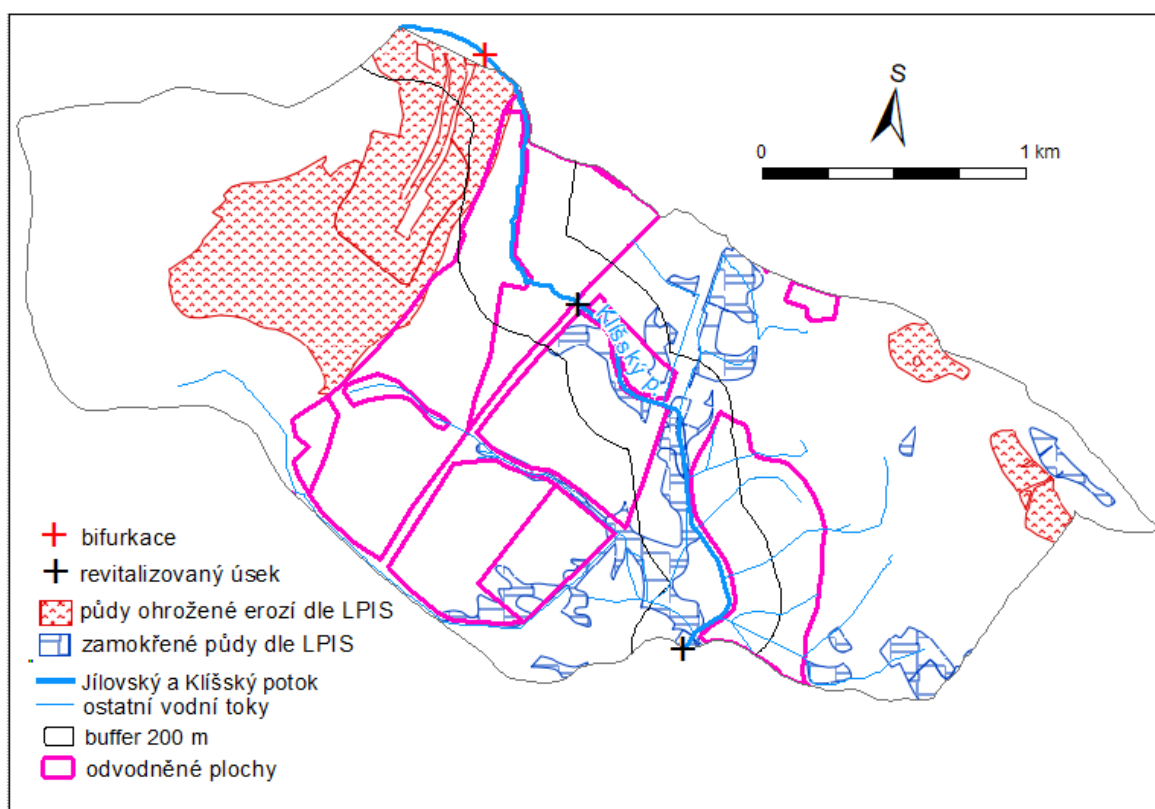


Příloha 2: Ukázka mapy poskytnuté Povodím Ohře

Zdroj: Povodí Ohře

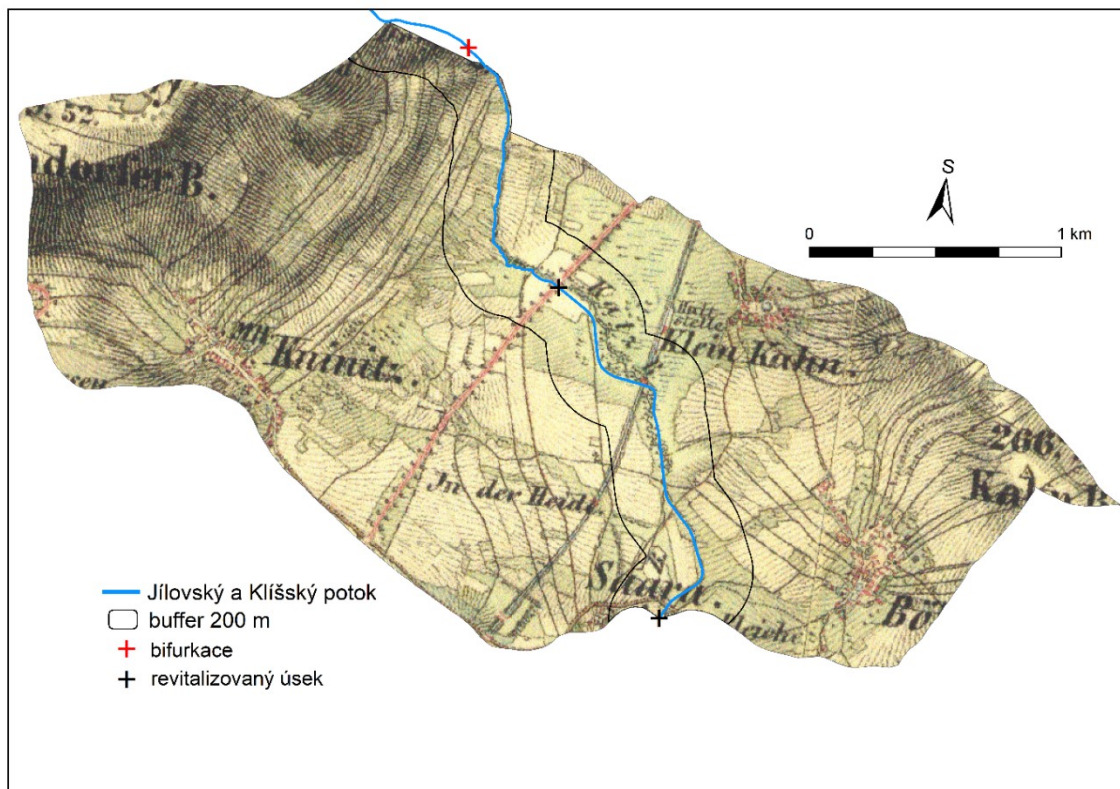


**Příloha 3: Sklonitost [°] v povodí Klíšského potoka**  
 Zdroj: ArcČR 500, MZe ČR, Povodí Ohře – CEVT, DIBAVOD

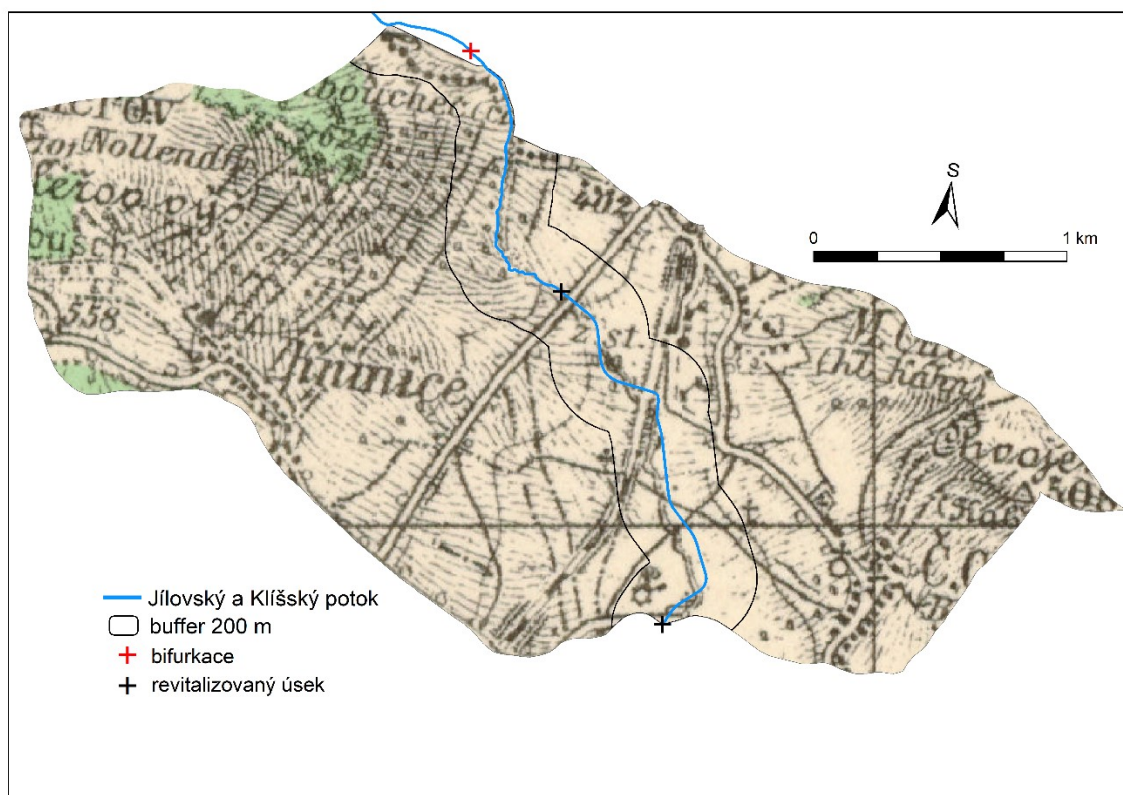


**Příloha 4: Mapa půd ohrožených erozí a zamokření půd v povodí Klíšského potoka**  
 Zdroj: Statní pozemkový úřad, DIBAVOD, Povodí Ohře – CEVT, MZe ČR





**Příloha 5: Mapa II. vojenského mapování v povodí Klíšského potoka**  
 Zdroj: CENIA



**Příloha 6: Mapa III. vojenského mapování v povodí Klíšského potoka**  
 Zdroj: CENIA

**Příloha 7: Rozloha skupin krajinného pokryvu a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka v roce 2018**

SKUPINA KRAJINNÉHO POKRYVU	Povodí Klíšského potoka		„Buffer“ 200 m okolo Klíšského potoka		Odvodněné plochy v povodí Klíšského potoka	
	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]
Zástavba, infrastruktura	25,45	4,18	0,64	0,61	1,07	0,57
Orná půda	113,54	18,66	4,10	3,87	6,79	3,65
Trvalé travní porosty	329,08	54,09	89,84	84,72	173,12	93,03
Les	140,32	23,06	11,46	10,81	5,10	2,74
<b>Celkem</b>	<b>608,40</b>	<b>100,00</b>	<b>106,05</b>	<b>100,00</b>	<b>186,08</b>	<b>100,00</b>

Zdroj: Corine Land Cover 2018

**Příloha 8: Rozloha skupin krajinného pokryvu a jejich podíl na ploše povodí Klíšského potoka v roce 1990**

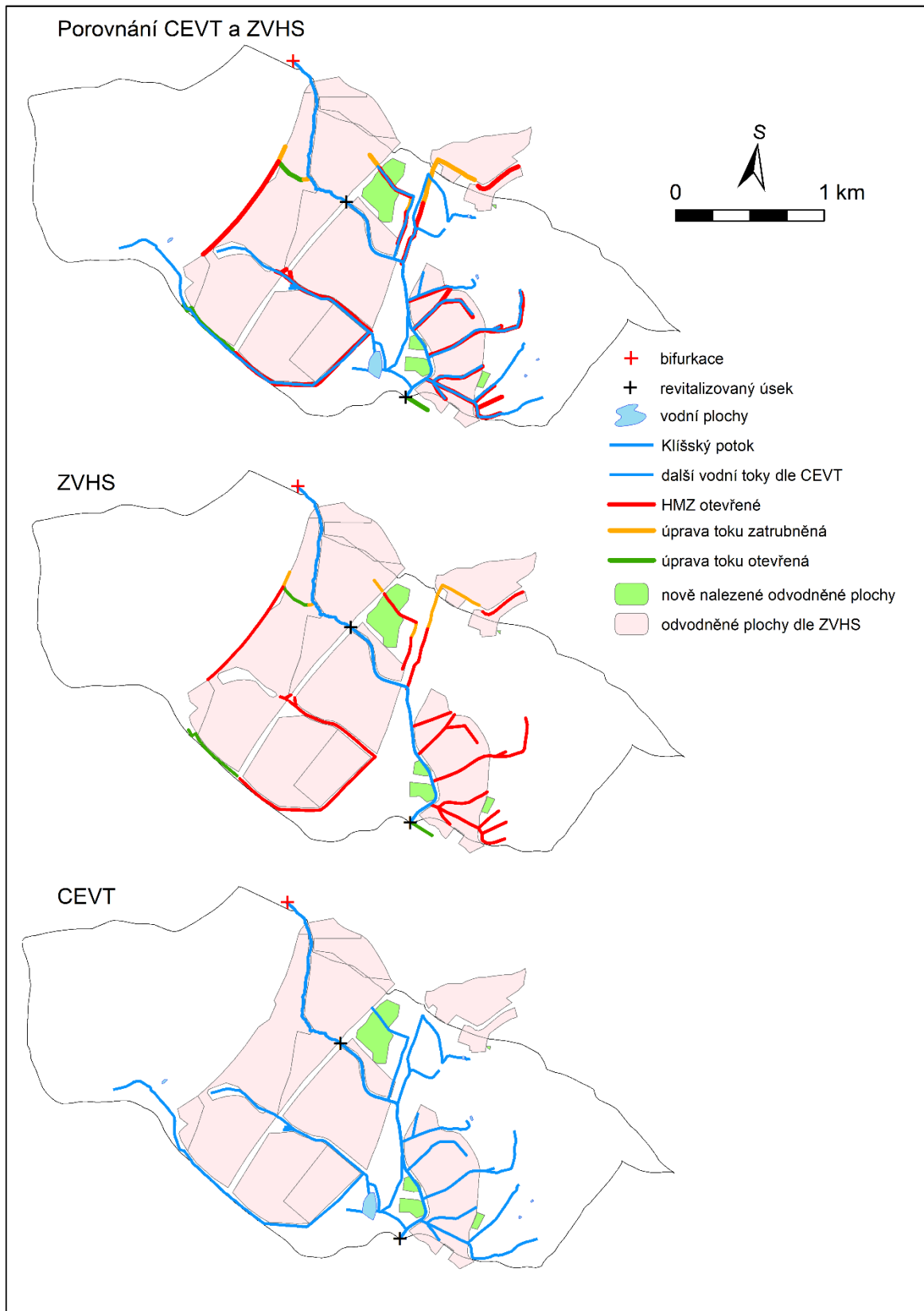
SKUPINA KRAJINNÉHO POKRYVU	Povodí Klíšského potoka		„Buffer“ 200 m okolo Klíšského potoka		Odvodněné plochy v povodí Klíšského potoka	
	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]
Zástavba, infrastruktura	41,09	6,75	6,80	6,42	2,80	1,50
Orná půda	385,80	63,41	87,79	82,78	177,47	95,37
Trvalé travní porosty	41,14	6,76	0,00	0,00	0,72	0,39
Les	140,37	23,07	11,46	10,80	5,10	2,74
<b>Celkem</b>	<b>608,40</b>	<b>100,00</b>	<b>106,05</b>	<b>100,00</b>	<b>186,08</b>	<b>100,00</b>

Zdroj: Corine Land Cover 1990

*Příloha 9: Rozloha ekosystémů dle Konsolidované vrstvy ekosystémů v povodí Klíšského potoka v roce 2013*

	Povodí Klíšského potoka		„Buffer“ 200 m okolo Klíšského potoka		Odvodněné plochy v povodí Klíšského potoka	
	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]	rozloha [ha]	podíl [%]
celková plocha [ha]	608,4		106,05		186,09	
počet plošek	814		219		133	
průměrná rozloha plošky [ha]	0,75		0,48		1,40	
<b>TŘÍDA KRAJINNÉHO POKRYVU</b>	<b>rozloha [ha]</b>	<b>podíl [%]</b>	<b>rozloha [ha]</b>	<b>podíl [%]</b>	<b>rozloha [ha]</b>	<b>podíl [%]</b>
Aluviální a vlhké louky	344,55	56,63	69,61	65,64	151,46	81,39
Bučiny	66,36	10,91	0,59	0,56	0,00	0,00
Dopravní síť	20,27	3,33	2,15	2,03	4,31	2,32
Doubravy a dubohabřiny	11,93	1,96	3,46	3,27	0,00	0,00
Hospodářské lesy jehličnaté	9,82	1,61	1,21	1,14	0,32	0,17
Hospodářské lesy listnaté	4,33	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
Hospodářské lesy smíšené	5,18	0,85	1,22	1,15	0,35	0,19
Hospodářské louky	53,70	8,83	6,84	6,45	12,71	6,83
Lužní a mokřadní lesy	10,07	1,66	4,91	4,63	4,83	2,59
Makrofytní vegetace stojatých vod	1,26	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00
Mezofilní louky	19,76	3,25	5,06	4,77	5,92	3,18
Mokřady a pobřežní vegetace	2,56	0,42	1,60	1,51	0,25	0,14
Nepůvodní křoviny	0,88	0,14	0,63	0,59	0,59	0,32
Nesouvislá městská zástavba	5,98	0,98	0,64	0,61	0,17	0,09
Průmyslové a obchodní jednotky	7,05	1,16	2,73	2,58	0,53	0,28
Přírodní křoviny	23,47	3,86	4,21	3,97	3,81	2,05
Rybníky a nádrže	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Skládky a staveniště	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Souvislá městská zástavba	16,36	2,69	0,00	0,00	0,01	0,01
Sportovní a rekreační plochy	0,75	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Suché trávníky	0,75	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Vodní toky přírodní	3,13	0,51	1,19	1,12	0,80	0,43
Vřesoviště	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Celkem</b>	<b>608,40</b>	<b>100,00</b>	<b>106,05</b>	<b>100,00</b>	<b>186,08</b>	<b>100,00</b>

*Zdroj: Konsolidovaná vrstva ekosystémů platná k roku 2013*



**Příloha 10: Porovnání poloh hlavních odvodňovacích zařízení dle CEVT a ZVHS**  
 Zdroj: Povodí Ohře - CEVT, MZe ČR, DIBAVOD





**Příloha 11: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d0pp (povrchová, z pravé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 12: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d1tp (zatrubněná, z pravé strany)**  
Zdroj: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D. (2021)



**Příloha 13: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d2pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 14: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d3pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 15: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d4pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 16: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d5tl (zatravněná, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)





**Příloha 17: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d7pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 18: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d8tl (zatrubněná, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 19: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d9pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 20: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d10tl (zatrubněná, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 21: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d11pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 22: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d12pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)

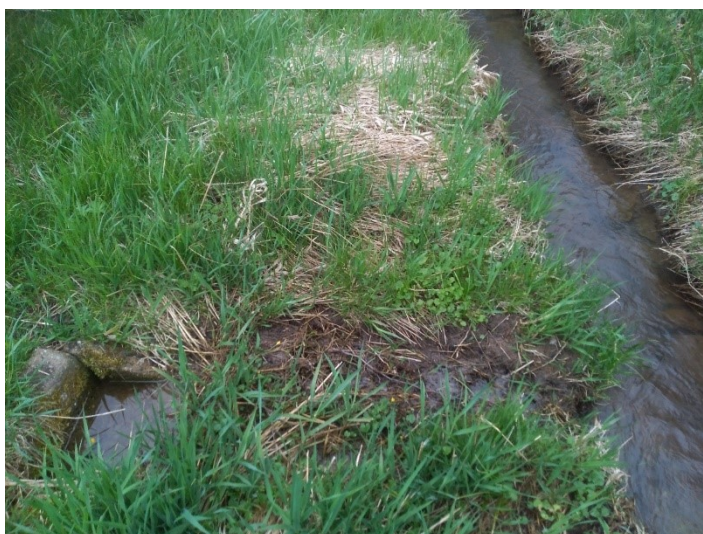




**Příloha 23: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d13pl (povrchová, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 24: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d14tp (zatrubněná, z pravé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 25: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d15tl (zatrubněná, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)





**Příloha 26: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d16pp (povrchová, z pravé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 27: Výúst odvodnění do Klíšského potoka d17tl (zatrubněná, z levé strany)**  
Zdroj: Fotografie autorky (2021)



**Příloha 28: Zamokření v blízkosti Klíšského potoka**  
Zdroj: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D. (2021)