ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

ČZU
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL

VODA V KRAJINĚ

Fakulta životního prostředí

Studie ochranného zemědělského hospodaření a opatření pro zvýšení retence a jakosti vody v povodí Křenovky

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Fučík, Ph. D.

Diplomant: Bc. Jaroslav Domas

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Domas

Voda v krajině

Název práce

Studie ochranného zemědělského hospodaření a opatření pro zvýšení retence a jakosti vody v povodí Křenovky.

Název anglicky

Conservation agricultural management and protective measures for enhancement of water retention and improvement of water quality in Křenovka catchment.

Cíle práce

Cílem této práce je analyzovat povodí Křenovky (7,42 km2) z hlediska ohroženosti rychlým povrchovým a podpovrchovým odtokem, erozí půdy a zdroji znečištění povrchových vod. Dále je cílem práce navrhnout jednotlivá opatření (biotechnická, agrotechnická a organizační) a jejich systémy na zemědělském půdním fondu a v jeho návaznosti, provést odhad jejich účinnosti a navrhnout jejich následný management.

Metodika

Zadaná práce bude mít charakter studie. Autor se podrobněji seznámí s aktuálními postupy pro obdobná řešení v ČR a zahraničí s obdobnými podmínkami a k tomuto zpracuje adekvátní (nikoli rozsáhlou, ale hutnou a praktickou) literární rešerši. Součástí práce bude identifikace staveb odvodnění (drenážních systémů) z DPZ a archivních podkladů, terénního průzkumu a monitoringu vod (množství a jakost). Na základě těchto analýz a podkladů budou navržena opatření pro zmírnění povrchového odtoku a eroze a opatření na systémech zemědělského odvodnění či v jejich návaznosti pro zvýšení retence a akumulace vody a zlepšení její jakosti, se zohledněním vlastnicko-uživatelských vztahů, zemědělských a přírodních podmínek lokality. Analýza zdrojů znečištění v daném povodí bude zahrnovat i hodnocení dostupných podkladů k bodovým zdrojům znečištění. Analýza odebraných vzorků vod bude probíhat v laboratoři VÚMOP, v.v.i. v režii VÚMOP, v.v.i.

Získaná data budou zpracována v software ArcGIS. Výsledky budou zpracovány v textové a grafické podobě a doplněny fotodokumentací.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č.02/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP.

Klíčová slova

Povrchový odtok, zemědělské odvodnění, ochranné opatření, jakost vody, retence a akumulace vody v krajině

Doporučené zdroje informací

FUČÍK P., ZAJÍČEK A., DUFFKOVÁ R., KVÍTEK T. 2015. Water Quality of Agricultural Drainage Systems in the Czech Republic — Options for Its Improvement. In Research and Practices in Water Quality Teang Shui Lee (ed.): 239-262. InTech. Kapitola v knize. ISBN 978-953-51-2163-3. http://dx.doi.org/10.5772/59298

GEOPORTÁL VÚMOP, v.v.i. https://geoportal.vumop.cz/

GRAMLICH, A., STOLL, S., STAMM, C., WALTER, T., PRASUHN, V. 2018. Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide fluxes from agricultural fields – A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 266, 84–99. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.005

HOFFMANN, C.C., ZAK, D., KRONVANG, B., KJAERGAARD, C., CARSTENSEN, M.V., AUDET, J. 2020. An overview of nutrient transport mitigation measures for improvement of water quality in Denmark. Ecological Engineering 155, doi 10.1016/j.ecoleng.2020.105863.

JANEČEK, M. a kol. 2007. Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.

KADLEC, V. a kol. 2014. Navrhování technických protierozních opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 101 s. ISBN 978-80-87361-29-0.

KAVKA, MÜLLER a kol. 2018. Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině. Certifikovaná metodika, 80s, ISBN: 978-80-01-06363-7.

KULHAVÝ Z., FUČÍK P., TLAPÁKOVÁ L. a kol. 2013. Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v Prioritních osách 1 a 6. MŽP. Certifikovaná metodika. 106 s. ISBN 978-80-7212-589-0.

MARVAL, Š., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T., ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., VACEK, M., HÜBSCH, L., SÍTKOVÁ, V., MIKULÁŠ, P. 2020. Termografické snímkování pro účely identifikace drenážních výustí a znečištění povrchových vod. Certifikovaná metodika. 74 s. ISBN 978-80-88323-28-0 (tištěná verze), 978-80-88323-29-7 (online pdf). https://knihovna.vumop.cz/records/87cadd37-9960-40dc-a768-e296347fcd62

Natural Water Retention Measures; NWRM; http://nwrm.eu/

Předběžný termín obhajoby
2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce
Ing. Petr Fučík, Ph.D.

Garantující pracoviště
Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant
Ing. Jiří Kapička; oddělení Půdní služba; VÚMOP, v.v.i.

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2022
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2022
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

V Praze dne 20. 03. 2022

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci na téma: Studie ochranného zemědělského hospodaření a opatření pro zvýšení retence a jakosti vody v povodí Křenovky vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji závěrečnou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Křeseticích dne 26.3.2022 .....

Jaroslav Domas

Poděkovat bych touto cestou chtěl svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Petru Fučíkovi, Ph.D., za vedení, ochotu a pomoc při zpracování diplomové práce, dále pak Ing. Jiřímu Kapičkovi, za pomoc. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také své rodině.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá analýzou erozní ohroženosti zemědělských půd, rychlého povrchového a podpovrchového odtoku, snížené jakosti vody a návrhy pro omezení těchto jevů, v zájmovém povodí o ploše 742 ha vodního toku Křenovky. V úvodní části práce jsou popsány základní definice a oblasti, jimiž se práce zabývá. Dále jsou uvedeny principy ochranného zemědělského hospodaření a retence a akumulace vod na hydromelioračních stavbách. Hlavní část práce obsahuje podrobný popis zájmového povodí. Pomocí programu ArcGis byla provedena podrobná analýza hydromelioračních staveb a půdních bloků ohrožených vodní erozí. Na vybraných reprezentativních hydromelioračních stavbách bylo prováděno měření a odebírány vzorky vody pro stanovení hydrologické funkčnosti staveb a jakosti drenážních vod. V rámci návrhové části práce jsou potom navržena opatření, zlepšující akumulaci, retenci a jakost vody v zájmovém povodí. Dále jsou navrženy ochranné osevní postupy pro vybrané díly půdních bloků, ohrožených erozí. Na závěr je okomentována účinnost jednotlivých navržených opatření a jsou uvedeny pozitivní efekty celkového komplexu opatření.

Klíčová slova: vodní eroze, průměrná dlouhodobá ztráta půdy, hydromeliorační stavby, retence a akumulace vody, jakost vody, protierozní opatření

Abstract

The thesis deals with analysis of erosion threat of agricultural soils, rapid surface and subsurface run-off, reduced water quality and proposals for limiting these phenomena, in the 742 ha catchment area of the Krenovka watercourse. In the first part of the thesis work basic definitions and related topics are descibed. The principles of protective agricultural management and retention and accumulation of water on land drainage are mentioned thoroughly. The main part of the work contains a detailed description of the catchment area. A detailed analysis of land drainage and field blocks threatened by water erosion was carried out using the ArcGis programme. Measuremants of hydrology and water sampling were realized at selected representative land drainage, water samples were realized. These samples were realized to determine the hydrological functionality of the structures and the quality of drainage waters. As part of the design part of the work, measures are then proposed, improving accumulation, retention and water quality in the catchment area. In addition, protective cropping procedures are proposed for selected parts of field blocks at risk of erosion. Finally, the effectiveness of each of the proposed measures is commented on and the positive effects of the overall complex of measures are indicated

Keywords: water erosion, averge long-term soil loss, land drainage, water retention and accumulation, water quality, anti-erosion measures

Obsah

1 Úvod 12

2 Cíle práce 13

3 Teoretická východiska 14

3.1 Zemědělský půdní fond ZPF 14

3.2 Bonitovaná půdně ekologická jednotka 14

3.3 Land Parcel Identification System 14

3.4 Degradace půd 15

3.5 Eroze půd 15

3.5.1 Ztráta půdy 17

3.5.2 Důsledky znečištění vod erozními procesy 18

3.5.3 Přípustná ztráta půdy 18

3.5.4 Vyhodnocení ztráty půdy – Univerzální rovnice ztráty půdy 19

3.6 Protierozní ochrana zemědělských pozemků 20

3.6.1 Organizační opatření 20

3.6.2 Agrotechnická opatření 22

3.6.3 Technická opatření 26

3.7 Odvodňovací stavby zemědělských pozemků 30

3.7.1 Získání podkladů o odvodňovacích stavbách 30

3.7.2 Využití archivních podkladů staveb odvodnění 31

3.7.3 Využití metod dálkového průzkumu země DPZ 32

3.7.4 Terénní průzkum území 33

3.8 Opatření na stavbách zemědělského odvodnění 33

3.8.1 Opatření na stavbách podrobného odvodňovacího zařízení 33

3.8.2 Opatření na stavbách hlavního odvodňovacího zařízení 38

3.9 Plošné zemědělské znečištění podpovrchových vod 38

3.10 Souhrnný index potřebnosti opatření SIPO 39

3.11 Dobrý zemědělský a environmentální stav DZES 43
4 Metodika 44
5 Analýza zájmového území 45
5.1 Popis řešeného území 45
5.2 Přírodní podmínky 46
5.2.1 Klimatické poměry v zájmovém území 46
5.2.2 Geologie v zájmovém území 47
5.2.3 Pedologie v zájmovém území 48
5.2.4 Hydrologie v zájmovém území 51
5.2.5 Morfologie v zájmovém území 53
5.2.6 Vegetační pokryv v zájmovém území 53
5.2.7 Ochrana přírody a krajiny v zájmovém území 54
5.3 Kanalizace a nakládání s odpadovými vodami v zájmovém území 57
5.4 Pozemkové úpravy 59
5.5 Analýza vlastnických vztahů 60
5.6 Analýza uživatelských vztahů 61
5.7 Analýza území z hlediska odtoku vody, eroze půdy a jakosti vod 64
5.7.1 Souhrnný index potřebnosti opatření – výpočet 65
5.7.2 Odvodnění v zájmové lokalitě 67
5.7.3 Podklady pro identifikaci staveb odvodnění 69
5.7.4 Informace o stavbě M1 71
5.7.5 Informace o stavbě M3 73
5.7.6 Informace o stavbě M4 75
5.7.7 Informace o stavbě M5 77
5.7.8 Analýza jakosti vody ve vodních tocích 78
5.7.9 Analýza větrné eroze v zájmovém území 81
5.8 Analýza vodní eroze v zájmovém území 81

5.8.1 Vyhodnocení vodní eroze v zájmovém území 86
6 Návrhy opatření v zájmovém území 88
6.1 Návrh opatření na ochranu před vodní erozí 88
6.2 Návrhy opatření na hydromelioracích pro zlepšení akumulace, retence a jakosti vod 91
6.2.1 Návrh opatření na stavbě M1 91
6.2.2 Návrh opatření na stavbě M3 96
6.2.3 Návrh opatření na stavbě M4 98
6.2.4 Návrh opatření na stavbě M5 103
7 Výsledky a diskuse 107
8 Závěr 109
9 Seznam literatury a použitých zdrojů 110
9.1 Seznam obrázků 114
9.2 Seznam tabulek 114
9.3 Seznam grafů 115
10 Přílohy 115

1 Úvod

Základem života na zemi je voda. Pro lidský život se řadí do zdrojů, bez kterých by život nebyl možný. Voda zaujímá jedinečné místo mezi všemi přírodními zdroji. Její kvalita či kvantita se mění vlivem přírodních procesů, ale i působením člověka. Znečištěná voda, či její přebytek nebo nedostatek způsobují smrt, nemoci a defekty životního prostředí. Především z těchto důvodů plyne, že vodu je potřeba důkladně chránit. Během posledních let se ukazuje, že vodní zdroje jsou omezené a měly by se racionálně využívat za účelem rozvoje a zdraví lidské společnosti, k naplnění požadavků jak současné, tak budoucí generace. (Shiklomanov, 2003).

Půda je nedílnou součástí bytí na Zemi. Je to živé a zároveň neživé prostředí, díky kterému je možná existence většiny života na naší planetě. Má mnoho vlastností, ale pro člověka je nejdůležitější její úrodnost, což zabezpečuje potravu celému lidstvu (Tomášek, 2007). Zachování produkční schopnosti půdy je jedna z nejdůležitějších environmentálních problematik. Lidskou činností dochází k znehodnocování půdy a jejímu nenávratnému poškození (Vopravil a kol., 2013).

Zemědělské drenážní systémy (odvodnění, často nazývané „meliorace“) velmi intenzivně propojují půdu a vodu. Toto propojení je o to výraznější v současné době, kdy se začíná projevovat změna klimatu, která se nejvíce projevuje změnou vláhových poměrů v krajině, a to především jejich poklesem. Tento pokles je umocněn právě stavbami zemědělského drenážního odvodnění. V ČR je odvodněno přibližně 30 % z celkové plochy zemědělské půdy. Z toho je minimálně 20-30% neopodstatněné. Odvodnění zemědělské půdy funguje příliš intenzivně a není v souladu s environmentální a zemědělskou politikou ČR (Fučík a kol., 2021a).

Srážková voda infiltrovaná do hlubších vrstev poměrně rychle odtéká drenážními systémy. Tento rychlý odtok je potřeba zpomalit. Je nutné provádět opatření na zvýšení retence, akumulace a zlepšení jakosti vody. Opatření je vhodné realizovat přímo v místech odvodnění nebo v přímé návaznosti na stavby odvodnění.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit a analyzovat vybrané povodí (7,42 km^2) z hlediska ohroženosti rychlým povrchovým a podpovrchovým odtokem, erozí půdy a zdroji znečištění povrchových vod a připravit tak podklady, použitelné v rámci pozemkových úprav či obdobných aktivit, vedoucích k posílení retence a akumulace vody v zemědělských povodích a snížení erozní ohroženosti půdy a průmět těchto jevů do sídel.

V první části diplomové práce je shrnuta literární rešerše, zabývající se problematikou eroze půdy a staveb zemědělského odvodnění, jejich příčin a důsledků a návrhy možných protiopatření, která povedou ke zlepšení stavu zemědělských půd a jakosti povrchové vody.

Druhá část diplomové práce se zabývá konkrétním výzkumem a důkladnou analýzou širších vztahů v zájmovém území. Nejprve je třeba charakterizovat zkoumané území, podrobně popsat stěžejní poměry v lokalitě a také důvody, které jsou podstatou této diplomové práce. Zájmové území je potřeba analyzovat s využitím mnoha zdrojů a podkladních dat. Analýzu je vhodné zpracovat v prostředí ArcGis. Důležitým podkladem pro analýzu eroze na zemědělské půdě a staveb zemědělského odvodnění jsou data poskytnutá Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd. V návaznosti na další postup je nutné zhodnotit ohrožení zájmového území jednotlivými faktory.

Poslední část práce reflektuje zjištěná data a na jejich základě navrhuje optimální řešení, jak z hlediska protierozní ochrany, tak retence, akumulace a jakosti povrchové vody.

V závěru práce jsou shrnuty a vyhodnoceny zjištěná fakta a vytvořené analýzy.

3 Teoretická východiska

3.1 Zemědělský půdní fond ZPF

Půda je nenahraditelný přírodní zdroj, který je zapotřebí chránit. V České republice je ochrana půdy zakomponována do zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu (ZPF). V zákonu č. 334/1992 Sb., se píše „Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí. Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je také zajišťována ochrana a zlepšování životního prostředí.“

3.2 Bonitovaná půdně ekologická jednotka

Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je nejobsažnější zdroj informací o půdách v České republice. Je definována jako „specifický územní celek, který má v důsledku svérázného působení jednotlivých složek přírodního prostředí konkrétní agroekologické vlastnosti, konkrétní stanovištní vlastnosti, které se projevují určitým stupněm produkčního potenciálu“. Právě těmto vlastnostem byly přiřazeny normativní údaje o produkčním potenciálu zemědělských plodin a s tím související ekonomický význam pěstování těchto plodin. (Váša a kol., 2000)

Konkrétní vlastnosti BPEJ jsou vyjádřeny pětimístným číselným kódem, kde každá číslice vyjadřuje konkrétní vlastnost (Novotný a kol., 2013).

3.3 Land Parcel Identification System

Land Parcel Identification System (LPIS) je systém, který je primárně určený k přesnému určení a identifikaci zemědělských pozemků. Jedná se o systém, který pracuje v prostředí GIS (MZe, 2022). GIS je geografický informační systém, který spojuje data s mapou a integruje data o poloze s veškerými popisnými informacemi konkrétního mapového prvku (Esri.com, 2022). Mapový program LPIS vznikl na základě zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství. LPIS byl spuštěn 21. března 2004. Hlavním účel LPIS spočívá v ověřování údajů v žádostech o dotace, které jsou poskytovány na základě hospodaření na zemědělské půdě. V průběhu vývoje se našla velká spousta využití programu. Program LPIS využívají farmáři a firmy podnikající v zemědělství. LPIS obsahuje evidenci hnojiv, pastvy, přípravků na ochranu rostlin, dále určuje hospodaření dle nitrátové směrnice, zranitelné oblasti, obsahuje evidenci

ekologických významných prvků, přehledy chovů evidovaných zvířat. Poskytuje informace o erozní ohroženosti půdy a ochranných pásmech vodních zdrojů. LPIS funguje také jako veřejná aplikace, do které je umožněn veřejný přístup. Tento přístup, je ale částečně omezený a není poskytnut v plné verzi (ceska-puda.cz, 2022).

3.4 Degradace půd

Mezi základní složky životního prostředí se řadí půda. Půda je zdrojem potravy většiny lidské populace, proto je velmi důležité ji chránit. Při obhospodařování půdy dochází k její degradaci. V celosvětovém porovnání je zhruba jedna třetina půd degradovaných lidskou činností. Degradace půdy se dělí na dva druhy, a to zhoršení chemických vlastností a zhoršení fyzikálních vlastností půd. V ochraně půd platí, že základem je prevence. Musí se předcházet poškozování půd. V případě poškození půdy existují nápravná opatření, ale ty jsou poměrně zdlouhavá a nákladná. Ve většině případů se degradovanou půdu nepodaří vrátit do stavu před poškozením (Pavlů, 2018)

Ministerstvo zemědělství uvádí sedm, respektive osm hlavních procesů degradace půdy (MZe, 2022):

- zastavování území
- eroze půdy (vodní a větrná)
- okyselování půd (acidifikace)
- úbytek organické hmoty v půdě (dehumifikace)
- utužení půd (pedokompakce)
- znečištění půd (kontaminace)
- zasolování půd (salinita)

3.5 Eroze půd

Eroze je přirozený přírodní proces v krajině, který rozrušuje povrch materiálů (půda, horniny, stavební materiál apod.) v důsledku působení různých sil. V přírodě se nejčastěji setkáváme s erozí hornin, půdy a koryt vodních toků. K procesu půdní eroze dochází působením vody, větru, ledu, sněhu a jiných činitelů (Pavlů, 2018).

Zachar (1982) člení erozi dle činitelů, kvůli kterým k erozi dochází. Mezi činitele řadí přírodní původce eroze a antropogenní vliv člověka. Typy eroze:

- vodní eroze
- větrná eroze
- ledovcová eroze

- sněhová eroze
- antropogenní eroze

V České republice jsou zemědělské pozemky nejvíce ohroženy erozí vodní a větrnou. Vodní erozí je ohroženo okolo 31 % zemědělské půdy. Větrnou erozí je ohroženo zhruba 10 % zemědělských půd. Na většině ohrožených půd nejsou aplikovány ochranné postupy (Pavlů, 2018).

Vodní eroze

Vodní erozi vyvolává kinetická energie dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanická síla stékající vody po povrchu půdy. Povrchový odtok je způsoben přívalovými nebo dlouhotrvajícími srážkami (Holý, 1994).

Vodní eroze je proces, při kterém dochází k porušování svrchní části půd, odnosu, transportu a usazování erodovaného materiálu. Tato přirozená eroze je kompenzována zvětráváním a tvorbou půdy. V případě, že dochází k intenzivní erozi (abnormální), za kterou bývají odpovědní lidé, je třeba hovořit o erozi zrychlené (Pavlů, 2018).

Při erozi zrychlené dochází k porušování půdní rovnováhy, což je příčinou nebezpečného uvolňování a transportu půdních částic a chemických látek. Dochází k velkému smyvu půdních částic a živin, a to v takové míře, že nestačí být nahrazeny půdotvorným procesem, který přirozeně obnovuje půdní profil. Chemické látky dodávané do půdy jsou často odnášeny. Transport chemických látek způsobuje znečištění vod (Holý, 1978). Největším problémem eroze půdy je ztráta půdy, ke které dochází právě při erozních procesech. Tato ztráta nejvíce zasahuje zemědělsky využívané pozemky. Odnos půdních částic se děje ve velkém měřítku. Často dochází k situacím, kdy se při intenzivních srážkách smyje celá svrchní vrstva půdního profilu a obnaží se půdní podklad. Tato situace má velmi negativní vliv na potenciální produkci zemědělských plodin na daném pozemku. Přirozená obnova půdotvorným procesem takto poškozeného pozemku je velmi zdlouhavá. Pokles výnosu po ztrátě půdy závisí na úrodnosti půdy a hloubce půdního profilu. Pokles výnosu je také způsoben odnosem rostlinných živin. Za velmi obtížné se považuje určení kvantitativní hodnoty odnosu živin, neboť záleží na množství, formě, druhu, způsobu a době aplikace živin, které se do půdy dodávají. Také záleží na půdních vlastnostech. Průzkum ukázal, že ztráta živin ze zemědělských půd je značná a ukazuje na závažný problém v ekonomice zemědělské výroby (Holý, 1994).

Vodní eroze se dělí na základě povrchového odtoku ze svrchní části pozemku. Přívalové deště způsobují povrchový odtok, který je na počátku plošný. Plošný odtok se časem přemění na soustředěný. Soustředěný odtok má za následek různě hluboké a široké erozní rýhy (Pavlů, 2018). Právě podle těchto dopadů na půdu Sklenička (2003) dělí vodní erozi na:

- plošnou erozi (vrstevnatou)
- výmolovou erozi (stržnou)
- proudovou erozi (říční)

Větrná eroze

Větrná eroze rozrušuje svrchní vrstvu půdy mechanickou silou větru. Působením této síly dochází k abrazi povrchu půdy a odnášení nejjemnějších částic půdy. Odnesený materiál se akumuluje na jiném místě. Erodovatelnost půdy větrem je přímo ovlivněna fyzikálními vlastnostmi půdy (Dufková, 2007). Dalším faktorem, na kterém nejvíce závisí intenzita erozního působení větru je jeho rychlost, frekvence a směr působení (Buzek, 1984). Formy větrné eroze rozlišujeme na dva druhy – deflaci a korazi (Holý, 1994).

Omezení větrné eroze spočívá ve snížení rychlosti větru, stabilizaci půdy, zvýšení drsnosti půdy, ochraně povrchu půdy a v minimalizaci škod způsobených větrnou erozí na pěstovaných plodinách (MZe, 2022)

3.5.1 Ztráta půdy

Ztráta půdy způsobená erozí se nejvíce projevuje v zemědělství. Uvolnění a transport půdních částic se na zemědělské půdě často děje ve velkém měřítku. Při smytí a obnažení půdního podkladu klesá úrodnost půdy (Holý, 1994). Při erozních procesech dochází ke ztrátě jemných půdních částic. To má za následek zhoršení fyzikálních vlastností půdy, dochází ke změně půdní textury a struktury a snižuje se schopnost infiltrace a vázání vody. Ztráta části vrchního půdního horizontu má za následek také zmenšení zásoby srážkové vody v období sucha (Nerušil a kol., 2015).

Transportované částice se akumulují ve vodních nádržích, kde snižují průtočnou kapacitu koryt, zakalují povrchové vody a narušují prostředí pro vodní organismy (Novotný a kol., 2014).

3.5.2 Důsledky znečištění vod erozními procesy

Tradiční pohled na hodnocení erozí jako na činitele devastující půdní povrch a jako zdroj splavenin a sedimentu v nádržích již dnes není adekvátní. V dnešní době se půda dostává do styku s velkým množstvím chemických látek různého původu a různého stupně toxicity. Transport takto zamořené půdy představuje výrazné nebezpečí pro obyvatelstvo. Tím větší je nebezpečí, že se chemické látky uvolňují do pohybu lehce. Chemické látky během transportu pronikají do povrchových a podzemních vod, které kontaminují a ohrožují jejich využití pro vodárenské účely. Nejvýraznějšími zdroji chemických látek jsou průmyslová hnojiva a pesticidy, užívané ve velkém množství při zemědělské činnosti. Mezi chemické látky znečišťující prostředí se také řadí odpady z průmyslu a farmaceutické látky obsažené v odpadních vodách. (Holý, 1978).

Živiny transportované a sedimentované ve vodách, zejména fosfor a dusík, jsou zdrojem eutrofizace vody. Ta může mít za následek přemnožení planktonu a sinic. Tento výskyt může ve vodních nádržích způsobit kyslíkový deficit (Nerušil a kol., 2015).

Znečištění vod minerálními hnojivy se posuzuje podle účelu využití vod. Mezi problémy se řadí riziko znečištění zdrojů pitné vody. Látky používané nejen v zemědělství, jako jsou fosfáty, dusičnany a chloridy, působí přímo na lidské zdraví. Tyto látky mohou v lidském organismu zavinit závažná onemocnění. Pro odstranění těchto látek z vody neexistuje v současné době žádný ekonomicky výhodný a současně úspěšný způsob (Holý, 1978).

3.5.3 Přípustná ztráta půdy

K posouzení pozemku erozní ohroženosti pozemku slouží princip přípustné ztráty půdy z dílu půdního bloku. Ztráta půdy je definovaná jako maximální hodnota ztráty půdy, která dovoluje trvale udržovat úrodnost půdy. Průměrná ztráta půdy vodní erozí se spočítá univerzální rovnicí půdy USLE. Vypočítaná hodnota má jednotku [t x ha^{-1} x rok^{-1}] (VÚMOP, 2022).

Hodnoty pro přípustnou ztrátu půdy jsou stanoveny na základě dlouhodobého zachování funkcí půdy, a to především její kvality a úrodnosti. Parametr, ze kterého hodnota přípustné ztráty půdy vychází, je charakteristika půdního profilu. Hloubku půdního profilu omezuje půdní podklad. Hloubka půdního profilu se určuje v místě největšího svahu, který se na pozemku nachází. Orientačně lze hloubku půdního

profilu stanovit z kódu BPEJ. Pátá číslice tohoto kódu vyjadřuje sdruženou charakteristiku pro skeletovitost a hloubku půdního profilu. Hloubka půdního profilu je rozdělena do třech skupin (Janeček a kol., 2007). Půdy mělké – půdní profil do třiceti centimetrů. Tyto půdy jsou označeny číslicemi 5 a 6. Půdy středně hluboké mají půdní profil hluboký od třiceti do šedesáti centimetrů. V kódu BPEJ jsou onačeny číslicemi 1, 4 a 7. Půdy hluboké mají půdní profil hluboký šedesát centimetrů a více a jsou označovány číslicemi 0, 2 a 3 (Vlček a kol., 2017).

Přípustná ztráta půdy se v České republice stanovuje na základě hloubky půdního profilu a jsou dva limity pro přípustnou ztrátu půdy. První limit se plní v rámci standardů DZES 5 na základě nařízení vlády č. 48/2017 Sb., tedy pro standard DZES 5 je stanovena maximální ztráta půdy pro půdy středně hluboké a hluboké 17 t x ha^{-1} x rok^{-1}, pro půdy mělké 4 t x ha^{-1} x rok^{-1}. Pro plnění podmínek standardu DZES 5 je vyžadovaná aplikace protierozních opatření u pěstování plodin se střední ochranou funkcí (SOF) a nízkou ochranou funkcí (NOF) (Váňová a Kapička, 2021).

Druhý limit je přísnější a je stanoven ve vyhlášce č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, dále jen vyhláška. Ve vyhlášce je stanoveno přípustné erozního ohrožení pro půdy hluboké a středně hluboké 9 t x ha^{-1} x rok^{-1}, pro půdy mělké 2 t x ha^{-1} x rok^{-1}.

3.5.4 Vyhodnocení ztráty půdy – Univerzální rovnice ztráty půdy

Pro stanovení vodní eroze na zemědělsky využívaných pozemcích se nejvíce používá univerzální rovnice USLE (Universal soil-loss equation). Tuto rovnici odvodil v roce 1978 Wischmeier a Smith. Rovnicí lze odhadnout dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy, která se udává v tunách/hektar/rok (Pavlů, 2018). Univerzální rovnice ztráty půdy USLE byla odvozena jako jednoduchý empirický model ztráty půdy na zemědělském pozemku. Zemědělský pozemek je považován, z hlediska půdních vlastností a způsobu využití, jako homogenní a je nahrazen jedním nebo více charakteristickými profily. Samotná rovnice je jednoduchá a z matematického pohledu robustní. K rovnici byly připraveny katalogy vstupních dat pro její snadné využití. Rovnice se potýká s řadou slabin, ale i přesto se zřejmě jedná o nejrozšířenější nástroj analýzy ohroženosti zemědělských pozemků vodní erozí (Dostál a kol., 2014).

Univerzální rovnice USLE (Wischmeier a Smith, 1978):

$G = R * K * L * S * C * P$

Popis jednotlivých členů (faktorů) rovnice USLE (Pavlů, 2018):

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy [$t * ha^{-1} * rok^{-1}$]

R – faktor erozní ohroženosti deště [$MJ * ha^{-1} * cm * h^{-1}$]

K – faktor erodovatelnosti půdy [$t * ha * h * ha^{-1} * MJ^{-1} * cm^{-1}$]

L – faktor délky svahu [bezrozměrný]

S – faktor sklonu svahu [bezrozměrný]

C – faktor ochranného vlivu vegetace [bezrozměrný]

P – faktor účinnosti protierozních opatření [bezrozměrný]

3.6 Protierozní ochrana zemědělských pozemků

Zemědělskou půdu je třeba chránit vhodnými protierozními opatřeními. Protierozní ochrana půdy má za úkol chránit dva nejcennější přírodní zdroje, vodu a půdu. Musí zabraňovat nepříznivým následkům, které by měly vliv zejména na odvětví vodního hospodářství a zemědělství (Holý, 1978).

O použití jednotlivých druhů opatření rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení odnosu půdy a nutná ochrana objektů – vodní zdroje, toky, nádrže, a intravilány obcí a měst. Navrhování protierozních opatření musí respektovat zájmy vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a krajinný ráz (Dufková, 2007).

Protierozní ochrana musí splňovat požadovaný stupeň ochrany. Musí být přijatelná z hlediska finančních nákladů a minimalizovat zábor zemědělských pozemků. Obecně lze konstatovat, že se za účinný systém protierozní ochrany považuje systém, který chrání půdu před destruktivním dopadem dešťových kapek a udržení povrchového odtoku ve fázi plošného odtoku (Váša a kol., 2000).

V metodickém doporučení ke snížení vodní eroze, které vydalo Ministerstvo zemědělství, se opatření dělí do třech skupin. První skupinu tvoří opatření organizačního charakteru. Druhou skupinu tvoří agrotechnická opatření a třetí skupinu tvoří technická opatření (Vopravil a kol., 2013).

3.6.1 Organizační opatření

Tato opatření přinášejí základní změnu v rozmísťování plodin na zemědělských pozemcích. Jsou navrhována při pozemkových úpravách, kterými se

dociluje optimálního funkčního a prostorového uspořádání pozemků, Mezi organizační opatření řadíme (Dušková, 2007):

- optimální tvar a velikost obhospodařovaného pozemku
- delimitace druhů pozemků
- vhodné umístění zemědělských plodin, včetně ochranného zatravnění
- pásové pěstování zemědělských plodin
- protierozní osevní postup

Optimální tvar a velikost obhospodařovaného pozemku

Toto opatření je základním opatřením v protierozní ochraně půdy. Zemědělské pozemky se umísťují vůči sklonu terénu tak, že delší strana je ve směru vrstevnice. Kratší strana by měla být na vrstevnice kolmá. Toto situování navozuje vhodnost pozemku k obdělávání po vrstevnicích. Zároveň se zkracuje délka svahu ve směru erozního smyvu (Nerušil a kol., 2015). Zásadní změny při rozmísťování pozemků se realizují při pozemkových úpravách (Dušková, 2007).

Delimitace druhů pozemků

Toto opatření znamená umístění kultur v rámci půdního fondu z hlediska terénních, půdních a klimatických podmínek. Kultury se situují tak, aby byl zemědělský půdní fond účelně využit (Holý, 1978). Jedná se vlastně o rozčlenění půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, sady, vinice a chmelnice. Je nutné určit funkční zaměření, které je v místech ohrožených erozí protierozní a vodoochranné (Dušková, 2007).

Vhodné umístění zemědělských plodin, včetně ochranného zatravnění

Toto opatření spočívá v preferenci pěstování erozně nebezpečných plodin na erozně neohrožených nebo jen mírně ohrožených zemědělských pozemcích. Silně erozně ohrožené zemědělské pozemky, pásy podél břehů vodních toků a nádrží, dráhy soustředěného povrchového odtoku, profily průlehů, mělké půdy, písčité půdy, navážky apod. by se měly zatravnit a pravidelně sekat (Vopravil a kol., 2013).

Pásové pěstování zemědělských plodin

Princip pásového pěstování plodin na erozně ohrožených pozemcích spočívá ve střídání různě širokých pásů. V pásech se střídají erozně rizikové plodiny, například: brambory, kukuřice, slunečnice a další širokořádkové plodiny. A plodiny s dobrým erozním účinkem, například: obilniny, pícniny a případně trvalé travní

porosty. Pásy jsou sety ve směru vrstevnic s maximálním odklonem 30°. Pásové pěstování plodin způsobuje problémy při chemickém ošetřování plodin. (Nerušil a kol., 2015).

Protierozní osevní postup

Je postup, který se užívá na erozně ohrožených pozemcích, kde z organizačních a technologických důvodů nelze uplatnit jiný způsob rozmístění plodin. Protierozní osevní postup se uvažuje na silně svažitých, vertikálně a horizontálně vícesměrně členitých pozemcích. Na těchto pozemcích není možné provádět pracovní operace napříč svahem. V těchto podmínkách se systém hospodaření plně podřizuje protierozní ochraně. Na těchto pozemcích se musí zásadně upravit struktura pěstovaných plodin. Vyloučit plodiny s nízkou protierozní ochranou, zvýšit zastoupení plodin s vysokou protierozní ochranou a zařadit zlepšující plodiny se středním ochranným účinkem (Dušková, 2007).

Dušková (2005) uvádí plodiny, které jsou vzestupně řazeny. Začíná plodinami erozně neohroženými a končí silně ohroženými plodinami.

trvalý travní porost – vojtěška – jetel – obilovina ozimá – obilovina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – brambory – cukrovka – kukuřice

3.6.2 Agrotechnická opatření

Tato opatření se na zemědělské půdě používají pro zlepšení infiltračních schopností půdy, zvýšení její protierozní odolnosti a k vytvoření ochrany povrchu půdy v období výskytu přívalových srážek. Zejména širokořádkové plodiny jsou nedostatečně zapojené v době přívalových dešťů a dochází k smyvu půdy. Protierozní agrotechnika se provádí zemědělskými stroji se speciální úpravou (Váša a kol., 2000). Podstatou agrotechnických opatření je redukce hloubky a intenzity kypření ornice a zároveň zachování co největšího množství rostlinné biomasy na povrchu, nebo svrchní vrstvě ornice. Smyslem minimálního zpracování půdy je snížení narušení půdního profilu a tím zachování přirozeného vývoje půdního prostředí. Organická složka zanechaná na povrchu, tvoří ochranou vrstvu půdy. Mezi tyto opatření řadíme (Nerušil a kol., 2015):

- vrstevnicové obdělávání půdy
- kvalitní organická hmota

- výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků
- setí kukuřice do úzkých řádků
- hrázkování a důlkování povrchu půdy
- plečkování, dlátování, podrývání
- páskové zpracování půdy pro širokořádkové plodiny strip-till

Vrstevnicové obdělávání půdy

Orbou prováděnou po vrstevnici nebo jen s mírným odklonem od vrstevnice je možné významným způsobem přispět k ochraně půdy před erozí. K orbě je nutné používat pluh otočný a překlápět půdu proti svahu. Další agrotechnické operace se také provádějí ve směru, kterým byla provedena orba. Vrstevnicové obdělávání půdy na svazích je podmíněno použitou mechanizací, která musí umožňovat obdělávání pozemku v rámci svahu (Kvítek a Tippl, 2003).

Kvalitní organická hmota

Odolnost půdních částic vůči účinkům deště je velmi úzce spjata s obsahem organické hmoty v ornici. Přísunem kvalitní organické hmoty a částečným vytvořením anaerobních podmínek se zajistí vhodné prostředí pro tvorbu humusu. Humus v půdě tvoří organominerální komplex, který je základem pro vytvoření dobré půdní struktury, založené na stabilních půdních agregátech. V takovéto půdě je vhodně rozvinuta pórovitost, která je základem velké infiltrační schopnosti půdy (Nerušil a kol., 2015).

Výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků

Do této technologie spadá několik agrotechnických opatření, které mají jeden společný rys. Tím rysem je zachování co největšího množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, nastýlky-mulče. Zároveň je nutné nenarušovat půdní profil, aby nedocházelo k mineralizaci živin (Vopravil a kol., 2013).

Mezi mechanizační technologie se řadí mělké zpracování půdy se zapravením organických zbytků a následné setí hlavní plodiny. Jedná se o mělkou kultivaci půdy radličkovým kypřičem nebo diskovým strojem. Nejčastěji se zapravuje drcená sláma, ke které se může přidat dusík pro vyrovnání poměru C:N nebo fosfor, příp. draslík, pro hnojení následné plodiny. Následná plodina se seje secím strojem, určeným pro přímé setí (Nerušil a kol., 2015).

Další technologií je přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodiny. Plodina se seje do nezpracované půdy. Půda je pokryta posklizňovými zbytky předplodiny. Předplodina byla při sklizni rozdrcena a rovnoměrně rozprostřena na povrchu půdy. Ozimé plodiny se sejí v agrotechnických termínech přímo do mulče nebo strniště. Pro setí se musí použít speciální sečka pro přímé setí do nezpracované půdy. Nevýhodou tohoto postupu pěstování je zvýšená aplikace herbicidů (Nerušil a kol., 2015).

Přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny je další z řad ochranných technologií, které se využívají. Půda se zpracuje mělkým kypřením. Bezprostředně poté se pozemek oseje meziplodinou. Vysévá se taková meziplodina, které přes zimu vymrzne. Na jaře se pole oseje hlavní plodinou přímo do vymrzlé meziplodiny. K setí se využívá speciální secí stroj. V případě, že meziplodina nevymrzne, musí se zlikvidovat chemickým přípravkem (Nerušil a kol., 2015).

Poslední technologií pěstování plodin je výsev ochranné plodiny v pásech a meziřádcích. Tato technologie je určena především pro širokořádkové plodiny, zejména pro kukuřici. Bezprostředně po vysetí kukuřice se zaseje směrem po vrstevnicích obilnina, nejčastěji ozimý ječmen. Porost ječmene poskytuje přirozenou ochranu před erozí. Jako ochranná plodina může být použito žito, které se klasicky zaseje do meziřádků kukuřice. Nevýhoda této technologie spočívá ve velmi nízké ochraně půdy před erozí v období jednoho měsíce od zasetí (Nerušil a kol., 2015).

Setí kukuřice do úzkých řádků

Při této technologii se kukuřice neseje na klasickou meziřádkovou vzdálenost. Výsevní ústrojí se upraví a kukuřice se vysévá na vzdálenost 37,5 cm mezi řádky. Zrna se sejí v trojúhelníkovém sponu v počtu asi 85-90 tisíc kusů na jeden hektar. Touto technologií je docíleno rovnoměrnějšího zapojení porostu, díky kterému se zvýší ochrana před erozí (Vopravil a kol., 2013).

Hrázkování a důlkování povrchu půdy

Technologie hrázkování se používá převážně při pěstování brambor. Její princip spočívá v založení ochranných hrázek v meziřadí hrůbků. Hrázky mezi hrůbky vytváří velké množství malých akumulačních příkopů, které brání vytvoření soustředěného odtoku a podporují zadržení vody přímo na pozemku. Hrázkování se provádí bezprostředně po sázení brambor. Řádky jsou vedeny vrstevnicově a pro co

nejúčinnější opatření může být maximální nepřerušená délka pozemku 300 metrů po spádnici (Vopravil a kol., 2013).

Důlkování je velmi podobná technologie jako hrázkování. Její využití je především u brambor. Na rozdíl od technologie hrázkování se v meziřadí hrůbků nevytváří hrázky, ale důlky. Počítá se, že se na jeden hektar udělá v průměru 28 000 důlků o objemu asi dva litry. Tato čísla znamenají, že se na jednom hektaru vytvoří akumulační prostor o objemu cca 53 m^3 (Vopravil a kol., 2013).

Plečkování, dlátování, podrývání

Tato technologie se používá u širokořádkových kultur. Jedná se o meziřádkovou kultivaci půdy v době vegetace. Primárním účelem plečkování je nakypřením půdy zamezit rychlému a plošnému odtoku vody. Sekundární účel je provzdušnění půdy a odplevelovací efekt. Plečkovací stroj má buď pasivní radličky, nebo aktivní rotační radličky (Vopravil a kol., 2013).

Dlátování je využitelné zejména u cukrové řepy. Technologie je obdobná jako u plečkování. Využívají se pouze pasivní radličky (dláta) a hloubka zpracování půdy je větší. Tím se dosáhne většího efektu zasakování vody než při plečkování (Vopravil a kol., 2013).

Podrývání půdy se provádí na plochách utužených od přejezdu zemědělské techniky. Pracovní hloubka stroje je od 35 cm. Půda se při této technologii neobrací, ale pouze nadzvedne. Tím dojde k provzdušnění půdního horizontu do větší hloubky než při orbě. Hloubkové podrývání se provádí speciálními podrýváky (Vopravil a kol., 2013).

Páskové zpracování půdy pro širokořádkové plodiny strip-till

Tato technologie využívá přesného setí s vysokým protierozním účinkem. Speciální stroj vysévá semena buď do nezpracované půdy pokryté posklizňovým mulčem, nebo porostů meziplodin, či travních porostů. K založení porostů se využívá stroj, který jednou operací zpracuje půdu v pásu do hloubky cca 25 cm. Druhá operace přesně zaseje do připraveného pásu hlavní plodinu. Také se může využít přesného přihnojení. Operace se provádí jedním nebo dvěma přejezdy za pomoci kvalitního GPS signálu. V případě setí do krycí plodiny nesmí tato plodina konkurovat nebo působit stresově na plodinu hlavní. Z výsledků simulovaného deště pracovníky Výzkumného

ústavu meliorací a ochrany půd bylo zjištěno, že tato technologie má výrazný protierozní efekt (Nerušil a kol., 2015).

3.6.3 Technická opatření

Samotná protierozní řešení organizačního a agrotechnického charakteru nejsou schopna sama o sobě podstatně omezit odtok vody ze svažité zemědělské půdy, zejména v případě intenzivních srážko-odtokových situací. Tato opatření je vhodné doplnit opatřeními technickými. Technická řešení se uplatňují pro řešení protierozní ochrany v povodí k nezbytnému rozdělení svažitých, plošně rozsáhlých pozemků, s neúměrnou délkou svahu, kde opatření organizační a agrotechnická jsou nedostačující. Technická řešení mají ve svazích převážně liniový charakter a spolu s realizací nových svodných prvků mají za úkol vytvořit v povodí odpovídající síť nových hydrolinií. Systém technických opatření v zájmovém povodí je třeba chápat jako kostru protierozních opatření, kterou je nutné doplnit právě organizačními a agrotechnickými opatřeními (Dufková, 2007).

Technická opatření jsou navrhována při pozemkových úpravách nebo při financování z evropských dotací Programu rozvoje venkova. Mají za cíl především chránit intravilán obce (Nerušil a kol., 2015).

Technická opatření se navrhují k úpravě sklonu v povodí, transformaci (zpomalení, zploštění) odtokových epizod, k zachycení a neškodnému odvádění splavenin. Mezi technická opatření se řadí (Váša a kol., 2000):

- terénní urovnávky
- terasování
- protierozní příkopy
- protierozní průlehy
- vsakovací pásy
- sedimentační pásy
- zatravněné údolnice
- protierozní hrázky
- protierozní meze
- asanace erozních výmolů a strží
- ochranné nádrže
- polní cesty s protierozní funkcí

Terénní urovnávky

Terénní urovnávky se provádějí jen na hlubokých půdách. Při těchto pracích se odstraňuje vertikální nerovnost na pozemcích. Zemina se přesouvá, aby se dosáhlo menšího příčného sklonu v jednotlivých částech pozemku. Dále se omezuje soustředěný odtok a vznik rýhové eroze (Kadlec a kol., 2014).

Terasování

Je navrhováno pro zemědělsky využívané pozemky, které mají sklon větší než 20 %. Pozemky mají hluboký půdní profil a jsou určené pro pěstování speciálních kultur (sady, vinice). Terasy se navrhují úzké a široké, záleží především na morfologii terénu a pěstované plodině. Terasy mohou být zemní nebo zpevněné opěrnými zdmi. Zemní terasy jsou dané přirozenou soudržností zeminy a jsou zpevněny vegetací. Terasy tvořené opěrnými zdmi se budují u pozemků se sklonem větším než 30 %. Jsou finančně velmi náročné a jejich využití je výjimečné (Váša a kol., 2000).

Protierozní příkopy

Jedná se o liniový prvek, který se buduje v místě přerušení svahu. Jako vhodné se jeví kombinace s dalšími liniovými prvky – mez, cesta, pásové obdělávání, biokoridor apod. Příkop je navrhován s orientací po vrstevnicích s mírným podélným sklonem. Profil příkopu je lichoběžníkový s šířkou ve dně 0,3-0,6 m, hloubka 0,6-1,2 m a sklonem svahů 1:1,5-1:2. Příkop se dimenzuje na dobu opakování nejméně pěti let v případě ochrany zemědělských pozemků. Při ochraně intravilánu obce se doba opakování navrhuje 50 let. Pro případ nutnosti překonávání příkopu mechanizací je nutné vybudovat propustek. Voda musí být bezpečně odvedena z příkopu až do recipientu. Z hlediska uspořádání a funkce příkopů je možné rozlišovat příkopy záchytné, sběrné a svodné (Vopravil a kol., 2013).

Protierozní průlehy

Příčné budování průlehů na pozemcích je považováno za jedno z nejefektivnějších protierozních opatření, která se na orné půdě dají řešit. Toto opatření se nechá realizovat pouze na pozemcích s hlubším půdním profilem. Průlehy se budují na dlouhých svazích tak, aby došlo ke zmenšení svahu. Průlehy se budují příčně na svah a ve vzdálenosti od 20 do 30 metrů. Sklon svahu, na kterém může být opatření realizováno, je možný maximálně do 15 %. Záchytné průlehy se budují jako široké mělké příkopy s pozvolným sklonem svahů. Pro lepší obhospodařování

pozemků se průlehy vedou vzájemně rovnoběžně, s minimálním podélným sklonem. Lze je navrhovat společně se sedimentačním pásmem, hrázkou a doprovodnou zelení. Průlehy se dělí na záchytné, odvodňovací, kombinované, odváděcí a svodné Při realizaci na orné půdě se jedná o nezpevněné obdělávatelné průlehy (Dušková, 2007).

Vsakovací pásy

Se navrhují jako vsakovací pásy spolu se zatravněním údolnice. Jedná se o účinné liniové prvky, které mají dobrou protierozní ochranu. Investičně jsou málo náročné a navrhují se při komplexních pozemkových úpravách. Vsakovací pásy jsou: travní, křovinné a lesní. Jsou navrhovány na svažitých pozemcích, kde se střídají s plodinami zemědělskými nebo se navrhují podél vodních toků a nádrží, kde zabraňují smyvu půdy do vody. Často se spojují s dalšími protierozními opatřeními, například průlehy. Šířka pásu se pohybuje od 20 metrů výše. Funkce spočívá ve vsakování povrchového odtoku (Dušková, 2007).

Sedimentační pásy

Sedimentační pásy tvoří zatravněné pásy o šířce minimálně 10 metrů. Pásy slouží k zachycení erozního smyvu podél vodních toků. Využívají se například kolem míst, která vyžadují zvýšenou ochranu před erozním smyvem (Váša a kol., 2000).

Zatravněné údolnice

Zatravněné údolnice jsou dráhy soustředěného odtoku, které jsou zatravněny. Hrozí v nich soustředěný odtok a nebezpečí vzniku rýhové eroze. Údolnice mohou být recipientem protierozních příkopů nebo průlehů. Stabilita opatření je určena kvalitou drnu, kritickou rychlostí vody a tečným napětím. Při návrhu řešení se používá některá z metod, pracující na epizodním základě konkrétní návrhové srážky. Údolnice je pouze stabilizována travním drnem. Travní drn se musí pravidelně sekat pro zlepšení a zvýšení stability. V rámci diverzifikace se může podél travního pásu vysázet vegetace, ale pouze solitérní stromy, které umožní udržování trvalého travního porostu. Rizikovým místem tohoto opatření je přechod mezi ornou půdou a zatravněním. Obděláváním může v tomto místě vzniknout brázda nebo hrázka. Obojí by bránilo přítoku vody do údolnice a zároveň způsobovalo soustředěný odtok na nechráněné půdě (Vopravil a kol., 2013).

Protierozní hrázky

Jsou zemní nepřelévavé hráze vysoké 1-1,5 m, opevněné vegetačním porostem. Budují se na úpatí svahů a jejich cílem je chránit majetek, především komunikace, před zaplavením vodou a zanesením splaveninami. Prostor před hrází musí zadržet požadovaný objem vody a splavenin. Návrhové množství zadržené vody vychází z požadované doby opakování (Dušková, 2007).

Protierozní meze

Protierozní meze se navrhují jako trvalá překážka povrchového odtoku. Často se navrhují společně s průlehy, které zaručí bezpečné odvedení vody. Meze se skládají ze třech základních částí, a to zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcího prvku. Základní funkce meze je protierozní. Z důvodu snížení hodnoty faktoru L. Meze mají velký význam také z hlediska krajinného rázu, jako hnízdiště ptáků, migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organismů. Navržené meze a jejich doprovodná zeleň mohou v krajině sloužit jako lokální biokoridory. Meze se navrhují ve směru vrstevnice nebo s mírným odklonem tak, aby bylo zajištěno zadržení povrchového odtoku a zároveň jeho neškodné odvedení do recipientu. Meze určují budoucí směr obdělávaného pozemku, který se pomocí stromů stabilizuje. Při vhodně zvolené druhové skladbě vegetace mají meze velkou ekologickou hodnotu a jsou výborným interakčním prvkem v územním systému ekologické stability zemědělské krajiny (Vopravil a kol., 2013).

Asanace erozních výmolů a strží

Při asanaci výmolů a strží se zaplňuje jejich prostor zeminou a následně se musí provést rekultivace povrchu pro další zemědělskou činnost. Pro zamezení opakovaného vymílání se musí zabránit přitékání povrchové vody do záhlaví výmolů a vzniku soustředěného odtoku pomocí protierozních opatření. Jako protierozní opatření k zamezení přitékání vody jsou volena technická opatření (Váša a kol., 2000).

Ochranné nádrže

Ochranné protierozní nádrže jsou nejvyšším stupněm ochrany. Využívají se především k ochraně intravilánů a infrastruktury před záplavami a transportem smyté zeminy. Nádrže mají velkou regulaci odtoku vody a zachycení splavenin. Nejčastěji jsou navrhovány jako suché, bez trvalého zadržení vody. Nazývají se suché nádrže nebo poldry. Od suchých nádrží se většinou očekává dvojí ochrana. Jednak ochrana

před splaveninami a zároveň transformace povodňové vlny. V případě, že se očekává rychlé zanášení nádrže sedimenty, musí se již při výstavbě vybudovat cesty pro odstraňování sedimentu. Poldr je budován za účelem transformace povodňové vlny. Suchá nádrž i poldr jsou významným technickým dílem a musí být navrhovány podle normy na malé vodní nádrže. Jejich ochrana se dimenzuje na dobu opakování 50 nebo 100 let (Dušková, 2007).

Polní cesty s protierozní funkcí

Polní cesta s protierozním opatřením je kombinovaným typem opatření. Místní komunikace se cíleně vede ve směru vrstevnic a je umístěna do prostoru tak, aby vhodně přerušila dlouhý svah. Polní cesta je doplněná protierozním příkopem, který zároveň musí plnit normu pro cestní příkop. Příkop plní funkci odvodňovací a zároveň ochrannou. Nebezpečí vzniká v křížení cesty s lokální údolnicí. V tomto místě je nebezpečí vzniku bezodtoké místa. Polní cesty slouží jako přístup na pozemky, proto je důležité vhodné vybudování sjezdů s propustky na pozemky. Polní cesty s protierozním opatřením se nejčastěji navrhují a budují v rámci komplexních pozemkových úprav v daném katastru (Vopravil a kol., 2013).

3.7 Odvodňovací stavby zemědělských pozemků

3.7.1 Získání podkladů o odvodňovacích stavbách

Vzhledem k intenzitě odvodnění zemědělské půdy v ČR (cca 28% zemědělské půdy, 1,2 mil. ha (Kulhavý a kol. 2013) je pro intervence ke zvýšení retence vody a zlepšení její kvality v zemědělské krajině nezbytné zabývat se hydromelioracemi z pohledu jejich adaptací či opatření na nich či v jejich návaznosti (Fučík a kol., 2010a). To platí pro ČR i řadu jiných zemí (Gramlich a kol., 2018). Pro správný návrh opatření, minimalizující negativní efekty drenážních systémů v zemědělské krajině, je nutná znalost přesného průběhu hlavních odvodňovacích zařízení HOZ i poloha prvků podrobných odvodňovacích zařízení (POZ) plošného odvodnění. V případě POZ je důležité znát polohu svodných drénů a drenážních výústí a zároveň znát jejich technické parametry a současný technický stav (Zajíček a kol., 2022).

Pro úspěšný návrh opatření na stavbách odvodnění je zásadní dostupnost přesnějších podkladů o skutečném průběhu odvodňovacích staveb. Data lze získat třemi základními způsoby (Zajíček a kol., 2021a):

- využitím archivních podkladů staveb odvodnění

- využitím metod dálkového průzkumu země DPZ
- terénním průzkumem

3.7.2 Využití archivních podkladů staveb odvodnění

Informace HOZ

Hlavní odvodňovací stavby (HOZ) jsou v majetku státu. V současné době se o ně stará především Státní pozemkový úřad (SPÚ), v menším rozsahu jiné subjekty (Lesy ČR, státní podniky Povodí). V rámci struktury SPÚ jsou odvodňovací stavby spravovány odborem vodohospodářských staveb. Odbor eviduje téměř 19 tisíc staveb vodních děl a čerpacích odvodňovacích stanic kategorie HOZ (Zajíček a kol., 2021a). SPÚ má informace o hlavních odvodňovacích zařízeních, včetně projektových dokumentací a přesného zakreslení staveb, které slouží jako podklad pro správný zákres a funkci HOZ.

Další informace o HOZ jsou poskytovány online. Jedná se o Informační systém meliorační staveb (ISMS). Informační systém je dostupný na mapovém portálu https://meliorace.vumop.cz/. Jedná se o portál, který poskytuje digitalizované informace o zemědělských melioracích.

Informace POZ

Evidence podrobných odvodňovacích zařízení je v současné době velice komplikovaná. Dokumentaci k POZ dříve uchovávala Státní meliorační správa, kterou nahradila Zemědělská vodohospodářská správa ZVHS. V roce 2011 byla ukončena činnost ZVHS. Dokumenty POZ byly převezeny do archivních center příslušných podniků povodí. Některé dokumenty se uložily v okresních archívech a někdy byly dokumenty skartovány či ztraceny. Část dokumentů se vydala vlastníkům pozemků. V průběhu devadesátých let 20. století, kdy došlo k majetkovým transformacím, byla značná část dokumentů ztracena nebo zničena. Na základě šetření Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd bylo zjištěno, že pouze 8 % vlastníků disponuje nějakou dokumentací o odvodňovacích stavbách. Co se týče uživatelů pozemků, tak pouze 52 % má k dispozici dokumentaci staveb na pozemcích, které obhospodařuje. V archivech Podniků povodí jsou uloženy projektové dokumentace ke stavbám odvodnění. Projektová dokumentace se skládá ze studií, technických zpráv projektové dokumentace, mapových podkladů a výkresových částí. V průběhu let 2003-2007 byly ručně překreslovány výkresové části do mapového podkladu. Překreslená vrstva se

poté digitalizovala. Vznikla digitalizovaná vrstva pro celé území ČR. Tato vrstva je jedinou celostátní informací o ploše zemědělského odvodnění. Ke zpracování, úplnosti a věrohodnosti digitalizované vrstvy existuje celá řada výhrad a připomínek. Výhodou je, že je volně dostupná na webu ministerstva zemědělství (Zajíček a kol., 2021a).

Vzhledem k výše popsaným okolnostem se míra úspěšnosti získání podkladů odvodňovacích staveb pohybuje mezi 50-60 % v závislosti na řešeném území. Pravděpodobnost nalezení dokumentace se zvětšuje u rozlehlejších staveb zemědělského odvodnění (Zajíček a kol., 2021a).

Když se podaří získat projektové nebo realizační výkresy odvodňovacích staveb, přechází se ke druhému kroku, který se nazývá georeferencování. Georeferencování je proces, kterým se přesně určí, kde na Zemi byl vytvořen obraz nebo rastrová sada. Při této operaci se musí přesně identifikovat vlícovací body. Vlícovací body mají přesně známé souřadnice a přiřadí se jim totožné body z obrazu nebo rastru. Typické prostředí, ve kterém probíhá georeferencování, je softwarové prostředí GIS, např. program ArcGis (Zajíček a kol., 2021a).

Nevýhoda postupu spočívá v obtížné orientaci v archivech podniků povodí. Projektové dokumentace uschované v archívech jsou většinou bez zákresu skutečného provedení staveb nebo jsou neúplné. V důsledku nedodržení projektové dokumentace, respektive nedůsledného provedení stavby dle projektové dokumentace, se stává, že reálné uložení stavby nemusí odpovídat projektu. Pro přesné určení realizace stavby se používají metody dálkového průzkumu země (Zajíček a kol., 2021a).

3.7.3 Využití metod dálkového průzkumu země DPZ

Metody dálkového průzkumu země jsou určeny k přesné identifikaci staveb zemědělského odvodnění na zemědělské půdě. DPZ umožní určit přesný rozsah a polohu odvodňovací stavby. Odvodňovací stavba je zakreslena pomocí polygonů nebo linií konkrétních drénů, včetně výústí. Správně identifikovaný projev odvodňovací stavby odpovídá reálnému umístění stavby v terénu. Jako podklady pro identifikaci odvodňovacích staveb lze použít archivní data nebo aktuální letecké snímky. Jako nejvhodnější se jeví použití kombinace těchto zdrojů dat pro předejití špatné a nepřesné identifikace staveb. Jako data lze použít veškeré dostupné letecké snímkování, které má přidělený souřadnicový systém a jsou na něm patrné odvodňovací stavby. Jako použitelná data jsou vhodné snímky z Vojenského

geografického a hydrometeorologického úřadu, ČUZK-Geoportál, komerční zdroje a další (Tlapáková a kol., 2016).

3.7.4 Terénní průzkum území

Předchozí metody slouží k zajištění informací o přítomnosti odvodnění na zemědělských pozemcích. Pro fázi podrobné analýzy a návrhu opatření je nutné doplnit tyto informace o podrobný terénní průzkum, který doplní a zpřesní již získané informace v reálném prostředí. Terénní průzkum upřesní aktuální stav odvodňovacích staveb. Je důležitý pro přípravu návrhu opatření. Pro terénní průzkum je stěžejní částí lokalizace drenážních výústí a šachtic (Zajíček a kol., 2021a).

3.8 Opatření na stavbách zemědělského odvodnění

3.8.1 Opatření na stavbách podrobného odvodňovacího zařízení

Opatření na POZ si klade za cíl snížení přísunu polutantů vyplavovaných z půdy drenážním odtokem do povrchových recipientů. Zároveň zpomalit odtok drenážních vod ze zemědělských pozemků, na kterých jsou stavby POZ vybudovány.

Přehled nejčastěji používaných opatření pro zlepšení jakosti vody a akumulace a retence vody na pozemcích (Zajíček a kol., 2021a):

- biofiltr
- umělý mokřad
- kořenová čistírna
- tůň napájená drenážní vodou
- regulační opatření na drenáži (řada variant)
- zasakovací drén
- lokální eliminace drénu
- odkrytí a odstranění drénu
- snížení intenzity odvodnění
- kontrolované spontánní stárnutí drenáže

Biofiltr

Biofiltr je malé zařízení fungující na principu nahrazení malého úseku drénu bioreaktorem. Základní část tvořící bioreaktor je redukující látka, která je zdrojem elektronů. Bioreaktor se umísťuje do vhodného kontejneru či do zemního výkopu. V naprosté většině případů se k čištění využívá uhlíkatá nebo organická látka. Denitrifikaci zprostředkovávají chemo-organotrofní bakterie. Jako náplň bioreaktoru

lze využívat obilnou slámu nebo preferované kombinace dřevní štěpky, kůry v kombinaci s anorganickými substráty (písek, štěrk). V současné době se do popředí dostává využití biouhle. Pro zvýšení účinnosti lze využít biofiltr dvoustupňový. Biofiltr se umísťuje na svodné drény, paralelně se svodným drénem nebo může být umístěn pod výúsť drenážního potrubí. Mezi výhody tohoto opatření se řadí malé rozměry, relativně nízké pořizovací náklady a slušná účinnost filtrace při normálních průtocích. Nevýhoda nastává při dosažení vyššího průtoku, než na který je biofiltr dimenzovaný. Při vyšším průtoku, přesahujícím parametry biofiltru, je třeba nadbytečné vody převést obtokem nebo instalovat hydraulickou clonu bránící odtoku vody (Zajíček a kol., 2021a).

Umělý mokřad

Umělé mokřady jsou v mnoha zemích užívány jako opatření pro redukci dusíku, fosforu a pesticidů, pocházejících ze zemědělských zdrojů znečištění, v podpovrchovém odtoku z odvodňovacích staveb. Umělé mokřady mají velký potenciál v odbourávání polutantů z vod a tím se řadí mezi velmi účinná a praktická opatření v zemědělské krajině. V mokřadech probíhají fyzikální, biologické a chemické procesy. Zejména se mezi ně řadí denitrifikace, sorpce a zásobování aerobních bakterií kyslíkem, ke kterému slouží rozvětvený kořenový systém mokřadních rostlin. Mezi nejčastější vegetaci užívanou v mokřadech se řadí rákos, zblochan, chrastice, orobinec, sítina atd. Rostliny podporují biodegradaci rozložitelných organických látek obsažených ve vodě. Mokřady se umísťují do dolní části komplexů drenážních systémů, pro zabezpečení dostatečné účinnosti. Z hlediska morfologie terénu je vhodné mokřady umísťovat do plochých údolních poloh, přiléhajících k vegetačním pobřežním pásům. Do mokřadů ústí svodný drén nebo příkop, který přivádí drenážní vodu. Velmi důležité je, aby měl mokřad dostatečnou plochu a musí zaručovat dostatečnou dobu zdržení vody i za zvětšených průtoků. Doporučená doba zdržení vody pro odbourání 50 % koncentrace či množství NO_3^- je alespoň 20-30 hodin. Za účelem dodržení dostatečně dlouhého zdržení vody v mokřadech, se navrhne objekt pro dočasnou akumulaci drenážní nebo povrchové vody, která pochází ze zemědělské půdy. Navržený objekt zajistí postupný odtok vody do mokřadu. Kapacita objektu se dimenzuje s ohledem na kapacitu mokřadu a zájmového povodí dle platných norem a metodik. Mokřad má pozitivní vliv na jakost vody, ekologický stav řešené lokality (zvýšeni biodiverzity, zlepšení mikroklimatu),

zpomalení odtoku a zadržení vody v zájmové lokalitě. Mezi nevýhody se řadí prostorové nároky s vazbou na majetkoprávní vztahy, poměrně vysoké realizační náklady na vybudování funkčního mokřadu a v neposlední řadě údržba mokřadu (Fučík a kol., 2021b).

Kořenová čistírna

Funkce kořenové čistírny drenážních vod je založena na stejném principu jako přirozené mokřady, ve kterých probíhají samočistící procesy. Základem je průtok drenážní vody kořenovým filtrem. Čistící proces zajišťují bakterie, vyskytující se na jemném kameni a na kořenech rostlin. Jemná frakce kamene slouží jako náplň filtru. Rostliny vysázené v kořenové čistírně využívají vyplavené živiny, dodávají kyslík, na jejich kořenech sídlí bakterie, v zimě působí jako tepelná izolace a po odumření zanechají organickou hmotu. Kořenová čistírna je uměle vybudovaný mokřad, který přináší pozitivní prvky do okolní přírody – zvyšuje biodiverzitu organizmů a přírodních procesů, zastává také funkci estetickou a krajinotvornou. Za nevýhody kořenové čistírny by se dala považovat její údržba. Přibližně jednou za rok se musí udržovat nadzemní biomasa a nutná je také výměna substrátu asi po 6-10 letech. V případě velkého vyplavování půdních částic do drenážního systému se musí pravidelně odstraňovat sediment z kořenové čistírny (Zajíček a kol., 2021a).

Tůň napájená drenážní vodou

Tůň je trvale nebo periodicky zaplněná vodou. Tůně se přirozeně vyskytují v terénních depresích nebo prohlubních. Může být uměle vybudovaná zahloubením pod úroveň terénu. Součástí tůně není hráz ani jiné technické zařízení. Maximální hladina v tůni je určena okolním terénem nebo zemním valem, který vznikl při budování tůně. Tůně jsou dotované výhradně drenážní vodou nebo vodou z povrchového přítoku. Mohou být průtočné nebo neprůtočné. Hlavními nevýhodami, které tůně přinášejí, je zpomalení odtoku a zadržení vody v krajině. Dalším pozitivním efektem je zvýšení biodiverzity a přírodních procesů. Tůně také tvoří významný krajinotvorný prvek, který v přírodě působí pozitivně. Fungují jako lokální ochrana před vodní erozí v místě drenážních výústí. Nevýhody s sebou nesou v podobě nutnosti správné údržby, tj. odstraňování náletů, odstraňování nadměrného sedimentu a místní úpravy zemních valů (Zajíček a kol., 2021a).

Regulační opatření na drenáži

Dříve byly drenážní systémy budovány jednoúčelově, a to pouze k odvádění přebytků vody z pozemku. S výskytem hydrologických extrémů v podobě sucha mohou být jednofunkční drenážní systémy kontraproduktivní a nežádoucí. Bylo by tedy velmi účelné, po odvedení přebytku zimních srážek a po dokončení jarních prací, začít akumulovat vodu v půdním profilu a tím vytvářet zásoby pro sušší období. Toho se docílí navržením regulačních prvků na odvodňovací stavbě. Návrhem regulačních prvků, situovaných na výústích, svodných či sběrných drénech, se řídí hladina podzemní vody v příslušné ploše odvodňovací stavby. Velikost plochy je závislá na sklonu terénu, hloubce uložení drénu, druhu půdy, nivelitě drénů a kolísání hladiny podzemních vod. Regulační prvky je proto efektivní navrhovat pouze na vhodných lokalitách. Regulační prvky lze umísťovat do povrchových nebo podzemních šachtic, na drenážní výústě, svodné či sběrné drény. V šachticích jsou pro vzdouvání vody používána různě upravená hradítka. Pro plodiny pěstované na zemědělské půdě je doporučená výška vzdutí 0,6-0,5 m pod povrchem terénu. Voda se může vzdouvat krátkodobě, dlouhodobě nebo pulsně. Vhodné je vodu vzdouvat sezónně, tj. v zimním nebo letním období, a zároveň režim vzdouvání korigovat s agrotechnickými pracemi. Mezi výhody tohoto opatření se řadí zvětšení míry nasycenosti půdního profilu vodou, zvýšení samočistících procesů, posílení dotace zásob podzemní vody, snížení odtoku a snížení zátěže povrchových vod vodami drenážními. Ve vhodných lokalitách se docílí závlahy podmokem a tím dojde ke zlepšení mikroklimatu v okolí. Nevýhodou je, že se jedná o investičně a provozně náročnější typ stavby, a vzhledem ke složitějším prvkům regulace dochází častěji k poruchám regulačních objektů. Je zde také zvýšené riziko zanášení nebo zarůstání potrubí kořeny (Kulhavý a kol., 2015).

Zasakovací drén

Princip opatření spočívá v infiltraci vod pomocí perforovaného potrubí. Potrubí je uloženo v drenážní rýze a pro podpoření infiltrace se potrubí zasype vhodným obsypem, čímž se zvětší obvod kontaktu zasakovacího drénu s rostlou zeminou. Materiál obsypu chrání drén proti nežádoucímu vplavování zemitých částic při zpětném proudění vody z půdy. K dotaci podzemní vody dochází infiltrací přivedené vody do okolního prostředí. Pro správný návrh opatření je nutné provést hydropedologický, hydrogeologický a meliorační průzkum. Průzkumem se potvrdí účinnost infiltrace. Opatření zpravidla vyhovuje, pokud je hladina podzemní vody

hlouběji než úroveň drénů. Za výhody opatření se považuje zvýšení retence a akumulace vody na pozemku a zvýšení infiltrace vod do půdního profilu. Zadržení vody na pozemku pozitivně ovlivňuje jakost vody. Opatření s sebou nese nevýhody v podobě rizika znečištění hlubších zvodní, v ohrožení bezpečného odvedení přebytku vod a negativní vliv opatření na pohyb mechanizace po pozemku. Za nevýhodu se také považují vysoké náklady na posouzení opatření ve vztahu k jakosti podzemních vod (Zajíček a kol., 2021a).

Lokální eliminace drénu

Jedná se o opatření, které slouží k lokální eliminaci drénu (sběrného, svodného, záchytného apod.) Specifikem tohoto opatření je uplatnění pouze na části drénu (případně v jediném místě). Opatření musí být správně navrženo vzhledem k výše i níže ležící stavbě odvodnění. V případě špatného návrhu může mít toto opatření nežádoucí efekt. V návrhu je třeba zohlednit sběrnou plochu, specifický přítok, tlakové poměry při zaplnění výše ležících částí drénu vodou a rychlostní poměry v potrubí. K přerušení drénu se může využít jednak technických způsobů, ale i biologických (Kulhavý a kol., 2011).

Odkrytí a odstranění drénu

Opatření se navrhuje na pozemcích, kde není žádoucí odvodňovací stavbu dále zachovávat, například při budování nové stavby (jakéhokoliv typu) na části odvodňovaného pozemku. Podstatou tohoto opatření je odstranění části nebo celého drenážního systému. Jednotlivé drény se likvidují odkrytím a následným vyjmutím drenáže (případně mechanickou destrukcí: zborcením, rozdrcením apod.). Po odstranění drénu se rýha zasype a zhutní. Pozitivním efektem je zvýšení akumulace vody na pozemcích. Nevýhoda opatření je jeho finanční náročnost a zhoršení podmínek pro efektivní management pozemku (Kulhavý a kol., 2015).

Snížení intenzity odvodnění

Podstatou tohoto opatření je snížení intenzity odvodnění. Pomocí použití clony se sníží rychlost odtoku drenážní vody. Clona je konstrukční prvek, který hydraulicky omezí průtok. Je tvořena deskou, odpovídající tvarem a rozměrem drenážnímu potrubí, s libovolným typem výřezu v průtočném profilu. Clona se vkládá do rozšířené spáry mezi drenážními trubkami. Průtok je regulován průtočným průřezem clony. Výhodou je snížení odtoku vody a zvýšení akumulace vody na pozemcích, s kladným efektem

na jakost vody. Na pozemcích se sníží vyplavování živin a zemědělských polutantů. Mezi nevýhody se řadí riziko zanesení potrubí, poškození potrubí při instalaci clony, obtékání vody drenážním obsypem, riziko lokálního zamokření a náklady na přesnou lokaci a vytyčení drénu (Zajíček a kol., 2021a).

Kontrolované stárnutí drenáže

Toto opatření se řadí k nejméně ekonomicky náročným. Navrhuje se v případě nepotřebné či nežádoucí funkce odvodnění pozemku. Navržené opatření se postupně projevuje na snížení přítoku drenážní vody do hlavního odvodňovacího zařízení. Návrh předpokládá návrat lokality do stavu před realizací odvodnění, zvýší se zamokření i úroveň podzemní vody. Výhodou je požadované snížení odtoku vody s omezením ztrát mělké podzemní vody a zlepšení jakosti vod. Nevýhodou tohoto opatření je nutnost pravidelné kontroly stavu lokality, snížení infiltrační a retenční schopnosti půdy, omezení provzdušnění půdního profilu a v neposlední řadě zhoršení podmínek pro efektivní managment pozemku (Zajíček a kol., 2021a).

3.8.2 Opatření na stavbách hlavního odvodňovacího zařízení

Při návrhu revitalizace hlavních odvodňovacích zařízení (HOZ) je důležité získat informace o tom, zda bylo HOZ budované tzv. „na zelené louce“, nebo se využilo koryto drobného vodního toku. Důležité je také získat údaje o průběhu drenážního potrubí v zájmové lokalitě. Dále je důležité pro návrh získat informace o stávajícím vodním režimu zájmového území. Cílem revitalizačních návrhů na HOZ je navrátit nebo alespoň přiblížit vodní toky přírodnímu stavu při současném zachování intenzivní zemědělské činnosti, která v této lokalitě probíhá. Mezi opatření patří (Zajíček a kol., 2021a):

- odkrytí zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení a revitalizace vodního toku
- změna původních návrhových parametrů HOZ – směrové a výškové poměry
- převody vod na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení
- regulace na úrovni hlavních odvodňovacích zařízení

3.9 Plošné zemědělské znečištění podpovrchových vod

Znečištění vod z podpovrchových plošných zdrojů má především souvislost s plošným zemědělským odvodněním a způsobem využití pozemků v daném území. Jakost vody v podzemí i na povrchu souvisí se způsobem využití území. Tato souvislost je obecně uznávaná v České republice i v zahraničí. V České republice je

obecně uznáváno, že koncentrace živin a pesticidů ve vodách souvisí více se zorněním a odvodněním zemědělských pozemků než s momentálním hnojením.

Odvodňování pozemků pomocí trubkové drenáže je celosvětově běžným agrotechnickým opatřením pro zlepšení vodního režimu půd, z hlediska potřeb zemědělských plodin, zpracovatelnosti a využitelnosti půd. Odvodňovací stavby sníží hladinu podzemních vod, což způsobí provzdušnění půdního profilu. Tento efekt má za následek změnu oxidačně – redukčních poměrů a tím zrychlenou mineralizaci organické hmoty v půdě. Minerální látky pocházející z organické hmoty a minerálních hnojiv jsou postupně promývány do spodních vrstev půdního profilu a vyplavovány do drenážních systémů. Odvodňovací stavby vzhledem k tomuto jevu působí negativně na kvalitu vody. Zrychlují a zvyšují odnos živin a polutantů do vodních recipientů. Koncentrace látek v drenážních systémech je velmi proměnlivá a odvíjí se z velké části od odtoku vody. Odtok vody je proměnlivý a má na něj vliv mnoho faktorů – průběh počasí, půdní a hydrogeologické podmínky, nasycenost půdního profilu, způsob využití území a jeho morfologie. Škodlivost ve vodách způsobují nejvíce vyplavované živiny (N, P, C) a látky na ochranu rostlin (pesticidy, herbicidy apod.). Látky rozpuštěné ve vodním prostředí reprezentuje dusičnanový a amoniakální dusík, rozpuštěné látky fosforu a uhlík. Nerozpuštěnými látkami jsou partikulární fosfor a plaveniny. Dalším problémem je kontaminace drenážních vod polutanty, vyplavenými z polních hnojišť a silážních žlabů (Kvítek a kol., 2016).

Sklenička říká: *„Odvodňovací stavby jsou technická opatření, která slouží ke zlepšení podmínek pro zemědělskou výrobu, lesnictví a vodní hospodářství, při současné ochraně přírodních a kulturních hodnot krajiny.“* (Sklenička, 2003)

3.10 Souhrnný index potřebnosti opatření SIPO

Odvodněné zemědělské plochy mají velký podíl na nadbytečném odtoku povrchových vod z krajiny a znečištění vod plošnými podpovrchovými zdroji znečištění, především dusíkem, fosforem a pesticidy. Je vhodné hydrologicky související povodí kategorizovat na základě zranitelnosti podpovrchovými zdroji zemědělského znečištění. Kategorizovat povodí z hlediska velikosti je možné ve třech úrovních: I. povodí vodních útvarů 20-100 km^2, II. povodí IV. řádu 3-20 km^2 a III. vytvořením subpovodí 50-300 hektarů. Kategorizace se provádí na základě indexů, charakterizující vlastnosti hodnoceného území z hlediska vyplavování látek do drenážních systémů a zadržení vody v daném povodí (Fučík a kol., 2021b).

Metoda souhrnného indexu potřebnosti opatření SIPO byla vyvinuta pro řešení plošných podpovrchových zdrojů znečištění. Metodika hodnotí lokalitu v pěti stupních rizika zatížení podpovrchových vod znečištěním. Vychází z kritických lokalit s vysokým podílem odvodnění a zornění zemědělské půdy. Vyjadřuje celkový stupeň rizika zatížení zemědělské půdy a hlavní faktory, nepříznivě působící na jakost podpovrchových vod v povodí (Zajíček a kol., 2021b).

Souhrnný index potřebnosti opatření vychází z pěti základních indexů. Mezi základní indexy jsou zahrnuty faktory, zvyšující riziko zatížení podpovrchových vod a také indexy zlepšující. Základní použité indexy pro kvalifikaci jsou (Zajíček a kol., 2021b):

Index podílu orné půdy

Tento index patří mezi zvyšující riziko znečištění. Index je proveden na základě předpokladu, že s rostoucím podílem orné půdy roste riziko znečištění podpovrchových vod. Z výsledného indexu tedy vyplývá, že s rostoucí hodnotou indexu roste i stupeň ohrožení podpovrchových vod. Na území České republiky platí pravidlo, že množství dusičnanů ve vodě je více ovlivněno rozlohou orné půdy, než aktuálním hnojením zemědělských pozemků (Fučík a kol., 2021b).

$$I_{zornění} = \frac{F_{\sum orné\ půdy}}{F_{plošné\ jednotky}}$$

Index podílu ploch odvodněním

Klasifikace území pomocí tohoto indexu se provádí na základě předpokladu, že s rostoucí plochou odvodňovacích staveb v zájmovém území roste riziko znečištění vod. Drenážní systémy odvodňující zemědělskou půdu jsou v současné době považované za významného znečišťovatele vod. Drenážní systémy přispívají k vyplavování živin i pesticidů z půdy. Je dáno, že s rostoucí hodnotou indexu roste i stupeň rizika (Zajíček a kol., 2021b).

$$I_{ploch} = \frac{F_{\sum staveb\ odvodnění\ v\ rámci\ plošné\ jednotky}}{F_{plošné\ jednotky}}$$

Index podílu infiltračně zranitelných ploch

Index je založen na předpokladu, že s rostoucím podílem půd s vysokou infiltrací vody se zvyšuje vyplavování živin z orné půdy a tím roste riziko znečištění vod v povodí. Klasifikace půd na základě infiltrace se provádí dle metodiky VÚMOP. Půdy ohrožené vyplavováním jsou 1. a 2. kategorie. S rostoucí hodnotou výsledného indexu roste stupeň rizika (Zajíček a kol., 2021b).

$$I_{zran} = \frac{F_{\sum infiltračně\ zranitelné\ lokality}}{F_{plošné\ jednotky}}$$

Index infiltračně zatravněných zranitelných ploch

Vyjadřuje vliv zatravnění, které bylo provedeno jako opatření pro snížení vyplavování živin a pesticidů ze zemědělsky využívaných půd. Index byl stanoven na předpokladu poklesu rizika znečištění vod s rostoucím podílem zatravněných půd 1. a 2. kategorie zranitelnosti. Zatravnění je opatření, které výrazně snižuje vyplavování živin (Fučík a kol., 2021b).

$$I_{TTP-zran} = \frac{F_{\sum zatrvněných\ půd\ 1.\ a\ 2.\ kategorie\ zranitelnosti}}{F_{plocha\ infiltračně\ zranitelných\ půd\ v\ rámci\ lokalit\ 1.\ a\ 2.}}$$

Index zlepšujícího vlivu vodních nádrží

Udává podíl vodních ploch v rámci území. Předpokládá se, že s rostoucí plochou vodních ploch klesá riziko znečištění vod, tedy s rostoucí hodnotou indexu vodních nádrží klesá riziko znečištění vod. Tento index byl zvolen na základě skutečnosti, že výsledná kvalita vody ve vodních nádržích a tocích je ovlivněna samočistícím procesem ve vodních nádržích (Fučík a kol., 2021b).

$$F_{VN} = \frac{F_{vodních\ nádržích}}{F_{plošné\ jednotky}}$$

Index zornění – odvodnění

Tento krok shrnuje dílčí faktory, které zvyšují riziko znečištění vod. Pomocí tohoto faktoru se území klasifikuje do pěti stupňů rizika. Území se klasifikuje na

základě předpokladu, že s rostoucím podílem orné půdy a odvodňovacích staveb v zájmové lokalitě, roste riziko znečištění vod. Je tedy dáno, že s rostoucí hodnotou indexu roste stupeň rizika (Zajíček a kol., 2021a).

$$I_{zornění\ odvodnění} = \frac{SR - I_{zornění} + SR -_{odvodnění}}{2}$$

Index opatření

Posledním indexem je index realizovaných opatření. Jedná se o zlepšující opatření, realizované zatravněním ve zranitelných oblastech. Tento index je založen na skutečnosti, že riziko znečištění vod je snižováno zatravněním půd, které jsou infiltračně zranitelné. Pokud je potenciál opatření významný, snižuje se velmi významně vliv drenážních systémů na jakost povrchových vod (Fučík a kol., 2021b).

$$I_{opatření} = \frac{Váha\ zlepšujícího\ vlivu\ I_{zran} + Váha\ zlepšujícío\ vlivu\ I_{TTP-zran}}{2}$$

Souhrnný index potřebnosti opatření SIPO

Posledním krokem kategorizace zájmového povodí je výsledný index SIPO. Výsledná kategorie rizika SIPO vznikne kombinací všech dílčích indexů zmíněných výše. Výsledná hodnota zahrnuje jednak faktory zvyšující riziko a jednak faktory snižující riziko znečištění vod (Fučík a kol., 2021b). Výsledek souhrnného indexu potřebných opatření je hodnocen podle stupňů rizika 1-5, a to se slovním hodnocením 1 – zanedbatelné riziko, 2 – malé riziko, 3 – střední riziko, 4 – velké riziko a 5 – velmi vysoké riziko. Z výsledného indexu SIPO lze odvodit potřebnost aplikace zlepšujících opatření v zájmové lokalitě (Zajíček a kol., 2018).

$$SIPO = \frac{SR.I_{zornění-odvodnění} * SR.I_{opatření} * (2 * SR.I_{VN})}{4}$$

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

Tabulka č. 1 – Slovní hodnocení indexu SIPO

3.11 Dobrý zemědělský a environmentální stav DZES

Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy (DZES) je definovaný jako standard, který zajišťuje správné zemědělské hospodaření spolu s ochranou životního prostředí. Součástí standardů DZES je ochrana půdy před vodní erozí. Zemědělci, kterým jsou poskytovány přímé platby a ostatní podpory v plné výši, se zavazují plnit standardy DZES. Kontrolu dodržovaní standardů DZES provádí Státní zemědělský intervenční fond (SZIF), který přímou kontrolou v terénu, nebo nepřímou kontrolou pomocí dálkového průzkumu země DPZ, dohlíží na aktuální stav zemědělské půdy obhospodařované žadatelem o přímé platby. Kontrola se provádí u žadatele, který byl ke kontrole vybrán.

Dobrý zemědělský a environmentální stav je definovaný v sedmi podmínkách plnění. Jedno znění standardu však může obsahovat více samostatných požadavků. Podmínky DZES se týkají (Novotný a kol., 2017):

- ochranných pásů kolem vod
- zavlažovacích soustav
- ochrany pozemních vod před znečištěním
- minimálního pokryvu půdy
- minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze
- zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť
- zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin

Standard DZES 5 je podrobně popsán v průvodci Kontroly podmíněnosti pro rok 2021, vydané Ministerstvem zemědělství a dostupné na webových stránkách https://www.szif.cz/ .

4 Metodika

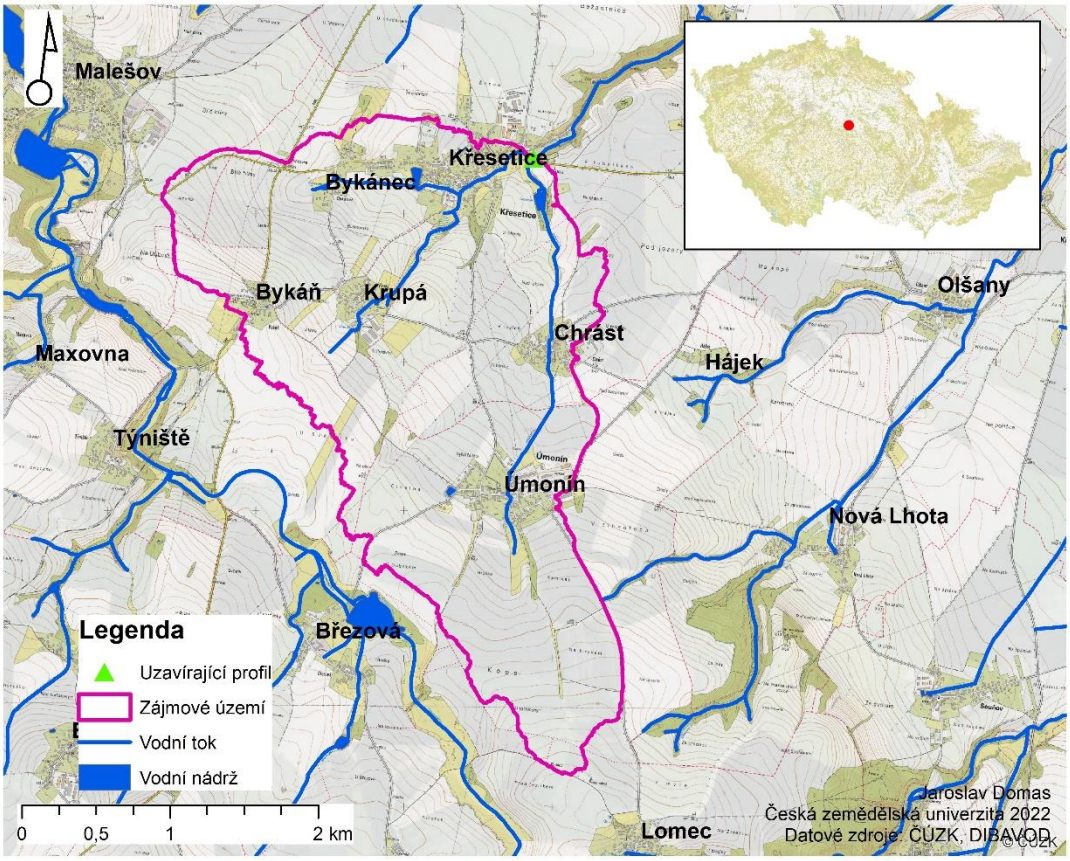
Práce obsahuje identifikaci staveb odvodnění (drenážních systémů) z DPZ a archivních podkladů, terénního průzkumu a monitoringu vod (množství a jakost). Dále je analyzována erozní ohroženost zemědělských pozemků. Na základě těchto analýz a podkladů jsou navržena opatření pro zmírnění povrchového odtoku a eroze a opatření na systémech zemědělského odvodnění či v jejich návaznosti pro zvýšení retence a akumulace vody a zlepšení její jakosti, se zohledněním vlastnicko-uživatelských vztahů, zemědělských a přírodních podmínek lokality. Analýza zdrojů znečištění v daném povodí zahrnuje i hodnocení dostupných podkladů k bodovým zdrojům znečištění. Analýza odebraných vzorků vod bude probíhat v laboratoři VÚMOP, v.v.i. v režii VÚMOP.

Získaná data budou zpracována v software ArcGis. Výsledky budou zpracovány v textové a grafické podobě a doplněny fotodokumentací.

5 Analýza zájmového území

5.1 Popis řešeného území

Zájmové území, respektive řešené povodí, se nachází ve východní části Středočeského kraje asi pět kilometrů jižně od Kutné Hory. Toto zájmové území se rozkládá mezi obcemi Křesetice, Chrást, Úmonín, Krupá a Bykáň. Výměra analyzovaného povodí je 742 ha. Leží v nadmořské výšce od 286 do 393 m. n. m. Zájmová lokalita je povodí určené uzavírajícím profilem. Za uzavírající profil byl zvolen rybník Veselovák, respektive silniční těleso mostu, které tvoří hráz rybníku. Území je intenzívně zemědělsky obhospodařované. Většinu pozemků tvoří orná půda (79 %). V území se nevyskytuje větší lesní komplex. Vodní plochy jsou zastoupeny velmi málo (0,4 %) (Domas, 2019). Pozemky v zájmové lokalitě jsou středně členité.

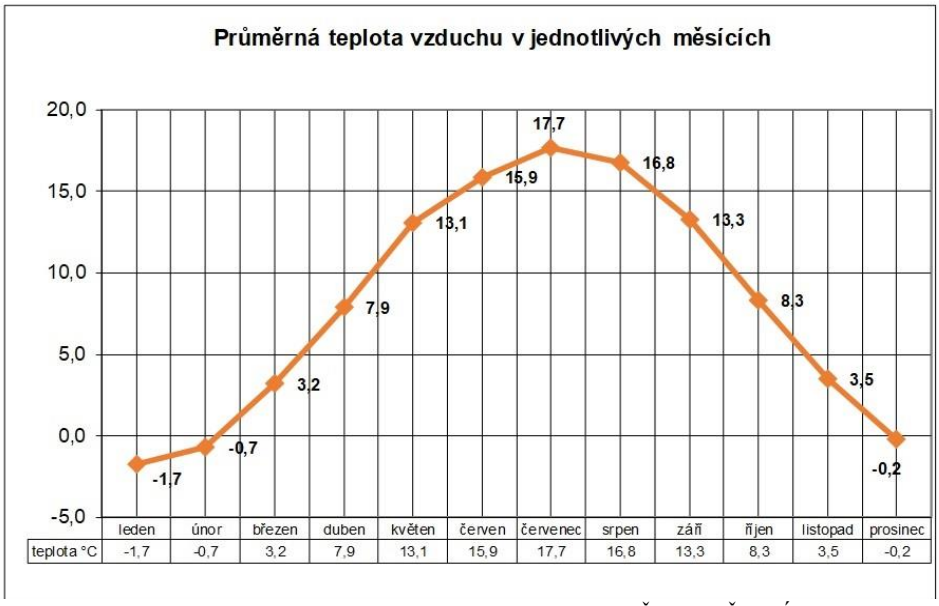


Obrázek č. 1 - Mapa zájmového území

5.2 Přírodní podmínky

5.2.1 Klimatické poměry v zájmovém území

Klimatické poměry jsou odvozeny z kódu BPEJ. Podle převažujícího kódu BPEJ (5) se jedná o klimatický region mírně teplý, mírně vlhký (MT2), příznivý pro rostlinnou výrobu. Suma teplot nad deset stupňů se pohybuje mezi hodnotami 2200-2500. Průměrná dlouhodobá roční teplota se pohybuje okolo 7-8 °C (VÚMOP, 2021). Velmi důležitou hydrologickou charakteristikou zájmové lokality pro zemědělskou činnost je průměrný roční úhrn srážek, který je 611 mm (ČHMÚ, 2021). Pro vegetační měsíce duben až říjen je průměrná teplota 14,3 °C. Hodnoty, uvedené v grafech, jsou změřeny v meteorologické stanici ve městě Čáslavi, která leží od zájmového území asi 9 km východním směrem.



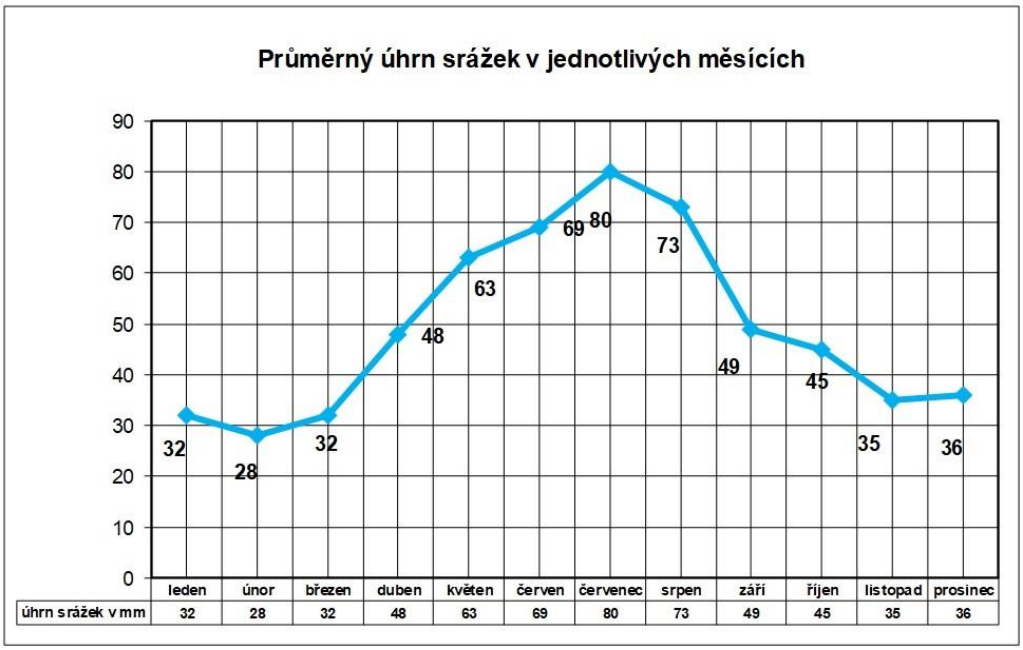
Graf č. 1 - Průměrná teplota naměřená v Čáslavi (ČHMÚ)

V období mimo hlavního růstu vegetace, tedy v období října až března, spadne v území průměrně 208 mm srážek. V období hlavního růstu vegetace, což je duben až září, je suma srážek 382 mm. Největší množství srážek je v červenci.

V *tabulce č. 2* je zapsána průměrná četnost směrů větrů v jednom roce. Údaje jsou změřeny pro stanici Čáslav. Převládající směr proudění je jižního směru, s četností 18,5 %.

Světová strana	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	BEZVĚTŘÍ
zastoupení větrů v %	7,5 %	4,6 %	3,3 %	14,6 %	18,5 %	15,0 %	12,8 %	14,6 %	9,1 %

Tabulka č. 2 - Průměrná četnost směrů větrů pro stanici Čáslav (ČHMÚ)



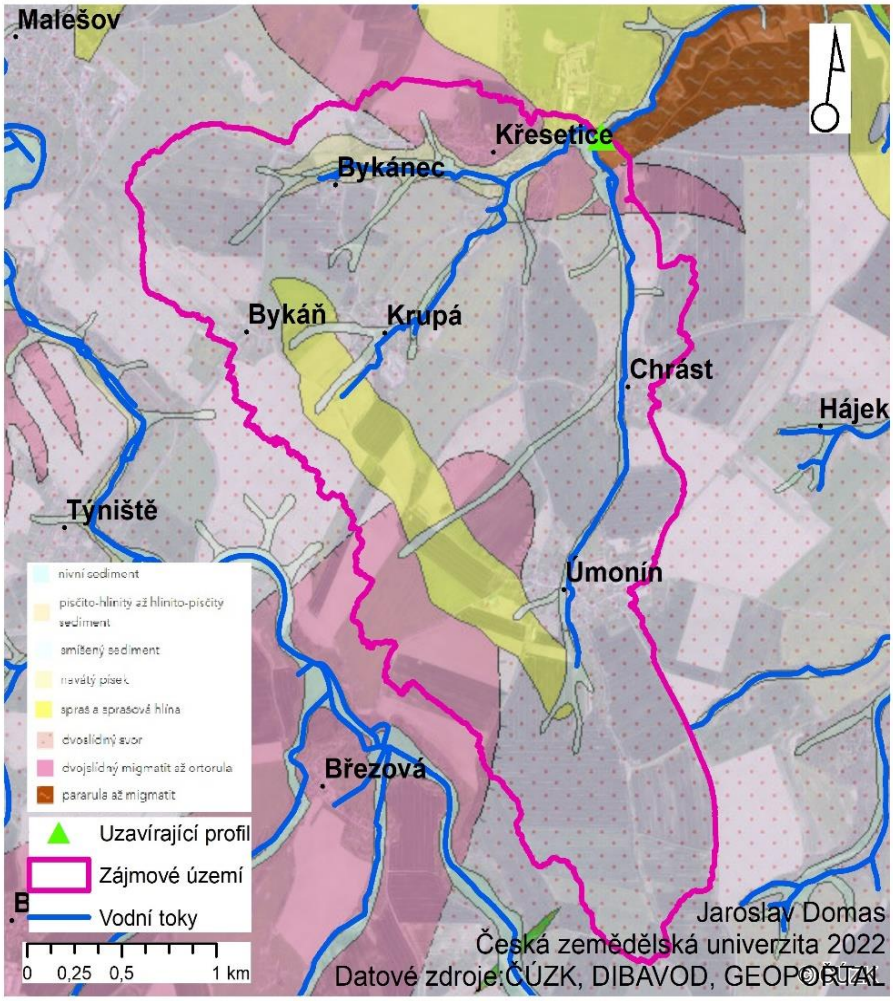
Graf č. 2 - Průměrný úhrn srážek naměřený v Čáslavi (ČHMÚ)

5.2.2 Geologie v zájmovém území

Zájmové území je umístěno v Českém masívu a spadá do kutnohorsko-svratecké oblasti. Horniny, které se vyskytují v kutnohorsko-svratecké oblasti patří do oblasti vysoké metamorfózy. Kutnohorsko-svratecká oblast je z pohledu petrografie velmi pestrá. Nejčastěji se zde vyskytují dvojslídné ruly a svory, melakvarcity, erlany, amfibolity, migmatity, červené ortoruly a eklogity. (Mísař Z. & kol., 1983)

Kutná Hora je nazývána městem stříbra. Ve středověku zde byla naleziště stříbrné rudy, která se v celém okolí Kutné Hory ve velkém těžila. Pod uzavírajícím profilem zájmového území se nachází údolí s místním názvem „Doly“. Podle lidových vyprávění se zde dříve také těžila stříbrná ruda.

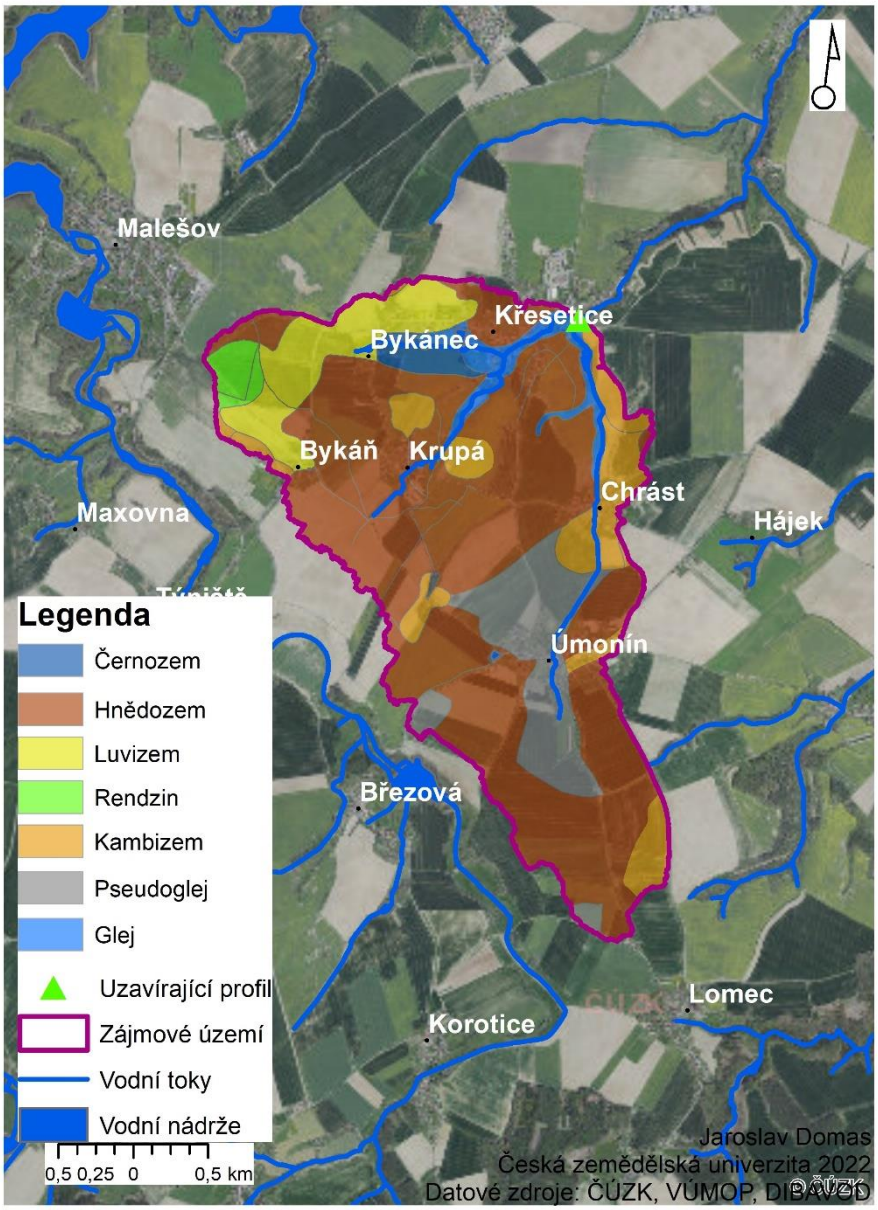
Horniny vyskytující se v povodí jsou vykreslené na *obrázku č. 2*. Horniny s dominantním zastoupením jsou dvojslídné svory a dvojslídné migmatity až ortoruly. Mezi obcemi Úmonín a Bykáň se rozprostírá pás spraše a sprašové hlíny. V údolí vodních toků a jejich nejbližším okolí jsou nivní sedimenty a smíšené sedimenty. V širším okolí vodního toku Křenovka jsou písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty.



Obrázek č. 2 – Geologická mapa zájmového území

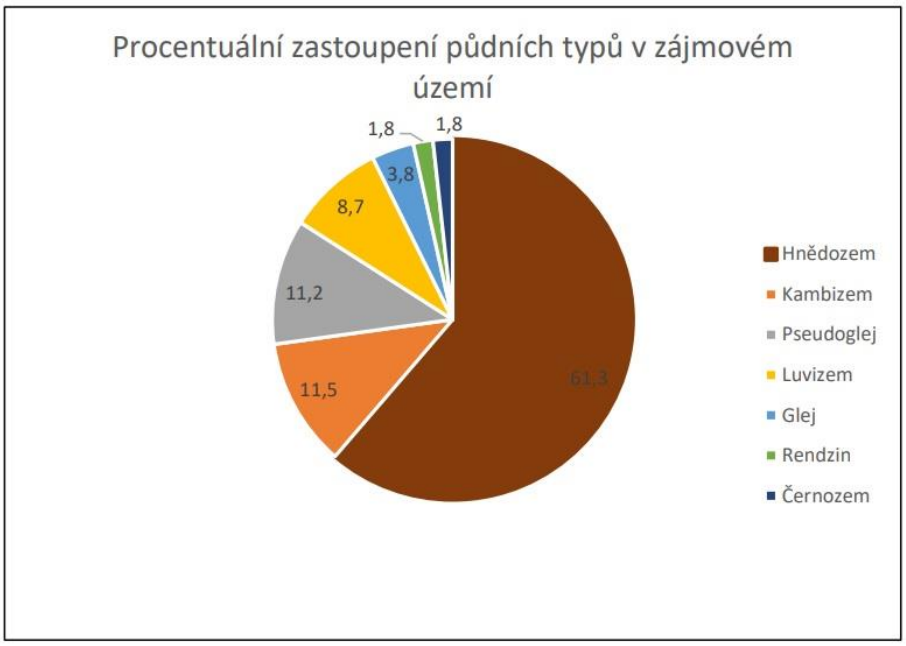
5.2.3 Pedologie v zájmovém území

Hlavní půdní typy v zájmovém povodí, odvozené z kódu BPEJ, jsou zakresleny do mapy (*obrázek č. 3*). Procentuální zastoupení půd v zájmovém území je patrné z *grafu č. 3*.



Obrázek č. 3 – Pedologická mapa zájmového území

V zájmovém území se dle kódu BPEJ vyskytuje sedm půdních typů. Dominantním půdním typem je hnědozem. Hnědozem se v povodí rozprostírá na 61,3 % území. Půdní typ hnědozem se v zájmovém území vyskytuje na jeho severním okraji a táhne se středem území na jih. Ve východní části, kolem obce Chrást, se rozprostírá kambizem. Na severovýchodně orientovaných svazích pod obcí Bykáň je luvizem. Kolem obce Úmonín jsou půdy typu pseudoglej. V těsném okolí zájmového území se vyskytují černozemě. Půdy v zájmovém území a jeho okolí jsou zemědělsky velmi hodnotné, proto je půda intenzivně využívána k zemědělské produkci.



Graf č. 3 - Zastoupení půdních typů v zájmovém území

Hnědozem

Půdní typ hnědozem se řadí do skupiny půd illimerických, které byly tvořeny hlavním půdotvorným procesem, illimerizací. Tento proces je založen na přemísťování jílových částeček do hlubších půdních horizontů. Půdní typ hnědozem se převážně nachází v mírně zvlněném až rovinatém terénu. Hnědozemě vznikaly převážně pod listnatými stromy ze spraší, sprašové hlíny nebo smíšené svahoviny. Průměrná roční teplota je okolo 8.5 °C a roční srážkový úhrn okolo 550 mm (Tomášek, 2007).

Kambizem

Kambizemě jsou dominantním půdním typem, který se v České republice nachází. Patří do skupiny hnědých půd. Kambizemě jsou půdy s procesem hnědnutí, přeměny a intenzivním vnitropůdním zvětráváním. Pro kambizemě je typický výskyt v pahorkatinách nebo členitých reliéfech. Původní vegetací, která na tomto typu rostla, byly dubohabrové lesy. Kambizemě jsou především využívány pro pěstování brambor a málo náročných obilovin. Průměrná roční teplota činí 9 °C (Pokorná a Zábranská, 2007).

Pseudoglej

Půdní typ pseudoglej patří do skupiny hydromorfních půd. Hlavním půdotvorným procesem je u této skupiny půd oglejení, které doplňuje illimerizace.

Illimerizace předchází proces oglejení. Tento typ půdy je nejvíce zastoupen v nadmořské výšce okolo 800 m n.m. Pro pseudogleje jsou typickými substráty sprašové hlíny, hlinité a jílovité ledovcové uloženiny, jíly a odvápněné slínovce. Půdy mají nízké pH. V případě užívaní půd pro zemědělskou výrobu je nutné půdy odvodnit (Tomášek, 2007).

Luvizem

Půdní typ luvizem patří do skupiny půd illimerických. Typický substrát tvořily sprašové hlíny, středně těžké glaciální sedimenty a smíšené svahoviny. Při zemědělském využití neprodukují vysoké výnosy. Luvizimě se typicky nachází na pahorkatinách a vrchovinách. Průměrné roční srážky jsou okolo 800 mm a dlouhodobá průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8 °C (Pokorná & Zábranská, 2007).

V zájmové oblasti, kde převládá zásak vody nad výparem, je většina půd s vodním režimem periodicky promyvným, což se projevuje zvýšeným vyluhováním koloidů z povrchových vrstev do vrstev spodních. Naopak svažitější terén, po němž většina vody odtéká, zmírňuje vyluhování, ale u některých půd nastává nebezpečí eroze. Na půdotvorném procesu se rovněž podílejí depresní plochy.

5.2.4 Hydrologie v zájmovém území

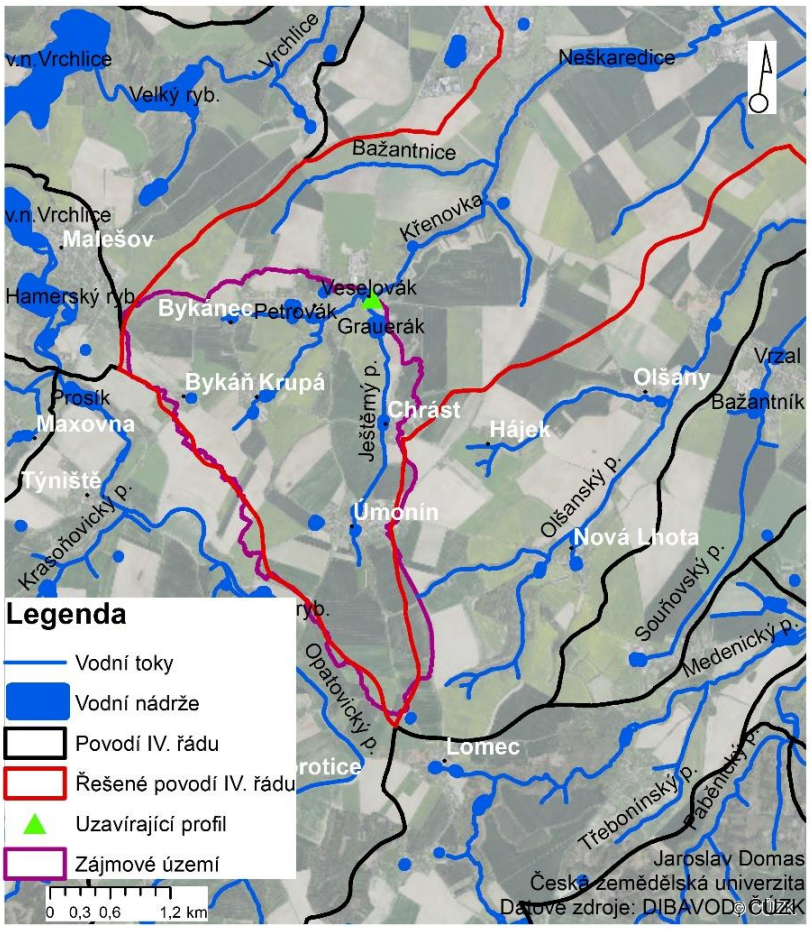
Zájmovým povodím protéká vodní tok Křenovka. Povodí Křenovky má číslo hydrologického pořadí 1-04-01-0190-0-00. Plocha povodí je 20,6 km^2. (ČHMU, 2019) V rámci tohoto povodí bylo zvoleno subpovodí, které má uzavírající profil pod hrází rybníka Veselováku.

Řád vodního toku dle Strahlera je v zájmovém území proměnný. Potok Křenovka je rozdělen do několika řádů. Řádem prvního toku je od pramene po rybník Petrovák. Od výtoku z rybníku Petrováku až po pravostranný přítok je Křenovka řádem druhého toku. Tento pravostranný přítok, pramenící pod obcí Krupá, nenese žádné jméno a je tokem prvního řádu. Od soutoku pravostranného přítoku až po ústí do řeky Klejnárky je Křenovka tokem třetího řádu. Druhý tok, který v zájmové lokalitě teče, je po celé své délce tokem prvního řádu. (DIBAVOD, 2021)

V zájmové lokalitě je mnoho vodohospodářských staveb na vodních tocích. V severozápadní části zájmového území, v obci Krupá, se nacházejí dva návesní rybníčky. Pod obcí Krupá jsou pozůstatky hrází po dvou zaniklých rybnících, každý s původní rozlohou okolo 1,5 ha. V současné době je v těchto místech mokřad. V obci

Křesetice je rybník Petrovák, který se zachoval do dnešních dnů. Pod jeho hrází se nachází bývalý pivovar, pod jehož dvorem je tok zatrubněn. Z potrubí voda vytéká do požární nádrže. Tok ve vesnici překonává čtyři propustky, nad nimiž je umístěna komunikace. Nakonec se tok vlévá do rybníka Veselováku.

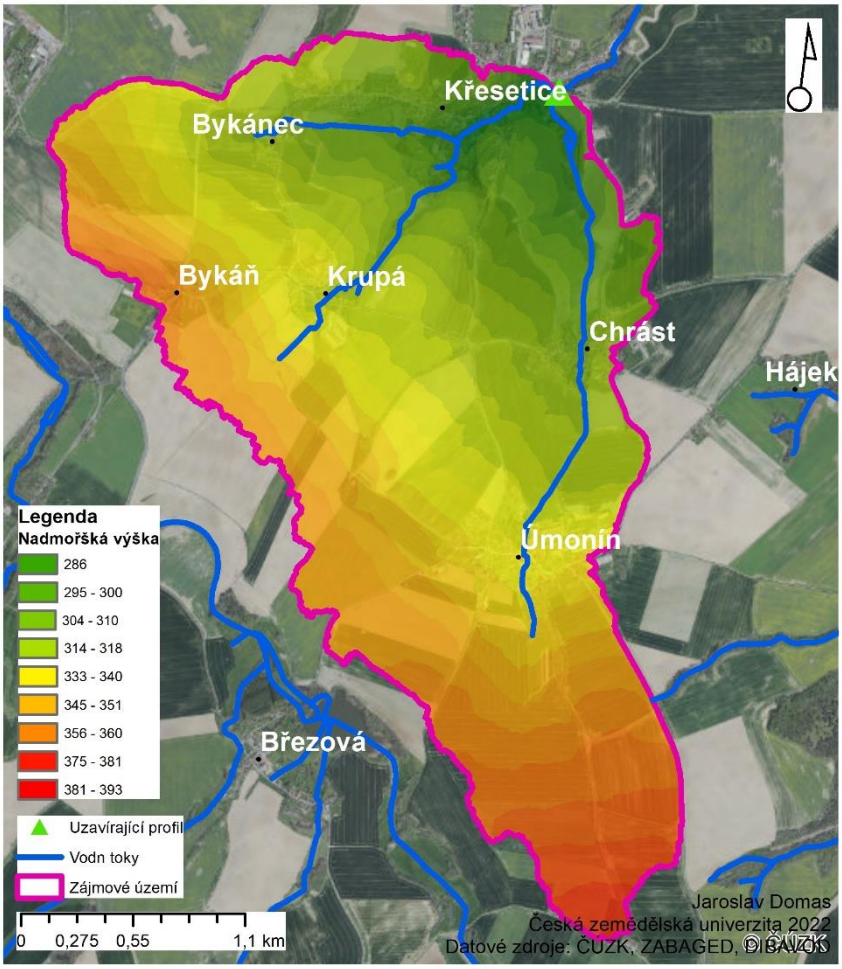
Druhý tok, který se v zájmovém území nachází, pramení nad obcí Úmonín. V Úmoníně se vlévá do návesního rybníčku a dále v zámeckém parku. Pod zámkem býval dříve rybník, jehož rozloha byla zhruba 3,5 ha. Torzo hráze je stále patrné. Vodní tok je mezi obcí Úmonín a obcí Chrást zregulován a napřímen. V Chrástu je návesní nádrž. Posledním rybníkem, který se na toku nachází, je rybník Grauerák o výměře asi 0,8ha. Na soutoku Ještěrného potoka a Křenovky je rybník Veselovák, na jehož hrázi je uzavírající profil.



Obrázek č. 4 – Mapa hydrologie v zájmovém území

5.2.5 Morfologie v zájmovém území

Území je charakterizováno středně členitým reliéfem typu pahorkatiny. Nejvýše položené pozemky leží při jihozápadní části území, kde nadmořská výška dosahuje 396 m. n. m. V této části území se také nacházejí pozemky s nejvyšším sklonem. Velké sklony se také vyskytují na pozemcích kolem vodních toků. Nejníže položené pozemky jsou jižně od obce Křesetice, kde je nadmořská výška okolo 320 m. n. m. Pozemky kolem obce Bykáň mají severní expozici s větším sklonem. Průměrná svažitost v zájmovém území je mírná, což dokazují mapy erozní ohroženosti pozemků (ZABADEG, 2022).



Obrázek č. 5 – Mapa morfologie zájmového území

5.2.6 Vegetační pokryv v zájmovém území

V lokalitě zájmového území se rozprostírají kvalitní půdy a z tohoto důvodu jsou intenzivně využívány pro zemědělskou produkci. Typickými pěstovanými plodinami jsou obiloviny, řepka ozimá a kukuřice, málo jsou zastoupeny jeteloviny a pastviny. Větší lesní komplex se v lokalitě nevyskytuje. Lesy jsou umístěny na

místech, která nemají zemědělské využití, například prudké svahy, kyselé půdy nebo skalnatá podloží (Domas, 2019).

Graf č. 4 - Způsobu využití půdy v zájmovém území (Domas, 2019)

5.2.7 Ochrana přírody a krajiny v zájmovém území

Stávající legislativa ochrany a přírody je určená zákonem č. 114/1992 Sb., který dělí ochranu přírody a krajiny do několika skupin. Dle zákona č. 114/1992 Sb. se vymezuje šest kategorií pro ochranu krajiny a přírody. Jsou jimi národní parky (NP), chráněné krajinné oblasti (CHKO), národní přírodní rezervace (NPR), přírodní rezervace (PR), národní přírodní památky (NPP) a přírodní památky (PP). Zákon si klade za cíl udržení a zlepšení dochovaného stavu. Dále dle zákona a příslušné vyhlášky je vymezena ochrana vybraných, vzácných nebo vědecky a kulturně vybraných druhů rostlin a živočichů. Dělí se na tři kategorie, a to na druhy kriticky ohrožené, silně ohrožené a ohrožené. V příloze prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb. je uveden seznam druhů včetně jejich rozdělení.

V zájmové lokalitě se nevyskytuje žádná z výše uvedených kategorií ochrany přírody a krajiny. Ovšem v těsné blízkosti se nacházejí dvě chráněná území. Jedná se o přírodní rezervaci Lhotecké louky a přírodní památku Na černé rudě.

Přírodní rezervace Lhotecké stráně

Lokalita se rozkládá 600 m jižně od Nové Lhoty. Lokalitu tvoří křovinaté stráně, které se rozkládají na levém břehu údolí Olšanského potoka v nadmořské výšce od 318 do 362 m. Geomorfologii terénu tvoří terénní stupně, které vznikly erozní činností říčky Klejnárky. Přírodní rezervace zde byla vyhlášena v roce 1985 a její výměra činí 13,6 ha. Předmětem ochrany Lhoteckých strání jsou oligotrofní smilkové louky a pastviny. Na lokalitě převládá porost trav, jako je například kostřava ovčí, lipnice luční. Mezi nejvýznamnější druhy rostlin spadá vemeník dvoulistý. Hnízdí zde běžné druhy ptáků. Byla zde zjištěna celá řada různých druhů motýlů, např. otakárek fenyklový. Z obratlovců se zde vyskytuje mj. ještěrka obecná. V lokalitě hnízdí běžné druhy ptáků. Za nejlepší asanační zásah pro Lhotecké louky lze považovat extenzivní pastvu. (Ložek & kol., 2005)

Přírodní památka Na černé rudě

Přírodní památka se nalézá nad vodárenskou nádrží Vrchlice, asi 1,4 km severně od městyse Malešov, v nadmořské výšce 330 m. Za přírodní památku byla lokalita prohlášena v roce 2001. Předmětem ochrany je zimoviště netopýrů, především netopýra černého, které se nalézá v bývalém magnetitovém dole. Geologie území je skarnové ložisko, zrudněné hlavně magnetitem a s výskytem pegmatitů s pyritem. Flóru v okolí dolu tvoří nálet borovice lesní, habru obecného, javoru klenu a křovin lísky obecné. V podrostu se vyskytují nitrofilní druhy jako kuklík městský, kerblík lesní nebo kopřivka dvoudomá. Přístup do bývalých štol je uzavřen mřížemi a širší okolí je zřejmě z důvodu bezpečnosti oploceno. (Ložek & kol., 2005)

Natura 2000

Jedná se o největší soustavu jednotlivých chráněných území na světě. Soustavu Natura 2000 tvoří všech 28 členských států Evropské unie podle jednotných pravidel. Cílem této dohody je chránit a zachovávat vzácné a ohrožené volně žijící živočichy, planě rostoucí rostliny a přírodní stanoviště pro další generace. Význam a ohrožení těchto druhů je posuzován komplexně v rámci Evropské unie. V České republice je Natura 2000 tvořena ptačími oblastmi a evropsky významnými lokalitami. Na tomto území je snaha ze strany vlastníků, hospodářů a orgánů ochrany přírody udržet vhodné podmínky pro zachování a výskyt chráněných druhů a stanovišť v dlouhodobém časovém měřítku. (MŽP, 2021)

V zájmové lokalitě, ani v nejbližším okolí se nevyskytuje ptačí oblast nebo evropsky významná lokalita.

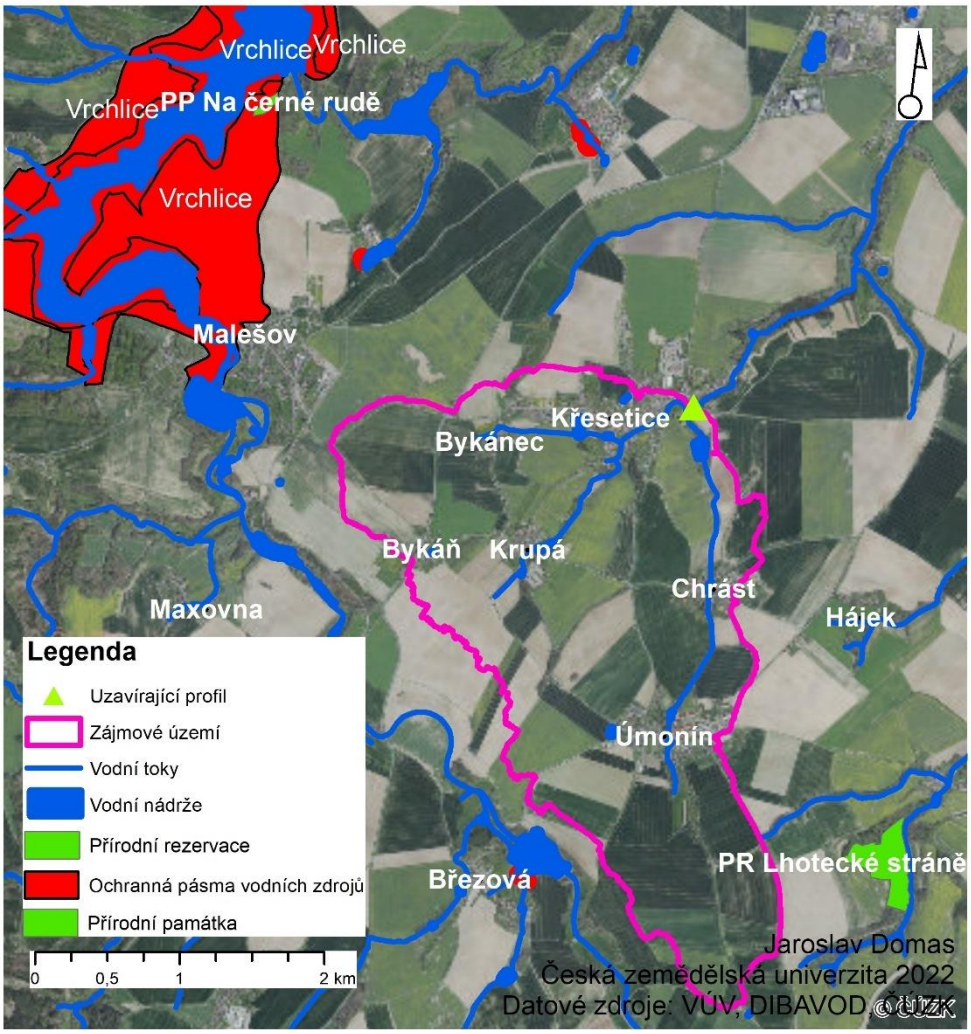
Ochranná pásma vodních zdrojů

Dle vodního zákona č. 254/2001 Sb., k ochraně jakosti, zdravotní nezávadnosti vod využívaných k zásobování obyvatel pitnou vodou, s odběrem větším než 10 000 m3/rok, stanovuje vodoprávní úřad ochranná pásma. V závažných případech, či vyžaduje-li to situace, může vodoprávní úřad stanovit ochranná pásma i pro odběry s nižší kapacitou. Vodoprávní úřad má právo ochranné pásmo zrušit nebo změnit. Stanovení ochranných pásem je vždy veřejným zájmem.

Dále je v zákoně č. 254/2001 Sb., stanoveno dělení ochranných pásem, a to na ochranná pásma I. stupně a ochranná pásma II. stupně. Ochranná pásma I. stupně slouží k ochraně v bezprostřední blízkosti okolí jímajícího nebo odběrného zařízení. Pásmo ochrany druhého stupně slouží k ochraně vodního zdroje v území stanovených vodoprávním úřadem tak, aby nedocházelo ke zničení jeho vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách dále definuje chráněné oblasti přirozené akumulace vod CHOPAV, které pro své podmínky tvoří významné přirozené akumulace vod. (VÚV, 2021)

V zájmové lokalitě se nevyskytuje žádný významný zdroj vody, pro které by bylo stanoveno ochranné pásmo vodních zdrojů. V nejbližším okolí zájmové plochy se vyskytují tři zdroje vody, které mají definovaná ochranná pásma vodních zdrojů I. a II. stupně. Ochranná pásma vodních zdrojů byla zjištěna z evidence ochranných pásem vodních zdrojů Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (VÚV, 2022). Především se jedná o vodárenskou nádrž Vrchlici. Z vodní nádrže odebírá surovou vodu úpravna vody u sv. Trojice, která zásobuje vodou téměř 50 tisíc obyvatel. (Povodí Labe, 2017)



Obrázek č. 6 – Mapa ochrany přírody a krajiny v zájmovém území

5.3 Kanalizace a nakládání s odpadovými vodami v zájmovém území

Tato kapitola je zařazena pro přehled nakládání s odpadními vodami v zájmovém území. V Křeseticích se nachází čistírna odpadních vod (ČOV), která byla schválena pro zkušební provoz v roce 1977 a do trvalého provozu byla uvedena asi v r. 1978. Čistírna byla vybudována v části obce zvané „Doly“. V devadesátých letech se na ČOV připojila místní část Bykánec. V roce 2006 proběhla intenzifikace a rozšíření ČOV z důvodu připojení okolních obcí. Po přestavbě byla do trvalého provozu uvedena v roce 2008. Technologie čištění je mechanicko-biologické. Čistírna je dimenzovaná na 1200 ekvivalentních obyvatel, s roční kapacitou 72510 m^3/rok. Denní znečištění BSK_5 přivedené na čistírnu je 72 kg/den. Čistírna je navržena na hodinový průtok Qh 21,9 m^3/hod (5,8 l/s). Průměrný denní přítok je spočítán na 194,4 m^3/hod (2,3 l/s). Limity pro kvalitu vyčištěné vody byly stanoveny pro chemickou spotřebu kyslíku $CHSK_{CR}$, biochemickou spotřebu kyslíku BSK_5, nerozpuštěné látky NL a amoniakální dusík $N\text{-}NH_4$, viz. *tabulka č. 3*. Mimo limitované

ukazatele jsou dále sledovány hodnoty celkového dusíku a fosforu. Na čistírnu jsou v současné době napojeny vesnice Křesetice, Chrást, Krupá, Bykáň, Úmonín, Lomec, Lomeček, Korotice a Březová.

Ukazatel	Průměr [mg/l]	Maximum [mg/l]	Hmotnostní limit [t/rok]
$CHSK_{CR}$	100	180	2,8
BSK_5	25	60	0,8
NL	30	70	0,8
$N\text{-}NH_4$	15	30	0,3

Tabulka č. 3 – Stanovené limity pro kvalitu vyčištěné vody na ČOV v Křeseticích

Na čistírnu jsou vody přiváděny potrubím DN 300, které je umístěno pod příjezdovou komunikaci na ČOV. Přečištěná voda z ČOV vytéká do vodního toku Křenovka v říčním kilometru 6,5 km. Roční průměrný průtok vodního toku Q_{365} je 1-2 l/s. Ve vodním toku je průměrné znečištění BSK_5 při Q_{365} 1,5 mg/l.

Vlastníkem a provozovatelem ČOV v Křeseticích je Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s.

V obci Křesetice je vybudovaná jednotná stoková síť. Starší části kanalizace vybudované v osmdesátých letech jsou převážně z kameniva DN 300–400 mm, uložené v hloubkách od 1,0 do 2,5 m. V devadesátých letech byla stoková síť rozšířena o místní část Bykánec. V roce 2008 byl stoková síť dále rozšířena o přilehlé obce Chrást, Krupá a Bykáň. Na stokové síti je v obci Chrást vybudována přečerpávací stanice. Na stokové síti v Křeseticích jsou vybudovány tři odlehčovací komory. První odlehčovací komora je na kmenové stoce „A“. Poměr ředění je 1:9 a odpadní voda je převáděna do vodního toku Křenovky. Druhá odlehčovací komora má stejný poměr ředění 1:9 a nachází se na soutoku stok „A“ a „B“. Odpadní voda se převádí do rybníka Veselováku. Třetí odlehčovací komora je před ČOV, poměr ředění v této komoře je 1:7 a odpadní voda je převáděna do vodního toku Křenovky. Celkový počet kanalizačních přípojek je 243. Vlastníkem stokové sítě je Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s. Kutná Hora a obec Křesetice. Provozovatelem je Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč a.s. Kutná Hora.

V obci Úmonín je vybudována oddílná stoková síť, která byla dokončena v roce 2008. Nakládá se zde samostatně s dešťovou vodou a vodou odpadní. Dešťová voda

je odváděna do Ještěrného potoka a odpadní vody jsou odváděny kanalizací do obce Chrást, odkud se dále vedou na ČOV v Křeseticích. Stoková síť je kombinací gravitační a tlakové kanalizace. Kanalizační potrubí je uloženo v hloubkách 1,3 do 2,5 m. Na stokové síti jsou vybudovány čtyři přečerpávací stanice. Počet kanalizačních přípojek napojených na kanalizaci je 121. Vlastníkem kanalizace je obec Úmonín a provozovatel je stejný jako v obci Křesetice, tedy Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s. Kutná Hora. Veškeré informace popsané v této kapitole poskytla Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a.s. Kutná Hora.

5.4 Pozemkové úpravy

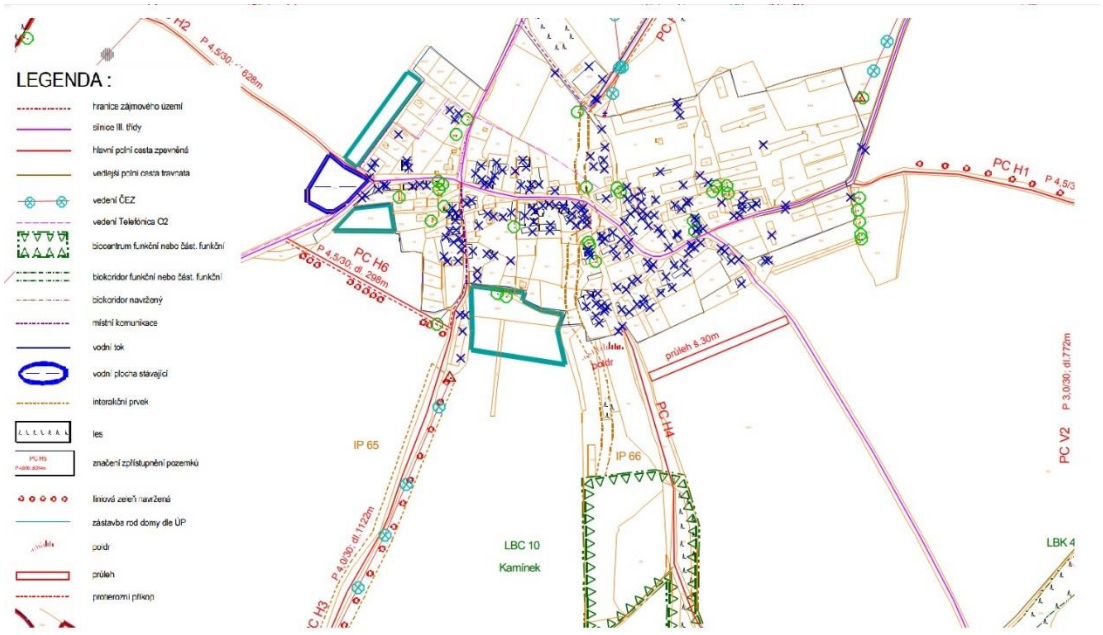
Pozemkové úpravy jsou nazývány „projekty krajinného inženýrství“ a řeší komplexně úpravu celého území. Ve veřejném zájmu se řeší prostorové a funkční uspořádání pozemků a vytváří se racionální podmínky pro obhospodařování pozemků. Pozemkové úpravy jsou důležité pro řešení ekologických, půdoochranných či krajinotvorných opatření (Burian a kol., 2011).

Zájmové území zasahuje do pěti katastrů. Jsou to katastrální území Křesetice, Chrást, Krupá, Bykáň a Úmonín. Všechny katastrální území na sebe navzájem navazují. Katastrální území Chrást, Krupá a Bykáň spadají pod obec Křesetice. V těchto katastrech, včetně katastru Křesetice, ještě pozemková úprava neproběhla a nebyla ani podána žádost o zpracování pozemkových úprav. Jedním z důvodů bylo složení zastupitelstva, ve kterém byla část zastupitelů z řad členů místního zemědělského družstva. Pozemková úprava bývá obecně velkými zemědělskými subjekty vnímána jako nežádoucí z pohledu zásahu do stávajících vlastnicko-uživatelských vtahů a s tím související modifikací nájemních smluv, které mají obvykle dlouhou výpovědní lhůtu. Obdobně tomu bylo i v hodnoceném území.

V obci Úmonín pozemková úprava proběhla v roce 2012. V současné době jsou některá společná zařízení již zrealizovaná a některá se realizují. V katastrálním území byla navržena dvě protierozní opatření a jedno vodohospodářské opatření. Opatření jsou zakreslena ve výkresu, který poskytl Státní pozemkový úřad v Kutné Hoře. V rámci protierozního opatřením je navržen průleh o šířce 30 m. Průleh je umístěn jižně od obce Úmonín, mezi silnicí vedoucí do Lomce a polní cestou. Průleh bude zachycovat povrchovou vodu a chránit tím intravilán obce. Voda bude odváděna do nově navrženého poldru. Dalším protierozním opatřením je polní cesta s protierozním příkopem. Příkop bude zachycovat povrchovou vodu přitékající do

intravilánu obce z pozemků nad touto cestou. Voda bude svedena do dešťové kanalizace. Navržená polní cesta bude spojovat stávající polní cestu vedoucí za rybník Březovák a silnici vedoucí z Úmonína do Březové. Toto opatření je již zrealizované.

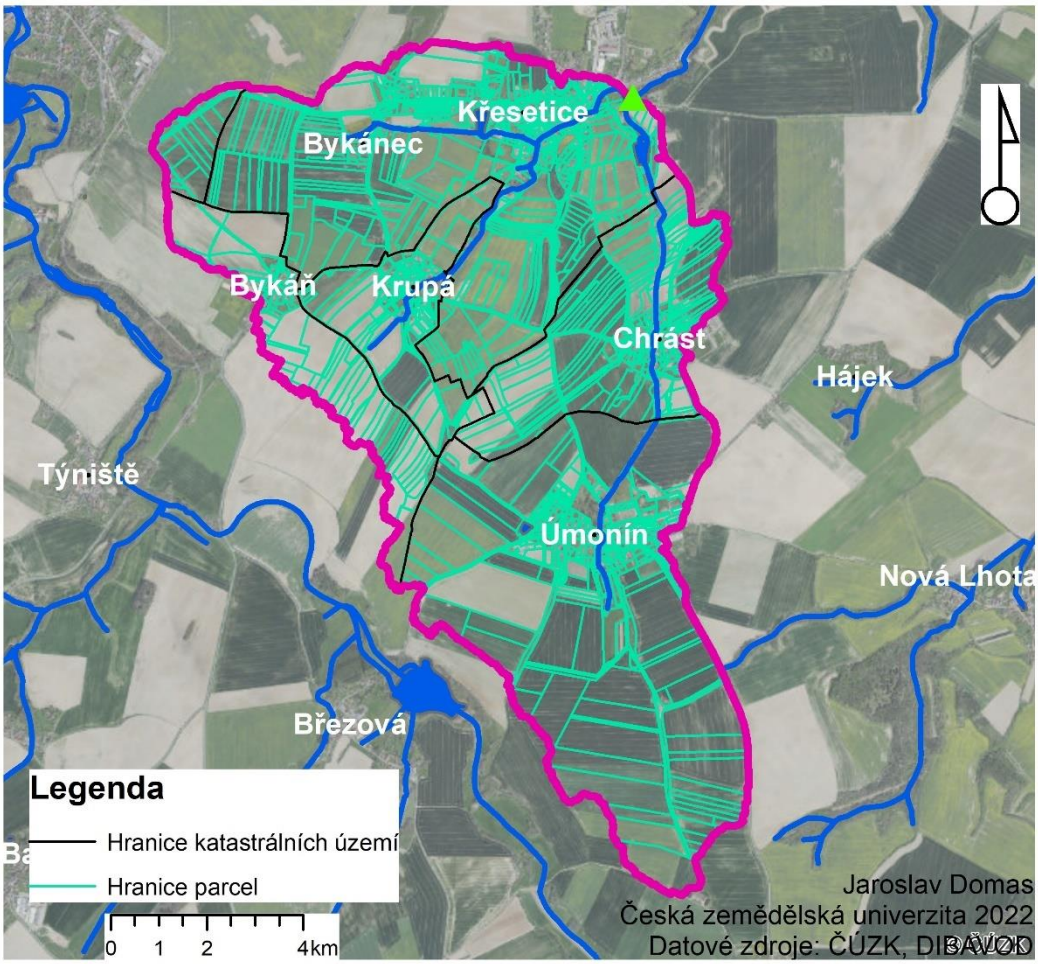
V rámci vodohospodářských opatření je nad obcí Úmonín navržen již výše uvedený nový poldr. Do poldru bude svedena voda z průlehu. Poldr bude chránit obec před povrchovou vodou přitékající do průlehu z pozemků ležících nad ním a zároveň bude sloužit k zachycení splavenin.



Obrázek č. 7 - Protierozní opatření navrhnutá v rámci KPÚ (SPÚ Kutná Hora, 2022)

5.5 Analýza vlastnických vztahů

V zájmovém území je velké množství vlastníků půdy. V části tohoto území, kde doposud nebyla provedena pozemková úprava, jsou vlastnické parcely velmi roztříštěné. V těchto katastrech často dochází k situacím, že jednu parcelu vlastní několik majitelů. Tato situace je jiná oproti stavu v katastrálním území Úmonín, kde proběhla pozemková úprava. Digitální katastrální mapy (DKM) jsou v katastrálních územích Křesetice, Krupá, Bykáň a Úmonín. V katastrálním území Chrást je katastrální mapa digitalizovaná (KMD) (ČÚZK, 2022).



Obrázek č. 8 – Mapa vlastnických vztahů v zájmovém území

Velikost parcel se pohybuje od velmi malých, s výměrou několik set metrů, až po parcely o výměře několika hektarů. Průměrná velikost parcel je přibližně okolo jednoho hektaru. Uspořádání parcel je takřka stejné jako v období před druhou světovou válkou, kdy na nich ještě hospodařili jejich majitelé. Po znárodnění půdy v padesátých a šedesátých letech se vlastnické vztahy přestaly řešit. Vlastnické vztahy se začaly obnovovat po roce 1989, kdy došlo k navrácení pozemků původním majitelům.

5.6 Analýza uživatelských vztahů

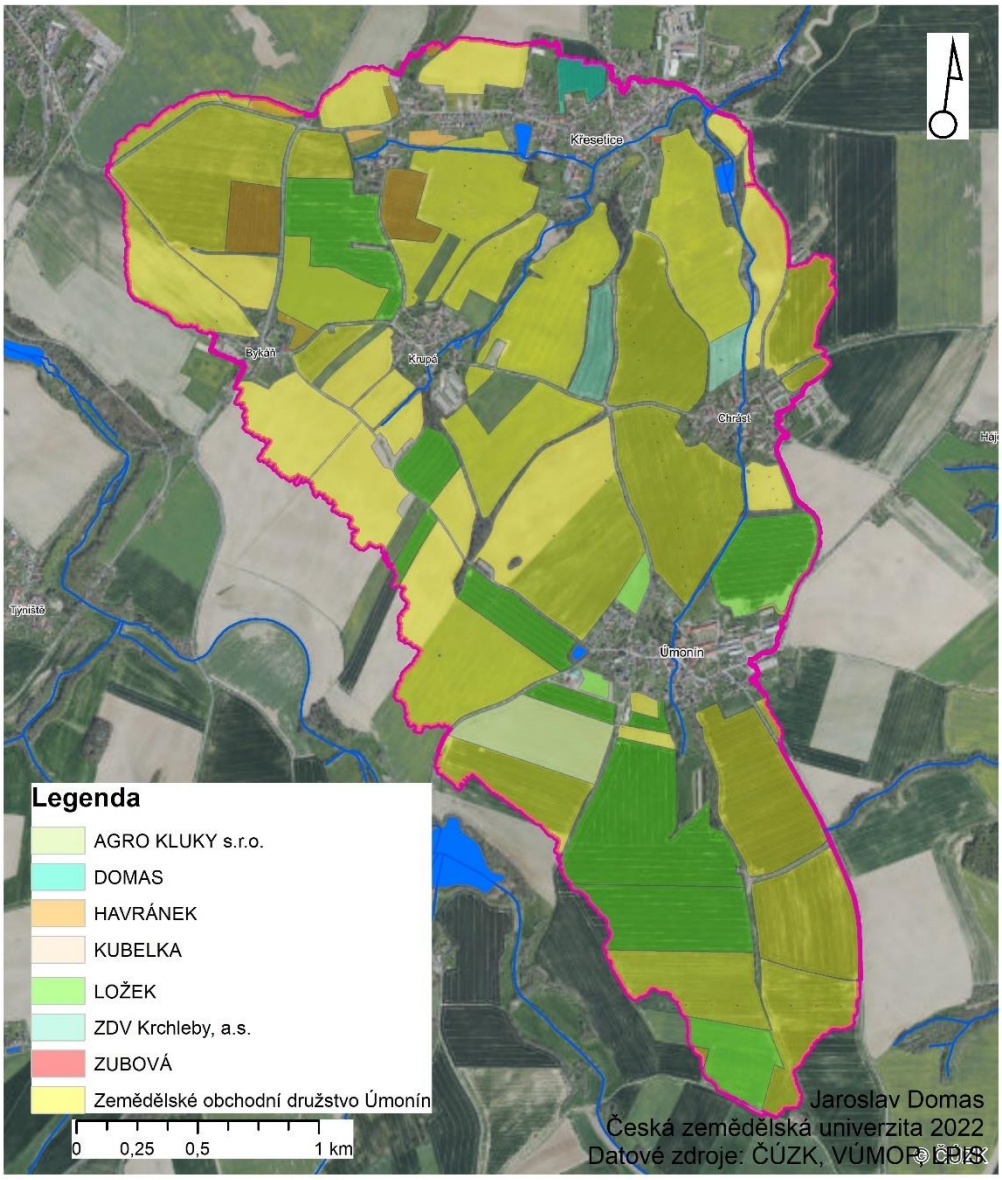
Na polích v zájmové lokalitě se za posledních sto let vlivem změn režimů vystřídalo mnoho uživatelů a způsobů užívání půdy. Z historického, leteckého snímkování (ALMS ČÚZK, 2022) je dobře patrná změna uživatelských vztahů během kolektivizace. První letecké snímky pro zájmové území byly dohledány pro rok 1938. V tomto roce je patrné, že obdělávaná pole korespondují s katastrálními mapami. Z toho plyne, že majitelé půdy ve většině případech hospodařili na svých pozemcích.

Z map je patrné velké množství malých polí. Na každé pole byl přístup v podobě polní cest. Mezi jednotlivými poli vznikaly přirozené meze.

Obrázek č. 9 - Uživatelské vztahy patrné z historického snímku (r. 1938)

Na snímku z roku 1938 je patrné scelování polí do velkých lánů. K tomuto trendu začalo docházet v padesátých letech minulého století (Bičík a kol., 2015). V tomto období se ujalo hospodaření na půdě nově založené jednotné zemědělské družstvo. Původním sedlákům byla znemožněna činnost a byli donuceni ke vstupu do místního družstva.

Uživatelské vztahy se mírně změnily v devadesátých letech. V této době někteří majitelé půdy začali znovu hospodařit. Nebylo jich mnoho a většinu půdy stále ovládalo zemědělské družstvo, které prošlo transformací. V současné době v zájmové lokalitě hospodaří devět zemědělských subjektů. Největší plochu obhospodařuje Zemědělské obchodní družstvo Úmonín (421 ha). Dalšími společnostmi hospodařícími v zájmové lokalitě jsou AGRO Kluky (13,9 ha) a ZDV Krchleby (8 ha). Soukromí zemědělci hospodařící v dané lokalitě jsou: p. Ložek (104 ha), p. Havránek (15 ha), p. Domas (3 ha), p. Kubelka (1 ha) a p. Zubová (1 ha).



Obrázek č. 10 – Mapa uživatelských vztahů v roce 2021

V *tabulce č. 4* jsou uvedeny pěstované plodiny v zájmové lokalitě za posledních pět let, tedy od roku 2017 (VÚMOP, 2021). V tabulce jsou také zapsány rozlohy ploch pěstovaných plodin v hektarech pro jednotlivé roky. Z tabulky je patrné, že největší zastoupení má pšenice ozimá, kukuřice, řepka ozimá a ječmen ozimý.

Rok	2017	2018	2019	2020	2021
Cukrovka	0	13,8	0	0	0
Česnek jarní	0	0	0	0	1
Hrách	2,9	5,8	0	1,5	3,3
Ječmen jarní	45,8	45,1	0	62,5	27,3
Ječmen ozimý	5,4	41	55,8	28,6	114,5
Kukuřice	144,7	42	108,3	55,5	38,3
Oves	3,1	26,6	1,3	0,6	16,4
Pšenice jarní	9	19,8	3,5	0	13,7
Pšenice ozimá	166,7	204,8	98,9	303,7	213,8
Řepka ozimá	137,7	101	237,6	90,8	125,3
Trávy	0,4	0,2	0,2	0,6	1,9
Vojtěška	49	38	32,4	18,2	11,5
Úhor	0	0	0	1	2,3
Dočasně nezpůsobilá plocha	0	7,8	21,2	0	0

Tabulka č. 4 – Rozlohy pěstovaných plodin v zájmovém území pro roky 2017-2021 (LPIS)

5.7 Analýza území z hlediska odtoku vody, eroze půdy a jakosti vod

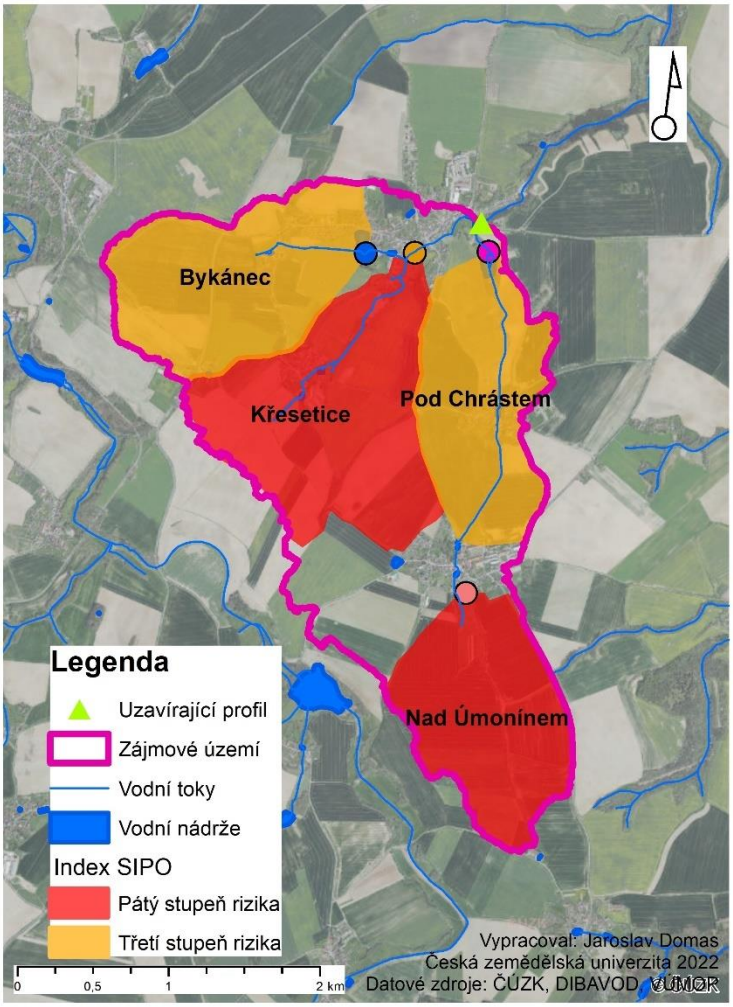
V níže uvedených *kapitolách 5.7.1-5.8.1* jsou provedeny analýzy zájmového území z hlediska ohroženosti rychlým povrchovým a podpovrchovým odtokem vody a erozí půdy. Tyto analýzy dále slouží jako podklad pro návrhy ochranných biotechnických opatření v povodí z hlediska zvýšení retence, popř. akumulace vody a zlepšení její kvality a půdoochranného zemědělského hospodaření.

Různé segmenty krajiny jsou různě rizikové z hlediska snížené retence vody, zvýšeného potenciálního vyplavení polutantů z půd do vod a eroze půdy. Tato skutečnost je dána heterogenitou půdních a geomorfologických podmínek, zemědělským využitím půdy, intenzitou odvodnění a zastoupením trvalých vodních ploch v území (Fučík a kol., 2010b). Existují enklávy povodí, které disponují nižší vodoretenční schopností a vyšším rizikem vyplavování polutantů z půd do vod. Do těchto částí povodí je nejefektivnější upírat pozornost z hlediska uplatňování ochranného managementu či navrhování biotechnických opatření pro zvýšení retence vody a zlepšování její kvality. V podmínkách ČR je z pohledu kvality vod zemědělských povodí nejproblematičtější dusičnanový dusík a pesticidy. Z hlediska eroze vnos nerozpuštěných látek (sedimentů) a částicového fosforu (Fučík a kol., 2017).

5.7.1 Souhrnný index potřebnosti opatření – výpočet

Souhrnný index potřebnosti opatření (SIPO) byl počítán dle vzorců, které byly popsány v *kapitole 5.8.* Pro výpočet bylo zájmové území rozděleno do čtyř subpovodí. Rozdělení je zobrazeno na *obrázku č 11*. Každé subpovodí bylo pojmenováno místními názvy a to: Bykánec, Křesetice, Pod Chrástem a Nad Úmonínem. Rozlohy subpovodí se pohybovaly od 129 ha do 189 ha. Výsledné hodnoty SIPO indexu, včetně výsledků dílčích hodnot indexů a jednotlivých vstupních rozloh, jsou rozepsány v tabulkách.

Mapa zobrazuje rozmístění subpovodí v rámci zájmového území spolu s pojmenováním. Barva subpovodí značí výsledný SIPO index.



Obrázek č. 11 - Mapa SIPO hodnocení zájmového území

V *tabulce č. 5* jsou výsledné hodnoty SIPO indexu pro Subpovodí Bykánec, s rozlohou 153 hektarů a subpovodí Křesetice, s rozlohou 189 hektarů. Subpovodí Bykánec má hodnotu SIPO 3. Hodnota 3 označuje střední riziko a odpovídající potřebu

opatření. Subpovodí Bykánec má zlepšující faktory v podobě vodních nádrží a zatravněných ploch, zároveň jsou zde pozemky z velké části zorněné, což je typické pro celou zájmovou lokalitu. Subpovodí Křesetice má hodnotu SIPO indexu 5. Jedná se o nejvyšší hodnotu, která značí velmi významné riziko a odpovídající potřebu opatření. V subpovodí je minimum ploch s vodní hladinou, které by působily jako zlepšující faktor.

Bykánec 153 ha	[m^2]	
$F_{orné\ půdy}$	1231420	
$F_{plošné\ jednotky}$	1529542	
$F_{plocha\ odvodnění}$	212565	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ lokalit}$	82458	
$F_{zatravněných\ půd\ 1\ a\ 2\ kategorie\ zranitelnosti}$	14903	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ půd\ v\ rámci\ lokality\ B\ 1,2}$	82458	
$F_{vodních\ nádrží}$	7641	
	Index	**SR**
$I_{zornění}$=	0,805	5
I_{ploch}=	0,139	3
I_{zran}=	0,054	0,6
$I_{TTP\text{-}zran}$=	0,181	0,9
I_{VN}=	0,005	4
$I_{zornění_odvodnění}$=	4	3
$I_{opatření}$=	0,75	2
SIPO=	**12**	**3**

Křesetice 189 ha	[m^2]	
$F_{orné\ půdy}$	1520736	
$F_{plošné\ jednotky}$	1886660	
$F_{plocha\ odvodnění}$	966230	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ lokalit}$	208513	
$F_{zatravněných\ půd\ 1\ a\ 2\ kategorie\ zranitelnosti}$	0	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ půd\ v\ rámci\ lokality\ B\ 1,2}$	208513	
$F_{vodních\ nádrží}$	680	
	Index	**SR**
$I_{zornění}$=	0,806	5
I_{ploch}=	0,512	5
I_{zran}=	0,111	0,7
$I_{TTP\text{-}zran}$=	0,000	1
I_{VN}=	0,000	5
$I_{zornění_odvodnění}$=	9,4	5
$I_{opatření}$=	0,85	4
SIPO=	**50**	**5**

Tabulka č. 5 -Výsledné hodnoty SIPO indexu subpovodí Bykánec a Křesetice

V *tabulce č. 6* jsou výsledné hodnoty pro povodí Nad Úmonínem, s rozlohou 131 hektarů a povodí Pod Chrástem, s rozlohou 129 hektarů. Pro subpovodí Nad Úmonínem vyšel SIPO index 5. Tato hodnota značí velmi významné riziko a odpovídající potřebu opatření. K vysokému riziku přispívá především vysoké zornění a odvodnění pozemků. Zároveň se v povodí vyskytuje minimum zlepšujících vlivů, jako jsou vodní nádrže nebo zatravněné plochy. Subpovodí Pod Chrástem má výsledný SIPO index 3. Hodnota 3 označuje střední riziko a odpovídající potřebu opatření. V subpovodí je velké zornění pozemků, ale jsou zde zlepšující efekty, jako vodní nádrže a zatravněné pozemky.

Nad Úmonín 131 ha	[m^2]	
$F_{orné\ půdy}$	1239273	
$F_{plošné\ jednotky}$	1305180	
$F_{plocha\ odvodnění}$	886965	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ lokalit}$	422727	
$F_{zatravněných\ půd\ 1\ a\ 2\ kategorie\ zranitelnosti}$	0	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ půd\ v\ rámci\ lokality\ B\ 1,2}$	422727	
$F_{vodních\ nádrží}$	0	
	Index	SR
$I_{zornění}$=	0,950	5
I_{ploch}=	0,680	5
I_{zran}=	0,324	0,9
$I_{TTP\text{-}zran}$=	0,000	1
I_{VN}=	0,000	5
$I_{zornění_odvodnění}$=	8,7	4
$I_{opatření}$=	0,95	5
SIPO=	**50**	**5**

Pod Chrástem 129 ha	[m^2]	
$F_{orné\ půdy}$	1036848	
$F_{plošné\ jednotky}$	1291830	
$F_{plocha\ odvodnění}$	804473	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ lokalit}$	988200	
$F_{zatravněných\ půd\ 1\ a\ 2\ kategorie\ zranitelnosti}$	833	
$F_{infiltračně\ zranitelných\ půd\ v\ rámci\ lokality\ B\ 1,2}$	988200	
$F_{vodních\ nádrží}$	11392	
	Index	SR
$I_{zornění}$=	0,803	5
I_{ploch}=	0,623	5
I_{zran}=	0,765	1
$I_{TTP\text{-}zran}$=	0,001	1
I_{VN}=	0,009	3
$I_{zornění_odvodnění}$=	9,2	5
$I_{opatření}$=	1	2
SIPO=	**15**	**3**

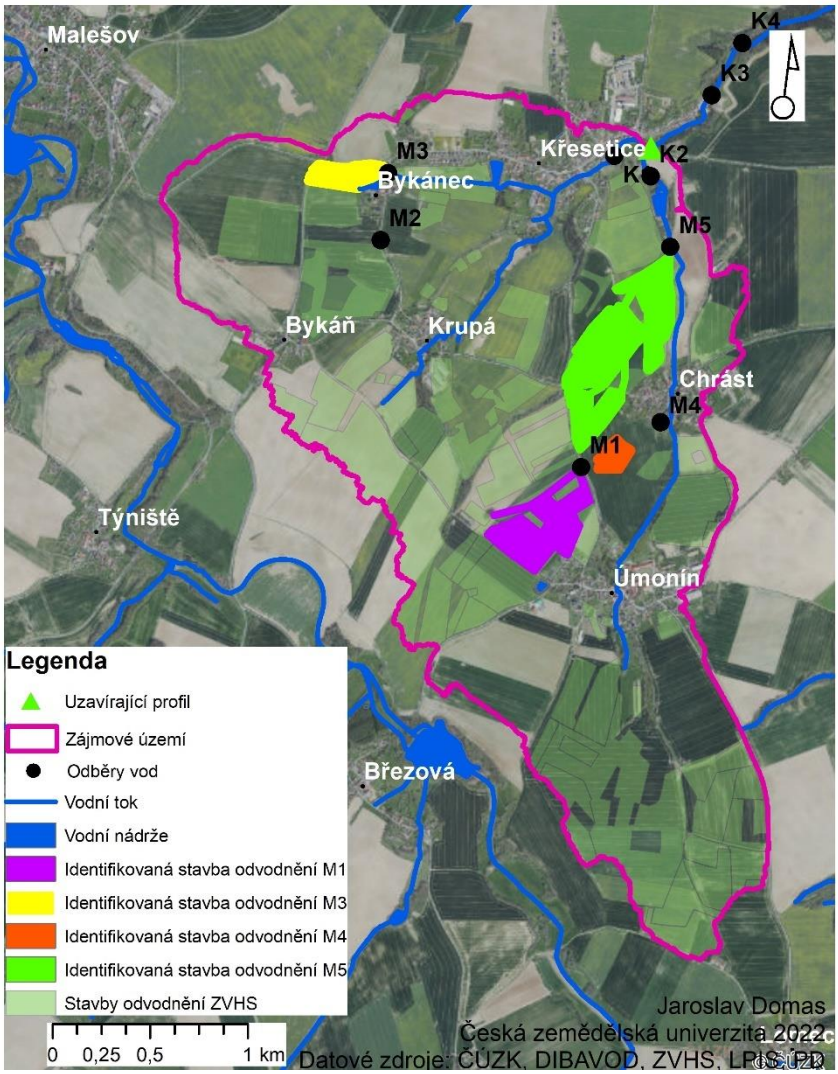
Tabulka č. 6 – Výsledné hodnoty SIPO indexu subpovodí Nad Úmonínem a Pod Chrástem

5.7.2 Odvodnění v zájmové lokalitě

Základní zdroj informací o zemědělském odvodnění v České republice je evidence bývalé Zemědělské vodohospodářské správy (ZVHS). Data jsou volně ke stažení ve formátu shapefile na portálu MZe. Jedná se o základní data, především o poloze odvodnění. Nevýhodou dat je, že jsou neúplná, neaktualizovaná a nevertifikovaná. Proto se v této práci k těmto datům přistupovalo jako k datům orientačním. Pro zpřesnění podkladů pro dohledání drenážních staveb byly použity další zdroje informací. Mezi tyto zdroje patřily archivní projektové dokumentace a materiály získané metodami dálkového průzkumu Země (DPZ). K DPZ byly využity archivní a aktuální letecké snímky.

V rámci práce byly hydrochemicky sledovány čtyři drenážní skupiny. Ty byly vybrány po provedeném terénním průzkumu a posouzení jejich reprezentativnosti v zájmovém území. V období od konce května do poloviny listopadu 2021 byl sledován průtok (diskrétně, objemovou metodou), odebírány vzorky vody pro analýzu a měřena teplota drenážní vody, v cca měsíčním kroku. Z těchto dat byly pro hodnocené období vypočteny specifické odtoky (l/s/ha) a specifické látkové odnosy (g/ha). Specifické látkové odnosy jsou zapsané v tabulkách a přiloženy v přílohách.

Teplota vody byla měřena digitálním teploměrem GTH 175/Pt. Sledované stavby odvodnění a místa odběrů jsou zanesena do mapy. Na *obrázku č. 12* jsou zakresleny body označené písmenem M, jde o odběry z drenážních výústí. Body označené písmenem K jsou odběry na vodních tocích. Mapa také ukazuje rozsah odvodnění



Obrázek č. 12 – Mapa s vyznačením předmětných staveb zemědělského odvodnění

v zájmovém území. Vrstvu odvodnění tvoří evidence ZVHS. V zájmovém území je odvodněno 56,5 % zemědělsky užívané půdy (LPIS, 2022). V posuzovaném území tyto informace přibližně odpovídají skutečnému rozsahu, hydromeliorací, jak bylo zjištěno metodami DPZ a z archivních projektových dokumentací.

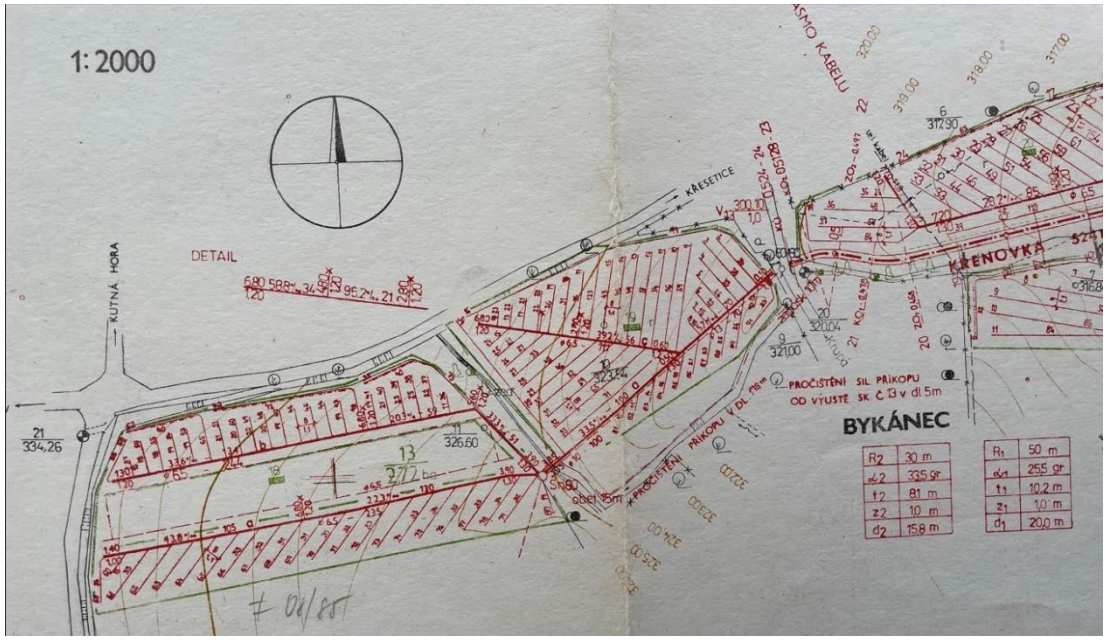
Na *obrázku č. 12* jsou vyobrazeny čtyři identifikované stavby odvodnění, které byly vybrány na základě dohledaných projektových dokumentací k těmto stavbám. U těchto staveb byla v průběhu roku odebírána drenážní voda. Způsob identifikace a vertifikace drenážního systému, spolu s výsledky jakosti drenážní vody jsou popsány v následujících kapitolách.

5.7.3 Podklady pro identifikaci staveb odvodnění

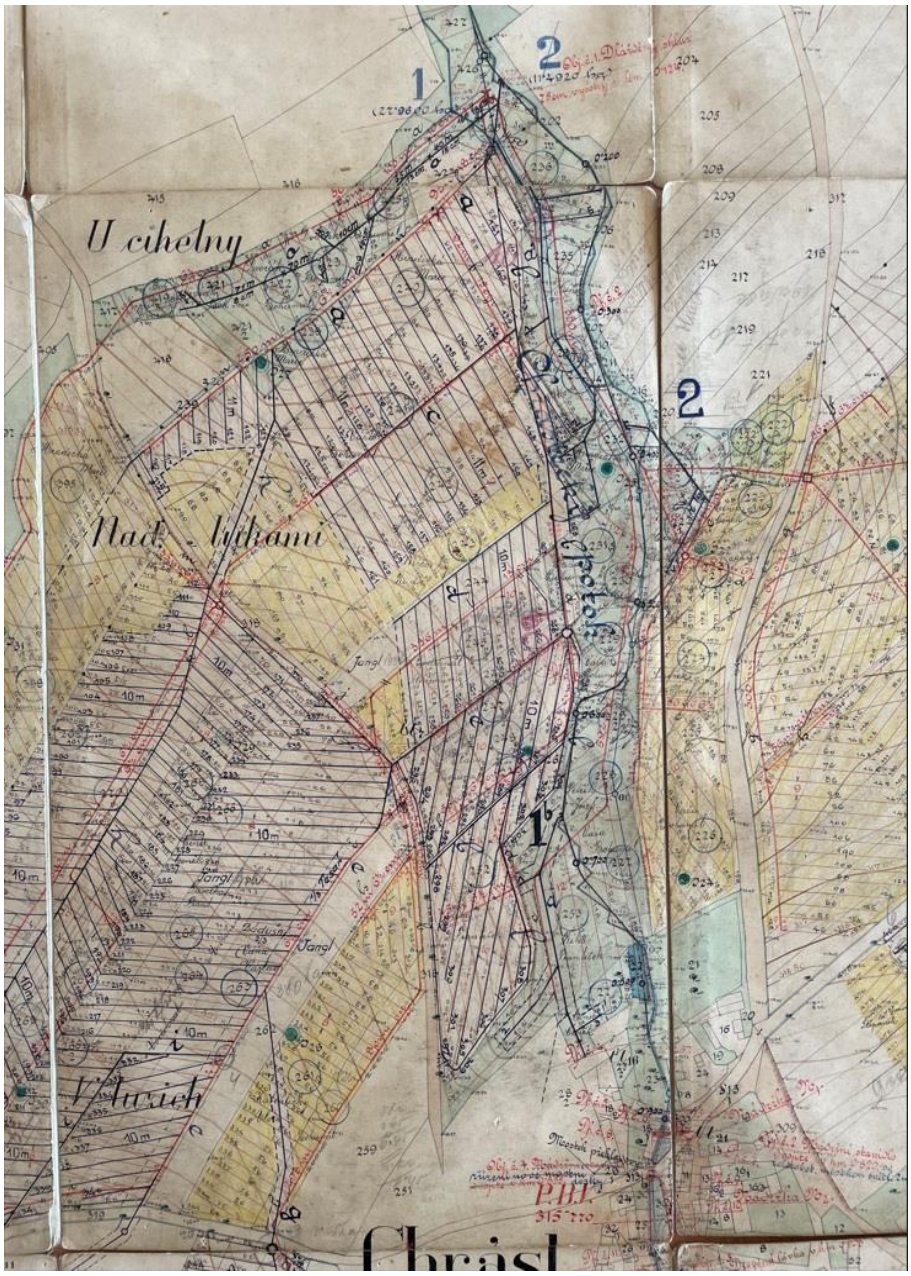
Projektové dokumentace byly dohledány v archívu Povodí Labe, s. p. na pobočce v Čáslavi. Na základě dohledaných projektových dokumentací byly vybrány čtyři stavby, které byly důkladně identifikovány. Odvodňovací stavby byly pro účely diplomové práce pojmenovány shodně jako místa odběrů drenážních vod. Pojmenování je popsané na *obrázku č. 12* a je M1, M3, M4 a M5. Projektové dokumentace pro odvodňovací stavby M1, M4 a M5 pocházejí z dvacátých let 20. století. Projektová dokumentace pro odvodňovací stavbu M3 pochází z roku 1982. Projektové dokumentace jsou obecně přesnější než evidence ZVHS, ale nemusejí odpovídat skutečnému uložení jednotlivých drénů v terénu. Přesná lokalizace jednotlivých drénů je možná pouze přímou kontrolou v terénu (odkrytí drénu) nebo odečtem souřadnic nepřímého projevu drenážních rýh vektorizovaných pomocí DPZ (Tlapáková a kol., 2016).

Po provedení ortorektifikace projektových dokumentací a vektorizace drenážních rýh identifikovaných pomocí snímků DPZ bylo zjištěno, že se skutečné provedení stavby do velké míry shoduje s projektovou dokumentací.

Ukázky projektových dokumentací použitých pro vertifikaci. Na *obrázku č. 13* je projektová dokumentace z roku 1982 a na *obrázku č. 14* je projektová dokumentace z dvacátých let dvacátého století.



Obrázek č. 13 - Projektová dokumentace zemědělského odvodnění (1982)



Obrázek č. 14 - Projektová dokumentace zemědělského odvodnění (1922)

Pro zájmové lokality vybraných staveb odvodnění byly prověřeny dostupné online zdroje leteckých snímků a byla provedena analýza historických leteckých snímků. Zdroje historických leteckých snímků byly: ALMS ČÚZK, Ikatastr.cz, Mapy.cz, Google mapy, letecké snímkování na portálu LPIS, dále WMS služby od ČÚZK. Na jednotlivých portálech byly prověřeny dostupné roky snímkování pro zájmové lokality. Na dohledaných mapách byly pečlivým prozkoumáním hledány projevy drenážních sestav. Prokazatelnost, viditelnost drenážních sestav na leteckých

snímcích byly zjištěny jako dobře patrné. Na *obrázku č. 15* je ukázka viditelného projevu drenážních staveb na leteckých snímcích.

Obrázek č. 15 - Projevy zemědělského odvodnění na leteckých snímcích (Mapy.cz)

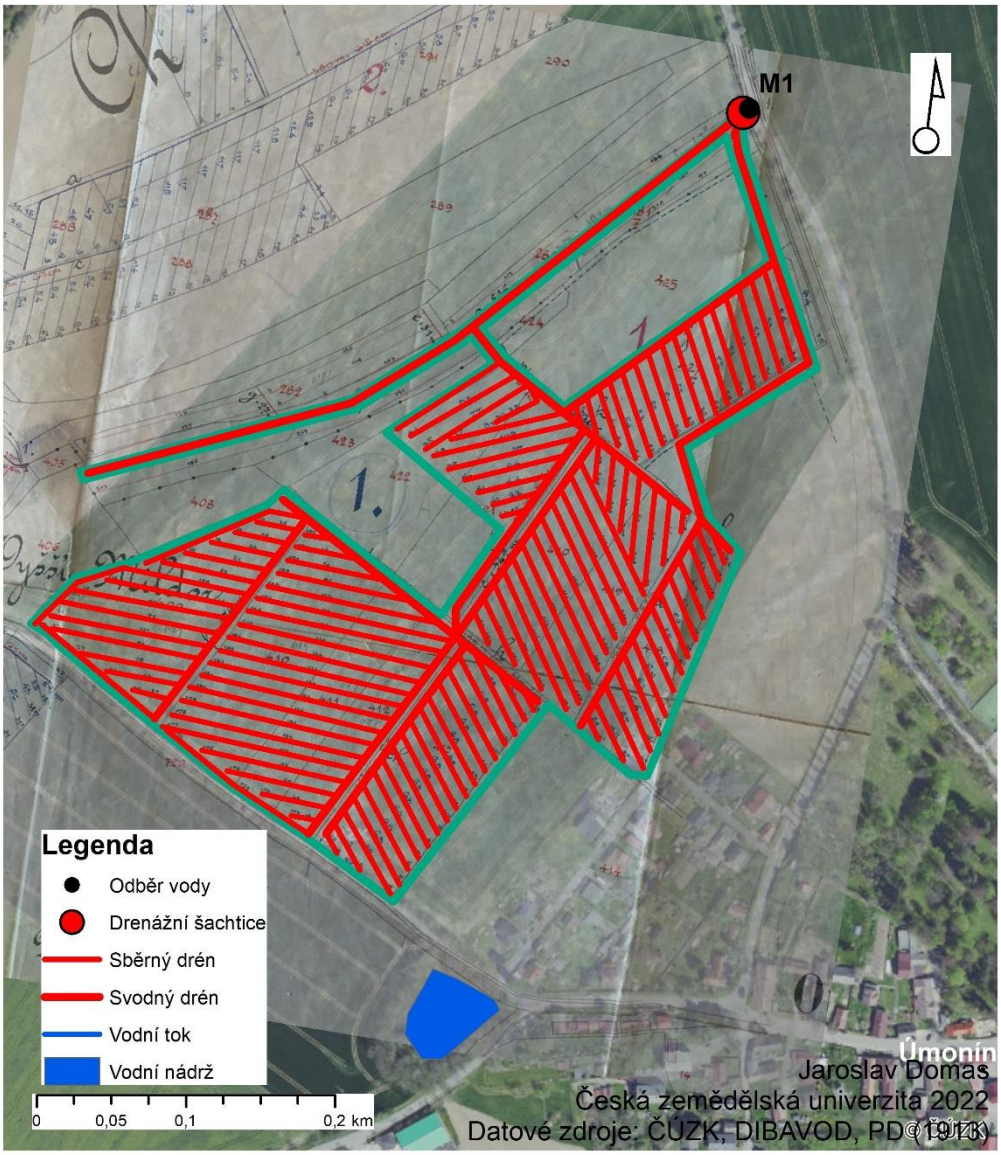
Dohledané snímky s dobrou vizualizací drenážních staveb byly ortorektifikovány a byla provedena vektorizace linií drénů. Následně byly sjednoceny vektorizované linie, pocházející z různých zdrojů a časových řad. Vzhledem k velmi shodnému uložení drénů s projektovou dokumentací byly výsledné vrstvy doplněny o odhad dalšího průběhu drenážních staveb podle projektových dokumentací.

5.7.4 Informace o stavbě M1

Stavba M1 se nachází severozápadně od obce Úmonín. Odvodněná plocha má rozlohu 9,75 ha. Obchůzkou v terénu byla zjištěna jedna nadzemní drenážní šachtice, viz *příloha č. 10*, která zároveň slouží jako výúsť. Voda z drenážního systému vytéká do silničního příkopu, který ji odvádí do vodního toku Křenovka. Průběh drenážních linií je zakreslen na *obrázku č. 16*.

Pro tuto stavbu byl dohledán pouze výkres drenážní stavby, ze kterého nebylo možné určit hloubku uložení drénů. Hloubka uložení drénů byla zjištěna pouze v místě drenážní šachtice, do které jsou zaústěny dva svodné drény. Zde je hloubka uložení svodných drénů 1,35 m pod povrchem. Průměr svodných drénů, ústících do drenážní šachtice, je podle projektové dokumentace 15 cm. To bylo potvrzeno při kontrole v terénu. Průměr potrubí svodných drénů se se vzdáleností od drenážní šachtice snižuje

nejdříve na 10 cm a poté na 6,5 cm. Rozchod drénů je 10 m. Rozchod byl změřen v programu ArcGis.



Obrázek č. 16 – Ortorektifikace a vektorizace stavby M1

Na drenážní výústi byly odhadovány průtoky (vzhledem k uspořádání výústi nebylo možné použít nádobovou metodu pro měření průtoků), měřena teplota vody a odebírány vzorky. Vzorky vod byly analyzovány v certifikované laboratoři VÚMOP, v.v.i.

Pozemky nad předmětnou stavbou zemědělského odvodnění jsou využívány pouze jako standardní orná půda (LPIS, 2022). Na 85 % plochy jsou půdy IV. infiltrační kategorie. Tato kategorie označuje půdy s nízkou rychlostí infiltrace. Na 15 % plochy jsou půdy se střední rychlostí infiltrace. Kategorie infiltrace byla zjištěna z kódu BPEJ dle metody Janglová a kol. (2003).

Výsledky průtoků, naměřených teplot a rozbory vody jsou zapsány v *tabulce č. 7*. Průměrný změřený průtok byl 0,09 l/s. Naměřená teplota vody byla od 10 do 15 °C. Tato teplota je typická pro drenážní vodu. Z rozborů vody z posledního odběru jsou patrné velmi vysoké hodnoty dusíku a fosforu v drenážní vodě. Jedná se o projev aplikace prasečí kejdy před setím řepky ozimé. Zpoždění projevu je zřejmě způsobené bezdeštným obdobím na konci léta a začátkem podzimu (ČHMÚ, 2022).

Z rozborů vody byly spočítané průměrné roční odnosy jednotlivých složek dusíku a fosforu. Množství odnosu bylo spočítáno v $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$. Tabulka se spočítaným množstvím odnosů je zapsaná v *příloze č. 4.*

M1								**Výměra (ha)**	**9,75**
datum	změřený průtok	specifický odtok	změřená teplota vody	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	$[l.s^{-1}]$	$[l.s^{-1}.ha^{-1}]$	[°C]		$[\mu S.cm^{-1}]$	$[mg.l^{-1}]$				
28.05.2021	0,019	0,0019		6,8	765	0,101	0,097	9,804	0,055	0,065
05.07.2021	0,3	0,0308								
13.08.2021	0,2	0,0205	15,5	7,1	744	0,039	0,006	6,235	0,026	0,055
07.09.2021	0,02	0,0021	15,7	7,1	714	0,062	0,006	4,766	0,020	0,072
09.10.2021	0	0,0000	12,1							
18.11.2021	0,001	0,0001	9,8	5,9		14,984		0,316	11,687	13,822
průměr	0,09	0,0092	13,28	6,7		3,797	0,037	5,280	2,947	3,504
medián	0,02	0,0020	13,80	6,9		0,082	0,006	5,501	0,041	0,068

Tabulka č. 7 - Průtok a jakost vody v místě M1

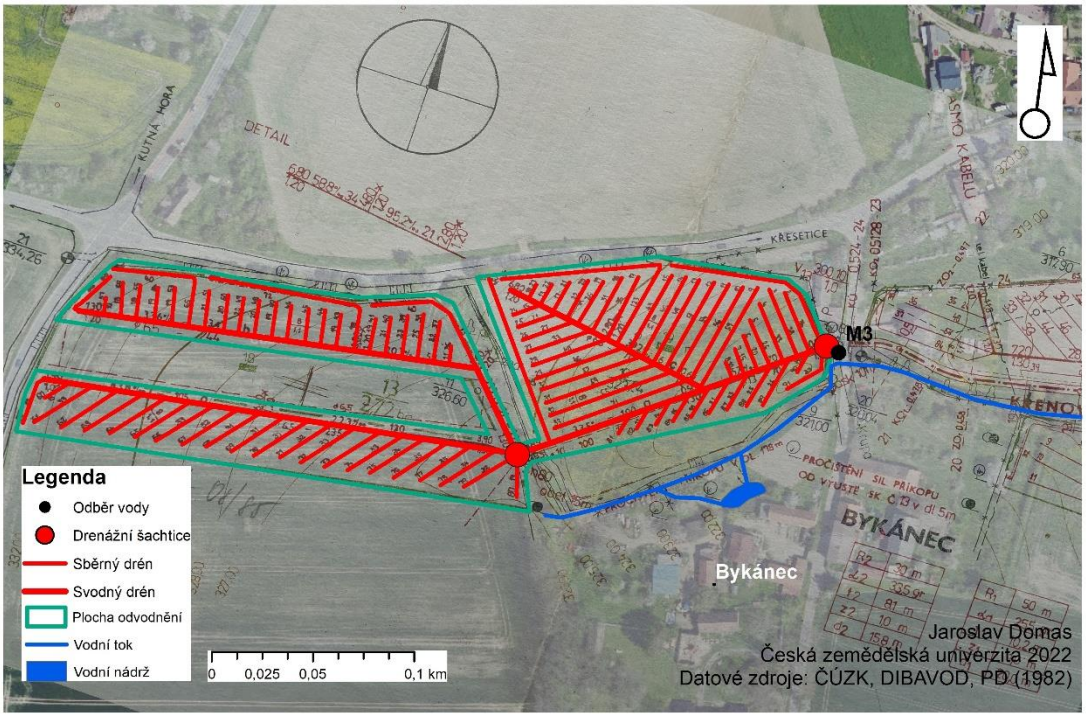
5.7.5 Informace o stavbě M3

Stavba M3 je v těsné blízkosti místní části Bykánec. Odvodněná plocha předmětné stavby zemědělského odvodnění má rozlohu 2,77 ha. Při obchůzce byla dohledána pouze jedna nadzemní drenážní šachtice. Druhá drenážní šachtice je označená jako ŠN – Šachtice normální. Tyto šachtice byly většinou uloženy pod povrchem. Dohledaná šachtice se nachází těsně nad drenážní výústí. Voda z drenážní stavby vytéká do vodního toku Křenovky, který hojně zásobuje vodou, viz

Pro tuto stavbu byla dohledána kompletní projektová dokumentace, včetně technické zprávy. Projektová dokumentace byla vypracována v roce 1982. Z projektové dokumentace bylo zjištěno, že rozchod sběrných drénů je 8 m. Hloubka uložení sběrných drénů se pohybuje okolo 1,1 m. Svodný drén ústící do dohledané drenážní šachtice má průměr 13 cm a hloubka uložení je 1,6 m. Svodné drény se postupně zužují nejdříve na 10 cm a poté na 6,5 cm. Podzemní drenážní šachtice má průměr 80 cm a jsou do ní zaústěny dva svodné drény v hloubce 1,3 m. Průměr těchto

drénů je 6,5 cm. Z šachtice je voda odváděna svodným drénem o průměru 10 cm a hloubkou uložení 1,35 m.

Průtok na drenážní výústi byl měřen nádobovou metodou, dále byla měřena teplota vody a odebírány vzorky vod pro rozbor jakosti. Vzorky vod byly analyzovány v certifikované laboratoři VÚMOP, v.v.i.



Obrázek č. 17 – Ortorektifikace a vektorizace stavby M3

Pozemky nad předmětnou stavbou zemědělského odvodnění jsou ze 75 % využívány jako standardní orná půda. Zbylých 25 % je trvalý travní porost. Půdy v místě drenážní stavby zemědělského odvodnění spadají do III. infiltrační kategorie (BPEJ). Jedná se o půdy se střední rychlostí infiltrace.

Výsledky naměřených průtoků, teplot a rozbory drenážní vody jsou zapsány v *tabulce č. 8*. Změřený průměrný průtok byl 0,75 l/s. Teplota vod byla naměřena v rozmezí od 10 do 14 °C. Voda byla měla neutrální pH. Koncentrace dusičnanů byly oproti jiným odběrným místu v zájmové území vyšší. Koncentrace P byly na nízké úrovni.

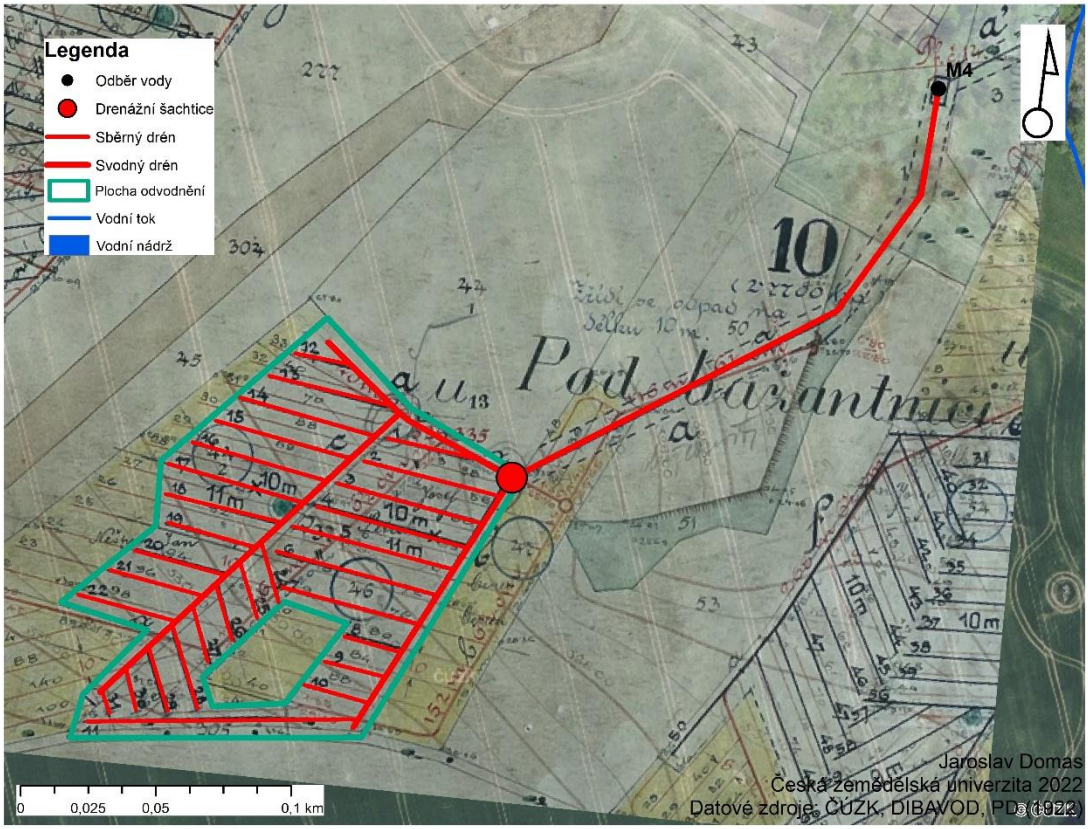
M3								Výměra (ha)		2,77
datum	změřený průtok	specifický odtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[l.s^{-1}.ha^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
28.05.2021	0,80	0,2888		7,0	1147	0,07	0,01	5,69	0,05	0,06
05.07.2021	1,20	0,4332								
13.08.2021	1,20	0,4332	14,10	7,1	1208	0,00	0,01	3,37	0,04	0,04
07.09.2021	0,40	0,1444	14,20	7,1	1213	0,07	0,00	2,96	0,05	0,07
09.10.2021	0,50	0,1805	13,70							
18.11.2021	0,40	0,1444	10,50	7,2		0,06		4,16	0,04	0,04
průměr	0,75	0,2708	13,13	7,1		0,05	0,01	4,04	0,04	0,05
medián	0,65	0,2347	13,90	7,1		0,07	0,01	3,76	0,04	0,05

Tabulka č. 8 - Průtok a jakost vody v místě M3

Z rozborů vody byly spočítané průměrné roční odnosy jednotlivých složek dusíku a fosforu. Množství odnosu bylo spočítáno v kg.ha^{-1}.rok^{-1}. Tabulka se spočítaným množstvím odnosů je zapsaná v *příloze č. 5*.

5.7.6 Informace o stavbě M4

Stavba označená jako M4 se nachází mezi Úmonínem a Chrástem. Rozloha předmětné stavby zemědělského odvodnění je 1,44 ha. Při obchůzce nebyla nelezena žádná drenážní šachtice, ale bylo zjištěno zamokření pozemku nad svodným drénem na okraji zemědělského pozemku. Zamokřená plocha má rozlohu asi 140 m^2 a je patrná



Obrázek č. 18 – Ortorektifikace a vektorizace stavby M4

z leteckých snímků již v roce 2012. Drenáž je vyústěna do zahradního jezírka o rozloze 15 m^2. Z jezírka voda odtéká potrubím do Ještěrného potoka. Drény byly vektorizovány ze snímků DPZ, kde byly velmi dobře patrné.

Pro stavbu M4 byl dohledán pouze projektový výkres, ve kterém je zakresleno skutečné provedení stavby. Z výkresu je patrné, že je drenážní voda odváděna asi 416 m dlouhým svodným drénem. Svodný drén je vyústěn na soukromém pozemku do zahradního jezírka o rozměrech 5 x 3 m. Průměr svodného drénu je 6,5 cm. To bylo zjištěno jednak z projektové dokumentace, ale také ověřením na výústi v terénu. Rozchod sběrných drénů je 10 m. Stavba byla projektována ve 20. letech. Doba realizace stavby se nepodařila dohledat.

Průtok byl měřen v místě drenážní výústi nádobovou metodou. Dále byla měřena teplota drenážní vody a byly odebírány vzorky vody pro analýzu jakosti vody. Vzorky vod byly analyzovány v certifikované laboratoři VÚMOP, v.v.i.

Předmětná stavba odvádí vodu z pozemků využívaných jako standardní orná půda. Půda v místě stavby se z 80 % plochy řadí do IV. infiltrační kategorie. Zbylých 20 % plochy tvoří půdy III. infiltrační kategorie.

Výsledky naměřených hodnot jsou přehledně zapsány v *tabulce č. 9*. Změřený průměrný průtok byl 0,03 l/s. Teplota vody odpovídá hodnotám drenážních vod. Obsah dusičnanů a fosforečnanů obsažených v drenážní vodě byl velmi nízký.

M4								**Výměra (ha)**		**1,44**
datum	změřený průtok	specifický odtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[$l.s^{-1}$]	[$l.s^{-1}.ha^{-1}$]	[°C]		[$\mu S.cm^{-1}$]	[$mg.l^{-1}$]				
28.05.2021	0,07	0,0486		7,1	1147	0,070	0,009	5,693	0,000	0,006
05.07.2021	0,001	0,0007								
11.08.2021	0,02	0,0139		7,0	968	0,000	0,003	3,366	0,000	0,049
07.09.2021	0,04	0,0278	14,9	7,0	968	0,000	0,003	2,959	0,039	0,042
09.10.2021	0,02	0,0139	13,6							
18.11.2021	0,02	0,0139	9,6	7,1		0,078		4,157	0,052	0,186
průměr	0,03	0,0198	12,70	7,1		0,037	0,005	4,044	0,023	0,071
medián	0,02	0,0139	13,60	7,1		0,035	0,003	3,761	0,020	0,046

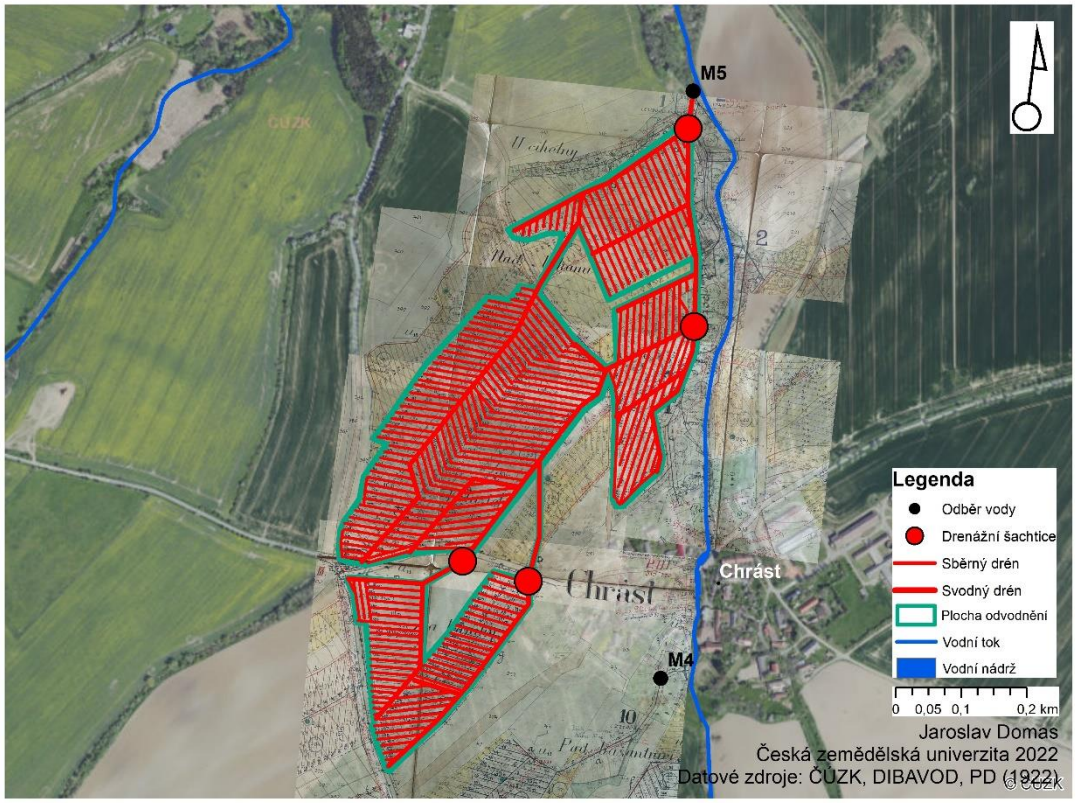
Tabulka č. 9 - Průtok a jakost vody v místě M4

Z rozborů vody byly spočítané průměrné roční odnosy jednotlivých složek dusíku a fosforu. Množství odnosu bylo spočítáno v $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$. Tabulka se spočítaným průměrným množstvím odnosů je zapsaná v *příloze č. 6.*

5.7.7 Informace o stavbě M5

Stavba M5 se rozprostírá okolo obce Chrást. Předmětná drenážní stavba odvodňuje plochu o rozloze 20,44 ha. Při obchůzce stavby nebyly nalezeny žádné drenážní šachtice, které jsou zakresleny v projektové dokumentaci. Ovšem bylo zjištěno zamokření pozemku asi dvacet metrů nad výústí. Rozloha zamokřeného pozemku v době obchůzky byla přibližně 150 m^2. Z leteckých snímků z roku 2003 je toto zamokření patrné. Drenážní stavba je vyústěna do Ještěrného potoka, viz *příloha č. 15.*

Průtok byl měřen nádobovou metodou. Změřené průtoky nejsou tak přesné jako u předchozích měření, z důvodu špatného přístupu k drenážní výústi. Dále se měřila teplota drenážní vody a byly odebírány vzorky vody pro stanovení její jakosti v certifikované laboratoři VÚMOP, v.v.i.



Obrázek č. 19 – Ortorektifikace a vektorizace stavby M5

Dohledaný výkres projektové dokumentace obsahuje částečné zakreslení skutečného provedení stavby. Rozchod drénů je 10 a 11 metrů. Svodný drén, ústící do poslední drenážní šachtice před výústí, má průměr 18 cm. Ostatní svodné drény se postupně zmenšují na 15, 10, 8 a 6,5 cm. Průměr svodných drénů je závislý na velikosti

odvodňované plochy. Svodné drény jsou uloženy v hloubce cca 1,35 m. Na drenážní stavbě jsou podle projektové dokumentace čtyři drenážní šachtice.

Předmětná stavba zemědělského odvodnění odvádí vodu z pozemků využívaných jako standardní orná půda. Na celé rozloze drenážní stavby jsou půdy III. infiltrační kategorie.

Výsledky jakosti vody a naměřené hodnoty jsou přehledně zapsány v *tabulce č. 10.* Změřený průměrný průtok byl 0,08 l/s. Teplota vody se pohybovala od 9 do 15 °C. Tyto hodnoty odpovídají teplotám drenážních vod. Obsah fosforečnanů byl poměrně nízký. Hodnota pH byla neutrální.

M5									**Výměra (ha)**	**20,44**
datum	změřený průtok	specifický odtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[l.s^{-1}.ha^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
28.05.2021	0,15	0,0073		7,1	874	0,0699	0,0091	4,7664	0,0000	0,0163
05.07.2021	0,04	0,0020								
12.08.2021	0,09	0,0044		7	926	0,0776	0,0061	4,0887	0,0359	0,0391
07.09.2021	0,05	0,0024	15,2	7,1	930	0,0699	0,0122	3,3659	0,0228	0,0293
09.10.2021	0,1	0,0049	13,5							
18.11.2021	0,05	0,0024	8,8	7,2		0,0621		4,1565	0,0359	0,0359
průměr	0,08	0,0039	12,50	7,1		0,0699	0,0091	4,0944	0,0236	0,0302
medián	0,07	0,0034	13,50	7,1		0,0699	0,0091	4,1226	0,0293	0,0326

Tabulka č. 10 - Průtok a jakost vody v místě M5

Z rozborů vody byly spočítané průměrné roční odnosy jednotlivých složek dusíku a fosforu. Množství odnosu bylo spočítáno v kg.ha^{-1}.rok^{-1} a zapsáno v tabulce, které byla přiloženo v *příloze č. 7.*

5.7.8 Analýza jakosti vody ve vodních tocích

Vzorky vody pro analýzu jakosti vody byly odebírány na čtyřech místech na vodních tocích a na čtyřech výústích drenážních staveb. Místa, včetně názvů, jsou zakreslena na *obrázku č. 12*. Vzorky vody byly odebírány v množství 250 ml. Při odběru byla změřena teplota vody a průtok vody. Vzorky byly odváženy do certifikované laboratoře VÚMOP, v.v.i. Z hlediska zemědělského znečištění je důležitý obsah dusičnanů a fosforečnanů ve vodách.

Zájmové území spadá do zranitelné oblasti dusičnanů (Eagri.cz, 2022). Díky zemědělské činnosti může dojít, a nebo již dochází, ke zhoršení jakosti vody.

Jakost vody – Ještěrný potok

Voda byla odebírána z vodního toku mezi rybníkem Veselovákem a Grauerákem. Průtok byl měřen plovákovou metodou a také byla měřena teplota vody. Výsledný průměrný průtok za sledované období byl zjištěn 1,66 l/s. Teplota vody byla změřena v rozmezí 6 až 20 °C. Voda byla mírně kyselá. Koncentrace dusičnanů byla na nízké úrovni. Koncentrace P byly při nízkých průtocích zjištěny jako relativně vysoké, což indikuje vliv bodových zdrojů znečištění. Ostatní analyzované parametry jakosti vody jsou zapsané v *tabulce č. 11*.

Ještěrný potok - nad rybníkem Veselovákem K2									
datum	změřený průtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
22.05.2021	3		8,0	819	0,109	0,155	7,658	0,023	0,065
28.05.2021	4		8,0	822	0,093	0,134	7,793	0,000	0,036
05.07.2021	0,3							0,000	
12.08.2021	1,2		7,8	700	1,071	0,283	0,745	0,707	0,753
07.09.2021	0,7	19,2	7,9	740	1,095	0,189	0,994	0,694	0,763
09.10.2021	0,9	12,5							
18.11.2021	1,5	6,4	8,1		0,217		1,852	0,023	0,052
průměr	1,65714				0,517	0,190	3,809	0,241	0,334
medián	1,05				0,217	0,172	1,852	0,023	0,065

Tabulka č. 11 - Průtok a jakost vody v místě K2

Jakost vody – potok Křenovka

Tabulka č. 12 prezentuje výsledky jakosti vody odebírané na vodního toku Křenovky nad rybníkem Veselovákem. Průtok byl měřen plovákovou metodou. Výsledný průměrný průtok za sledované období byl zjištěn 5 l/s. Z toho plyne, že vodní tok Křenovka má daleko větší průtok než Ještěrný potok. Teplota vody byla

Křenovka - nad rybníkem Veselovákem K1									
datum	změřený průtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
22.05.2021	10		7,9	918	0,078	0,052	2,666	0,020	0,052
28.05.2021	10		7,8	880	0,078	0,036	2,733	0,000	0,036
05.07.2021	1,5				0,000				
13.08.2021	3,5	18	7,9	963	0,000	0,046	0,361	0,098	0,101
07.09.2021	2,6	17,9	8,1	969	0,085	0,037	0,000	0,033	0,134
09.10.2021	3,6	10,5					0,000		
18.11.2021	3,5	7,4	8,2				1,333	0,042	0,049
průměr	4,11667				0,048	0,042	1,182	0,038	0,074
medián	3,5				0,078	0,041	0,847	0,033	0,052

Tabulka č. 12 - Průtok a jakost vody v místě K1

změřena v podobných mezích jako u předchozího toku. Podobně je na tom i pH vody. Koncentrace dusičnanů jsou velmi nízké.

Jakost vody – pod rybníkem Veselovákem

Tabulka č. 13 prezentuje jakost vody pod soutokem dvou předchozích toků. Na jakost vody měl vliv rybník Veselovák. Z *tabulky č. 13* je patrné, že hodnoty korelují s hodnotami analyzovanými na vodním toku Křenovka K1. Koncentrace fosforečnanů a dusičnanů jsou poměrně nízké, viz. tabulka.

Křenovka - pod rybníkem Veselovákem K3									
datum	změřený průtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
13.08.2021	4,7	17,2	8,1	915	0,070	0,033	3,117	0,222	0,235
07.09.2021	3,5	18,7	8,5	943	0,132	0,046	2,914	0,117	0,170
09.10.2021	4,5	11							
18.11.2021	5,1	6,6	8,2		0,070		1,785	0,039	0,085
průměr	4,45				0,091	0,040	2,605	0,126	0,163
medián	4,6				0,070	0,040	2,914	0,117	0,170

Tabulka č. 13 - Průtok a jakost vody v místě K3

Jakost vody – pod čistírnou odpadních vod

V *tabulce č. 14* jsou analyzovány vzorky, které byly odebrány pod přítokem z ČOV. Je zajímavé pozorovat zvýšení koncentrací sloučenin fosforu a anorganického dusíku, které do vodního toku přitékají z čistírny odpadních vod.

Křenovka - pod ČOV K4									
datum	změřený průtok	změřená teplota	pH	konduktivita	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	Ptot
	[l.s^{-1}]	[°C]		[µS.cm^{-1}]	[mg.l^{-1}]				
13.08.2021	6,5	17,6	7,7	1050	0,637	0,308	6,867	0,342	0,368
07.09.2021	4,6	17,5	7,8	1161	9,705	0,222	2,507	0,245	0,460
09.10.2021	5,5	11,5							
18.11.2021	5,5	6,6	7,9		0,109		9,352	0,887	0,978
průměr	5,525				3,483	0,265	6,242	0,491	0,602
medián	5,5				0,637	0,265	6,867	0,342	0,460

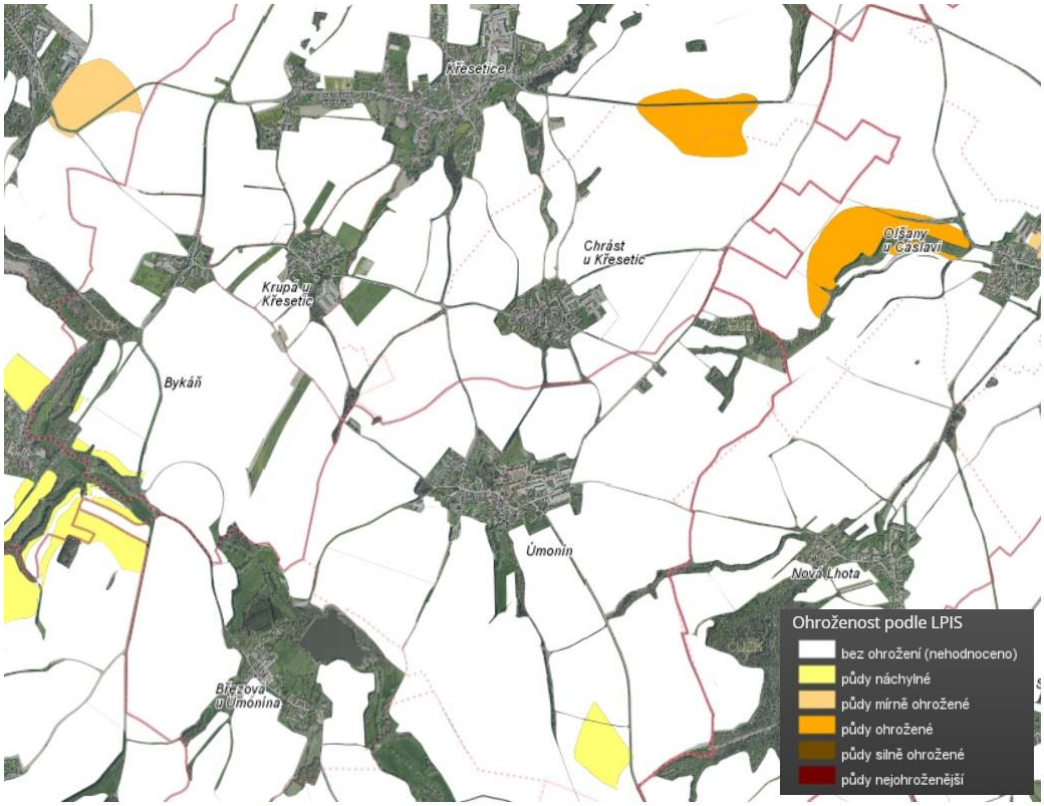
Tabulka č. 14 - Průtok a jakost vody v místě K4

Rozbory vod ze zájmového povodí byly porovnány s měřením jakosti vod v rámci ČR měřeného pracovníky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd. Při porovnání bylo zjištěno, že například hodnoty NO3-N jsou v analyzované lokalitě v průměru cca desetkrát nižší než ve vybraných experimentálních lokalitách Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd. Odnosy fosforu byly spočteny také

poměrně nízké oproti stavu v jiných lokalitách ČR. Tato situace by mohla být způsobena poměrně nízkými odtoky v období, kdy byly odebírány vzorky vody.

5.7.9 Analýza větrné eroze v zájmovém území

Zájmové povodí bylo posouzeno také z hlediska větrné eroze pomocí webového portálu https://mapy.vumop.cz/ . Pomocí tohoto portálu bylo zjištěno, že se v zájmovém území vyskytuje přibližně jeden hektar plochy, který je mírně ohrožen větrnou erozí. Tato mírně ohrožená plocha se nachází na severním svahu pod obcí Bykáň. Druhé problémové místo je v jižní části území. Zde se rozkládá plocha asi osmi hektarů, která je náchylná k větrné erozi. *Obrázek č. 20* je ukázka mapy z webového prohlížeče VÚMOP.



Obrázek č. 20 – Mapa ohrožení větrnou erozí (VÚMOP)

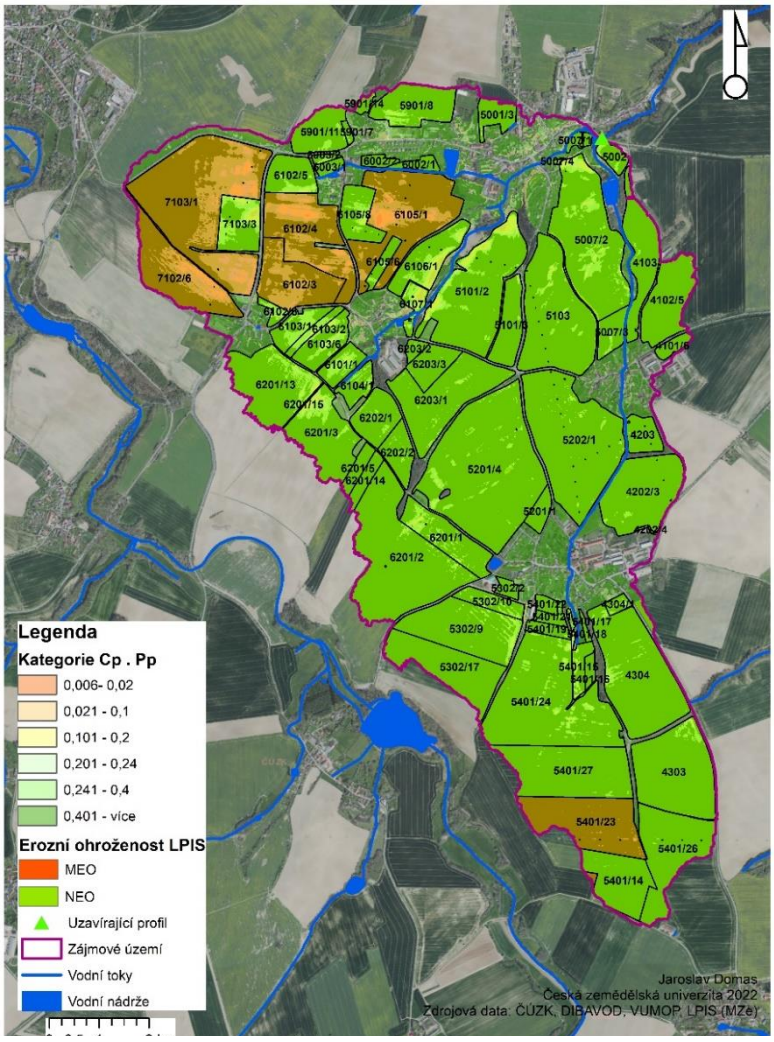
5.8 Analýza vodní eroze v zájmovém území

Vodní eroze na dílech půdních bloků byla posouzena třemi různými přístupy, které jsou popsány v následujících kapitolách. Každý přístup hodnotil pozemky poněkud odlišnou metodou. Z jednotlivých přístupů byly vybrány pozemky erozně ohrožené a na nich byl proveden návrh opatření snižujících vodní erozi. Tento postup do jisté míry nahrazuje plošné využití metody CN křivek, která umožňuje výpočet přímého (tj. zejména rychlého povrchového) odtoku vody z pozemků. Tato metoda je využita pro určení objemu vody k přibližnému dimenzování biotechnických opatření

ve vazbě na stavby odvodnění a související území, odkud může do objektu vtékat epizodní voda.

Přístup 1 – erozní ohroženost dle DZES 5

V tomto přístupu se lokalita posuzovala dle platného vymezení erozní ohroženosti v LPIS podle standardu DZES 5 (Nařízení vlády č. 48/2017 Sb.). Dle tohoto standardu je v současné době akceptována ztráta půdy pro půdy středně hluboké a hluboké 17 t x ha^{-1} x rok^{-1}, pro půdy mělké 4 t x ha^{-1} x rok^{-1}. Podmínky DZES 5 jsou podrobně popsány v *kapitole č. 3.7*. Na *obrázku č. 21* jsou zakresleny kategorie mírně erozně ohrožených (MEO) půd a silně erozně ohrožených půd (SEO). V zájmovém území se nevyskytují půdy v kategorii silně erozně ohrožených (SEO). V území je do kategorie MEO zařazeno dle LPIS šest půdních bloků. Zároveň je na obrázku zobrazena vrstva požadovaného ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření Cp . Pp. Tato vrstva vychází z průměrné přípustné roční ztráty půdy. Pro tuto, diplomovou práci ji poskytl Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Je vyjádřena součinem maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace a faktoru protierozních opatření.



Obrázek č. 21 – Mapa erozní ohroženosti - Přístup 1

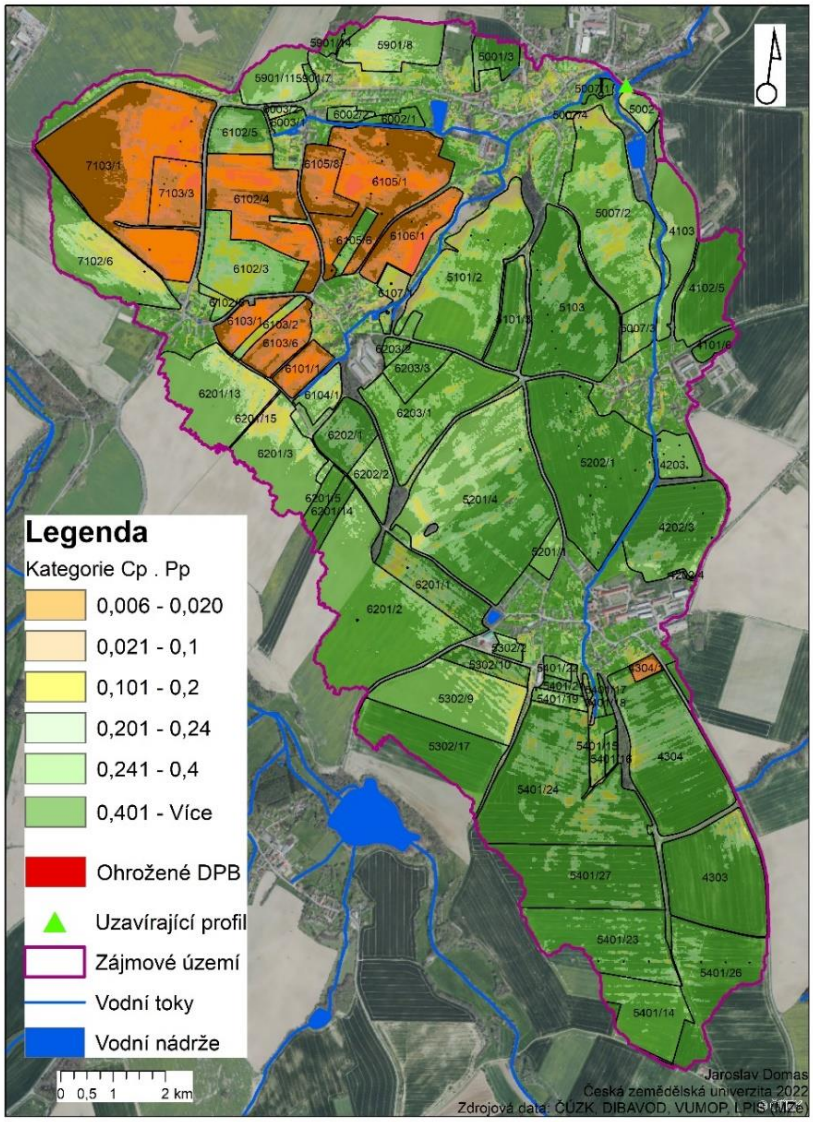
Přístup 2 – erozní ohroženost dle protierozní vyhlášky

Tento přístup byl vyhodnocen pro hodnoty přípustné ztráty půdy stanovené Vyhláškou č. 240/2021 Sb. Ve vyhlášce jsou přísnější normy pro dlouhodobou ztrátu půdy, než tomu je ve standardu DZES 5. Vyhláška stanovuje ztrátu půdy pro půdy hluboké a středně hluboké 9 t x ha^{-1} x rok^{-1}, pro půdy mělké 2 t x ha^{-1} x rok^{-1}.

Pomocí programu ArcGis byly spočítány mediánové hodnoty potřebného ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření $C_p.P_p$ pro jednotlivé DPB. Hodnoty $C_p.P_p$ vycházely z maximální ztráty půdy dané Vyhláškou č. 240/2021 Sb.

Dále byla na základě poskytnutých informací o osevních postupech od roku 2017 do roku 2021 stanovena hodnota ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření pro jednotlivé půdní bloky. Hodnota ochranného vlivu vegetace pro jednotlivé půdní bloky byla stanovena pomocí protierozní kalkulačky VÚMOP dostupné na webu: https://kalkulacka.vumop.cz/app/?#home. Použitá agrotechnika byla zvolena na základě konzultace s hospodařícími subjekty a znalosti místních podmínek. Většinou byla volena agrotechnika zahrnující orbu a odvoz slámy z pozemku. Některé subjekty využívají agrotechniku zahrnující orbu a ponechání slámy na pozemku. Je malé množství pozemků je obhospodařováno s agrotechnikou využívající bezorebné technologie s ponecháním rostlinných zbytků.

Hodnoty $C_p.P_p$ vypočtené kalkulačkou VÚMOP pro každý DPB byly porovnány s přípustnou hodnotou $C_p.P_p$ spočítanou pomocí programu ArcGis. Tím byly identifikovány díly půdních bloků, pro které osevní postup nezajistí z dlouhodobého hlediska ochranu před vodní erozí. Díly půdních bloků, nesplňující podmínky ochrany před vodní erozí, jsou zakreslené na *obrázku č. 22*. Tabulka s výslednými hodnotami pro všechny DPB je přiložena v *příloze č. 1*. Nedostatečná ochrana byla zjištěna na deseti DPB (*příloha č. 2*).

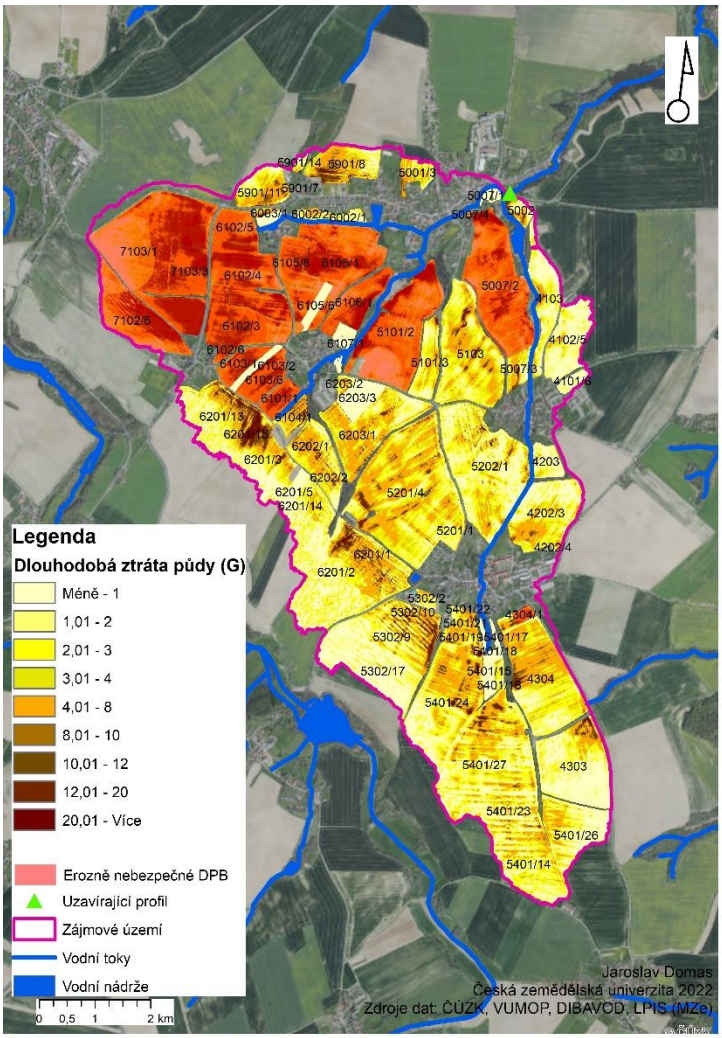


Obrázek č. 22 – Mapa erozní ohroženosti - Přístup 2

Přístup 3 – erozní ohroženost dle dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy

Tento přístup je postaven na využití univerzální rovnice USLE, která počítá dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy (G), vyjádřenou v t x ha^{-1} x rok^{-1}. Mapu s hodnotami dlouhodobé průměrné ztráty půdy poskytl Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Pro vyhodnocení byla dlouhodobá ztráta půdy (G) rozdělena do kategorií dle stupně ohrožení. Pomocí programu ArcGis a tabulkového kalkulátoru Excel bylo spočítano procentuální zastoupení kategorií průměrné roční ztráty půdy na jednotlivých půdních blocích. Přehledná tabulka vypočítaných hodnot pro všechny půdní bloky je přiložena v *příloze č. 3.* V této tabulce jsou červeně vyznačeny DPB, které jsou ohroženy erozí. Jedná se o pozemky s velkým procentuálním zastoupením

dlouhodobé ztráty půdy (G) větším než 8 t x ha^{-1} x rok^{-1}. Za erozně nebezpečné bylo označeno šestnáct DPB, které jsou také zakresleny na *obrázku č. 23*. V mapě je rovněž zobrazena vrstva s dlouhodobou průměrnou ztrátou půdy (G).



Obrázek č. 23 – Mapa erozní ohroženosti - Přístup 3

Tabulka č. 15 slovně komentuje (dle VÚMOP) ztrátu půdy (G) a rozděluje ji do šesti kategorií.

Hodnoty dlouhodobé průměrné ztráty půdy (G) [t x ha^{-1} x rok^{-1}]	Kategorie erozní ohroženosti
10,0 a více	extrémně ohrožená
8,00 - 10,00	velmi silně ohrožená
4,01 - 8,00	silně ohrožená
2,00 - 4,00	středně ohrožená
1,10 - 2,00	slabě ohrožená
1,00 a méně	velmi slabě ohrožená

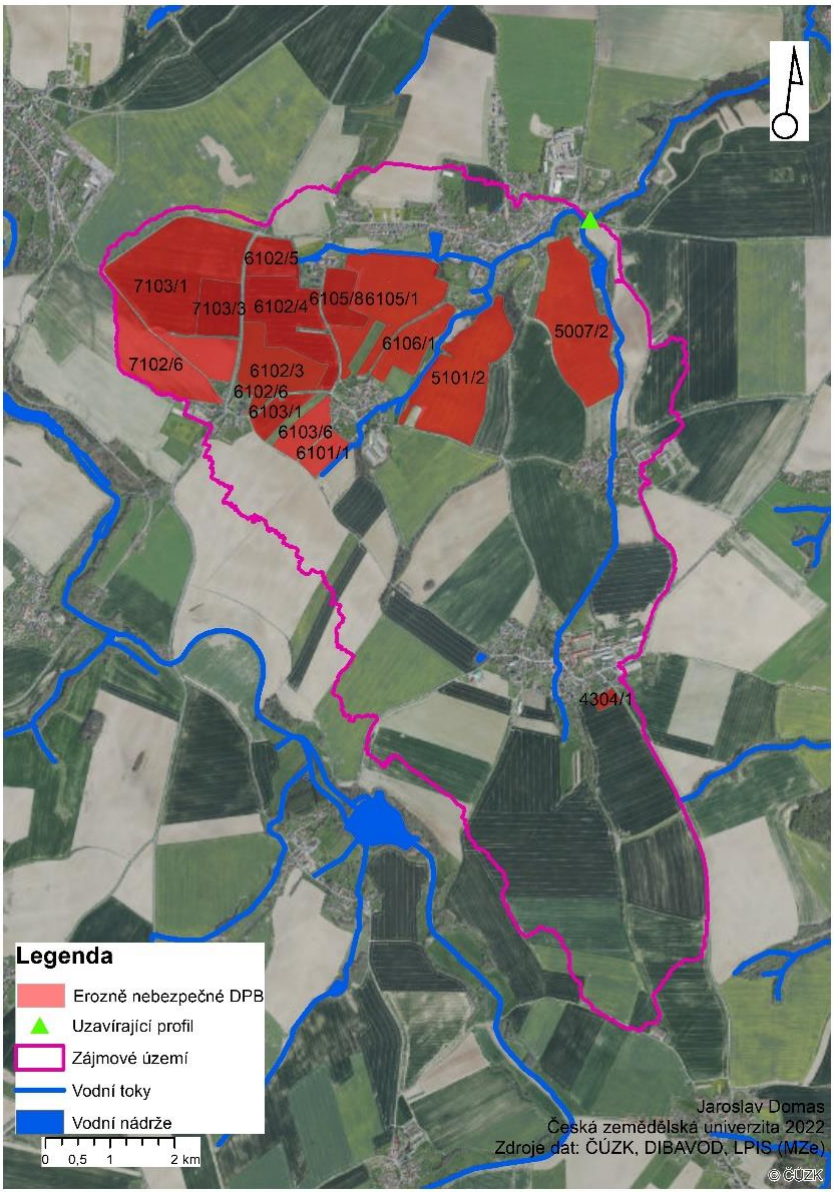
Tabulka č. 15 – Slovní hodnocení kategorií erozní ohroženosti

5.8.1 Vyhodnocení vodní eroze v zájmovém území

Pro vyhodnocení vodní eroze v zájmovém území bylo využito tří přístupů hodnocení eroze v zájmovém území. Eroze byla vyhodnocena pro díly půdních bloků především s kulturou standartní orná půda. Při analýze eroze bylo zhodnoceno, že řešené území nemá vysoké riziko vodní eroze na DPB a pro snížení vodní eroze bude postačovat změna agrotechnických a osevních postupů. Po důkladné analýze a konzultaci s odborníkem na erozi z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd Ing. Jiřím Kapičkou, bylo vybráno 16 dílů půdních bloků, které jsou erozně nebezpečné. Výběr proběhl na základě podkladů, vypracovaných v jednotlivých přístupech ohrožení vodní erozí v zájmovém území. Díly půdních bloků vyhodnocených jako erozně nebezpečné jsou zapsané v *tabulce č. 16* a zakresleny na *obrázku č. 24* Z mapy je patrné, že erozně ohrožené díly půdních bloků jsou situované v jedné části zájmového území. Tato situace je způsobena větší sklonitostí pozemků v této části území.

Pořadové číslo	Díly půdních bloků
1.	6101/1
2.	6103/1
3.	6103/6
4.	6105/1
5.	6105/8
6.	6106/1
7.	7103/1
8.	7103/3
9.	6102/4
10.	4304/1
11.	6102/3
12.	6102/5
13.	7102/6
14.	6102/6
15.	5007/2
16.	5101/2

Tabulka č. 16 - Erozně ohrožené díly půdních bloků



Obrázek č. 24 - Mapa erozně ohrožených dílů půdních bloků

6 Návrhy opatření v zájmovém území

6.1 Návrh opatření na ochranu před vodní erozí

Opatření na ochranu před vodní erozí v zájmovém povodí se týkají šestnácti DPB, které jsou zapsané v *tabulce č. 16*. Ochrany půdy před erozí se docílí změnou osevního postupu a změnou agrotechnických postupů při zakládání porostu na ohrožených DPB. Modelové osevní postupy jsou navrženy v *tabulce č. 18*. Pro navržené osevní postupy byla spočítána ochranná funkce pomocí erozní kalkulačky a navržené osevní postupy splňují dlouhodobou ztrátu půdy dle Vyhlášky č. 240/2021 Sb. Do osevního postupu byly především zařazeny plodiny, které mají střední ochranou funkci (SOF) nebo vysokou ochranou funkci (VOF). Plodiny s nízkou ochranou funkcí (NOF) budou pěstovány za přísných podmínek, které jsou popsány níže. Na všech dílech půdních bloků bude používána agrotechnika, zahrnující orbu a odvoz slámy nejvýše jednou během pětiletého osevního cyklu.

Plodiny s vysokou ochranou funkcí se mohou pěstovat bez omezení. Lze je pěstovat na všech ohrožených DPB v zájmovém území. Tyto plodiny budou v navrženém osevním postupu pěstovány minimálně dvakrát během pětiletého osevního cyklu.

Plodina se střední ochranou funkcí je řepka olejná, a dále to jsou obilniny, kromě kukuřice a čiroku. Tyto plodiny se mohou na DPB pěstovat za využití půdoochranných technologii. Půdoochranné technologie, vhodné pro založení porostů, jsou zapsány v *tabulce č. 17* a podrobně jsou popsány v *kapitole č. 3.6.2*.

Ochranná funkce	Plodiny	Půdoochranná technologie
Nízká ochranná funkce (NOF)	kukuřice brambory řepa bob setý sója slunečnice čirok	Zakládání porostu do ochranné plodiny nebo rostlinných zbytků
		Zakládání porostu po vrstevnici
		Podrývání
		Strip-till
		Odkameňování
		Pěstování luskoobilných směsí
		Obsetí
		Ochranné pásy
		Aplikace organické hmoty
Střední ochranná funkce (SOF)	ostatní obilniny a řepka olejná	Zakládání porostu do ochranné plodiny nebo rostlinných zbytků
		Podsev
		Podrývání
		Strip-till
		Obsetí
		Ochranné pásy
		Aplikace organické hmoty

Tabulka č. 17 – Použití půdoochranné technologie

Plodiny s nízkou ochranou funkcí jsou: kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice, mák a čirok (MZe, 2019). Tyto plodiny jsou pěstovány maximálně dvakrát v pětiletém osevním cyklu. Plodiny musí být pěstovány za použití půdoochranných technologií, viz. *tabulka č. 17*. Zároveň musí být DPB obseto pásem o minimální šířce 22 m. Obsev nemusí být po celém obvodu, ale musí být umístěn tak, aby přerušil linie soustředěného odtoku na okrajích pozemků. Tím se zamezí odnosu erodovaného materiálu do vodních toků. Vhodné plodiny pro obsev jsou pícniny (jednoleté nebo víceleté) a travní porost.

Byly navrženy čtyři, respektive pět modelových osevní postupů. Osevní postupy, včetně použité agrotechniky pro zpracování půdy a hodnot C_p, jsou zapsány v *tabulce č. 18*. V jednom osevním cyklu byla navržena pouze vojtěška. Tento osevní postup demonstruje, jak malých hodnot, respektive velké ochrany, může hodnota C_p nabývat. Pro ostatní osevní postupy byly voleny plodiny pěstované v zájmovém území v letech 2017-2021. Pro pěstované plodiny se navrhly půdoochranné technologie, které zvýšily odolnost pozemků proti vodní erozi. Použité půdoochranné technologie jsou také zapsané v tabulce.

Osevní postup	Kultura	Rok	Plodina	Agrotechnika	Vypočtené C_p VÚMOP
1.	Orná půda	1.	Řepka ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	0,09
		2.	Vojtěška	Čistosev	
		3.	Vojtěška	Další užitkové roky	
		4.	Pšenice ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		5.	Kukuřice	Páskové zpracování půdy - zpracováno 20 % povrchu půdy, sláma ponechána	
2.	Orná půda	1.	Hrách	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	0,085
		2.	Ječmen ozimý	Vertikální zpracování půdy - radličky do 10 cm, sláma ponechána	
		3.	Řepka ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		4.	Pšenice ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		5.	Vojtěška	čistosev	
3.	Orná půda	1.	Kukuřice	Páskové zpracování půdy - zpracováno 40 % povrchu půdy, sláma ponechána	0,165
		2.	Pšenice jarní	Horizontální zpracování půdy - setí do zorané půdy, sláma ponechána	
		3.	Hrách	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		4.	Mák	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		5.	Pšenice ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky do 10 cm, sláma ponechána	
4.	Orná půda	1.	Vojtěška	Čistosev	0,122
		2.	Bob	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		3.	Pšenice jarní	Horizontální zpracování půdy - setí do zorané půdy, sláma ponechána	
		4.	Řepka ozimá	Vertikální zpracování půdy - radličky nad 10 cm, sláma ponechána	
		5.	Hrách	Vertikální zpracování půdy - radličky do 10 cm, sláma ponechána	
5.	Orná půda	1.	Vojtěška	Čistosev	0,02
		2.	Vojtěška	Další užitkové roky	
		3.	Vojtěška	Další užitkové roky	
		4.	Vojtěška	Další užitkové roky	
		5.	Vojtěška	Další užitkové roky	

Tabulka č. 18 -Navrhnuté modelové osevní postupy

6.2 Návrhy opatření na hydromelioracích pro zlepšení akumulace, retence a jakosti vod

6.2.1 Návrh opatření na stavbě M1

Na stavbě M1 bylo po analýze půdních a geomorfologických podmínek navrženo opatření umístěné přímo na drenáži v podobě regulace drenážního odtoku (Fučík a kol., 2021c). Opatření umístěné na drenáži představuje řádově vyšší možnosti retence a akumulace objemů drenážní vody. Další výhodou je akumulace vody přímo v ploše drenážní stavby, respektive v půdě.

V rámci opatření byly navrženy podzemní, pasivní, regulační objekty se stabilní výškou vzdutí. Výška vzdutí byla navržena jednotně, pro všechny navržené objekty na 0,5 m nad nivelitu drénů. Při uložení drénů v hloubce cca 1,0-1,25 m je výška vzdutí 0,5-0,75 m pod úrovní terénu. Tento návrh byl zvolen pro předpokládanou potřebu vjezdů techniky na DPB v každou roční dobu. Z tohoto důvodu nebylo zvoleno vyšší vzdutí než 0,5 m pod úroveň terénu.

Obrázek č. 25 – Pasivní regulační prvek (VÚMOP, 2022)

Při regulaci na svodném i sběrném drénu je voda šířena zpětným vzdouváním drenážními trubkami do okolní půdy. Tam voda naplňuje půdní póry a zároveň postupuje - „teče“ půdou, a to jak ve směru gravitace, tak také kapilárně vzlíná. Rychlost gravitačního pohybu lze velmi jednoduše vyjádřit rychlostí infiltrace. Rychlost infiltrace především závisí na zrnitosti a pórovitosti daného půdního prostředí. Z tohoto poznatku byla pro půdy v zájmové lokalitě určena rychlost pohybu vody v půdě. Rychlost byla zjednodušeně stanovena na základě půdní charakteristiky a znalosti hlavní půdní jednotky (HPJ). Pomocí *tabulky č. 19* a *tabulky č. 20* byla určena rychlost pohybu vody mezi 0,036-0,1152 m/den, tedy průměrně okolo 0,072 m/den.

mm/min	m/min	m/hod	**m/den**
1	0,001	0,06	1,44
0,8	0,0008	0,048	1,152
0,5	0,0005	0,03	0,72
0,2	0,0002	0,012	0,288
0,15	0,00015	0,009	0,216
0,1	0,0001	0,006	0,144
0,08	0,00008	0,0048	**0,1152**
0,05	0,00005	0,003	**0,072**
0,025	0,000025	0,0015	**0,036**
0,01	0,00001	0,0006	0,0144

Tabulka č. 19 - Stanovení propustnosti půdního profilu

Třída propustnosti	Propustnost	Poznámky	Hlavní půdní jednotka bonitační soustavy (HPJ)
1	Velmi vysoká, > 2,5 mm . min^{-1}; hluboké, dobře odvodněné písky, některé černozemě ze spraší.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká pouze několik hodin.	04, 05, 17, 21, 31, 32, 37, 40, 55
2	Vysoká, 0,83 - 2,5 mm . min^{-1}; strukturní písčitá hlína až hlinitý písek, černozemě a hnědozemě ze spraší.		13, 16, 18, 22, 27, 30, 34, 38, 41
3	Střední, 0,25 - 0,83 mm . min^{-1}; podorničí s výraznou strukturou nebo tvořené hlínou.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká několik dnů.	01, 02, 08, 09, 10, 12, 14, 15, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 51, 56
4	Mírná, 0,08 - 0,25 mm . min^{-1}; středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou.		03, 06, 11, 19, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 58, 60
5	Nízká, 0,025 - 0,08 mm . min^{-1}; pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jíl nebo jílovitá hlína.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká déle než týden.	07, 20, 39, 47, 49, 57, 59, 62, 64, 65, 66, 75, 77, 78
6	Velmi nízká < 0,025 mm . min^{-1}; tvrdé kompaktní jíly.		53, 54, 61, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76

Tabulka č. 20 – Propustnost půdního profilu (Dufková, 2007)

Vzdálenosti mezi regulačními prvky byly navrženy na základě sklonu drénu (terénu) a navrženou výškou regulace (0,5 m), Vzdálenosti jednotlivých regulačních prvků na základě stanoveného dosahu vzdutí byly přibližně spočítány v *tabulce č. 21*. Na svodných drénech byla spočítána vzdálenost 17-19,5 m. Na sběrných drénech byly vypočítány vzdálenosti pro dvě sklonitosti. Na mírnějším sklonu byla vzdálenost spočítána na 35-39,5 m a na sběrných drénech s větším sklonem na 22-24 m. Výpočet sklonů je zapsán do *tabulky č. 21.* V tabulce jsou zapsány vzdálenosti s maximální návazností jednotlivých vzdutí.

Pro efektivnost, účinnost a zároveň finanční relevanci, byly prvky regulace navrženy s vynecháním každého druhého regulačního prvku, jak na svodném, tak na sběrném drénu. Vypočtené vzdálenosti nebyly explicitně dodržovány. Vzdálenost a umístění regulačních prvků bylo také voleno na základě vrstevnic a konkrétních podmínek jednotlivých drénů.

	Sklon (i)	H / L	
	Délka při známém sklonu	H / i	
			Dosah vzdutí [m]
Svodné drény	Délka [m]	35	17,5
	Převýšení [m]	1	
	Průměrný sklon	0,029	
	Průměrný sklon [%]	2,86	
	Výška regulace prvku [m]	0,5	
Sběrné drény	Délka [m]	75	37,5
	Převýšení [m]	1	
	Průměrný sklon	0,013	
	Průměrný sklon [%]	1,33	
	Výška regulace prvku [m]	0,5	
Sběrné drény	Délka [m]	45	22,5
	Převýšení [m]	1	
	Průměrný sklon	0,022	
	Průměrný sklon [%]	2,22	
	Výška regulace prvku [m]	0,5	

Tabulka č. 21 - Dosah vzdutí regulačních prvků vypočteného pro stavbu M1

Na předmětné drenážní sestavě bylo tedy navrženo 125 ks podzemních pasivních regulačních prvků (*Obrázek č. 25*). Rozmístění regulačních prvků je přehledně zakresleno na *obrázku č. 26.*

Orientační výpočet nadlepšených vláhových podmínek

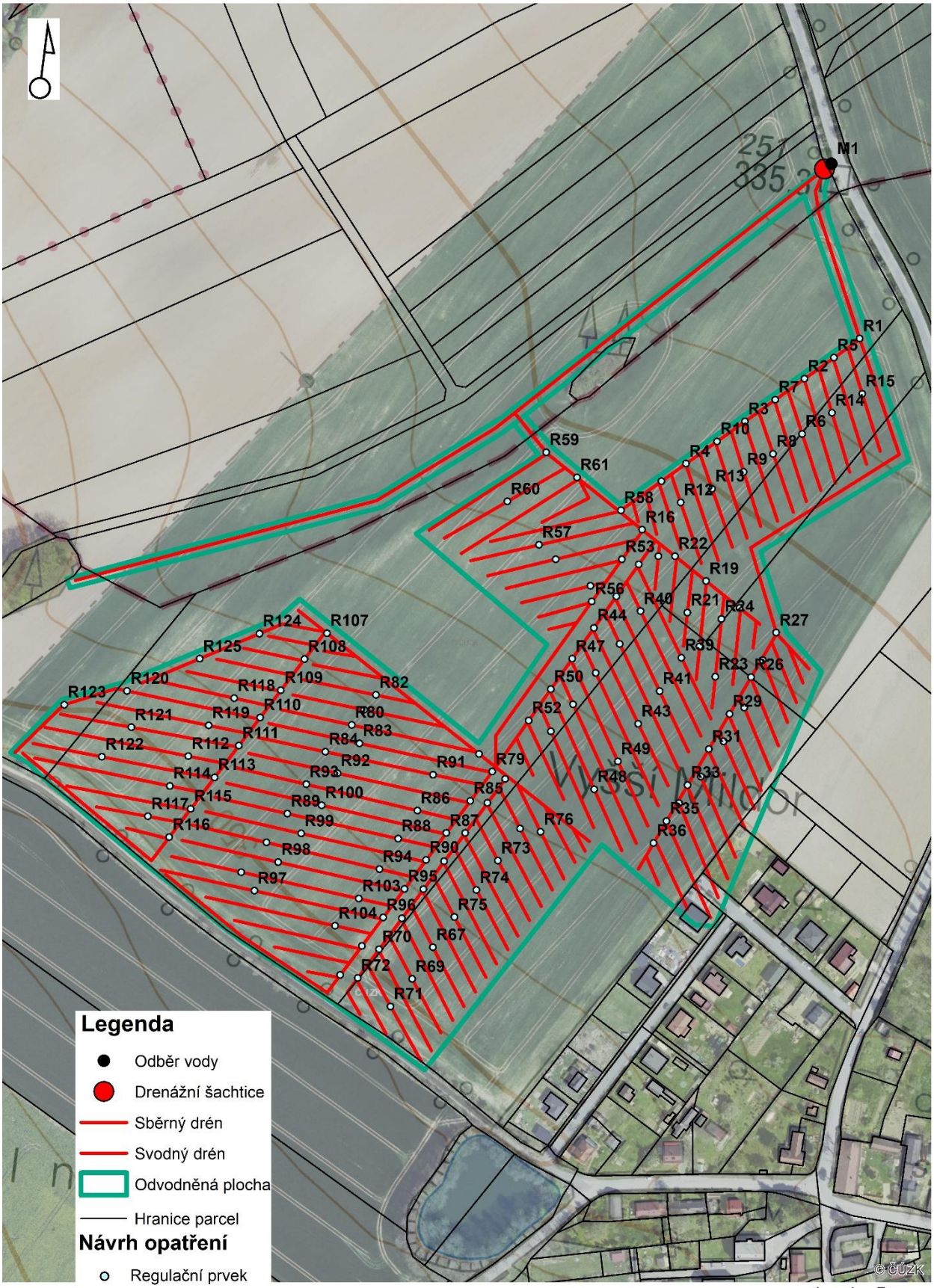
Byl odhadnut objem vody nadlepšený regulací. Regulace byla navržena přibližně na ploše 9 ha. Pro odhad objemu vody byla uvažována polovina plochy tedy, cca 4,5 ha (45 000 m^2). Výška vzdutí byla uvažována 0,25 m (polovina z 0,5 m) a průměrná pórovitost půdy byla orientačně určena 30 %. Z těchto počátečních hodnot byl odhadnut objem zadržené vody na přibližně **3 375 m^3**. Tento objem vody je dlouhodobě zadržen, pomocí navržené regulace drenáže. Je poměrně dobře využitelný pro plodiny, neboť je v hloubce 0,5-1,0 m pod povrchem, a je dostupný pro kořeny zemědělských plodin.

Odhad finanční náročnosti navrhovaného opatření

Regulační prvek	Cena	Cena za materiál celkem	Odhad hodin zemních prací	Odhad nákladů na zemní práce	Pomocné práce a materiál	Celkem bez DPH	Celkem s DPH
[kusů]	[Kč/kus]	[Kč]	[h]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
125	500	62 500	126	107 100	17 000	186 600	225 786

Tabulka č. 22 - Finanční rozpočet navrhnutých opatřeních na stavbě M1

Celkové náklady na realizaci opatření, navrhnutých na stavbě M1, byly odhadnuty na cca 186 000,- Kč bez DPH a **225 786,- Kč** s DPH.



Jaroslav Domas
Česká zemědělská univerzita 2022
Datové zdroje: ČÚZK, PD (1922)

Obrázek č. 26 - Návrh opatření na stavbě M1

6.2.2 Návrh opatření na stavbě M3

Na stavbě M3 bylo po analýze půdních a geomorfologických podmínek navrženo jedno opatření. Jedním z důvodů bylo, že část plochy drenážního odvodnění je využívána jako trvalý travní porost (0,68 ha). Tento způsob užívání je sám o sobě ochranný. Na stavbě M3 byl v návrhu zvolen drenážní biofiltr. Byl navržen za účelem čištění drenážní vody z odvodněné plochy 1,5 ha, ležící v západní části předmětné skupiny odvodnění. Drenážní biofiltr má pozitivní efekty na zlepšení jakosti drenážních vod. Je navržen převážně na odstraňování sloučenin dusíku a fosforu. Částečně dokáže odstranit pesticidní látky obsažené v drenážní vodě.

Drenážní biofiltr

Byl navržen na zlepšení kvality drenážní vody na předmětné stavbě drenážního odvodnění. Drenážní biofiltr byl umístěn za drenážní šachticí viz. *obrázek č. 28.* V rámci stavby byla navržena sedimentační nádrž a odlehčovací obtok filtru. Sedimentační nádrž byla navrhnuta pro usazení drobného materiálu vyplavovaného z půdy. Vyplavovaný materiál zanáší póry biofiltru a snižuje tím jeho účinnost. Odlehčovací obtok je navržen pro převod nadkapacitních průtoků. Drenážní biofiltr byl navržen o objemu cca 19 m^3, s rozměry o délce 6 m, šířce 2 m a výšce 1,6 m. Pro návrh byl uvažován průtok 0,6 $l.s^{-1}$. Uvažovaný průtok vycházel z maximálního naměřeného průtoku v místě M3. Byl ovšem zmenšen, a to zhruba o polovinu. Jako výplň drenážního biofiltru byla navrhnuta sláma s dřevní štěpkou. Pórovitost tohoto materiálu je přibližně 44 %. Teoretická doba zdržení vody (HRT) byla spočítána přibližně na 4 hodiny (Fučík a kol., 2021b).

Obrázek č. 27 - Ukázka drenážního biofiltru (foto F. Doležal, VÚMOP)

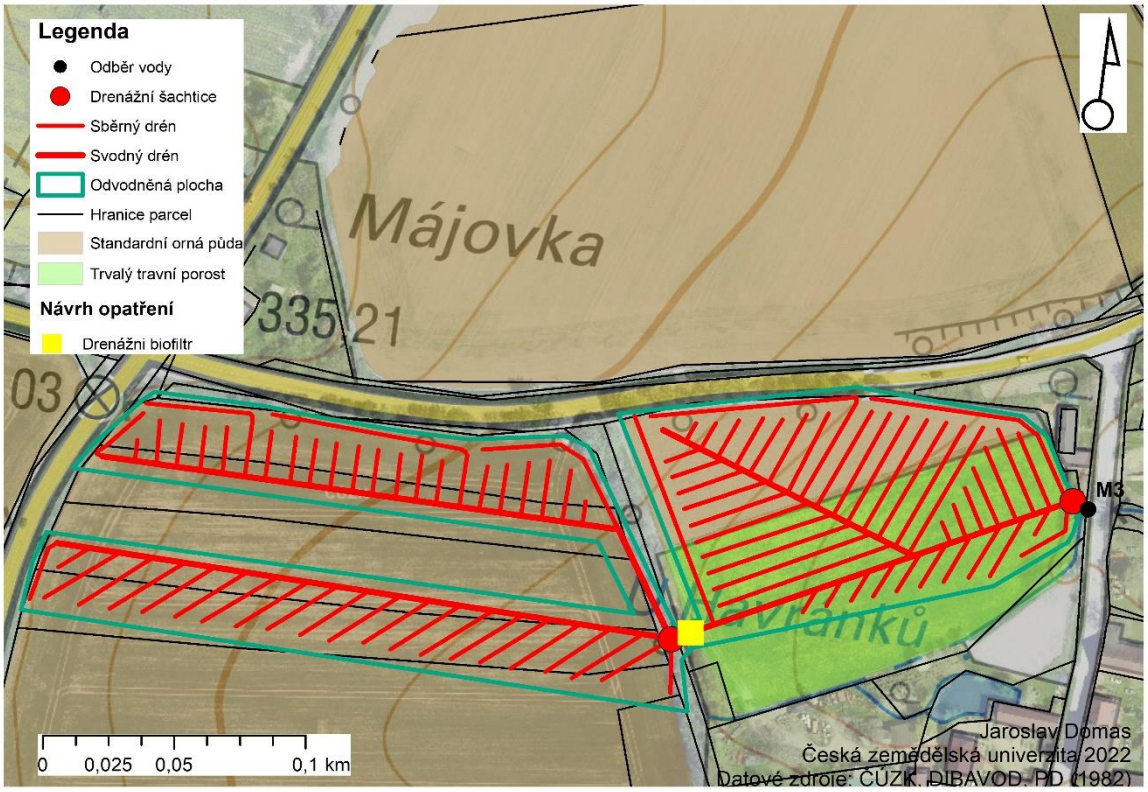
Odhad finanční náročnosti navrhovaného opatření

Přibližně byla odhadnuta finanční náročnost navrženého opatření. Při výpočtu finanční náročnosti byla uvažovaná hodinová sazba za zemní práce bagrem na 850,- Kč bez DPH.

Sedimentační nádrž	Cena	Cena za materiál celkem	Odhad hodin zemních prací	Odhad nákladů na zemní práce	Pomocné práce a materiál	Celkem bez DPH	Celkem s DPH
[kusů]	[Kč/kus]	[Kč]	[h]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
2	5 000	10 000	19	16 150	5 000	32 150	38 902

Tabulka č. 23 - Finanční rozpočet navrhnutých opatření na stavbě M3

Celkové náklady na realizaci opatření, navrhnutého na stavbě M3, byly odhadnuty na cca 32 150,- Kč bez DPH a **38 902,- Kč** s DPH.



Obrázek č. 28 - Návrh opatření na stavbě M3

6.2.3 Návrh opatření na stavbě M4

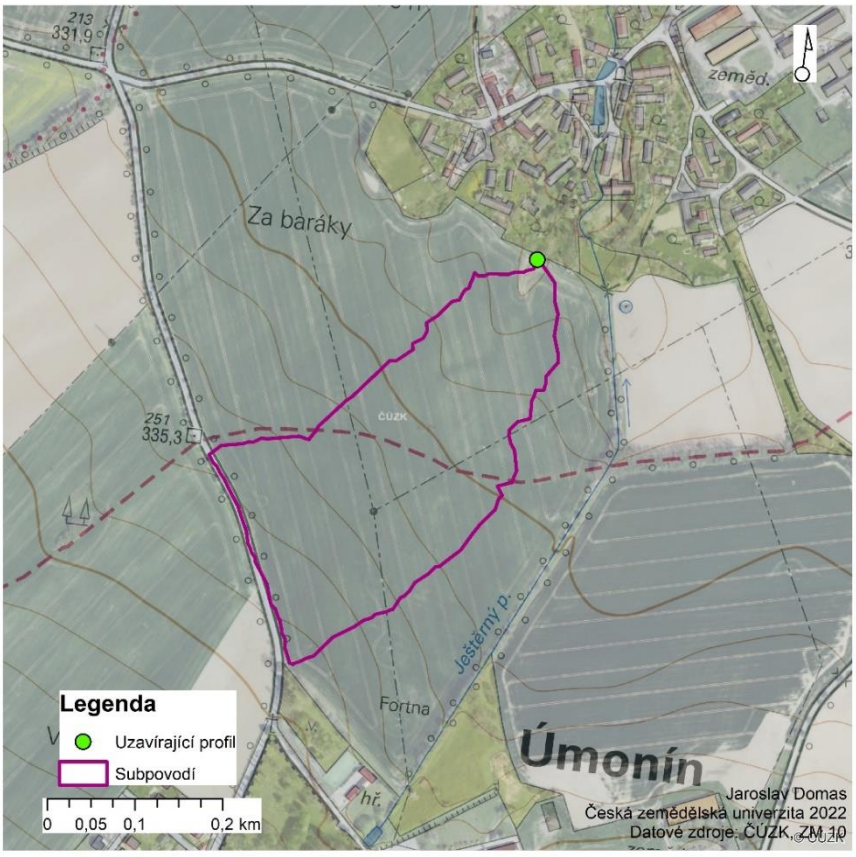
Pro návrh na stavbě M4 (odtrubnění a revitalizace vodního toku s tůněmi – viz. níže) byl proveden výpočet přímého odtoku z předmětného subpovodí. Předmětné subpovodí má rozlohu 8,809 ha. Zjištěné výsledky byly použity pro návrh a přibližné dimenzování tůní, navrhnutých při revitalizaci předmětné stavby zemědělského odvodnění.

Metodika a způsob výpočtu přímého odtoku

Výpočet hodnot přímého odtoku byl proveden za pomoci tzv. metody CN křivek dle postupu Janečka (2012). Metody výpočtu přímého odtoku byly řešeny v bakalářské práci.

Předmětné subpovodí

Na *obrázku č. 29* je zobrazeno řešené subpovodí. Subpovodí bylo vykresleno pomocí programu ArcGis. Uzavírající profil byl zvolen pod tůní B. Rozloha předmětného subpovodí je 8,809 ha.



Obrázek č. 29 - Dílčí subpovodí stavby M4

Vstupní hodnoty pro výpočet přímého průtoku byly zvoleny a jsou zapsané v *tabulce č. 24.*

Rozloha subpovodí (ArcGis) [ha]	8,809
HPJ (bpej)	50 a 47
Hydrologická skupina půd	C
Hydrologické podmínky	Dobré
Stanice pro N-letý úhrn srážek	Kutná Hora

Tabulka č. 24 - Vstupní hodnoty pro výpočet přímého odtoku

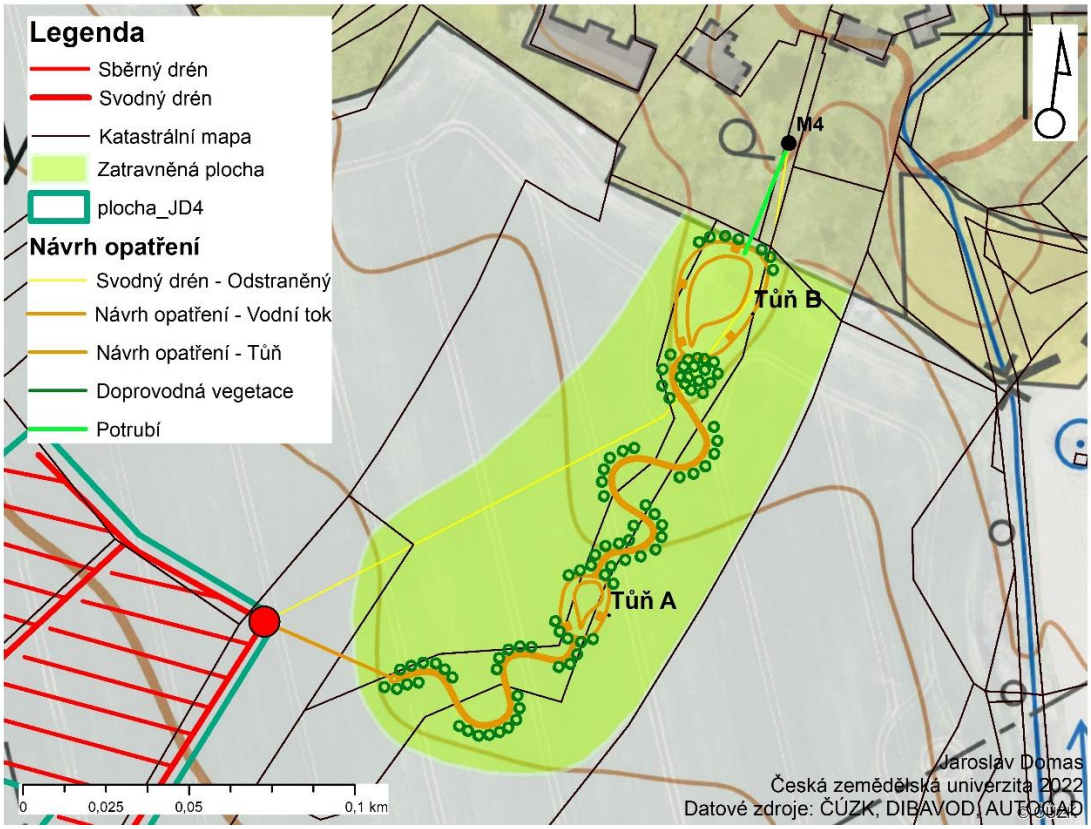
Hodnoty přímého odtoku, byly vypočteny pomocí metodiky Janeček (2012), a jsou zaneseny do *tabulky č. 25*.

N - letost	Maximální denní úhrn srážek (Hs)	Plán obdělávání půdy	Využití půdy	Způsob obdělávání	Průměrná hodnota CN	Max. potenc. Retence (A)	Přímý odtok (Ho)	Objem přímého odtoku
	[mm]					[mm]	[mm]	[m^3]
5	49,9	Klasický osevní postup	Širokořádkové plodiny	Vř + Pr	79,5	65,50	13,24	1166,2
			Úzkořádkové plodiny	Vř				
			Víceleté pícniny, luštěniny	Př				
			Úzkořádkové plodiny	Pr+ Pz				
10	58,4	Klasický osevní postup	Širokořádkové plodiny	Vř + Pr	79,5	65,50	18,52	1631,6
			Úzkořádkové plodiny	Vř				
			Víceleté pícniny, luštěniny	Př				
			Úzkořádkové plodiny	Pr+ Pz				
20	67,2	Klasický osevní postup	Širokořádkové plodiny	Vř + Pr	79,5	65,50	26,42	2327,0
			Úzkořádkové plodiny	Vř				
			Víceleté pícniny, luštěniny	Př				
			Úzkořádkové plodiny	Pr+ Pz				

Tabulka č. 25 – Vypočtené hodnoty přímého odtoku pro subpovodí stavby M4

Návrh opatření

Na stavbě M4 bylo navrženo odtrubnění svodného drénu odvádějícího drenážní vodu do výústi. Drenážní voda bude odváděna povrchovým vodním tokem. Tento vodní tok byl navržen jako mělký meandrující tok s doprovodnou vegetací a zatravněnou údolnicí. Navržený vodní tok bude dotovat vodou nově navržené tůně, tedy tůň A a tůň B. Situace je zakreslena na *obrázku č. 30.* Rozlohy objemy tůní byly navržené ve vazbě na výše uvedené výpočty.



Obrázek č. 30 - Návrh opatření na stavbě M4

Tůň A

Menší, jižněji položená tůň. Rozměry tůně byly navrženy o délce 25 m, šířce 15-19,5 m a průměrné hloubce cca 1,2 m. Břehy byly navrženy v maximálním sklonu (i) 1:3. Rozloha je cca 425 m^2 a její objem přibližně činí 510 m^3. Tůň je opatřena vegetačním doprovodem. Byla navržena jako průtočná se stálým nadržením vody (25-100 % objemu) Do tůně byl zaústěn nově navržený vodní tok, který odvádí drenážní vodu z předmětné stavby zemědělského odvodnění. Jako zdroj vody byl také uvažován přítok ze subpovodí zobrazeného na *obrázku č. 29*. Tento přítok je nestálý, a proto byl uvažován jen při navrhovaných N-letých srážkách, kdy dochází k povrchovému odtoku z pozemků ležících v daném subpovodí. V projektové dokumentaci bude nutné navrhnout bezpečnostní přeliv, chránící tůň a níže ležící pozemky před epizodní vodou z přívalových srážek.

Tůň B

Větší, severně položená tůň. Rozměry tůně byly přibližně navrženy o délce 58 m, šířce 22-28 m a průměrné hloubce cca 1,4 m. Břehy byly navrženy ve sklonu (i) 1:5, maximálně 1:3. Rozloha tůně B je cca 1 350 m^2 a maximální objem zadržené vody je přibližně 1890 m^3. Byla navržena jako průtočná s přítokem vody

z tůně A. Pro udržení maximální hladiny byl navržen odvod vody potrubím, které bude vyústěno v místě stávající výústi drenážní stavby M4 (zahradní jezírko na soukromém pozemku). Odsud voda odtéká již stávajícím potrubím do Ještěrného potoka. Toto řešení bylo také zvoleno z terénních důvodu. Odvod vody potrubím přímo do vodního toku by byl finančně náročný vzhledem k uspořádání terénu v místě opatření. V rámci opatření by bylo vhodné zahrnout zahradní jezírko do úprav a v projektové dokumentaci ho společně s odpadním potrubím nadimenzovat na požadovanou návrhovou srážku.

	Nadmořská výška	Průměrná hloubka	Plocha	Δh	Objem
	[m. n. m.]	[m]	[m²]	[m]	[m³]
Tůň A	326	1,2	425	1,2	510
Tůň B	323	1,4	1350	1,4	1890
Celkem			1775		2400

Tabulka č. 26 – Technické parametry navržených tůní

Výpočet přítoku drenážní vody

Jako zdroj vody pro tůně byl navrhnut přítok ze subpovodí a drenážní voda z předmětné stavby zemědělského odvodnění. Příslušné subpovodí bylo uvažováno jako zdroj epizodní vody. Tato voda je ovšem nejistá. Jako stálý zdroj vody byla navržena drenážní voda z předmětné drenážní skupiny. Průtoky drenážní vody jsou zapsány v *tabulce č. 9*. Z té je patrné, že průtoky nejsou velké, ale jsou stálé. Dokonce i během suchých letních měsíců byl na drenážní výústi zaznamenán průtok. Na konci měsíce května byl změřený průtok 0,07 l/s. Z tohoto průtoku bylo usouzeno, že průtok během vodného období může dosahovat v průměru 0,1 l/s. Z ostatních naměřených průtoků v *tabulce č.* 9 je patrné, že průtok během letních měsíců byl změřen v průměru 0,02 l/s. Pro výpočet ročního objemu vody bylo uvažováno vodné období listopad-květen a období s nízkými průtoky červen-říjen. V *tabulce č. 27* byl přehledně zapsán uvažovaný objem vody.

	l/s	l/hod	l/den	m^3/den	m^3/období
Vodné období (listopad - květen)	0,10	360,00	8640,00	8,64	1823
Nízké průtoky (červen - říjen)	0,03	108,00	2592,00	2,59	399
Roční objem vody					2222

Tabulka č. 27 – Odhad ročního objemu vody z drenážní skupiny M4

Odhad finanční náročnosti navrhovaného opatření

Níže byla přibližně odhadnuta finanční náročnost realizovaných opatření v rámci stavby M4. Při odhadu nákladů byla uvažovaná cena na odtěžení 1 m^3 zeminy 300,- Kč bez DPH. Samostatně byly odhadnuty náklady na vypracování projektové dokumentace a souvisejícího inženýringu.

	Přibližné množství odtěžené zeminy	Cena bez DPH	Cena s DPH
	[m^3]	[Kč]	[Kč]
Tůň A	500	150 000	181 500
Tůň B	1 800	540 000	653 400
Vodní tok	150	45 000	54 450
Zbudování hráze A		35 000	42 350
Zbudování hráze B		50 000	60 500
Doprovodná vegetace		10 000	12 100
Materiál (fólie, kámen)		60 000	72 600
Celkem		890 000	1 076 900

Tabulka č. 28 - Finanční rozpočet navržených opatření na stavbě M4

Celkové náklady na realizaci opatření, navrhnutých na stavbě M4, byly odhadnuty na cca 890 000,- Kč bez DPH a **1 076 900,- Kč** s DPH.

Náklady na vypracování projektové dokumentace na zřízení tůní, a na revitalizaci vodního toku a s tím souvisejícího inženýringu byly přibližně odhadnuty na **60 až 90 tis. Kč bez DPH**.

Vlastnické vztahy

Z katastrální mapy bylo zjištěno, že návrh opatření zasahuje do čtyř parcel. Z údajů v katastru nemovitostí vyplývá, že všechny čtyři parcely jsou vedené pod jedním listem vlastnictví (LV). Část parcel vlastní Česká republika a druhá část je v soukromém vlastnictví. Majetkové vztahy by bylo vhodné vyřešit v rámci pozemkových úprav či v případě samotné realizace daného opatření v rámci vodoprávního řízení.

6.2.4 Návrh opatření na stavbě M5

V rámci opatření na stavbě M5 byl na základě sledování drenážních vod a geomorfologického uspořádání drenážní stavby navržen umělý mokřad a retenční tůň. Navržená opatření jsou chráněna nově navrženou ochranou hrází, viz. *obrázek č. 31*. Umělý mokřad byl navržen pro odstranění polutantů, především metabolitů pesticidů a sloučenin dusíku a fosforu. Navržen byl na základě monitorování jakosti drenážních vod na výústi ze stavby M5. Naměřené hodnoty průtoků a jakosti vody jsou zapsané v kapitole 5.7.7, kde jsou podrobněji popsány. Retenční tůň byla navržena pro dva účely. Prvním účelem byla akumulace vody v krajině. Druhým účelem bylo zajištění dostatečné doby zdržení drenážní vody v mokřadu. Minimální doba zdržení vody v mokřadu pro odstranění alespoň 50 % NO_3^- se udává 2-3 dny, pro odstranění pesticidů 3–8 dní (Tournebize a kol., 2017). Dále byla navržena zemní hráz, chránící objekty před přítokem povrchové vody z pozemků ležících výše. Drenážní voda bude do retenční tůně přiváděna z drenážní šachtice. Drenážní šachtice byla navržena s takovou úpravou, aby v případě extrémních epizodních průtoků odváděla část drenážní vody přímo do vodního toku původním svodným drénem, který z tohoto důvodu zůstane zachovaný.

Zemní hráz

Zemní hráz byla navržena pro ochranu umělého mokřadu a retenční tůně před přítokem povrchové vody z výše ležících pozemků. Hráz byla navržena o délce cca 70 m, šířce v koruně 1,5 m, šířce v patě hráze 7,5 m, se sklonem svahů (i) 1:3. Z těchto parametrů byl spočítán přibližný objem potřebné zeminy na 315 m^3. Na výstavbu zemní hráze bylo navrhnuto použít zeminu odtěženou při budování umělého mokřadu a retenční tůně.

Retenční tůň

Retenční tůň byla navržena pro akumulaci vody v krajině, ale také pro snížení průtoků větších, než by byl umělý mokřad schopný přečistit. Rozměry retenční tůně byly navrženy o délce 20 m, šířce 14–17 m a průměrné hloubce 1,4 m. Břehy byly navrženy v maximálním sklonu (i) 1:3. Rozloha retenční tůně je přibližně 300 m^2 a její objem cca 420 m^3. Retenční tůň byla navržena se stálým nadržením vody 20-100 %. Odvádění vody z tůně bylo navrženo potrubím, které zajistí nejvyšší možný průtok, na který byl navrhnut umělý mokřad. Tůň je opatřena vegetačním doprovodem.

Umělý mokřad

Umělý mokřad byl navržen pro odbourání polutantů z drenážních vod. V drenážních vodách se nejvíce vyskytují sloučeniny dusíku a fosforu. Dále jsou v nich obsažené pesticidy, používané při chemické ochraně zemědělských plodin. Jako vhodný materiál pro naplnění prostoru mokřadu bylo navrhnuto použít štěrkové lože převrstvené březovou štěpkou. Pórovitost tohoto prostředí je přibližně 33 %. V mokřadu bylo navrženo vysázet vegetaci, která bude napomáhat k odbourávání polutantů. Pro přibližné určení velikosti mokřadu byla vypočtena teoretická doba zdržení vod v mokřadu (HRT) (Vallée a kol., 2015):

$$HRT = \frac{q.V}{Q}$$

q……pórovitost substrátu [%]

V……objem mokřadu [m^3]

Q……průtok [$m^3.hod^{-1}$]

Na základě teoretické doby zdržení vody v mokřadu a maximálního zvoleného průtoku 0,54 $m^3.hod^{-1}$, určeného na základě naměřených průtoků, viz. *tabulka č. 29*, byly navrženy přibližné rozměry mokřadu. Rozměry byly navrženy o délce 20 m, šířce 12 m a průměrné hloubce 0,6 m. Přibližný objem mokřadu byl spočítán na 144 m^3. Teoretická doba zdržení vod (HRT) byla přibližně spočítána na tři a půl dne. V případě vyššího průtoku bude voda akumulována v retenční tůni a v případě extrémních průtoku bude voda odváděna přímo do vodního toku původním svodným drénem. Tento drén byl zachován pro odvod epizodních vod.

Výpočet přítoku drenážní vody

Pro přibližné dimenzování retenční tůně a umělého mokřadu byly vyhodnoceny průtoky změřené na výústi drenážní sestavy M5. Vyhodnocení průtoku je zapsáno v *tabulce č. 29*. Pro dimenzování tůně byl uvažován průtok o 30 % větší než nejvyšší naměřený průtok za sledované období. Pro výpočet teoretické doby zdržení (HRT) byl pak zvolen hodinový průtok 0,54 m^3.

	l/s	l/hod	m^3/hod	m^3/den	m^3/měsíc
Změřený průměrný průtok	0,08	288	0,29	6,91	207
Nejvyšší změřený průtok	0,15	540	0,54	12,96	389
Nejvyšší změřený plus 30 %	0,20	702	0,70	16,85	505

Tabulka č. 29 - Změřené průtoky na stavbě M5

Odhad finanční náročnosti navrhovaného opatření

Níže byla přibližně odhadnuta finanční náročnost realizovaných opatření v rámci stavby M5. Při odhadu nákladů byla uvažovaná cena na odtěžení 1 m^3 zeminy 300,- Kč bez DPH. Samostatně jsou odhadnuty náklady na vypracování projektové dokumentace a souvisejícího inženýringu.

	Přibližné množství odtěžené zeminy	Cena bez DPH	Cena s DPH
	[m^3]	[Kč]	[Kč]
Retenční tůň	400	120 000	145 200
Umělý mokřad	240	72 000	87 120
Zbudování hrázé retenční tůně		20 000	24 200
Zbudování zemní hráze		40 000	48 400
Materiál (fólie, kámen, štěrk, štěpka, vegetace)		70 000	84 700
Doprovodná vegetace		10 000	12 100
Celkem		332 000	401 720

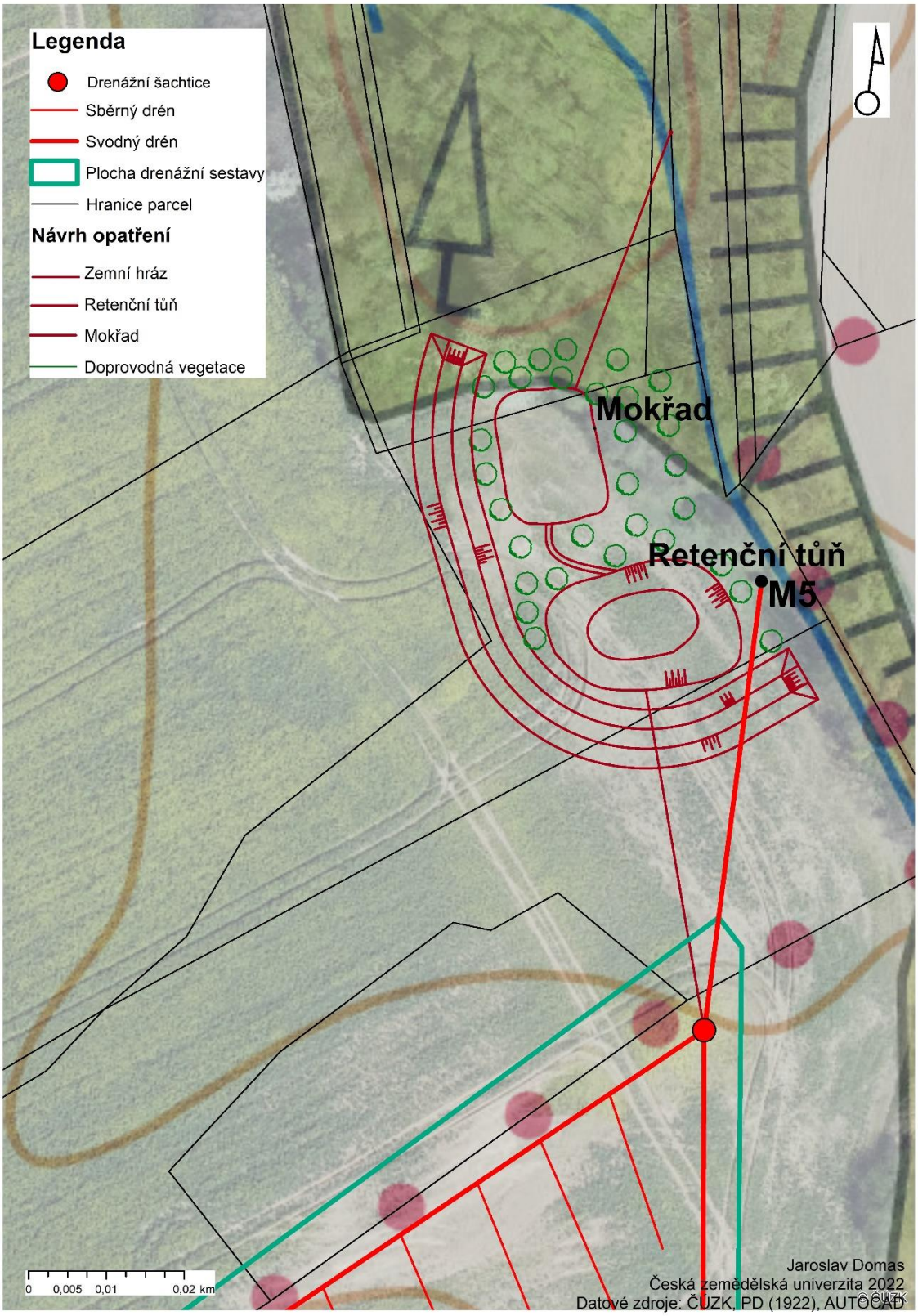
Tabulka č. 30 - Finanční rozpočet navrhnutých opatření na stavbě M5

Celkové náklady na realizaci opatřeních, navrhnutých na stavbě M5, byly odhadnuty na cca 332 000,- Kč bez DPH a **401 720,- Kč** s DPH.

Náklady na vypracování projektové dokumentace k navrhovanému opatření a souvisejícího inženýringu byly přibližně odhadnuty na **60 až 90 tis. Kč bez DPH**.

Vlastnické vztahy

Z katastrální mapy bylo zjištěno, že návrh opatření zasahuje do několika parcel. Z údajů v katastru nemovitostí vyplývá, že parcely zasažené realizací opatření vlastní větší počet vlastníků. Majetkové vztahy by bylo vhodné vyřešit v rámci pozemkových úprav či v případě samotné realizace daného opatření v rámci vodoprávního řízení.



Obrázek č. 31 - Návrh opatření na stavbě M5

7 Výsledky a diskuse

V rámci této diplomové práce byla zpracována podrobná analýza zájmového povodí vodního toku Křenovky (7,42 km^2) za účelem stanovení kritických oblastí z hlediska vodní eroze, rychlého povrchového a podpovrchového odtoku a jakosti vody.

Nejprve byla provedena podrobná analýza zájmového povodí z hlediska přírodních podmínek, nakládání s odpadními vodami, vlastnických vztahů, uživatelských vztahů, odtoku vody, eroze půdy a jakosti vody. Dále byly dohledány podklady pro identifikaci staveb zemědělského odvodnění a vypočten souhrnný index potřebnosti opatření.

Na základě analýzy vodní eroze byly vybrány díly půdních bloků ohrožené erozí. Na těchto dílech půdních bloků byl navržen osevní postup s využitím půdoochranných technologií a ochranných osevních postupů. Při návrhu osevního postupu byl kladen důraz na zachování struktury pěstovaných plodin místními zemědělci. Za použití protierozní kalkulačky byla spočítána ochranná účinnost navrženého osevního postupu pro konkrétní díly půdních bloků.

Dále byly vybrány čtyři reprezentativní stavby zemědělského odvodnění, na kterých byl zhruba v měsíčním kroku měřen průtok, teplota vody a byly odebírány vzorky vody pro stanovení její jakosti. Z rozborů jakosti vody bylo zjištěno, že ve sledovaném období se odnosy sloučenin dusíku a fosforu pohybovaly na nízkých úrovních. Hodnoty byly porovnány s výsledky měření Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy v rámci ČR a bylo zjištěno, že například odnosy NO3-N byly v průměru asi desetkrát nižší než na jiných lokalitách ČR. Tato situace mohla být způsobena nízkými průtoky na odvodňovacích stavbách, které byly důsledkem poměrně suchého průběhu léta. Na základě pozorování staveb odvodnění byly navrženy opatření na zlepšení akumulace, retence a jakosti vody. Navržená opatření mají sekundární efekt na zvýšení biodiverzity a celkového krajinného rázu.

Navržená opatření by bylo příznivější spojovat do systémů, které by byly navzájem propojené. V zájmovém území nebylo tohoto efektu docíleno, z důvodu rozmístění jednotlivých opatření. Navržená opatření by bylo možné propojit například

revitalizací vodního toku. Tento návrh by byl ovšem velmi obsáhlý a diplomová práce na něj nebyla zaměřena.

V rámci práce byly dohledány stavby drenážního odvodnění v archívech. Tato část byla velmi náročná a časově zdlouhavá. Bylo by efektivní, kdyby existoval přesný, centralizovaný informační systém hydromelioračních staveb. Systém by byl zajisté využíván jednak zemědělci pro opravy drenážních staveb, ale také oborníky pro návrhy opatření. Obdobný systém je připraven VÚMOPem (https://meliorace.vumop.cz/?core=account), nicméně považuji za vysoce potřebné jej rozvíjet a naplňovat digitalizovanými archovními podklady, vektorovými daty z dálkového průzkumu Země a dalšími souvisejícími informacemi.

Velmi zajímavou otázku nabízí realizovatelnost navržených opatření z hlediska vlastnických a uživatelských vztahů. Většina současných vlastníků zemědělské půdy na ní nehospodaří. Jsou to v podstatě „rentiéři“, kteří pouze inkasují „pachtovné“, tedy nájem z pronájmu polností od hospodařících subjektů a víc je ohledně jejich majetku povětšinou nezajímá. Proto nemají ve většině případů zájem na realizaci zlepšujících opatření. Uživatelé zemědělské půdy většinou zase nemají zájem investovat nemalé peníze do cizího majetku.

V práci byla také přibližně odhadnuta finanční náročnost navržených opatření. Ta je značně vysoká a návratnost investice do realizovaných opatření je poměrně dlouhá. Vzhledem ke klimatickým změnám bude nutné opatření budovat. Doba jejich návratnosti se ovšem bude v budoucnu snižovat právě z důvodu klimatických změn. Investice do budování opatření na drenážních stavbách by měla být v budoucnu podpořena v rámci nově připravovaného dotačního titulu v Operačním programu Životního prostředí (OPŽP), který by měl být dle informací z MŽP spuštěn přibližně v polovině r. 2022.

8 Závěr

Dnešní využití krajiny se v závislosti na přírodních podmínkách a způsobu využívání vyznačuje určitou omezenou schopností zadržet vodu. Tato omezená retenční schopnost ukazuje úroveň krajin ve zvládání přívalových srážek s potřebou snížit rizika poškození půdy vodní erozí. Naopak ke zmírnění dopadů sucha je nutné podporovat opatření, zvyšující v krajině akumulaci a zadržení vody. Zároveň je třeba dbát na zlepšení jakosti vody. Cílem této diplomové práce bylo důkladně analyzovat zájmové povodí Křenovky. Na základě vyhodnocení analýzy byla navrhnuta účinná protierozní opatření na vybraných dílech půdních bloků. V rámci práce byly také identifikovány drenážní stavby. Pro monitorování jakosti vody byly vybrány čtyři drenážní sestavy. Na nich byly odebírány vzorky vod, které byly v laboratoři VÚMOP analyzovány. Na základě podkladů a výsledků rozborů jakosti vody byla navržena opatření, sloužící ke zlepšení akumulace, retence a jakosti vody. Tato práce přispěla k poznání hydrologických poměrů ve vztahu k zemědělskému hospodaření v zájmovém povodí Křenovky a k možnostem optimalizace způsobu využití krajiny z pohledu ochrany množství a jakosti vodních zdrojů a půdy. Diplomová práce doplňuje přehled informací o tomto území a může být nápomocná při konkrétním řešení hydrologických poměrů v rámci pozemkových úprav či obdobných aktivit v zemědělské krajině.

9 Seznam literatury a použitých zdrojů

AGROPODNIK, 1982: Odvodnění Křesetice-Výkres. „nepublikováno“. Dep.: Povodí Labe s.p. Čáslav.

Bičík I. a kol., 2015: Land use changes in the Czech Republic 1845-2010. Karlova univerzita, Praha. ISBN978-3-319-17670-3.

Burian Z. a kol., 2011: Pozemkové úpravy v České republice, Praha. ISBN 80-903482-8-9.

Buzek L., 1984: Eroze půdy. Pedagogická fakulta v Ostravě. Ostrava.

Česká půda, ©2017: Kdo hospodaří na mém pozemku (online) [cit.2022.02.10], dostupné z < https://www.ceska-puda.cz/blog/LPIS-kdo-hospodari-na-mem-pozemku.html>

ČGS, ©2022: Česká geologická služba. Geologická mapa České republiky (online) [cit. 2022.02.08], dostupné z< http://www.geology.cz/extranet/vav/informacni-systemy/data/databaze-cgs>

ČHMÚ, ©2020: Čáslav (online) [cit.2022.02.25], dostupné z < https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/caslav >

ČÚZK, ©2020: Český úřad zeměměřický a katastrální: Základní báze geografických dat ZABAGED (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z <https://geoportal.cuzk.cz/(S(wfgmhzy3obhes0od4qpxauxl))/Default.aspx?head_tab=sekce-01-gp&mode=Mapa&menu=11&news=yes&side=prohlizet>

ČÚZK, ©2022: Archivní letecké měřické snímky (online) [cit.2022.01.09], dostupné z < https://ags.cuzk.cz/archiv/?start=lms >

Domas J., 2019: Hydrologická studie povodí vodního toku Křenovka. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 75 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

Dostál T., 2014: Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-30-6.

Dufková J., 2007: Krajinné inženýrství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7375-112-8.

ESRI, ©2022: Get to know us (online) [cit.2022.02.11], dostupné z <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview >

Fučík P. a kol., 2010a: Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87361-00-9

Fučík P. a kol., 2010b: Evaluation of detailed water quality and quantity monitoring system in a small agricultural catchment – discrete vs. continuous approach. Vodní Hospodářství, Praha.

Fučík P. a kol., 2017: Incorporating Rainfall-Runoff Events into Nitrate-Nitrogen and Phosphorus Load Assessments for Small Tile-Drained Catchments. Research institute for soil and water conservation, Praha.

Fučík P. a kol., 2021a: Zpřesnění vrstvy potencionálních ploch vhodných k regulaci odtoku z odvodňovacích systémů v ČR. Podklad zpracovaný pro SPÚ na základě objednávky č. SPU 089885/2021. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha. 27 s.

Fučík P. a kol., 2021b: Metodika pro navrhování umělých mokřadů v návaznosti na zemědělské odvodnění pro zlepšení jakosti vody. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-88323-51-8

Fučík P. a kol., 2021c: Identifikace zemědělského odvodnění (meliorací) a návrhy opatření pro zvýšení retence a akumulace vod v lokalitě Zavidov u Rakovníka. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha. 69 s.

GEOHRUBÝ, 2008: Komplexní pozemková úprava v k. ú. Úmonín – Technická opatření KPÚ, 44 s. „nepublikováno“. Dep.: Pozemkový úřad Kutná Hora.

Gramlich A. a kol., 2018: Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide fluxes from agricultural fields – A review. Agriculture Ecosystems & Environment 266s, 84-99.

Holý M., 1978: Protierozní ochrana. 1. vyd. Praha: SNTL.

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

Janeček M. a kol., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze – Fakulta životního prostředí, Praha. ISBN 978-80-87415-42-9

Janglová R. a kol., 2003: Soil infiltration capacity categorisation based on a geo – informatic synthesis od the Comprehensive Soil Survey and Valuated Soil – Ecological Units data. Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha.

Kadlec V. a kol., 2014: Navrhování technických protierozních opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., České vysoké učení technické v Praze, Praha. ISBN 978-80-87-87361-29-0

Kulhavý Z. a kol., 2011: Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v prioritních osách 1 a 6. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha.

Kulhavý Z. a kol., 2013: Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině: metodická příručka pro žadatele OPŽP. Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISBN 978-80-7212-589-0.

Kulhavý Z. a kol., 2015: Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87361-52-8.

Kulhavý Z. a kol., 2017: Postupy pro dosažení udržitelnosti hydromelioračních opatření v podmínkách České republiky. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87-361-75-7.

Kulhavý Z. a kol., 2021: Poznatky z provozu staveb zemědělského odvodnění s regulací odtoku a související dynamikou jakosti vod. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Kvítek T. a Tippl M, 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, Praha. ISBN 80-7271-140-7

Kvítek T. a kol.,2012: Modelování vlivu využívání půdy v geomorfologických zónách na odtok vody a koncentraci dusičnanů: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-17-7.

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.

Ložek V. a kol., 2005: Střední Čechy. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. ISBN 80-86305-01-5

LPIS, ©2022: LPIS (online) [cit.2022.02.18], dostupné z <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/ >

Mapy.cz, ©2022: Mapy.cz (online) [cit.2022.03.8], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=15.2676000&y=49.9447000&z=11 >

MELIORAČNÍ DRUŽSTVO KUTNÁ HORA, 1922: Situace. „nepublikováno“ Dep.: Povodí Labe s.p. Čáslav.

Mísař Z. a kol., 1983: Geologie ČSSR. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

Mze, ©2019: Řešení DZES 5 – eroze v roce 2019 (online) [cit.2022.02.19], dostupné z < https://eagri.cz/public/web/file/609567/Skoleni_EROZE2019_v1.pdf >

Mze, ©2022: Degradace půd (online) [cit.2022.02.18], dostupné z <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/ >

MŽP, ©2020: Definice půdy (online) [cit.2022.01.27], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/definice_pudy >

Nařízení vlády č. 48/2017 Sb., o stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a enviromentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor, v platném znění.

Nerušil P. a kol., 2015: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-7427-180-9

Novotný I. a kol., 2013: Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha.

Novotný I. a kol., 2014: Příručka ochrany proti vodní erozi, 2. vyd., Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-7084-996-5

Novotný I. a kol., 2017: Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-87361-67-2

Pavlů L., 2018: Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze – Katedra pedologie a ochrany půdy, Praha.

Pokorná D., Zábranská J., 2007: Hydrologie a hydropedologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.

Povodí Labe s.p., ©2022: Vodní dílo Vrchlice.

Shiklomanov I. A. a Rodda J. C., 2003: World water resources at the beginning of the twenty-first century. Cambridge University Press, New York. ISBN 0521617227.

Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha. ISBN 80-90-3-206-1-9

SZIF, ©2020: Příručka průvodce zemědělce kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2021 (online) [cit.2022.02.28], dostupné z <https://eagri.cz/public/web/file/667190/Prirucka_CC_2021_final_23_12_2020_web2.pdf >

Tlapáková L. a kol., 2016: Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Pardubice. ISBN 978-80-87361-58-0.

Tomášek M., 2007: Půdy České republiky. Česká Geologická služba, Praha.

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.

Vallée R., a kol., 2015: Water residence time and pesticide removal in pilot-scale wetlands. Ecological Engineering.

Váňová V. a Kapička J., 2021: Analýza erozní ohroženosti a odtokových poměrů v k.ú. Osek u Sobotky a návrhy opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, Praha.

Váša J. a kol., 2000: Hydromeliorace. Český svaz stavebních inženýrů, Praha. ISBN 80-86426-01-7.

VHS Kutná Hora, ©2022: Vodohospodářská společnost Kutná Hora.

Vlček V. a kol., 2017: Klíč použití Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Mendelova univerzita v Brně, Brno.

VODNÍ DRUŽSTVO PRO ODVODNĚNÍ POZEMKŮ V OUMONÍNĚ, 1913: Pracovní plán-Situace. „nepublikováno“ Dep.: Povodí Labe s.p. Čáslav.

Vopravil J. a kol., 2013: Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky, SOWAC s. r. o., Praha.

VÚMOP, 2021: Identifikace zemědělského odvodnění (meliorací) a návrhy opatření pro zvýšení retence a akumulace vod v lokalitě Zavidov u Rakovníka. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha.

VÚMOP, ©2022: Protierozní kalkulačka (online) [cit.2022.02.17], dostupné z <https://kalkulacka.vumop.cz/app/?#home >

VÚMOP, ©2022: Půda v mapách (online) [cit.2022.03.01], dostupné z < https://mapy.vumop.cz/ >

VÚMOP, ©2022: Informační systém melioračních staveb (online) [cit.2022.02.22], dostupné z <https://meliorace.vumop.cz/?core=account >

VÚMOP, ©2022: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. eKatalog BPEJ (online) [cit. 2022.02.06], dostupné z < https://bpej.vumop.cz/>

VÚV, ©2020: Hydrogeologický informační systém VÚV TGM. Vodní hospodářství a ochrana vod (online) [cit. 2022.02.02], dostupné z <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/isvs/opvz/HTML_ISVS$opvz$stazeni.asp?doc=full>

VÚV, ©2020: Oddělení geografických a informačních systémů a kartografie VÚV TGM. DIBAVOD (online) [cit. 2022.02.07], dostupné z < https://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí, v platném znění.

Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. United States, Dept. Of Agriculture, USA.

Zachar D., 1982: Soil Erosion, Developments in soil science, Elsevier, Amsterdam.

Zajíček A. a kol., 2018: Atlas plošného zemědělského znečištění vod. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87361-85-6

Zajíček A. a kol., 2021a: Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních: metodika. Technická agentura České republiky, Praha. ISBN 978-80-88323-55-6

Zajíček A. a kol., 2021b: SIPO-SOFT, Softwarový prostředek pro výpočet souhrnného indexu potřebnosti opatření pro snižování znečištění podpovrchových vod v zemědělských povodích (SIPO). Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v.v.i., Praha.

Zajíček A. a kol., 2022: How to select a location a designof measure on land drainage – a case study from the Czech republic. Journal of Ecologicel Engineering. 43-57, ISSN 2299-8993

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně půdního fondu, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změnách některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství, v platném znění.

9.1 Seznam obrázků

OBRÁZEK Č. 1 - MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 45
OBRÁZEK Č. 2 – GEOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 48
OBRÁZEK Č. 3 – PEDOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 49
OBRÁZEK Č. 4 – MAPA HYDROLOGIE V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ 52
OBRÁZEK Č. 5 – MAPA MORFOLOGIE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 53
OBRÁZEK Č. 6 – MAPA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ 57
OBRÁZEK Č. 7 - PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ NAVRHNUTÁ V RÁMCI KPÚ (SPÚ KUTNÁ HORA, 2022) 60
OBRÁZEK Č. 8 – MAPA VLASTNICKÝCH VZTAHŮ V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ 61
OBRÁZEK Č. 9 - UŽIVATELSKÉ VZTAHY PATRNÉ Z HISTORICKÉHO SNÍMKU (R. 1938) 62
OBRÁZEK Č. 10 – MAPA UŽIVATELSKÝCH VZTAHŮ V ROCE 2021 63
OBRÁZEK Č. 11 - MAPA SIPO HODNOCENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 65
OBRÁZEK Č. 12 – MAPA S VYZNAČENÍM PŘEDMĚTNÝCH STAVEB ZEMĚDĚLSKÉHO ODVODNĚNÍ 68
OBRÁZEK Č. 13 - PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE ZEMĚDĚLSKÉHO ODVODNĚNÍ (1982) 69
OBRÁZEK Č. 14 - PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE ZEMĚDĚLSKÉHO ODVODNĚNÍ (1922) 70
OBRÁZEK Č. 15 - PROJEVY ZEMĚDĚLSKÉHO ODVODNĚNÍ NA LETECKÝCH SNÍMCÍCH (MAPY.CZ) 71
OBRÁZEK Č. 16 – ORTOREKTIFIKACE A VEKTORIZACE STAVBY M1 72
OBRÁZEK Č. 17 – ORTOREKTIFIKACE A VEKTORIZACE STAVBY M3 74
OBRÁZEK Č. 18 – ORTOREKTIFIKACE A VEKTORIZACE STAVBY M4 75
OBRÁZEK Č. 19 – ORTOREKTIFIKACE A VEKTORIZACE STAVBY M5 77
OBRÁZEK Č. 20 – MAPA OHROŽENÍ VĚTRNOU EROZÍ (VÚMOP) 81
OBRÁZEK Č. 21 – MAPA EROZNÍ OHROŽENOSTI - PŘÍSTUP 1 82
OBRÁZEK Č. 22 – MAPA EROZNÍ OHROŽENOSTI - PŘÍSTUP 2 84
OBRÁZEK Č. 23 – MAPA EROZNÍ OHROŽENOSTI - PŘÍSTUP 3 85
OBRÁZEK Č. 24 - MAPA EROZNĚ OHROŽENÝCH DÍLŮ PŮDNÍCH BLOKŮ 87
OBRÁZEK Č. 25 – PASIVNÍ REGULAČNÍ PRVEK (VÚMOP, 2022) 91
OBRÁZEK Č. 26 - NÁVRH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M1 95
OBRÁZEK Č. 27 - UKÁZKA DRENÁŽNÍHO BIOFILTRU (FOTO F. DOLEŽAL, VÚMOP) 96
OBRÁZEK Č. 28 - NÁVRH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M3 97
OBRÁZEK Č. 29 - DÍLČÍ SUBPOVODÍ STAVBY M4 98
OBRÁZEK Č. 30 - NÁVRH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M4 100
OBRÁZEK Č. 31 - NÁVRH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M5 106

9.2 Seznam tabulek

TABULKA Č. 1 – SLOVNÍ HODNOCENÍ INDEXU SIPO 43
TABULKA Č. 2 - PRŮMĚRNÁ ČETNOST SMĚRŮ VĚTRŮ PRO STANICI ČÁSLAV (ČHMÚ) 46
TABULKA Č. 3 – STANOVENÉ LIMITY PRO KVALITU VYČIŠTĚNÉ VODY NA ČOV V KŘESETICÍCH 58
TABULKA Č. 4 – ROZLOHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ PRO ROKY 2017-2021 (LPIS) 64

TABULKA Č. 5 -VÝSLEDNÉ HODNOTY SIPO INDEXU SUBPOVODÍ BYKÁNEC A KŘESETICE 66
TABULKA Č. 6 – VÝSLEDNÉ HODNOTY SIPO INDEXU SUBPOVODÍ NAD ÚMONÍNEM A POD CHRÁSTEM 67
TABULKA Č. 7 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ M1 73
TABULKA Č. 8 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ M3 75
TABULKA Č. 9 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ M4 76
TABULKA Č. 10 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ M5 78
TABULKA Č. 11 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ K2 79
TABULKA Č. 12 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ K1 79
TABULKA Č. 13 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ K3 80
TABULKA Č. 14 - PRŮTOK A JAKOST VODY V MÍSTĚ K4 80
TABULKA Č. 15 – SLOVNÍ HODNOCENÍ KATEGORIÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI 85
TABULKA Č. 16 - EROZNĚ OHROŽENÉ DÍLY PŮDNÍCH BLOKŮ 86
TABULKA Č. 17 – POUŽITÍ PŮDOOCHRANNÉ TECHNOLOGIE 88
TABULKA Č. 18 -NAVRHNUTÉ MODELOVÉ OSEVNÍ POSTUPY 90
TABULKA Č. 19 - STANOVENÍ PROPUSTNOSTI PŮDNÍHO PROFILU 92
TABULKA Č. 20 – PROPUSTNOST PŮDNÍHO PROFILU (DUFKOVÁ, 2007) 92
TABULKA Č. 21 - DOSAH VZDUTÍ REGULAČNÍCH PRVKŮ VYPOČTENÉHO PRO STAVBU M1 93
TABULKA Č. 22 - FINANČNÍ ROZPOČET NAVRHNUTÝCH OPATŘENÍCH NA STAVBĚ M1 94
TABULKA Č. 23 - FINANČNÍ ROZPOČET NAVRHNUTÝCH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M3 97
TABULKA Č. 24 - VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET PŘÍMÉHO ODTOKU 99
TABULKA Č. 25 – VYPOČTENÉ HODNOTY PŘÍMÉHO ODTOKU PRO SUBPOVODÍ STAVBY M4 99
TABULKA Č. 26 – TECHNICKÉ PARAMETRY NAVRŽENÝCH TŮNÍ 101
TABULKA Č. 27 – ODHAD ROČNÍHO OBJEMU VODY Z DRENÁŽNÍ SKUPINY M4 101
TABULKA Č. 28 - FINANČNÍ ROZPOČET NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M4 102
TABULKA Č. 29 - ZMĚŘENÉ PRŮTOKY NA STAVBĚ M5 104
TABULKA Č. 30 - FINANČNÍ ROZPOČET NAVRHNUTÝCH OPATŘENÍ NA STAVBĚ M5 105

9.3 Seznam grafů

GRAF Č. 1 - PRŮMĚRNÁ TEPLOTA NAMĚŘENÁ V ČÁSLAVI (ČHMÚ) 46
GRAF Č. 2 - PRŮMĚRNÝ ÚHRN SRÁŽEK NAMĚŘENÝ V ČÁSLAVI (ČHMÚ) 47
GRAF Č. 3 - ZASTOUPENÍ PŮDNÍCH TYPŮ V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ 50
GRAF Č. 4 - ZPŮSOBU VYUŽITÍ PŮDY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ (DOMAS, 2019) 54

10 Přílohy

Příloha č. 4 Vypočtené odnosy ze stavby M1

M1										Výměra (ha)		9,75
	kg-látky / období						kg-látky/období/ha					
dnů mezi odběry	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot
30	0,005	0,005	0,483	0,493	0,003	0,003	0,001	0,000	0,050	0,051	0,000	0,000
37												
39	0,026	0,004	4,202	4,232	0,018	0,037	0,003	0,000	0,431	0,434	0,002	0,004
26	0,003	0,000	0,214	0,217	0,001	0,003	0,000	0,000	0,022	0,022	0,000	0,000
33												
29	0,038	0,000	0,001	0,038	0,029	0,035	0,004	0,000	0,000	0,004	0,003	0,004
průměr							0,002	0,000	0,126	0,128	0,001	0,002
kg/ha/rok							**0,022**	**0,003**	**1,508**	**1,532**	**0,016**	**0,024**

Příloha č. 5 Vypočtené odnosy ze stavby M3

M3										Výměra (ha)		2,77
	kg-látky / období						kg-látky/období/ha					
dnů mezi odběry	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot
30	0,145	0,019	11,804	11,968	0,101	0,128	0,052	0,007	4,261	4,321	0,037	0,046
37												
39	0,000	0,025	13,610	13,635	0,145	0,158	0,000	0,009	4,913	4,922	0,052	0,057
26	0,063	0,003	2,659	2,725	0,041	0,067	0,023	0,001	0,960	0,984	0,015	0,024
33												
29	0,062	0,000	4,166	4,228	0,036	0,036	0,022	0,000	1,504	1,526	0,013	0,013
průměr							0,024	0,004	2,910	2,938	0,029	0,035
kg/ha/rok							**0,292**	**0,050**	**34,916**	**35,258**	**0,350**	**0,422**

Příloha č. 6 Vypočtené odnosy ze stavby M4

M4										Výměra (ha)		1,44
	kg-látky / období						kg-látky/období/ha					
dnů mezi odběry	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot
30	0,013	0,002	1,033	1,047	0,000	0,001	0,009	0,001	0,717	0,727	0,000	0,001
37												
37	0,000	0,000	0,215	0,215	0,000	0,003	0,000	0,000	0,149	0,150	0,000	0,002
26	0,000	0,000	0,266	0,266	0,004	0,004	0,000	0,000	0,185	0,185	0,002	0,003
33												
29	0,004	0,000	0,208	0,212	0,003	0,009	0,003	0,000	0,145	0,147	0,002	0,006
průměr							0,003	0,000	0,299	0,302	0,001	0,003
kg/ha/rok							**0,035**	**0,004**	**3,588**	**3,627**	**0,013**	**0,036**

Příloha č. 7 Vypočtené odnosy ze stavby M5

M5											Výměra (ha)	20,44
	kg-látky / období						kg-látky/období/ha					
dnů mezi odběry	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Nanorg	PO4-P	Ptot
30	0,027	0,004	1,853	1,884	0,000	0,006	0,001	0,000	0,091	0,092	0,000	0,000
37												
38	0,023	0,002	1,208	1,233	0,011	0,012	0,001	0,000	0,059	0,060	0,001	0,001
26	0,008	0,001	0,378	0,387	0,003	0,003	0,000	0,001	0,018	0,019	0,000	0,000
33												
29	0,008	0,000	0,521	0,529	0,004	0,004	0,000	0,000	0,025	0,026	0,000	0,000
průměr							0,001	0,000	0,048	0,049	0,000	0,000
kg/ha/rok							**0,010**	**0,004**	**0,581**	**0,592**	**0,003**	**0,004**

Vlastní fotodokumentace

Příloha č. 9 Zemědělské pozemky ohrožené vodní erozí – Pohled od vesnice Bykáň

Příloha č. 10 Drenážní šachtice a výúsť stavby M1

Příloha č. 11 Pozemky nad předmětnou stavbou M1 – pohled od drenážní výústi

Příloha č. 12 Drenážní šachtice a výúsť odvodňovací stavby M3

Příloha č. 13 Stavba M4 v místě nově navržené tůně B

Příloha č. 14 Stavba M5 v místě nově navrženého umělého mokřadu a retenční tůně

Příloha č. 15 Drenážní výústˇ stavby M5