

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

Možnosti identifikace drenážních systémů

v zemědělské krajině

Possibilities of identification of drainage systems

in agricultural landscapes

Ing. Aneta Heflerová

Plzeň 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině“

vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Plzni dne 12. prosince 2022

v. r. Ing. Aneta Heflerová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala doc. RNDr. Janu Koppovi, Ph.D., vedoucímu své diplomové práce, za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost, trpělivost a čas, který mi věnoval během konzultací a při celém mém studiu na ZČU v Plzni. Poděkování patří všem dotázaným odborníkům, konkrétně RNDr. Lence Tlapákové, Ph.D., Ing. Tomáši Vybíralovi, Ph.D., Ing. Václavu Mazínovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Heflerovi. Děkuji také Ing. Haně Stavovčické, která se mi ochotně věnovala při hledání projektových dokumentací. Především ale děkuji celé své rodině, která mi byla po celou dobu studia nesmírnou oporou. Touto prací si dovoluji rovněž poděkovat svému zesnulému dědovi Václavu Heflerovi (1932–2022), který mi bude po celý život obrovským vzorem a zdrojem životní inspirace. Díky jeho pracovitosti, postoji k životu a převelike lásce k zemědělství se stal mojí motivací pro dokončení předkládané diplomové práce.

Obsah

ÚVOD	6
CÍLE PRÁCE.....	8
1 PŘEHLED PROBLEMATIKY	9
1.1 Odvodňování zemědělské půdy	9
1.1.1 Povrchové odvodnění	12
1.1.2 Podpovrchové odvodnění	12
1.1.3 Regulované odvodnění	14
1.2 Vznik a vývoj drenážních systémů	15
1.2.1 Problematika vlastnictví	17
1.3 Funkčnost a údržba drenážních systémů	18
1.4 Vliv odvodnění na kvalitu podzemních a povrchových vod.....	19
1.5 Význam odvodnění	21
1.5.1 Z pohledu problematiky sucha	22
1.5.2 Z pohledu pozemkových úprav	23
1.6 Mapování drenážních systémů	24
1.6.1 Metody nadzemního průzkumu	25
1.6.2 Metody pozemního průzkumu.....	27
1.6.3 Metody nepřímé.....	31
2 METODIKA PRÁCE	33
2.1 Metodika terénního mapování drenáží.....	33
2.2 Metodika práce s termokamerou	34
2.3 Metodika získávání názorů k předmětnému tématu.....	36
3 IDENTIFIKACE DRENÁŽÍ V MODELOVÝCH ÚZEMÍCH.....	37
3.1 Tradiční vyhledávací průzkum.....	37
3.1.1 Petrovický potok.....	39
3.1.2 Potok Třebýcinka.....	43
3.1.3 Chocenický potok	46
3.1.4 Lukavický potok	49
3.2 Historické letecké snímky	52
3.3 Původní projektová dokumentace	53

4 VYUŽITÍ TERMOKAMERY PRO IDENTIFIKACI DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ..	54
4.1 Termokamera FLIR E5xt WiFi	54
4.2 Zhodnocení podmínek v době měření.....	56
4.3 Výsledky monitoringu termokamerou	59
4.3.1 Limitující faktory měření	63
5 POSTOJE K PROBLEMATICE IDENTIFIKACE A SOUČASNÉMU STAVU DRENÁŽÍ.....	64
5.1 Poznatky výzkumného ústavu.....	65
5.2 Zkušenosti z pohledu projektanta.....	67
5.3 Praxe z hlediska pozemkových úprav	69
5.4 Názory soukromého zemědělce	71
6 DISKUSE A ZHODNOCENÍ	73
ZÁVĚR	79
Seznam použité literatury	80
Zdroje dat a archivních materiálů	88
Seznam tabulek	89
Seznam grafů	90
Seznam obrázků	91
Seznam příloh	92
Přílohy.....	93
Abstrakt.....	118
Abstract.....	119

ÚVOD

Půda je a ještě dlouho bude základním, neobnovitelným životním zdrojem zajišťující potravu pro zvířata a lidstvo. Půda však ve svém přirozeném stavu často neposkytovala vhodné podmínky pro zemědělskou výrobu z důvodu jejího zamokření. V dřívějších dobách vlivem rychlého rozvoje výrobních sil, rostoucího hospodářského potenciálu a značné výstavby docházelo na jedné straně k postupnému zvyšování intenzity využívání zemědělské půdy k zabezpečení obyvatelstva, na druhé straně ale k výrazným úbytkům zemědělské půdy. Z toho důvodu se usilovně hledaly nové cesty ke zlepšení produkčních schopností půd a vodního režimu v zemědělství, ale i lesním hospodářství. Odvodnění pozemků pomocí drenážních systémů tak představuje jeden typ ze široké škály opatření, sloužících ke zlepšení nepříznivých přírodních podmínek v zemědělství. Tato opatření se souhrnně označují jako meliorace. Meliorace jsou v nejširším pojetí souborem technických, agrotechnických a biologických opatření, která natrvalo nebo delší dobu zlepšují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd. Do oboru meliorací náleží nejen odvodňování, ale také závlaha, úprava vodních toků, protierozní ochrana, zúrodňování neplodných a devastovaných půd aj.

Jelikož se systematické drenážní odvodnění skrývá pod povrchem země, tak jeho přítomnost v krajině nemusí být na první pohled zcela zjevná. Nesmíme se ale tvářit, že neexistuje, poněvadž probíhajícími procesy ovlivňuje a mění krajinu. Hlavním smyslem odvodnění je zpřístupnění zamokřených lokalit zemědělského využívání a trvalé nebo dočasné zlepšení půdních podmínek za účelem zvýšení intenzity zemědělské a také lesní výroby. Odvodňováním tak dochází ke snaze zúrodňovat půdu, upravovat oběh vody v přírodě ve prospěch zvýšení sklizní a lesní těžby. Děje se tomu díky úpravě správného poměru vzduchu a vody v půdě pomocí odvádění přebytečné vody v kořenové zóně. Přestože jsou pro zemědělskou výrobu přínosné, jedná se o umělé zásahy do krajiny, který s sebou přináší i řadu negativních stránek. Ačkoli jsou tyto stavby primárně určené pro zlepšení zemědělské produkce, tak znalost jejich umístění a kvalitní podklady o nich jsou nezbytné i pro oblast výstavby, ochrany životního prostředí a jejich adaptace na klimatické změny atd.

V této studii je pozornost zaměřena na problematiku odvodnění zemědělských pozemků pomocí drenážních systémů, jako jedno z témat geografie zemědělství. Jedná se

o prostorové téma, kde je řešena i otázka geoinformatiky z pohledu několika variant, díky kterým je možné jednotlivé drény lokalizovat. Drenážní systémy představují široké téma, které spadá i do oblasti krajinné ekologie a hydrologie. Problematika drenážních systémů v zemědělské krajině byla zvoleno z toho důvodu, že v současné době je tato tematika čím dál častěji diskutována, nejčastěji v kontextu klimatické změny, problematiky sucha a zadržování vody v krajině. Z toho vyplývá i jejich aktuální stav a možnosti dalšího využití například při řešení pozemkových úprav. Touto diplomovou prací bych mimo jiné ráda představila jednu z technik vyhledávání drenáží, metodu termokamery a apelovala na důležitý význam a identifikaci drenáží v krajině. Hlavním důvodem zvolení daného tématu předkládané diplomové práce je ta skutečnost, že se zajímám o okruhy týkající se zemědělství. Rovněž byla velmi poutavá zkušenost práce s termokamerou, která skýtá celou řadu možností svého dalšího využití (viz kapitola 4 Využití termokamery pro identifikaci drenážních systémů).

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. První část práce se zabývá úvodem do problematiky meliorací, konkrétně pojednává o stručném exkurzu do historie vzniku, vývoje, vlastnictví a významu drenážních systémů v zemědělské krajině. Zaměřuje se rovněž na otázku funkčnosti a údržby drenáží a jejich postranní vliv na jakost povrchové a podzemní vody. Pozornost je věnována také záležitostem detekce drenážních linií v diskusi jednotlivých metod souvisejících následně s výzkumem v praktické části. Bylo nutné shromáždit a nastudovat dostupnou odbornou literaturu, a to jak knižní publikace, tak odborné články či odborné internetové zdroje, jak české, tak i zahraniční. Na těchto podkladech byly získané informace použity pro teoretickou i praktickou část této diplomové práce.

Následně na základě terénních šetření a monitoringu vybraných vodních toků je zhodnocen potenciál práce s termokamerou, jako jedné z metod identifikace drenážních výústí svedených do recipientů. Je vytvořen souhrn jednotlivých zjištěných faktorů, které výrazně ovlivňují samotnou práci s termokamerou. V práci jsou graficky vyobrazeny lokalizace identifikovaných drenážních výústí a vytvořen jejich přehled. Jsou také publikovány výsledky z rozhovorů s odborníky a soukromým zemědělcem, díky kterým byl zjištěn vzhled na věc drenáží z různých perspektiv. V samotném závěru je vytvořeno zhodnocení pozitivních a negativních aspektů vybraných metod identifikace drenážních systémů. Praktická část je mimo jiné obohacena i o podrobnou diskusi a zhodnocení teoretického základu se zjištěnými poznatky a osobním názorem na danou problematiku.

CÍLE PRÁCE

Diplomová práce je zaměřená na tematiku detekce drenážních systémů v zemědělské krajině. Práce se také snaží poukázat na obecný význam meliorací a důležitost funkčnosti jednotlivých drenážních svodů. Odvodňování krajiny má totiž velký význam nejen pro půdu, vodstvo, vegetaci, ale pro tvář celé krajiny. Tato studie dále dokumentuje, analyzuje a hodnotí potenciál práce s termokamerou při identifikaci drenážních výustí směřujících do recipientů.

Pro práci byly stanoveny následující cíle:

1. Ověřit vybrané metody a možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině na modelových územích.
2. Zhodnotit potenciál práce s termokamerou při identifikaci drenážních výustí svedených do zvolených úseků vodních toků.
3. Zjistit názory vybraných expertů a soukromých zemědělců na problematiku identifikace a stavu drenážních systémů v zemědělské krajině.

1 PŘEHLED PROBLEMATIKY

V rámci této kapitoly je proveden rozbor literatury zabývající se drenážními systémy (DS) zejména z pohledu jejich významu a identifikace. První podkapitola je zaměřena komplexně na problematiku odvodňování zemědělské půdy a konkrétně na využití povrchového, podpovrchového a regulovaného odvodnění. Zájem zasluhuje i časový vývoj drenážních systémů a jejich obměňované vlastnictví. Nastíněn je i současný stav, tedy funkčnost a údržba drenážních systémů a jeho případné vyhlídky do budoucna. Další část se zabývá negativním vlivem odvodnění na jakost povrchových i podzemních vod. Poté je popsán význam drenážních systémů z pohledu problematiky sucha a pozemkových úprav. Pozornost je následně věnována již představení přehledu jednotlivých metod detekce drenážních systémů v zemědělské krajině, konkrétně vybraným metodám nadzemního a pozemního průzkumu a metodám nepřímým. Tato část tedy poskytuje souhrn dosavadních teoretických poznatků, který je důležitým předpokladem pro vypracování praktické části této diplomové práce.

1.1 Odvodňování zemědělské půdy

Prospěšné využívání půdy pro zemědělskou výrobu vyžaduje, aby se příliš nezamokřovala vodou. Není-li tomu tak, je třeba ji zlepšovat, tj. meliorovat odvodněním. Jednoznačným cílem všech odvodňovacích opatření prováděných na zemědělských půdách je dosažení takového vodního režimu půdy, který je z hlediska produkčnosti daného agroekosystému optimální (ČSAZ, 1984). Odvodňování je přirozený proces, který se vyskytuje v jakékoli krajině a je klíčovou složkou koloběhu vody. Role odvodnění se však v různých agroklimatických zónách liší. Například v mírném pásmu se nachází až 64 % světových drenáží a jejich úlohou je zabránit zamokření odstraněním nadbytečné povrchové a podpovrchové vody v důsledku nadměrných srážek. V aridní a polosuché zóně je úkolem odvodnění zabránit nejen zamokření ale především zasolení způsobené zavlažováním. Ve vlhké a polovlhké zóně tropů je rolí drenáže v různé míře zabránit podmáčení a zasolení (Ritzema, 2014; Vlotman a kol., 2020; Bigalke a kol., 2022). Kromě propagované země jako je Nizozemsko se odvodňovací systémy běžně používají v USA, Velké Británii, Kanadě, Německu, Itálii, Švédsku a v suchých oblastech

se zavlažovaným zemědělstvím jako je Egypt a Pákistán, dále také v Austrálii, Indii, Malajsii apod. (Ballantine & Tanner, 2013; Wit a kol., 2022). Zahraniční zkušenosti z vybraných evropských zemí popisuje např. Kulhavý a kol. (2017).

Česká zemědělská pole jsou rovněž intenzivně odvodňována, aby se v první řadě odstranila přebytečná povrchová voda a snížila hladina podzemní vody. Tento proces je klíčový v pěstebních systémech, protože snižuje podmínky zamokření, usnadňuje růst plodin, zvyšuje výnosnost a zajišťuje tak jejich rovnoměrnější produkci při proměnlivosti klimatu. Odvodnění snižuje povrchový odtok, potažmo erozi a zvyšuje hodnotu půdy (Strock a kol., 2010; Ritzema, 2014; Cho a kol., 2019; Kokulan, 2019). Velkým přínosem staveb odvodnění je i zrychlená infiltrace vody do půdy. Kromě toho mají producenti vyšší flexibilitu v polních operacích a může také dojít ke snížení četnosti výskytu škůdců (Zhang a kol., 2014). Účelem vodohospodářských meliorací je tedy podstatně zvýšit úrodnost půdy, a tím dosáhnout stálých a vysokých výnosů v zemědělské výrobě. To je v našich poměrech nanejvýš důležité, poněvadž při omezené rozloze půdního fondu je další rozvoj zemědělství možný jen zvyšováním hektarových výnosů zemědělských plodin a zlepšením kvality jejich sklizní. Kromě toho vytvářejí příznivější podmínky pěstební, pracovní a výrobní, a tím prospěšně ovlivňují celkovou zemědělskou výrobu (Jůva, 1957; 1964). V praxi se ale často zjistilo, že výnosy z půd dosahované v prvních letech po provedení drenážních prací po určité době klesají, zejména po více jak 8 letech (Říha, 1966). Řada výzkumných studií vychází ze základních předpokladů, že drenážní odtok může být vytvářen infiltrací srážkových vod, hladinou podzemní vody, pramennými vývěry vedenými přes pukliny, nebo kombinací všech uvedených případů (Kvítek a kol., 2007). Doba odtoku u odvodněné půdy poté zaujímá hodnotu třikrát až šestkrát delší oproti zamokřené a neodvodněné půdě (Tlapák a kol., 1992). Cho a kol. (2019) také zjistili, že podpovrchově odvodněné pole drenážemi vypouštělo čtyřikrát více vody než přirozeně odvodněné pole.

Odvodňovací stavby zahrnují stavby a zařízení pro snížení obsahu vody a zvýšení obsahu vzduchu v povrchových horizontech půdního profilu s cílem zajistit hospodárné využití pozemku. Odvodněné půdy jsou provzdušněné, mají lepší tepelný režim, lépe se prohřívají a lépe povrchově prosychají (Tlapák a kol., 1992; Kulhavý a kol., 2008). Stavby k odvodňování zemědělských pozemků ošetřuje z legislativního hlediska především zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a zákon č. 229/1991 Sb., o půdách. V rámci celého systému odvodnění se rozlišují tzv. podrobná odvodňovací zařízení (POZ) a hlavní

odvodňovací zařízení (HOZ), někdy též nazývané jako hlavní meliorační zařízení (HMZ). POZ je soubor objektů, které slouží k bezprostřední úpravě vodního režimu půdy tak, aby stav pozemku odpovídal vláhové potřebě plodin a předpokládané činnosti na něm. POZ se skládá z podpovrchových sběrných a svodných drénů, kontrolních šachtic, drenážních výustí a dalších objektů na drenáži. Naopak HOZ jsou nejčastěji otevřené kanály (upravené drobné vodní toky, svodné odvodňovací a záchytné příkopy, suché nádrže, přehrážky a objekty sloužící k regulaci), včetně objektů na nich (stupně, skluzy) a odvodňovací čerpací stanice aj. Funkčně odpovídá HOZ nejčastěji drobnému vodnímu toku, do něhož jsou právě zaústěny POZ (Jůva, 1964; Jůva a kol., 1987; Kulhavý a kol., 2017; Ministerstvo zemědělství ČR, 2020; Moloney a kol., 2020; Fučík a kol., 2021; Zajíček & Fučík, 2022; Hydromeliorace, 2022). Bližší specifikace těchto zařízení jsou předmětem vyhlášky č. 225/2002 Sb., o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně. Problematikou odvodňování se u nás zabývá řada technických norem (např. ČSN 75 0140 Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy, ČSN 75 4210 Hydromeliorace – Odvodňovací kanály, ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním, TNV 75 4221 – Regulace a retardace odtoku na zemědělských pozemcích odvodněných trubkovou drenáží aj.)

Způsoby odvodnění půdy jsou různé podle rozsahu a příčin zamokření, účelu odvodnění a různých místních poměrů. Z hlediska zemědělského odvodnění tak rozeznáváme povrchové odvodnění a podpovrchové odvodnění neboli drenáž (Prudík, 1961; Jůva, 1957; 1964). Zatímco podpovrchová drenáž je nejběžnějším drenážním systémem v mírných pásmech, povrchová drenáž je běžnější v suchých a polovlhkých oblastech světa. Celkově ve světě tvoří otevřené a povrchové drenáže asi 55 % odvodňované plochy, zatímco podpovrchové drenáže pokrývají 45 % (Bigalke a kol., 2022). V průběhu 2. poloviny 20. století došlo v České republice k intenzivnímu odvodnění zemědělské půdy na téměř 25 % plochy, 13,5 % celkové rozlohy státu, což představuje cca 1,1 mil. ha odvodněné půdy. U nás převažuje odvodnění plošnou, tj. systematickou podzemní trubní drenáží a v některých regionech je odvodnění půdy dokonce na každém poli (Kulhavý a kol., 2002; Karásek a kol., 2015; Kulhavý, 2016; Pomije a kol., 2022). V případě návrhu nových odvodňovacích staveb se ovšem doporučuje podle místních podmínek, pokud možno preferovat řídké sporadické odvodnění míst, kde dochází k vývěrům vody, před plošnou (systematickou) drenáží (Hydromeliorace, 2022).

1.1.1 Povrchové odvodnění

K odstranění přebytečné vody z povrchu pozemku se využívá povrchová drenáž, díky které voda odtéká ze zemědělských polí do vodních toků, rybníků, tůní, mokřadů apod. Toho se běžně dosahuje mělkými otevřenými kanály, příkopy. Hloubka příkopů dosahuje od 0,6 do 1 metru a nesmí být menší než hloubka hladiny podzemní vody, jinak by neodtékala. Aby se směrem k nim usnadnil tok přebytečné vody, je pole obvykle uměle svažováno pomocí různých terénních úprav půdy (Prudík, 1961; Ritzema, 2014).

Odvodnění povrchové se používá zejména tam, kde je zamokření vyvoláno převážně povrchovou vodou, která musí být rychle odvedena. Doporučuje se také pro rovinné území s velmi nepatrným spádem, který nestačí pro drenáž, dále pro odvodnění nižších lesů, luk a rašelinišť (Prudík, 1961; Jůva, 1964). Tato zařízení se navrhuje obvykle na hranicích, po obvodu zájmových zemědělských pozemků, podél vodních toků a cest, pod terénními zlomy, ke stabilizaci svažitých území atd. (Kulhavý a kol., 2008). Prospěšné je také účelové použití příkopového odvodnění, zejména při kombinaci se závlahou (záchytné a zasakovací příkopy) nebo s protierozní ochranou půdy (Jůva a kol., 1987).

1.1.2 Podpovrchové odvodnění

Podpovrchová drenáž je jednou z nejrozšířenějších zemědělských metod řízení ke zvýšení výnosu plodin v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody nebo špatně odvodněnou půdou (Cho a kol., 2019; Valayamkunnath a kol., 2020). Tyto zemědělské potrubní sítě instalované pod povrchem země nenarušují celistvost pozemků a poskytují mnoho agronomických, ekonomických a ekologických výhod (Koganti a kol., 2020).

Podpovrchová drenáž snižuje přebytečnou vodu z kořenové, vadózní zóny půdního profilu, čímž se zvyšuje infiltrace vody do půdy. Zlepšuje provzdušňování půdy udržováním hladiny podzemní vody v požadované hloubce, zajišťuje vhodné podmínky pro produkci plodin, čímž zvyšuje jejich výnosy. Poskytuje také zlepšenou pevnost půdy pro polní operace (Ritzema, 2014; Kokulan, 2019; Valayamkunnath a kol., 2020). Proto je podstatná část zemědělských pozemků, které jsou ve většině případů náchylné k podmáčení, odkázána právě na umělé odvodňovací systémy. A tak přibližně 11 % světové zemědělské půdy je uměle odvodněno (Kokulan, 2019).

Tato konvenční drenáž, jako technický prvek, se stává z jednoduchých, perforovaných plastových trubek nebo hliněných dlaždic, instalovaných ve vadózní zóně (nenасыcený půdní profil) (Kokulan, 2019; Wit a kol., 2022). Klasická trubková drenáž je obvykle umístěna v hloubce 0,6–1,5 m, někdy až 2 m a sestává z hromadných a vodivých žlabů o vnitřním průměru od 5 do 20 cm. Vzdálenosti mezi hromadnými svody jsou v rozmezí 8–30 m (Racek, 1924; Jůva, 1957; 1964; Prudík, 1961; Tlapáková a kol., 2017; Zajíček a kol., 2018b).

Zmiňované jednoúčelové trubky tedy odvádějí vodu, jež ústí nejčastěji do příkopu, vodního toku, rybníku apod. Ony perforované odtoky, jak je výše popsáno, jsou instalovány v určité hloubce a rozteči, aby se dosáhlo projektované rychlosti odstraňování vody (Kokulan, 2019; Wit a kol., 2022). Obecně v ČR byly navrhovány na specifické odtoky kolem 0,3–1 l/s/ha (s krátkodobými maximy až 3 l/s/ha) (Ministerstvo zemědělství ČR, 2020; Duffková a kol., 2020; Fučík a kol., 2021). Nicméně Kulhavý a kol. (2015a) a Karásek & Nováková (2020) upozorňují na to, že během zimy je stabilní, ale většinou velmi nízký průtok v odtokových drenážích, jenž je následován výrazným zvýšením při tání sněhu v jarních měsících. Onen průtok pak ale klesá v závislosti na vydatnosti vody v daném roce a zejména ve výše položených lokalitách se může až úplně zastavit.

Podle použitého stavebního materiálu a způsobu provedení se rozeznávají drény trubkové, které jsou nejčastější, dále ale také drény dřevěné, kamenné, zemní a krtčí (Jůva, 1964; Jůva a kol., 1987). Právě krtčí drenáže jsou podpovrchové tunely o průměru 5–10 cm, které jsou vydlabané krtčím pluhem, přičemž pod půdou zůstane tunel. Hlavní jejich funkcí je poměrně rychlé odvodnění a provzdušnění půdy, zejména na jílovitých půdách (Prudík, 1961; Ballantine & Tanner, 2013).

Jak již bylo řečeno, existují dva druhy drénů. Sběrné drény neboli křídla přímo odvodňují území. Svodné neboli hlavní drény shromažďují vodu a odvádějí ji k místu vyústění do recipientu (Racek, 1924; Prudík, 1961; Jůva a kol., 1987). Aby se mohl kontrolovat drenážní odtok v místech soutoku svodných drénů, opatřují se tato místa revizními šachtami. Právě tyto vytvářejí podmínky pro řádnou údržbu, kontrolu funkce i bezporuchový provoz drenážního systému. Podle funkce, kterou zajišťují, lze rozeznat normální, kontrolní, spádištní a větrací šachtice (Prudík, 1961; Říha, 1966; Kulhavý a kol., 2008). V místech vyústění se zřizují drenážní výustě, jejichž problematika je popisována např. Říhou (1966).

1.1.3 Regulované odvodnění

Z environmentálního, vodohospodářského i ekonomického hlediska je účinné u všech hydromelioračních staveb uvažovat o jejich víceúčelovém využívání (Kulhavý a kol., 2008). Nejefektivnější hospodaření s vodou na zemědělských pozemcích umožňují odvodňovací systémy rozšířené o mechanismy pro regulaci drenážního odtoku, tedy tzv. řízené odvodňování (Madramootoo a kol., 2007; Kulhavý a kol., 2015b; Vlotman a kol., 2020; Popek a kol., 2021). Hlavním účelem je zmírnit negativní dopady intenzivního odvodňování krajiny, a tedy omezit odvodnění pouze na přebytečnou vodu. Dochází tak ke snížení špičkového odtoku a jeho zadržení, postupné vypouštění a ovládání hladiny podzemní vody pomocí regulačních a retardačních objektů. Jedná se tak o systémy s volitelnou funkcí závlahy i odvodňování zemědělské půdy (Fučík a kol., 2010; Ballantine & Tanner, 2013; Duffková a kol., 2020; Wit a kol., 2022; Zajíček & Fučík, 2022). Jsou specifické v tom, že v odvodňovacím vyústění a šachtách mají umístěny konstrukce pro kontrolu hladiny vody, které nastavují a zpomalují odtok. Manipulaci s hladinou vody umožňují také zařízení na jezích, propustcích v odvodňovacích příkopech a trubkách (Kulhavý a kol., 2015b; Kokulan, 2019; Popek a kol., 2021; Duffková a kol., 2022; Zajíček & Fučík, 2022). Ono snížení drenážního odtoku se v průměru pohybuje od 20 do 70 % a závisí na typu a druhu půdy, sklonu terénu, klimatických poměrech, charakteru přítoku vod, sklonu a uložení drénů, hladině podzemní vody, na typu a managementu stavby aj. (Kulhavý a kol., 2015a; Duffková a kol., 2020). Za příznivých podmínek mohou řízené odvodňovací systémy zadržet 500–2 000 m³ vody na hektar za sezónu (Kulhavý a kol., 2007).

Regulace drenážního odtoku je součástí zásadní inovace drenážních systémů v podmínkách zvyšujících se nároků na hospodaření s vodními zdroji (Kulhavý a kol., 2015a). Tyto vícefunkční drenážní systémy jsou slibným nástrojem pro zlepšení vodní bilance, kvality vody a zvýšení výnosu plodin díky zvýšení hladiny podzemní vody a vlhkosti půdy v důsledku zpomalení drenážního toku. Zejména v kontextu častějších období sucha při klimatických změnách je tímto způsobem možné, a hlavně žádoucí, snížit odtok vody ze zemědělské půdy, krajiny. Lze je také upravit na systémy pro řízené zavlažování, tzn. že by řízené odvodňování se zavlažováním mohlo být životaschopným opatřením k vypouštění, zadržování, ale i doplňování vody (Jůva, 1959; Ballantine & Tanner, 2013; Kulhavý a kol., 2015a; Wit a kol., 2022; Duffková a kol., 2022).

1.2 Vznik a vývoj drenážních systémů

Zemědělské odvodňovací systémy jsou typickým a nedílným prvkem kulturní zemědělské krajiny České republiky. Drenážní systémy zde byly obvykle koncipovány jako kombinace podrobného drenážního odvodnění s povrchovými nebo zatrubněnými odvodňovacími kanály a upravenými drobnými vodními toky. Cílem jejich výstavby bylo získat dostatek orné půdy pro pěstování polních plodin, speciálně obilí. Tradice odvodňování půdy u nás sahá již od 2. poloviny 19. století a pokračovala až do období mezi lety 1960 až 1985 (Kvítek a kol., 2007; Kulhavý a kol., 2015b; Zajíček a kol., 2018a; Zajíček & Fučík, 2022). Většina stávajících odvodňovacích systémů byla vybudována ve 20. století během tří samostatných období. První přišlo krátce před 1. světovou válkou, druhý boom nastal mezi válkami a třetí, zdaleka největší, nastal na začátku 60. let a trval až do revoluce v roce 1989 (Kulhavý a kol., 2007).

Racek (1924) a Vašků (2011) hovoří o tom, že u nás v Čechách byly provedeny první drenážní práce na Třeboňsku na panství knížete Schwarzenberga již v roce 1847. Odvodňování pozemků bylo podporováno státem a již na konci 19. století vedly první úspěšné snahy o zvýšení úrodnosti zemědělské půdy odvodňováním k založení tzv. Vodních družstev. Ta byla složena ze stavebních inženýrů, rolníků a statkářů, kteří pomáhali prosazovat a realizovat velkoplošné odvodňovací systémy. Po vzniku Československa byl v roce 1931 zřízen Státní fond hydrologických meliorací a za výrazné státní podpory proběhla další vlna hydrologických úprav (Tlapáková a kol., 2017; Kulhavý a kol., 2002; 2015b). Odvodňování potrubím se týkalo především dlouhodobě zorněné půdy u nejúrodnějších půd v Polabí a moravských úvalech (Kulhavý a kol., 2007). Tlapáková & Karásek (2013) upozorňují na skutečnost, že počátkem 20. století pojem hydromeliorace zahrnoval veškeré rekultivační, vodohospodářské a kulturně technické činnosti.

Jedno z hlavních úsilí socialistického režimu ve 2. polovině 20. století bylo zaměřeno na intenzifikaci zemědělské výroby. Došlo ke kolektivizaci zemědělské výroby a navázání velké zemědělské spolupráce. Nastala přeměna dosud zatravněných pozemků na ornou půdu. Tím došlo ke změně ve využití půdy a krajinného pokryvu, bez ohledu na možná rizika zhoršení stavu životního prostředí, zejména týkajících se změn ve vodním režimu. Krajina byla vystavena rozsáhlé devastaci přírodních ekostabilizačních prvků, ničení mezí, odvodňování říčních niv a mokřadů. Z důvodu scelování vznikly velké půdní bloky

o velikosti stovek hektarů, které rušily stávající polní cesty. Krajina se tak stala neprůchodnou. A právě v tomto období probíhala největší část výstavby, kdy bylo odvodněno nejvíce půdy, a to zejména v podhorských oblastech a v úpatích vrchovin jako je např. Českomoravská vrchovina. Většina odvodnění byla provedena tzv. systematickou plošnou drenáží a až do 60. let 20. stol. byly drenáže považovány za jednoznačně kladná opatření (Kvítek a kol., 2007; Vašků, 2011; Karásek a kol., 2015; 2018; Tlapáková & Karásek, 2013). Od roku 1954 byly ve vybraných krajích zřízeny Správy vodních toků a meliorací, organizované podle jednotlivých povodí. Obrovskou chybou bylo pak následné zrušení Vodních družstev v roce 1955 (Fiala, 1979).

Až později po roce 1970 se pozornost přesunula na výzkum a výstavbu již výše zmiňovaných vícefunkčních drenážních systémů s řízeným drenážním odtokem, které byly vybudovány zejména ve středním Polabí a na jižní Moravě. Toto období lze považovat za závěrečnou etapu poslední třetí vlny výstavby odvodňovacích systémů v ČR (Kulhavý a kol., 2007; 2015a). Tento rapidní rozvoj výstavby vyvolal potřebu zřízení účelové organizace, která by zajišťovala odbornou správu rozsáhlých majetků státu – drobných vodních toků, vodohospodářských děl s nimi spjatých, či HOZ. Na základě toho v roce 1970 stát založil Státní meliorační správu jako ústřední investorskou a inženýrskou organizaci zabývající se projektováním a výstavbou melioračních systémů, také evidencí a archivací informací potřebných pro jejich údržbu a rekonstrukci. V roce 2001 byla tato organizace transformována na Zemědělskou vodohospodářskou správu (ZVHS), která ovšem byla o deset let později zrušena. V roce 2012 byla agenda částečně převedena Státnímu pozemkovému úřadu (SPÚ) ČR a archivy byly alokovány mezi státní podniky Povodí a Lesy ČR (Kulhavý a kol., 2002; 2015b; Kulhavý, 2016; Tlapáková a kol., 2016; 2017). Dějinný vývoj a legislativní upevnění problematiky odvodnění je popsán v metodice Kulhavého a kol. (2017) *Postupy pro dosažení udržitelnosti hydromelioračních opatření v podmínkách České republiky*.

Co se týče samotné jejich výstavby, tak zpočátku byly hliněné trubky instalovány v ručně kopaných příkopech. Po 1. světové válce se ale projevil nedostatek dělnictva, drahota ruční práce, nutnost urychleného provedení melioračních prací, a proto se přešlo na práci strojovou. Drenáže a upravené vodní toky byly hloubeny pomocí speciálních pluhů, rypadel, fréz, rýhovačů, vyorávačů, drenážních hlubidel, bagrů apod. (Racek, 1924; Jůva, 1959; 1964; Fiala, 1979; Říha, 1966; Jůva a kol., 1987).

1.2.1 Problematika vlastnictví

Změny politické situace v ČR po roce 1989 přinesly významné důsledky jak pro vlastnictví pozemků, tak pro odvodňovací systémy. Do této doby byly totiž upřednostňovány zájmy hospodařícího zemědělského subjektu před zájmy vlastníka pozemku. To zjednodušilo návrh a konstrukci zemědělských odvodňovacích systémů, jelikož se nerespektovaly hranice mezi vlastnickými parcelami. Po roce 1991, v průběhu privatizace, došlo ke změně vlastnictví pozemků zákonem č. 92/1991 Sb. o převodu vlastnictví státu na jiné subjekty, tedy že odvodňovací zařízení (zejména POZ) jsou nově fyzicky majetkem vlastníka pozemku (Kulhavý a kol., 2007; 2015b; Tlapáková & Karásek, 2013; Hydromeliorace, 2022). Pozemky tak byly vydány bez identifikace příslušných staveb odvodnění. Někteří majitelé pozemků dodnes ani nevědí, že jsou také vlastníky POZ na těchto pozemcích. Většina těchto pozemků je ovšem dnes pronajímána a problematika POZ z pohledu vlastníků není nijak řešena. Výhody melioračních systémů by se však měly zohlednit při oceňování pozemku. Tyto skutečnosti dokládá provedené dotazníkové šetření od Kulhavého a kol. (2017).

Stát zároveň prakticky přestal aktualizovat evidenci těchto vodohospodářských staveb. Převážná část staveb odvodnění také nerespektuje členění podle vlastnických vztahů a není evidována v KN. Je tedy třeba nezapomínat na to, že drenážní systém zasahuje vždy několik pozemkových parcel. Mnohdy navíc docházelo i k překrytí těchto starších systémů s novými (Tlapáková & Karásek, 2013; Tlapáková a kol., 2016). Iniciativa VÚMOP, v.v.i. otevřela diskusi k úvahám o obnově Vodních družstev. Ty by mohly vyřešit problém roztržitého vlastnictví pozemků a na nich vybudovaných odvodňovacích staveb, jež by mohly motivovat k investicím do rekonstrukcí a modernizací (Kulhavý a kol. 2017; 2021).

Oproti tomu vlastníkem některých pozemků a většiny HOZ, především svodných a záchytných příkopů, je Česká republika. Ta dříve prostřednictvím Pozemkového fondu ČR pověřila výkonem péče o HOZ právě ZVHS (Kulhavý a kol., 2002; Vopravil a kol., 2008). Od roku 2012 je SPÚ příslušný hospodařit se stavbami využívanými k vodohospodářským melioracím pozemků a souvisejícími vodními díly ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a zákona č. 503/2012 Sb., o SPÚ. Zajišťuje tak správu, údržbu, opravy a provoz HOZ ve vlastnictví státu (Tlapáková a kol., 2021).

1.3 Funkčnost a údržba drenážních systémů

Neméně významným problémem odvodňovacích staveb, který je dnes v ČR často diskutovaný, je jejich funkčnost a stav. Tyto systémy byly obvykle navrženy tak, aby vydržely v průměru 30–40 let, ovšem jejich fyzická doba životnosti bývá mnohem vyšší (Bretfeld a kol., 1984; Říha, 1966; Tlapák a kol., 1992; Zajíček & Fučík, 2022). Současný stav odvodňovacích systémů v ČR nebyl nikdy systematicky plošně sledován. Neexistují proto ucelené materiály popisující stav a funkčnost zemědělských odvodňovacích systémů z hlediska požadavků na opravy a údržbu, nebo stanovení optimálního rozsahu úprav na těchto systémech (Kulhavý a kol., 2015b).

Mezi nejčastější činitele poruchovosti patří prorůstání kořenů, zanášení a ucpání drenážního potrubí, vnikání živočichů do dutiny drénů, sedání odvodněné půdy, působení mrazu, agresivní vody, špatná kvalita prováděcích prací a použitého materiálu, hydraulické poruchy, působení nahodilého/záměrného zatížení, špatné využívání a údržba odvodněných pozemků, poškození drenážních šachet a výpustí atd. (Říha, 1966; Kulhavý a kol., 2007; Fučík a kol., 2010). Vlivem zanedbané údržby HOZ, ale zejména POZ, dochází k omezování až k zastavení jejich funkce. Díky jejich nefunkčnosti následně dochází ke zhoršení vlastností půdy v důsledku nežádoucího podmáčení, inicializaci eroze půdy vodou, které výrazně ztěžuje obdělávání půdy (Vopravil a kol., 2008; Tlapáková & Karásek, 2013; Tlapáková, 2017; Zajíček & Fučík, 2022). Jejich zhoršující se stav je důsledkem absence údržby z důvodu převodu této státní investice na vlastníky pozemků, i přesto že existuje povinnost vlastníka udržovat stavbu v řádném stavu (Tlapáková, 2017; Hydromeliorace, 2022). Také rozsáhlá roztržitost jejich vlastnictví silně omezuje činnost uživatelů při opravách a rekonstrukcích odvodnění pozemků. K zajištění řádného provozu je bezpodmínečně nutná spolupráce všech vlastníků na ucelené ploše jednotlivé stavby (Kulhavý a kol., 2015b; Kulhavý, 2016). Stejně tak chybí dostatečné dotační prostředky ze strany Ministerstva zemědělství ČR a Ministerstva životního prostředí ČR (Kulhavý a kol., 2015b; Tlapáková, 2017).

Jedním z nejdůležitějších opatření je tedy pravidelná údržba drenážních systémů, ovšem v současné době prakticky neexistuje (Vopravil a kol., 2008). Doporučené postupy pro správnou údržbu a opravy drenážních systémů specifikuje např. norma TNV 75 4922.

1.4 Vliv odvodnění na kvalitu podzemních a povrchových vod

V současné době, s rostoucím počtem a účinností čistíren odpadních vod a budováním spolehlivých septiků klesá význam bodových zdrojů znečištění vod a nabývá na významnosti plošné zemědělské znečištění. V obecné rovině platí, že největšími zdroji plošného zemědělského znečištění jsou eroze a vody z drenážních systémů (Tlapák a kol., 1992; Zajíček a kol., 2018a). ČSAZ (1984) zmiňuje, že kvalita podpovrchových i povrchových vod v povodí se zpravidla odvodněním zhoršuje. Výsledky výzkumu kvality drenážních vod dokazují, že oproti původním podzemním vodám z dané hloubky, vykazují drenážní vody vyšší stupeň fyzikálního, chemického i biologického znečištění. Zintenzivněnému procesu vyplavování chemických látek z odvodňované půdy podléhají především látky z průmyslových hnojiv, mateřské látky a metabolity pesticidů (dusík, fosfor, draslík), ale také důležité živiny jako např. vápník, hořčík, železo (Strock a kol., 2010; Zajíček a kol., 2018a; Zajíček & Fučík, 2022; Pomije a kol., 2022). Zajímavý je také poznatek od Bigalke a kol. (2022), kde výzkumné vzorky ukázaly i značnou přítomnost mikroplastů v drenážní vodě.

Vyplavování zejména pesticidních látek je dlouhodobým a v současné době jedním z nejdůležitějších problémů k řešení v oblasti ochrany vod. Rezidua přípravků na ochranu rostlin mohou způsobovat závažné ekotoxikologické problémy jak u terestrické, tak u vodní bioty a zhoršovat jakost vody samotné (Zajíček a kol., 2018a; 2018b). Mezi jejich negativní dopady na životní prostředí se tak řadí zejména nadměrná eutrofizace stojatých a tekoucích vod (Tlapák a kol., 1992; Madramootoo a kol., 2007; Lavrić a kol., 2018; Marval a kol., 2019; Moloney a kol., 2020). Znečištění je přikládáno tomu, že voda při průchodu půdou může působit tak, že „odfiltruje“ některé kontaminanty během přepravy do podpovrchových drenáží (Ballantine & Tanner, 2013; Duffková a kol., 2022). Drenáž v zásadě zvyšuje provzdušnění půdního profilu a tím podporuje mineralizaci organické hmoty a snižuje např. denitrifikaci v dříve podmáčených půdách. Tímto způsobem drenáž zvyšuje vyplavování řady znečišťujících látek, zejména pod ornou půdou s lehčí texturou půdy (Fučík a kol., 2008). Intenzita vyplavování chemických látek z drénované půdy závisí na řadě přírodních i antropogenních faktorů. Jsou to především roční úhrn srážek, druh půdy, její struktura, pH, nasycenost sorpčního komplexu, sklon terénu, agrotechnika, vegetační pokryv a roční období (ČSAZ, 1984; Fučík a kol., 2008; Moloney a kol., 2020).

Řada studií zdůrazňuje potřebu začlenit hydrologii drenáží a jejich vzorkování do monitorovacích programů ve větších povodích i do politiky ochrany životního prostředí (Zajíček a kol., 2018b). Proto v současné době probíhají práce na návrzích technických a přírodě blízkých opatření, která by významně snížila riziko znečištění vodních zdrojů podpovrchovým odtokem a regulovala nadměrný odtok drenážní vody. Unikátní katalog opatření je tak k dispozici od Fučíka a kol. (2010), Kulhavého a kol. (2013) a Zajíčka a kol. (2021).

Obecně mezi tyto nejúčinnější opatření patří zatravnění infiltrační zdrojové oblasti drenážního systému. Právě řada výzkumných studií prokázala, že záměrným zatravněním orné půdy došlo k pozitivnímu vlivu na kvalitu drenážní vody. Travní porosty mají totiž významnou mimoprodukční funkci, kdy dokážou celoročně absorbovat a využívat větší množství živin než polní plodiny (Kvítek a kol., 2007; Vopravil a kol., 2008; Zajíček a kol., 2018a; 2018c). Dobře známé jsou také studie, které uvádějí různé typy řízené drenáže (viz podkapitola 1.1.3) a její pozitivní účinky na snížení drenážního odtoku a zmírnění koncentrací rozpuštěných látek (Ballantine & Tanner, 2013; Kulhavý a kol., 2015a; Zajíček a kol., 2021). Také hospodaření s drenážními vodami musí být považováno za nedílnou součást agronomického managementu. Svou roli zde tak hraje řízení živin, zavlažování, obhospodařování půdy, výsadba meziplojin, střídání plodin, ochrana proti škůdcům, změny ve využívání půdy, v hnojení atd. Jako další ochranná opatření pro zlepšení kvality drenážních vod mohou být různé drenážní filtry, kořenové čistírny, kompenzační nádrže, bioreaktory aj. (Madramootoo a kol., 2007; Vopravil a kol., 2008; Strock a kol., 2010; Fučík, 2010; Zajíček a kol., 2021).

V poslední době se též vynakládá velké úsilí na hledání možností efektivního dočištění vod znečištěných zemědělskou výrobou. Jako nadějná se jeví metoda biologického čištění v menších nádržích rybníčního typu pomocí makrofyt (ČSAZ, 1984). Zejména uměle vybudované mokřady se v mnoha zemích již dlouho používají k úpravě kvality vody ze zemědělské drenáže. Jejich účinnost při čištění drenážní vody závisí na řadě faktorů, od klimatu přes hydraulické zatížení a dobu zdržení, přes přispívající oblasti a charakteristiky přítoku až po ekologickou komunitu mokřadů. Obecně také plní důležitou regulační, hydrologickou funkci a zároveň tvoří cenná přírodní stanoviště aj. (Madramootoo a kol., 2007; Strock a kol., 2010; Lavrić a kol., 2018; Vlotman a kol., 2020; Fučík a kol., 2021; Zajíček a kol., 2018a; 2021).

1.5 Význam odvodnění

Drenážní odvodnění, jako jedno z melioračních opatření, je u nás ve společnosti vnímáno diametrálně odlišně z hlediska pohledu vlastníka pozemku, hospodařícího zemědělce, správce vodního díla nebo ekologa (Tlapáková, 2017). Tradiční odvodňovací systémy na zemědělských půdách byly navrhovány pro jednoúčelové odvádění přebytků vody z pozemků, ovšem v současné době, v době klimatické změny je jejich funkce vnímána jako kontraproduktivní a nežádoucí (Kulhavý a kol., 2015a).

Tato cílevědomá lidská činnost má vedle záměrných vlivů zjevnou řadu vedlejších účinků, které lze podle úhlu pohledu hodnotit pozitivně i negativně, které popisuje Kulhavý a kol. (2013). Argumenty ve prospěch odvodnění půdy shrnuje Jůva (1957). Argumenty proti odvodnění se začaly objevovat až od 70. let 20. století. Řada výzkumů totiž potvrdila, že odvodněním se zvyšuje podíl celkového odtoku na vodní bilanci krajiny, snižuje se zásoba podzemní vody, čímž je zemědělská krajina sušší (Kulhavý a kol., 2007; 2017). Požadavky zemědělců na masové odvodnění v nedávné minulosti také přispěly k tvorbě rozlehlých zemědělských půdních celků a způsobily likvidaci četných prvků ekologické stability krajiny (Tlapák a kol., 1992). Toto nadměrné odvodňování je dnes pranýřováno zejména v ekologicky cenných oblastech, kde se často setkáváme i s kritikou ochránců přírody. V současné době se často hovoří i o tom, že drenáže byly často aplikovány na nevhodných lokalitách, kde jsou dnes nadbytečné a nežádoucí. Právě v minulosti odvodňované plochy orné půdy jsou dnes často již zatravněny, přeměněny na lesy, nebo jinak využívány (Tlapáková & Karásek, 2013; Karásek a kol, 2018). Změny hydrologických poměrů pozorované v současnosti vyžadují hospodárné využívání vody. To se týká vodního hospodářství jak v celorepublikovém měřítku, tak i v měřítku jednotlivých odvodňovacích systémů (Popek a kol., 2021). Při odvodňování je třeba uvažovat nejen hlediska hospodářská, ale také hlediska ochrany přírody. Zásadou by mělo být neodvodňovat všechno, nevysušovat, ale regulovat, neznečišťovat vodní zdroje, upravit vlastnosti odvodňovaných půd (Tlapák a kol., 1992).

Je důležité nezapomínat i na to, že kvůli výstavbě drenážních systémů docházelo k rozsáhlým úpravám, napřimování vodních toků a degradaci břehových ekosystémů. Tyto úpravy vodních toků popisují (Jůva, 1964; Jůva a kol., 1987; Tlapák a kol., 1992) a jejich negativní důsledky jsou zaznamenány Fialou (1979).

1.5.1 Z pohledu problematiky sucha

Za jedno z nejvýznamnějších témat současnosti lze považovat klimatickou změnu a její dopady na společnost a krajinu. Zvyšuje se teplota vzduchu, společně s tím i evaporace a evapotranspirace a vzrůstá extremita srážek. Díky tomu vzniká rychlý, nadbytečný a nezadržovaný odtok vody z krajiny. Toto lze považovat za změny, na které je potřeba se adaptovat. A právě zemědělské půdy disponují značným retenčním i filtračním potenciálem (Kulhavý a kol., 2015a; 2021; Kvítek, 2020). Aktuálním tématem v ČR je identifikace lokalit nevhodných pro zemědělskou výrobu, ale potenciálně vhodných pro výstavbu retenčních nádrží a mokřadů (Karásek a kol., 2018). Ministerstvo zemědělství také vytvořilo plány k využití meliorací pomocí realizací adaptačních opatření s cílem jejich přizpůsobení se lépe hospodařit s vodou v rámci zemědělství (Kulhavý a kol., 2021).

Dle Ministerstva zemědělství ČR (2020), Kulhavého a kol. (2021) a Duffkové a kol. (2020) je žádoucí drenážní odtok v maximální míře regulovat, proto jsou doporučena následující hlavní adaptačních opatření na drenážích a příkopech:

- systémy přebudovat na tzv. regulační systémy, které v období sucha vodu zadržují,
- eliminovat části stávajících systémů, což je finančně nákladné a vhodné jen tam, kde je systém nefunkční, nebo kde neměl být zřízen (dnešní zatravněné pozemky),
- systémy doplnit o retenční nádrže či mokřady s možností akumulace a dočištění drenážních vod a následným znovuvyužitím např. pro závlahu či infiltraci,
- provést celkovou rekonstrukci systému, což je drahé a možné jen v malém rozsahu.

Trend zakládání mokřadů zažívá v současnosti expanzi, ovšem musí být zbudován v souvislosti s existencí zaústění drenážního odvodnění. Bohužel bez znalosti této souvislosti je každý „bažák, kachňák“ na poli pasován do kategorie mokřad (Tlapáková a kol., 2016; Lavrníček a kol., 2018; Kvítek, 2020). O opětovném použití drenážní vody pro zavlažování a obecně problematikou závlah se zabývají (Jůva, 1959; Madramootoo a kol., 2007; Duffková a kol., 2020; Vlotman a kol., 2020). Při srážkoodtokových událostech je také třeba zachytit vodu na zemědělských pozemcích, nejlépe v jejich horních částech, kde jsou propustné půdy a hladina podzemní vody se nachází ve větší hloubce, např. pomocí záchytných příkopů a průlehů, pásů trvalých travních porostů (TTP) (Kvítek, 2020). Potenciálně nejlepší možností zadržování vody v území je přeměna orné půdy na TTP (Karásek a kol., 2015; Zajíček a kol., 2018c).

1.5.2 Z pohledu pozemkových úprav

Většina současných pozemkových úprav (PÚ) v ČR se zabývá necitlivými zásahy člověka do krajiny ze 2. poloviny 20. století (Karásek a kol., 2018). I přesto, že za posledních 20 let jejich existence je laická veřejnost často vnímala pouze jen ve smyslu terénních úprav či pozemkové reformy („vyvlastnění“), tak mají kolosální význam pro venkovský prostor (Podhrázská a kol., 2018; Karásek a kol., 2018). PÚ dnes upravuje zákon č. 139/2002 Sb., dle něj mají být vytvořeny nejenom vhodné podmínky pro racionální hospodaření, ale zároveň zlepšena ochrana životního prostředí a půdního fondu, stav vodního hospodářství a ekologická stabilita krajiny. Díky realizacím jednotlivých prvků plánů společných zařízení (PSZ) lze významným způsobem ovlivnit tvář české venkovské krajiny. Tato zařízení sestávají z opatření, která zpřístupňují pozemky, „bojují“ se suchem, povodněmi a současně dokáží zamezit zrychlené erozi půdy a zhoršování jakosti vod v zemědělských povodích (Podhrázská a kol., 2018; Ministerstvo zemědělství ČR, 2020). Oproti předchozím obdobím, kdy byla prioritou retence vody, je pro následující období prioritou akumulace vody a její další efektivní využití v krajině. Součástí řešení PÚ je tak i návrh a realizace závlah a zabezpečení zdroje závlahové vody s ohledem na aktuální potřeby a požadavky (Ministerstvo zemědělství ČR, 2020). PÚ by tak mohly být účinným nástrojem z hlediska zadržování vody v krajině, ovšem jejich hlavní prioritou je výstavba polních cest. Problémem jsou i chybějící pozemky pro realizaci vodohospodářských opatření a finanční zdroje (Kvítek, 2020).

Při zpracování komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) však doposud nebyly stavby odvodnění náležitě řešeny, ačkoliv při realizaci opatření často dochází k jejich dotčení a negativnímu ovlivnění (Tlapáková a kol., 2016). Právě plán Mze propojuje adaptace hydromeliorací a pozemkové úpravy. Jedním z plánovaných inovativních postupů v PÚ tak je zahrnutí systémů zemědělského odvodnění do jejich řešení. Jak SPÚ, tak i VÚMOP by měli koordinovanými aktivitami tuto problematiku řešit. Předpokládá se tedy, že se proces PÚ rozšíří o zajištění dostupné projektové dokumentace a prostřednictvím DPZ se zmapuje skutečný rozsah a umístění POZ a HOZ. Mělo by tak dojít k dokončení digitální podoby evidence hydromeliorací, která nyní není, nebo neodpovídá skutečnosti. Mělo by se také jednat o transparentní směny pozemků v rámci jejich nového uspořádání. V neposlední řadě by se měl posoudit jejich technický stav, vyhodnocení potřebnosti a v případě nutnosti se navrhne i adaptační opatření na odvodňovacích systémech v rámci PSZ (Marval a kol., 2020b; Ministerstvo zemědělství ČR, 2020; Tlapáková a kol., 2021).

1.6 Mapování drenážních systémů

Obecně platí, že prostorové informace o drenážním systému jsou nezbytné pro studium vlivu podpovrchového odvodnění na růst rostlin, kvalitu půdy, zatížení živinami apod. Také jsou důležité z hlediska hydrologického modelování, předpovídání povodní, analýzy vodní bilance, modelování klimatu, prostorové a časové změny ve výnosu plodin, osevního vzorce, evapotranspirace aj. (Valayamkunnath a kol., 2020). Nutnost přesného umístění stávající drenážní sítě je také zásadní pro pochopení výskytu znečišťujících látek ve vodních tocích. Informace o vedení drenáží vyžadují i zemědělci při instalaci nových drenážních potrubí a při zahájení jejich oprav a modernizace (Fučík a kol., 2008; Naz a kol., 2009; Koganti a kol., 2021). Stejně tak pro návrhy přírodně blízkých a technických opatření na zemědělské půdě, která by reagovala na dynamiku klimatu, je nutná znalost prostorového rozmístění jednotlivých prvků staveb odvodnění, a to především drenážních výústí (Marval a kol., 2020a; Zajíček & Fučík, 2022). Například také (Allred a kol., 2004; TNV 75 4922, 2016) pojednávají o tom, že před zahájením stavebního projektu na současné nebo bývalé zemědělské půdě je potřebné najít podpovrchové odvodňovací potrubí. Často je totiž nutná jejich úprava, aby se předešlo problémům se zadržováním vody na povrchu v důsledku neúmyslného poškození zakopané drenážní trubky. Znalost reálné polohy a rozsahu drenážních sítí je tedy nezbytným podkladem pro evidenci systémů odvodnění v terénu, srovnatelným s ostatními inženýrskými sítěmi a stavbami, které jsou v krajině plně respektovány a zohledňovány (Tlapáková a kol., 2016; Fučík a kol., 2021). Tlapáková a kol. (2021) se také snaží poukázat na již dostupná, nebo možnosti nového pořízení dat týkajících se staveb odvodnění, které budou řešeny při PÚ. V dobách minulých se tradičně k lokalizaci linií drenáží na polích používaly ruční techniky sondování drenáží. Ovšem aplikace oněch sond byla časově náročná, zdlouhavá a obtížně se uplatňovala ve velkých prostorových měřících. Dále se také využívala těžká rýhovací zařízení, která byla účinná, ovšem způsobovala četná poškození terénu a potrubí, což následně vyžadovalo radikální opravy (Allred a kol., 2004; 2018; 2020; Naz a kol., 2009; Koganti a kol., 2020). Dnes řešení tohoto problému mohou poskytnout různé metody, které se v současnosti používají pro aplikace v oblasti životního prostředí a stavebního inženýrství (Allred a kol., 2004; Karásek & Nováková 2020). Jedná se o efektivní a nedestruktivní techniky, proximální i vzdálené, běžně používané pro studie snímání půdy a plodin (Tlapáková, 2017; Allred a kol., 2018; Koganti a kol., 2021).

1.6.1 Metody nadzemního průzkumu

Metoda mapování podpovrchových drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země (DPZ) je efektivním přístupem zajišťujícím pořízení aktuální a přesné digitální dokumentace polohy a funkčnosti drenážních systémů v terénu. Dálkový průzkum využívá spektrálního chování zaznamenaného povrchu země, vlastností senzoru a konkrétních atmosférických podmínek (Tlapáková a kol., 2015; 2017; Tlapáková, 2017). Detekovatelnost signatur DS je založena na skutečnosti, že povrch půdy přímo nad odtokovým potrubím má tendenci schnout rychleji, je tedy sušší než povrch půdy mezi odtokovými potrubími. V důsledku toho mohou být světlejší stínované prvky suchého povrchu půdy, díky vyšší odrazivosti, reprezentativní pro odvodňovací linie. Tato metoda je tedy založena na pedoindikaci a fytoindikaci (Naz a kol., 2009; Tlapáková a kol., 2015; Cho a kol., 2019; Valayamkunnath a kol., 2020; Allred a kol., 2020).

Správná aplikace této metody v různých oblastech vždy vyžaduje přizpůsobení místním podmínkám (např. meteorologické vlivy, typ půdy a úroveň její vlhkosti, vegetační pokryv, pěstované plodiny, způsob hospodaření, vodní režim, funkčnost a stav DS atd.) (Tlapáková a kol., 2016; 2017). Doporučuje se tak načasování průzkumů provádět pouze mimo vegetační období, tedy na holé půdě a dva až tři dny po srážkách, které by měly být větší než 25 mm. Je třeba si dát také pozor na lineární prvky v krajině, které vznikly v důsledku výsadby, sklizně, zpracování půdy, hnojiv apod. Tyto lineární prvky totiž mohou zkomplikovat identifikaci jednotlivých linií drenážních systémů, mohou být totiž vzájemně zaměněny (Naz a kol., 2009; Cho a kol., 2019; Valayamkunnath a kol., 2020; Allred a kol., 2020; Koganti a kol., 2021).

Pro identifikaci jsou prioritně používány optické metody DPZ – panchromatické a spektrozónální snímky, které jsou pořízené z různých výšek a kamerových nosičů. (Tlapáková a kol., 2013). Z hlediska jednotlivých nosičů lze použít širokou škálu obrazových dat dle využití kompatibilních kamer – viditelná barva, multispektrální a termální infračervené (Tlapáková a kol., 2017; Allred a kol., 2020; Duffková a kol., 2022). Vzhledem ke specifické tepelné kapacitě vody může mít půda nad drenážním potrubím rozdílnou teplotu než půda mezi drenážními potrubími. Mohou také existovat rozdíly v emisivitě mezi vlhkými a suchými půdami. Tyto rozdíly lze tak nejlépe detekovat pomocí infračervených leteckých snímků (Allred a kol., 2020; Koganti a kol., 2021). Obdobně Tlapáková a kol. (2015; 2017) shledávají jako nejvhodnější barevné

infračervené snímky. Drenážní systémy jsou na nich obvykle zobrazeny s vyšším kontrastem a prostorovou ostrostí. Mají rovněž lepší informační hodnotu, a to díky jejich vysoké citlivosti na obsah chlorofylu ve vegetaci a na obsah vody v půdě.

Z hlediska výškového pořízení snímků je možné detekovat umístění drenážních systémů na satelitních, leteckých snímků a snímků bezpilotních letounů, potažmo dronů. *Satelitní snímky* nabízejí možnost pozorovat časové změny povrchových podmínek ve velkém prostorovém rozsahu (Cho a kol., 2019). Dochází ovšem k hrubšímu rozlišení satelitních snímků, které následně omezuje schopnost určit oblasti, které jsou potenciálně odvodněny. Proto většina studií analyzovala letecké snímky z pilotovaných letadel nebo vrtulníků a z bezpilotních letounů za účelem studia podpovrchových odvodňovacích systémů. *Letecké snímky* s vysokým rozlišením se v řadě případů ukázaly jako slibné při hledání polohy DS, ačkoli shromažďování takových snímků je poměrně nákladné. Jsou také vhodné pro větší územní celky. Naproti tomu *snímky bezpilotních letadel, dronů* jsou cenově dostupnější a mohou poskytnout řešení problému mapování odvodnění ve vysokém prostorovém rozlišení. Bepilotní letouny jsou velice flexibilní a spíše vhodné pro snímkování menších územních celků (operativní, zohlednění variability podmínek). Ovšem hlavní jejich výhodou je, že poskytují možnost prohlédnutí pořízených snímků ihned v terénu po přistání (Tlapáková a kol., 2016; Ministerstvo zemědělství ČR, 2020).

Všechny tyto snímky získané pomocí DPZ se běžně používají i k zobrazení prostorových změn stavu plodin (např. jejich zdraví a stres), růstu, výnosů a podmínek plodin za pomoci vegetačních indexů. Rovněž se často využívají v precizním/přesném zemědělství a pro účely monitoringu závlah (Zhang a kol., 2014; Duffková a kol., 2020; 2022). Zatímco přístupy snímkování pomocí DPZ umožňují cílené studium drenážních systémů, jsou obecně drahé a mohou být omezeny počasím a dostupností zdrojů (Zhang a kol., 2014; Cho a kol., 2019).

Pro identifikaci drenážních systémů jsou ověřovány i další nadzemní metody. Např. radiolokační, která vyžaduje speciální vybavení a náročné způsoby zpracování dat. Nebo také termovizní snímkování, které je ale výrazně limitováno lineárními prvky, aplikací hnojiv, rozdíly ve vlhkosti půdy a vykazuje vysoké nároky na speciální snímací techniku (Tlapáková a kol., 2013).

1.6.2 Metody pozemního průzkumu

- **Zemí prostupující radar (Pozemní penetrační radar)**

Metoda pozemního penetračního radaru je založena na měření uplynulého času průchodu elektromagnetického impulsu, který byl vysílací anténou emitován pod povrch. Elektromagnetický impuls se částečně odráží od rozhraní a od předmětů ležících pod úrovní terénu a vrací se na povrch, kde je přijímán přijímací anténou, která tedy přijímá odraženou a rozptýlenou energii (Allred a kol., 2004; 2018; Karásek & Nováková 2020; Koganti a kol., 2020). Drenážní trubky se pak na radargramu zobrazují jako hyperboly ve vertikálních profilech získaných podél kolmého transektu vzhledem k orientaci drenážní trubky. Radar pracuje ve frekvenčním rozsahu 10 MHz až 1 GHz (Koganti a kol., 2021) a konkrétně v podmínkách České republiky dosáhla nejlepších výsledků frekvenční anténa 500 MHz (Karásek & Nováková 2020). V řadě studií se ale nejčastěji používají antény s frekvenčním rozsahem 250 MHz (Allred a kol., 2018).

V případě mapování drenážního potrubí je detekovatelnost způsobena kontrastem relativní dielektrické permitivity mezi materiálem uvnitř drenážního potrubí (vzduch/voda) a materiálem obklopujícím drenážní potrubí (půda) (Koganti a kol., 2021). Samotný materiál potrubí nemá na identifikaci žádný významný vliv (Allred a kol., 2018; Karásek & Nováková 2020). Tento zemí prostupující radar může poskytnout cenné informace o hloubce drenážního potrubí. Naopak sběr a interpretace dat na velkých zemědělských plochách je nákladná. Také zemědělské půdy, které mají vysokou elektrickou vodivost, mohou omezit pronikání signálu radaru (Koganti a kol., 2021). Hloubka průniku radarového signálu a rozlišení jsou ovlivněny frekvencí antény a také faktory souvisejícími s elektrickou vodivostí a permitivitou studovaného prostředí, jako je např. vlhkost půdy, obsah jílu, salinita a množství oxidu železa (Allred a kol., 2004; 2018; Karásek & Nováková 2020; Koganti a kol., 2020).

Drenáže jsou nejlépe identifikovány, když obsahují vzduch a okolní půda je vlhká (kontrast permitivity je maximální) (Karásek & Nováková 2020; Koganti a kol., 2021) Tento radarový systém má dle řady výzkumů průměrnou účinnost 60–81 %, pokud jde o detekci zakopaných zemědělských drenážních trubek do hloubky přibližně 1 m (Allred a kol., 2004). Největší zájem je o tuto geofyzikální metodu věnován v USA, kde dle výzkumu Karásek & Novákové (2020) byla nejlepší viditelnost drenážních linií pozorována při tání sněhu.

- **Geomagnetický průzkum**

Geomagnetické měření využívá přístroje, zvané magnetometry, k měření zemského magnetického pole. Jemné drobné anomálie v měřeném magnetickém poli mohou naznačovat přítomnost předmětu pohřbeného pod povrchem. Gradiometry jsou pak lépe uzpůsobeny pro zdůrazňování anomálií magnetického pole z mělkých zdrojů. Ty mají přístrojovou sestavu, ve které jsou dva magnetometry namontovány v krátké vzdálenosti (<1 m) od sebe, aby bylo možné měřit gradient magnetického pole mezi nimi. Samotný geomagnetický průzkum zahrnuje provádění měření pomalým tempem chůze podél paralelních transektových linií v rámci zkoumané obdélníkové sítě. Tato geofyzikální metoda není příliš užitečným nástrojem pro hledání podpovrchových drenážních trubek (Allred a kol., 2004).

- **Elektromagnetický průzkum**

Elektromagnetická indukce obvykle využívá přístroj nazývaný konduktoměr. Tato geofyzikální metoda je založena na principu měření elektrické vodivosti půdy a je používána ke zkoumání vlastností půdy (Doolittle a kol., 2014). Na jednom vývodu od zdroje proudu je umístěna vysílací anténa, která primárním silovým polem indukuje v hledaném potrubí elektrický proud. Vytvořené sekundární magnetické pole se zachycuje přijímací anténou (Kulhavý a kol., 2008).

Zmapované lineární anomálie, pokud jsou přítomny, pak mohou indikovat přítomnost podzemního drenážního potrubí. Průzkum elektromagnetického indukčního pole zahrnuje provedení měření při pomalém tempu chůze za určité frekvence současně podél paralelních transektových linií orientovaných navzájem kolmo v rámci zkoumané obdélníkové sítě. Naměřenou odezvu ovlivňuje několik faktorů, včetně frekvence primárního pole, podmínky vlhkosti půdy, obsah jílu a salinity, mineralogie, obsah vody v půdě, objemová hmotnost, organická hmota a teplota půdy atd. Hloubka měření je ovlivněna vzdáleností mezi anténami, frekvencí vyzařovaného elektromagnetického pole a výškou senzoru nad půdou (Allred a kol., 2004; Doolittle a kol., 2014). Tato metoda se široce používá v zemědělství k mapování variability půdy z hlediska živin, úrodnosti a také k mapování salinity s přiměřenou přesností (Doolittle a kol., 2014).

- **Rezistivita**

U tradiční odporové metody je elektrický proud přiváděn mezi dvě elektrody zasazené do země, zatímco napětí je současně měřeno mezi jedním nebo více samostatnými páry zasazených elektrod. Proud, napětí a konfigurace elektrody se pak použijí k výpočtu hodnoty odporu půdy (převrácená hodnota elektrické vodivosti půdy). Anomální „zdánlivé“ hodnoty odporu půdy jsou pak potenciálním indikátorem drenážního potrubí. Průzkum zahrnuje provedení měření pomalým tempem chůze podél paralelních transektových linií v rámci zkoumané obdélníkové mřížky pokrývající studijní oblast. Nicméně se nezdá, že by tato geofyzikální metoda měla schopnost detekovat podzemní drenážní potrubí (Allred a kol., 2004). Tato metoda není účinná při lokalizaci kovových trubek, protože kovová tělesa se mohou jevit jako odporová při nízkých frekvencích kvůli jejich polarizaci (Kulhavý a kol., 2008).

- **Termovize ruční termokamerou**

Pomocí termokamery dochází k infračervenému zobrazování, které detekuje intenzitu tepelného záření v rozsahu elektromagnetického spektra pro vytvoření obrazu – termogramu. V tomto případě je předpokladem pro užití této metody skutečnost, že teplota drenážní vody a teplota vody v povrchovém toku jsou rozdílné, zejména v létě a v zimě. Termografickým snímkováním po délce vodního toku lze identifikovat oblasti s náhlou změnou teploty, která identifikují místa přítoku drenážní, či povrchové vody do vodního toku. Pro provedení monitoringu se jeví nejlépe začátek zimy, kdy recipient není zamrzlý, avšak jeho teploty klesají k 0 °C a drenážní voda si drží teplotu přibližně v rozmezí 4–8 °C. Aktuálně je tato metoda využívána zejména z hlediska identifikace potenciálních zdrojů znečištění povrchových toků (Marval a kol., 2019; 2020a; 2020b). Dle odborníků tedy došlo ke zjištění, že termografie představuje možnou alternativu identifikace drenážních výustí. Tato metoda je v praxi blíže objasněna v kapitole 4.

- **Telestézická indikace**

Drenážní linie lze zjistit i podle detekce telestézickou indikací (proutkaření) (TNV 75 4922, 2016). Ukázkou této speciální metody popisuje Tlapáková a kol. (2016) a to zejména z pohledu zaměření na indikaci svodných drénů na plochách s výskytem zamokřených ploch z důvodu změněné funkčnosti DS pro potřeby jejich oprav.

- **Pedoindikační a fytoindikační princip**

Uložení drénů také indikuje na povrchu terénu odlišné zbarvení půdy a vývoj porostu (Bretfeld a kol., 1984; Kulhavý a kol., 2013). Umístění drenáží v terénu lze přibližně stanovit na základě diferencí ve vegetačním krytu a vlhkosti půdy. Z hlediska vegetačního krytu se jedná o zbarvení, výšku, vitalitu, hustotu porostu zejména u trvalých travních porostů v růstové fázi před sečí. Co se týče vlhkosti na plochách holé orné půdy, tak zde je charakteristická sušší, rychleji vysychající půda v liniích drénů oproti okolnímu terénu (Říha, 1966; TNV 75 4922, 2016). Samotná zemina drenáže se často liší od okolní zeminy z důvodu dlouhodobých změn hydrofyzikálních vlastností (propustnost, pórovitost a objemová hmotnost, obsah organické hmoty, teplotní vodivost aj.) (Tlapáková a kol., 2015). Velmi důležitým faktorem je nejenom vlhkost a fenofáze plodin, ale také množství srážek, teplotní podmínky a související agrotechnické zásahy, zejména hnojení (Tlapáková a kol., 2016; Tlapáková, 2017). Tato technika může být využita metodami DPZ, tak i pomocí mobilního pozemního zařízení s připevněnou kamerou ve výšce.

- **Tradiční vyhledávací průzkum**

Tradiční vyhledávací průzkum v terénu probíhá podle umístění dohledaných objektů drenážního systému (šachtice, drenážní výusti apod.) a případně jejich odměřením podle projektu nebo prováděcího výkresu (Tlapáková a kol. 2013; Kulhavý a kol., 2021; Hydromeliorace, 2022). Například poloha sběrného drénu se zjišťuje odměřením rozchodů od drénu polohově známého (TNV 75 4922, 2016). Může také dojít k přímému odkopu pro ověření faktické hloubky uložení, materiálu i stavu odvodňovací stavby (Fučík a kol., 2021). Tato metoda je blíže nastíněna v podkapitole 3.1.

- **Doplňkové metody**

Lze použít i další doplňkové metody, které rovnou zhodnotí i stav sledovaného díla. Jedná se o zpětné trasování drenáží od výpustí a šachet pomocí čistících drátů, hydraulických čističů a kamer (Kulhavý a kol., 2007). Například vizuální prohlídka, která se provádí pomocí pohybu inspekčních videokamer v drenáži je řízena ze servisního vozidla, kde se stav podzemního vedení sleduje na monitoru (Kulhavý a kol., 2008). Je možné také využít metody založené na akustickém vlnění, seismicitě, nebo další okrajové metody (Tlapáková a kol., 2013).

1.6.3 Metody nepřímé

- **Historické letecké snímky**

Archivní letecké měřické snímky (ALMS) představují unikátní informační zdroj pro zjištění skutečného umístění DS v terénu. Vynikajícím podkladem je tak aplikace Odpovím, obsahující archiv leteckých snímků se zachycenými melioracemi, nebo je možné navštívit přímo archiv ČUZK (Šafář & Tlapáková, 2018; Fučík a kol., 2021). Např. právě Šafář & Tlapáková (2018) se snaží o propojení databáze odvodněných ploch na dostupných eagri.cz a databáze skenovaných negativů ALMS. Tato metoda je dále popsána v podkapitole 3.2.

- **Místní pamětníci**

Poloha liniového podzemního objektu v terénu se také může určit i podle údajů místních obyvatel, pamětníků, nebo na územně příslušných zemědělských podnicích (TNV 75 4922, 2016; Hydromeliorace, 2022). Neopomenutelná je i osobní znalost, paměť pracovníků bývalé ZVHS, kteří se nějakým způsobem podíleli na výstavbě odvodňovacích systémů (Kulhavý a kol., 2002).

- **Původní projektová dokumentace**

Dalším jedinečným zdrojem informací jsou projektové dokumentace a technické zprávy staveb odvodnění. Jde o unikátní podklady jejich rozsahu, zásadní evidenci, která je dnes podmínkou pro efektivní realizaci údržby, oprav a rekonstrukcí těchto staveb odvodnění. (Kulhavý a kol., 2002; Tlapáková & Karásek, 2013; Hydromeliorace, 2022). Velmi často ale nedocházelo k dodržování projektu při výstavbě, tzn. že současný stav odvodňovacího systému plně neodpovídá původní projektové dokumentaci. Velké množství těchto projektů bylo také ztraceno, či je jejich evidence neúplná. I přesto jsou údaje uvedené v původní projektové dokumentaci zcela zásadní a nenahraditelné (Vašků, 2011; Karásek a kol., 2015; Šafář & Tlapáková, 2018; Kulhavý a kol., 2021).

Současná situace s dohledáním konkrétních archiválií ke stavbě odvodnění je velice obtížná, časově náročná s nejistým výsledkem. V mnoha případech totiž nelze nalézt požadovanou podrobnou dokumentaci rozsahu dokončeného odvodnění (Tlapáková & Karásek, 2013; Tlapáková a kol., 2017). Tyto dokumentace ve většině

případů nebyly novým vlastníkům (v rámci restitucí podle zákona č.92/1991 Sb.) předány, pokud o ně sami nepožádali původního správce ZVHS (Hydromeliorace, 2022). Za posledních dvacet let tak došlo k jejich předávání do různých archivů okresních pracovišť a dílčích povodí z důvodu reorganizace ZVHS. Projektové dokumentace jsou aktuálně k dohledání na Státním pozemkovém úřadě a v archívech územně příslušných pracovišť podniků Povodí nebo Lesů ČR (Kulhavý a kol., 2002). Je velice potřebné projektovou dokumentaci staveb odvodnění uvést do digitální podoby, ať již pro identifikaci rozsahu a stavu staveb odvodnění, nebo pro efektivní návrhy opatření na těchto stavbách či v jejich návaznosti (Ministerstvo zemědělství ČR, 2020; Kulhavý a kol., 2021). Tato metoda je diskutována i v podkapitole 3.3.

- **Jednotná geodatabáze drenážních systémů v ČR**

Hlavním zdrojem informací o zřízených odvodňovacích systémech byly archivy bývalé ZVHS, které uchovávaly projektovou dokumentaci konstrukcí. ZVHS tak vytvořila Územní informační systém závlahových a odvodňovacích staveb, který se skládal z databáze a papírových map a návrhů pro POZ a HOZ (Kulhavý a kol., 2015b). V rámci zpracování této digitální vektorové vrstvy byly ručně zakreslené polygony odvodňovaných ploch z mapy v měřítku 1:10 000. Podrobnější informace o jednotlivých sběrných drénech digitalizovány nejsou. Kromě nesrovnalostí zjištěných v uváděných letech výstavby existují také výrazné rozdíly v parametrech prostoru a tvaru odvodňovaných území. V řadě případů také nebylo možné získat původní projektovou dokumentaci z důvodu neúplnosti archivů, či nedostatku záznamů o odvodňovacích systémech vyššího stáří. Tato datová vrstva je tedy velmi zobecněná, nepřesná, plná chyb, neaktualizovaná a neobsahuje všechny odvodněné oblasti. I přesto, že se jedná o jedinou digitální vrstvu odvodnění, lze ji považovat pouze za orientační podklad pro prostorové určení odvodňovacích staveb (Tlapáková & Karásek, 2013; Karásek a kol., 2015; Fučík a kol., 2021; Tlapáková a kol., 2021).

Míru shody reálného rozsahu a polohy staveb s vrstvou ZVHS lze pro ČR přibližně odhadnout mezi 65–85 % (Ministerstvo zemědělství ČR, 2020; Fučík a kol., 2021). Tato vrstva, evidence staveb odvodnění je dnes dostupná ve vrstvě shp. na portále LPIS, k nahlédnutí i na portále SOWAC-GIS, nebo ISVS. V rámci portálu LPIS se ovšem jedná o závazný podklad, který se promítá i do čerpání dotačních titulů a limitů zemědělské praxe (Tlapáková a kol., 2016; Tlapáková, 2017; Šafář & Tlapáková, 2018).

2 METODIKA PRÁCE

Předmětem práce je diskutovat jednotlivé možnosti nalezení umístění drenážních linií, zejména se zaměřením na empirii jejich monitoringu pomocí termokamery a zhodnotit názory a zkušenosti na problematiku identifikace a současného stavu drenážních systémů v zemědělské krajině z pohledu dotázaných respondentů. Bylo potřeba shromáždit vhodné sekundární zdroje informací, které bylo nutné doplnit o vlastní primární výzkum, aby bylo možné docílit stanovených cílů. Literatura zaměřující se po obecné stránce na odvodnění zemědělské půdy pomocí drenáží a otázka jejich využití z hlediska zadržování vody v krajině je v tomto směru na zdroje bohatá. Je třeba ale zmínit, že po stránce metod identifikace drenáží je tato problematika v českém prostředí teprve v počátcích svého výzkumu. V této kapitole je tak popsán postup práce, díky kterému jsem dospěla k výsledkům vymezených tří cílů předkládané diplomové práce. Celý postup je rozdělen do jednotlivých podkapitol a kroků.

2.1 Metodika terénního mapování drenáží

Naplnění prvního cíle probíhalo díky terénnímu průzkumu ve dnech 19. a 20. 2. 2022. Pomocí něj bylo nutné získat potřebné poznatky o odvodňovacích poměrech v zájmových územích. Bylo pracováno se čtyřmi úseky vodních toků nacházejících se v okresech Plzeň-jih a Klatovy. Jednalo se konkrétně o část Petrovického potoka, potoka Třebýcinka, Chocenického a Lukavického potoka. Tyto byly zvoleny z toho důvodu, že dle vektorové vrstvy bývalé ZVHS, která je dnes dostupná v LPIS a SOWAC-GIS, by se kolem nich měly s jistotou nacházet odvodňované pozemky, a tedy do nich ústit drenážní svody. Evidovaná vrstva byla zpracována digitalizací map v měřítku 1:10 000 a je nepřesná, neúplná. Tato data tak nelze považovat za zcela věrohodná, tedy ukazující skutečný stav v terénu. Rovněž před uskutečněným průzkumem byly dané toky osobně prohlédnuty, zda jsou vůbec jejich koryta bez rizika volně přístupná a zda mají dostatečný průtok vody. V plánu bylo například mapovat Únětický potok, který se nachází nedaleko Blovic, od jeho pramene v rybníku Hadovka až do jeho křížení se silnicí I/20. Tento vodní tok byl ale shledán jako nepřístupný z důvodu nadměru rozrostlé a neudržované vegetace.

Hlavním úkolem části postupu bylo upřít pozornost na drenážní výustě, které přímo směřují do zájmových recipientů. Tyto vývody byly přibližně zaneseny do průzkumné mapy a pomocí GPS v mobilním telefonu zaznamenáno jejich souřadnicové umístění. Rovněž byly řádně fotograficky zdokumentovány (viz Příloha B–E) a popsán jejich stav. Zhodnocení jejich situace bylo zaměřeno převážně na charakter, vodnost, funkčnost a přístupnost (viz Příloha A). Současný stav zájmových toků zobrazuje Příloha F.

Následně v prostředí ArcGIS 10.8.1 byly z hlediska popisu daných úseků vodních toků zhotoveny mapové výstupy. Pro všechny byl zvolen referenční souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Díky volně přístupným datům na ČÚZK byly vytvořeny mapy druhů pozemků dle Katastru nemovitostí (KN). Dle LPIS – Dat meliorací byly znázorněny evidované zájmové meliorace dle ZVHS. Jelikož ale stále neexistuje evidence meliorací a jejich změn v terénu, tak geometrický i atributový rozsah těchto dat není kompletní a často také přesný. Dále bylo pracováno s poznamenanými souřadnicemi drenážních výustí, které byly převedeny a znázorněny bodovou vrstvou. Každý zakreslený bod, tedy zjištěná výust', je v mapových výstupech číselně označena vždy z té strany toku, odkud drenážní výust' směřovala.

Pro analýzu identifikace drenážních systémů byly pro ukázkou použity i archivní letecké měřické snímky z Archivu ČÚZK. Dle dostupných snímaných let byly tyto pro všechny čtyři zájmové oblasti prohledány a vybrány takové, které vykazují nejlépe prezentované vedení drenážních systémů. Byla projevena také snaha o nahlédnutí do archivní projektové dokumentace meliorací k modelovým lokalitám. Plánem bylo tyto analogové projekty oskenovat do digitální podoby, rektifikovat v prostředí GIS a postupně je vektorizovat. Nové zvektorizované původní projektové dokumentace poté porovnat s již existující drenážní polygonovou vrstvou zpracovanou ZVHS a s vlastním terénním průzkumem. Výsledná realita byla ale bohužel odlišná, jelikož podrobné projektové dokumentace pro zájmové lokality, které by znázorňovaly sběrné a svodné drény, již byly v dobách minulých pravděpodobně poztraceny, zlikvidovány (viz dále podkapitola 3.3).

2.2 Metodika práce s termokamerou

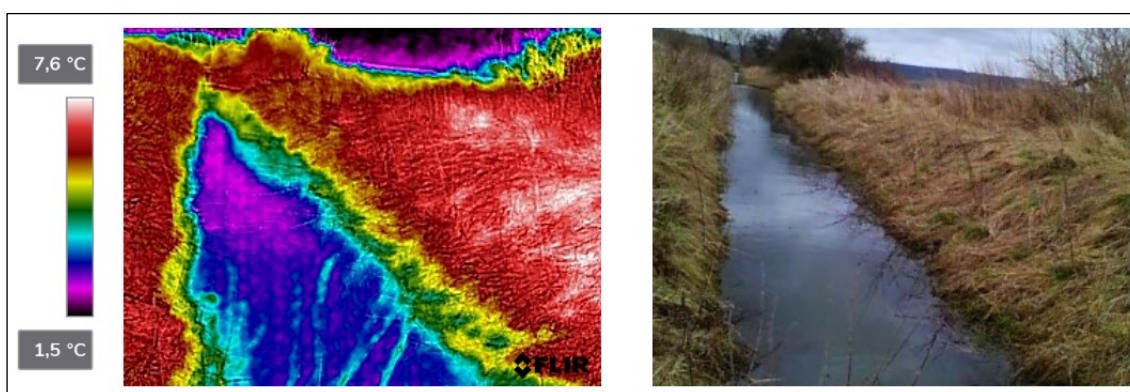
Z hlediska splnění druhého cíle se vycházelo z terénního mapování vybraných úseků vodních toků (popsáno detailněji výše). Tyto byly monitorovány pomocí pozemní

termokamery FLIR E5xt WiFi. Samotný průběh snímání s termokamerou probíhal tak, že se šlo podél koryta ve směru toku, nad kterým byla namířena termokamera (viz Obrázek 1). Správné zobrazení vodního toku na termokameře vykresluje Obrázek 2. Pokud se na displeji objevila nějaká „barevná anomálie“, náhlá změna teploty, v tomto případě tedy konkrétně červené skvrny, bylo třeba toto z větší blízkosti ověřit a termokamerou zaznamenat. V tomto případě pak lze hovořit o identifikaci přítoku vody.



Obrázek 1: Ukázka průběhu monitoringu s termokamerou

Zdroj: Vlastní fotografie, 2022

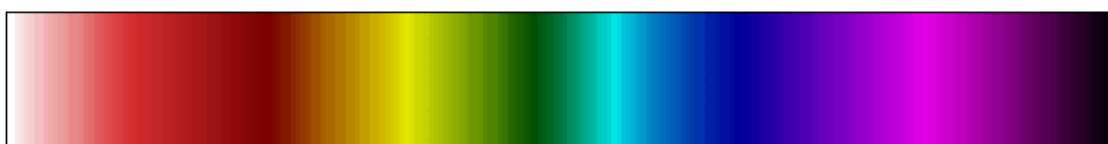


Obrázek 2: Zobrazení vodního toku na termokameře na příkladu Lukavického potoka

Zdroj: Vlastní fotografie, upraveno v FLIR Thermal Studio, 2022

Pro vyhodnocení termografických snímků byl použit program FLIR Thermal Studio. Zde byla zvolena barevná paleta s názvem Rainbow HC, jak je prezentováno na Obrázku 3.

Tato barevná stupnice byla zvolena na základě doporučení od Marvala a kol. (2019; 2020a; 2020b) z důvodu vysoké citlivosti na změnu teploty. Zaznamenané nejvyšší teploty jsou zobrazeny bílou, červenou barvou, a naopak nejnižší teploty barvou fialovou, černou. Jednotlivé termogramy byly v programu FLIR Thermal Studio vyhodnoceny a upraveny u každého snímku z hlediska nejnižší a nejvyšší teploty, rozložení barev. Režim prolnutí byl zvolen MSX. V tomto kontextu je třeba uvést, že se jedná o pokusnou metodu, která může pomoci s identifikací drenážních výustí. Existuje ale celá řada faktorů, které znehodnocují práci s termokamerou. Ty jsou následně popsány na základě vlastního zjištění. Je nutné tak dopředu počítat s tím, že výsledky monitoringu nemusí být 100%.



Obrázek 3: Barevná škála pro vyhodnocení termografických snímků

Zdroj: Identifikace drenážních výustí s využitím termografického snímkování, 2019

2.3 Metodika získávání názorů k předmětnému tématu

V rámci zpracování třetího cíle byly provedeny čtyři rozhovory, díky kterým byly zjištěny postoje odborníků na danou problematiku. Prvním dotázaným byl soukromý zemědělec, můj strýc, pan Ing. Jiří Hefler, se kterým byla provedena opakovaně osobní rozprava nad danou tématikou. Poté se uskutečnila konverzace s Ing. Tomášem Vybíralem, Ph.D., který pracuje jako projektant a geodet ve firmě GEOREAL s.r.o. a podílel se na řadě výzkumných projektů týkajících se mapování meliorací. Následně také proběhly písemné rozhovory pomocí mailové komunikace s panem Ing. Václavem Mazínem, Ph.D., který se na problematiku blíže podíval ze stránky pozemkových úprav, oproti tomu pohled zabývající se výzkumnou činností přímo metod identifikace drenážních systémů poskytla RNDr. Lenka Tlapáková, Ph.D. Na základě zmíněných dialogů, mailových komunikací bylo odpovězeno na 12–15 předem připravených otázek, které obsahovaly další doplňující podotázky (viz Příloha CH–K). Z důvodu rozsáhlé diskuse nad tímto tématem jsou v rámci obsahu této diplomové práce vybrány jen ty nejdůležitější poznatky z uskutečněných rozhovorů.

3 IDENTIFIKACE DRENÁŽÍ V MODELOVÝCH ÚZEMÍCH

Tato kapitola blíže popisuje zájmová území, tedy části zvolených vodních toků z hlediska vybraných aspektů. Začáteční podkapitoly jsou věnovány samotnému vyhledávacímu průzkumu, díky kterému došlo ke zmapování drenážních výustí v řešených oblastech. Každá lokalita modelového vodního toku je krátce geograficky charakterizována. Je zde poukázána i evidence drenážního systému dle ZVHS v okolí zájmových úseků. Hlavním bodem této kapitoly je ovšem vytvoření přehledu a znázornění umístění jednotlivých lokalizovaných drenážních výustí. Následují oblasti týkající se drenážních systémů sledovaných území ve vazbě na příslušné historické letecké snímky a archivní projektové dokumentace.

3.1 Tradiční vyhledávací průzkum

Není vůbec ojedinělé, že lze identifikovat drenážní linie, šachtice, výustě i přímo v terénu jen pohledem, na vlastní oči. Jedná se tak o nejjednodušší, nejrychlejší a nejlevnější způsob. Terénní mapování vybraných úseků Petrovického, Třebýcinky, Chocenického a Lukavického potoka probíhalo ve dnech 19. a 20. února 2022. Podrobnější časové vymezení sděluje Tabulka 1.

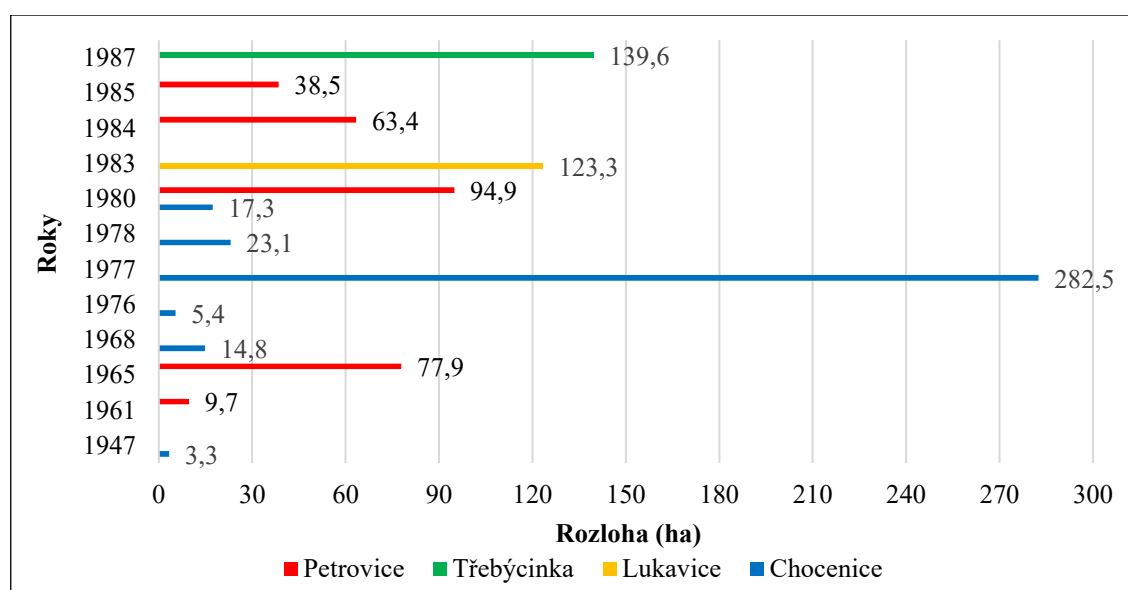
Tabulka 1: Doba měření jednotlivých toků

Název toku	Datum měření	Čas měření
Petrovický potok (IDVT 10250522)	19. 2. 2022	8,30–11,00 hod.
Potok Třebýcinka (IDVT 10261726)	19. 2. 2022	11,30–12,45 hod.
Chocenický potok (IDVT 10244641)	19. 2. 2022	13,30–14,30 hod.
	20. 2. 2022	8,00–9,15 hod.
Lukavický potok (IDVT 10258566)	20. 2. 2022	13,45–14,45 hod.

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Je třeba zopakovat, že v zásadě jediným digitalizovaným zdrojem zpracovaným pro celou ČR je polygonová vrstva odvodnění zpracovaná ZVHS. Ta obsahuje neaktualizovaná historická data pořízená digitalizací analogových map. Lokalizace těchto drenáží tedy nemůže být považována zcela za směrodatnou. Ukázka nesouladu podkladových dat ZVHS se skutečným umístěním drenážních výústí zjištěných dle terénního průzkumu na příkladu Petrovického potoka je k nahlédnutí na Obrázku 7.

V rámci vyhotovení této práce ale bylo dle těchto evidencí zjištěno umístění a rozloha v ha jednotlivých odvodňovaných pozemků v zájmových úsecích společně s jejich rokem stáří výstavby (viz pruhový Graf 1). Tyto odvodněné plochy charakterizují místa potenciálně snížené retence vody v území a zrychleného odtoku podpovrchové vody směrem do příslušných recipientů. Dle tohoto grafu je patrné, že výstavba odvodnění kolem Petrovického potoka probíhala nejednotně, a to mezi lety 1961 až 1985. Nejvíce odvodněných ploch zde bylo vybudováno až v poslední fázi výstavby, tedy po roce 1980 a to téměř 200 ha. Všechny meliorační zásahy u toku Třebýčinky se uskutečnily ve shodném roce 1987, kdy vzniklo téměř 140 ha odvodněných ploch. U Lukavického potoka došlo k jejich výstavbě v roce 1983. Vývoj odvodněných ploch u Chocenického potoka sahá již do roku 1947, nicméně většina z nich byla zbudována v rozmezí let 1968–1980. Nejvíce odvodněných pozemků ze všech čtyř zájmových lokalit bylo postaveno v blízkosti Chocenického potoka v roce 1977, jejichž výměra činila více než 280 ha.



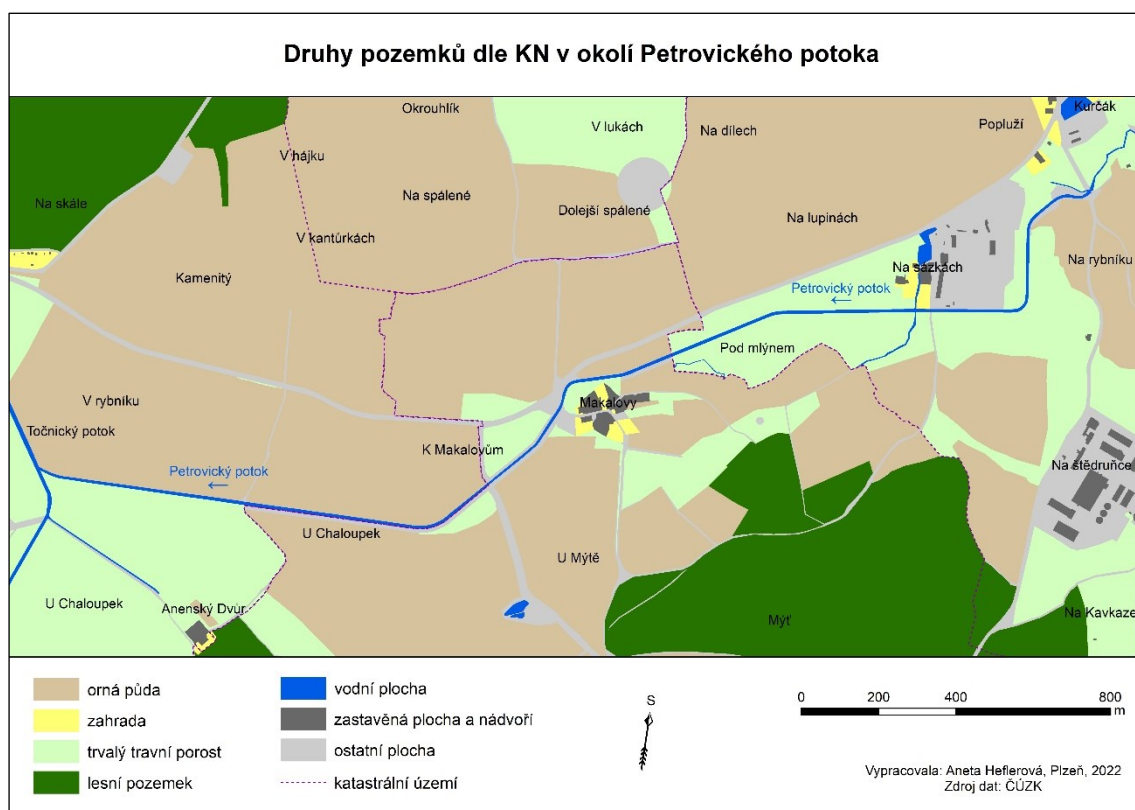
Graf 1: Vývoj odvodněných ploch v modelových lokalitách v jednotlivých letech

Zdroj dat: eAGRI (ZVHS), 2016

Zpracovala: Aneta Heřlerová, 2022

3.1.1 Petrovický potok

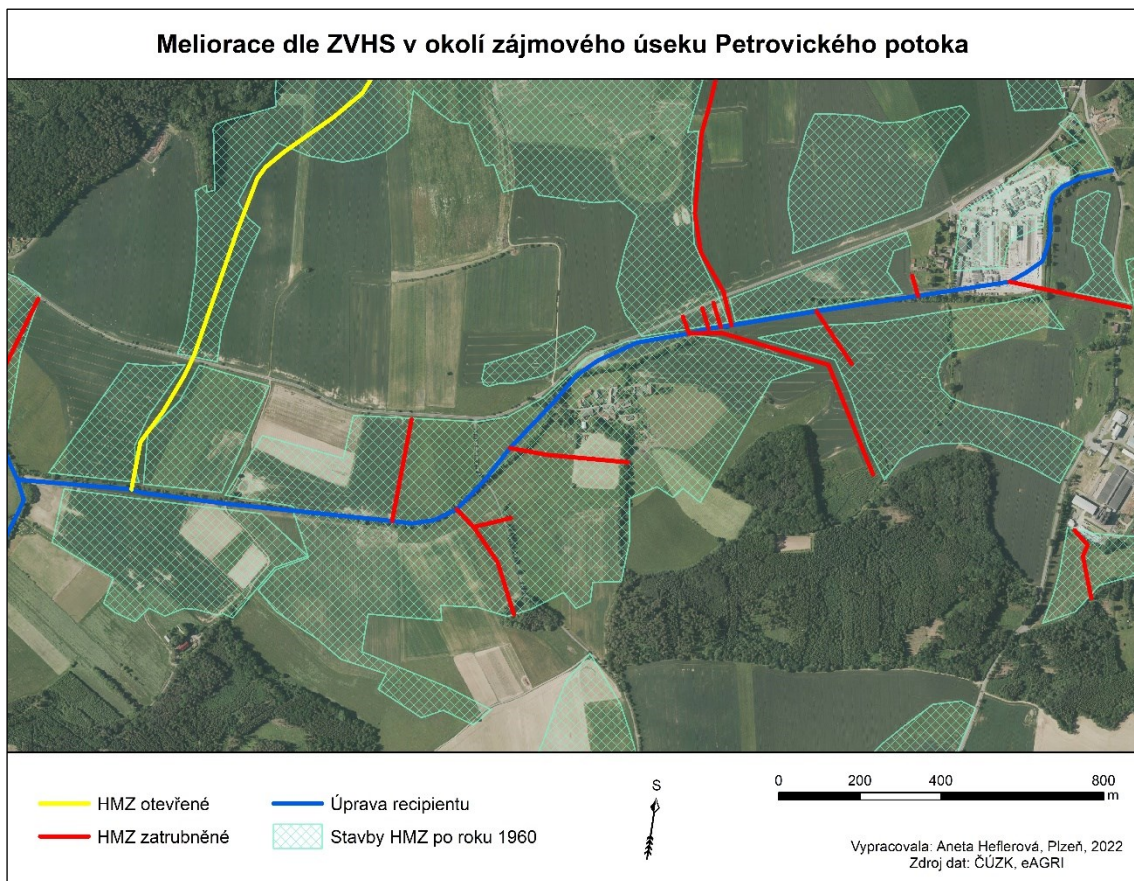
Petrovický potok, někdy též nazývaný Měcholupský potok, se nachází v okrese Klatovy, v povodí řeky Úhlavy. Sledovaný úsek prochází přes k.ú. Předslav, k.ú. Ostřetice a k.ú. Točnick u Klatov. Jeho trasa začíná od mostku situovaného přes silnici II/117 pod obcí Předslav a odtud teče západním směrem. Lemuje stavebniny Betonové stavby – Group, s.r.o., Předslavský mlýn, silnici III/11766 a obec Makalovy. V lokalitě „V rybníku“ se vlévá do Točnického potoka, jehož je pravostranným přítokem. Dle KN je řešený úsek Petrovického potoka rozdělen do více parcel, jejichž druh pozemku je evidován jako vodní plocha se způsobem využití koryto vodního toku přirozené nebo upravené. Je lemován ornou půdou i trvalým travním porostem (viz Obrázek 4). Celková délka zájmové části toku činí 3,2 km a je pod správou Povodí Vltavy, s.p. Koryto toku je v celé své délce upravené, napřímené a v poměrně ucházejícím stavu. Snesitelná přístupnost k recipientu je minimálně vždy z jedné strany podél celého úseku. Doprovodnou zeleň tvoří vzrostlé stromy javorů, bříz, olší, vrb a také křoviny a pobřežní trávy.



Obrázek 4: Druhy pozemků dle KN v okolí Petrovického potoka

Zdroj dat: ČÚZK

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

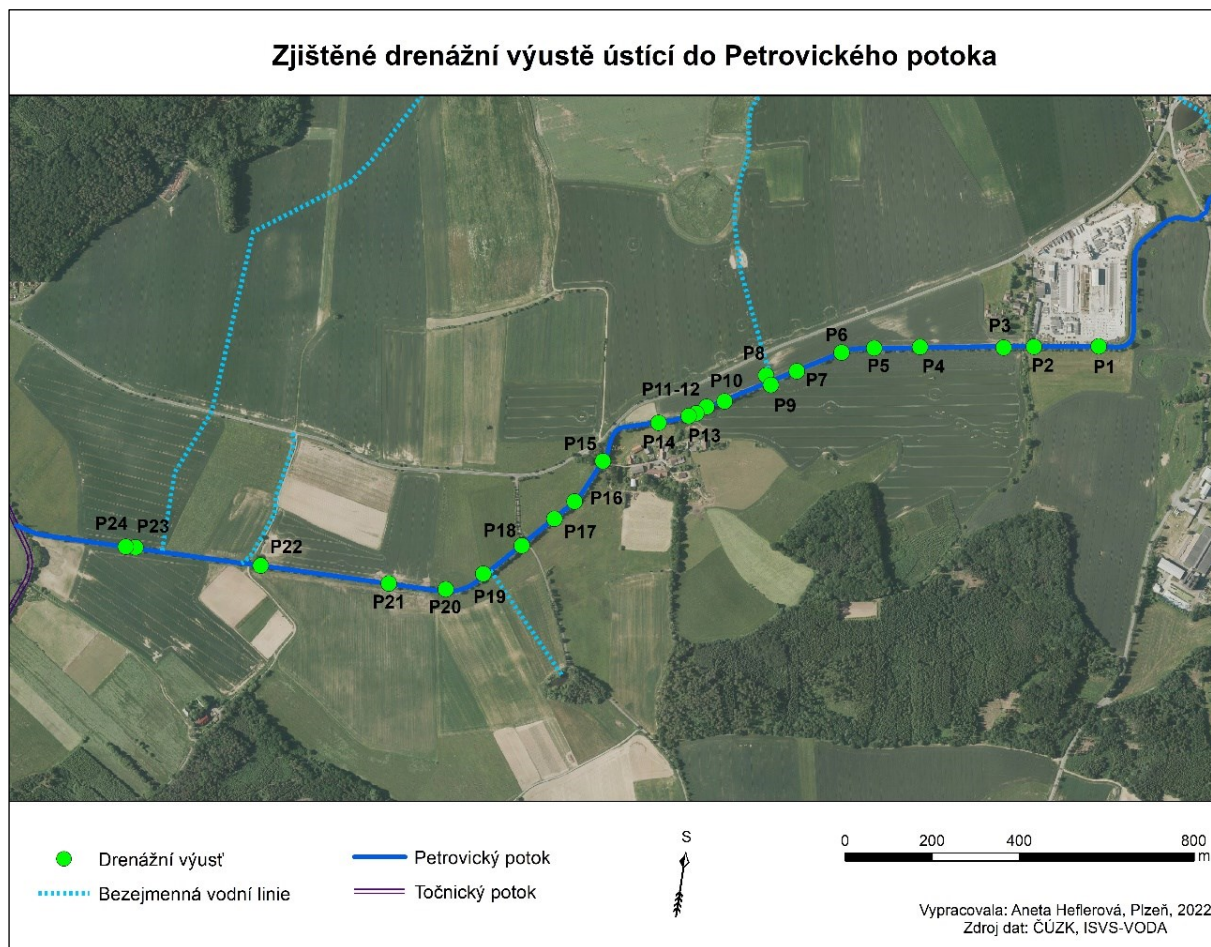


Obrázek 5: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Petrovického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, eAGRI

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

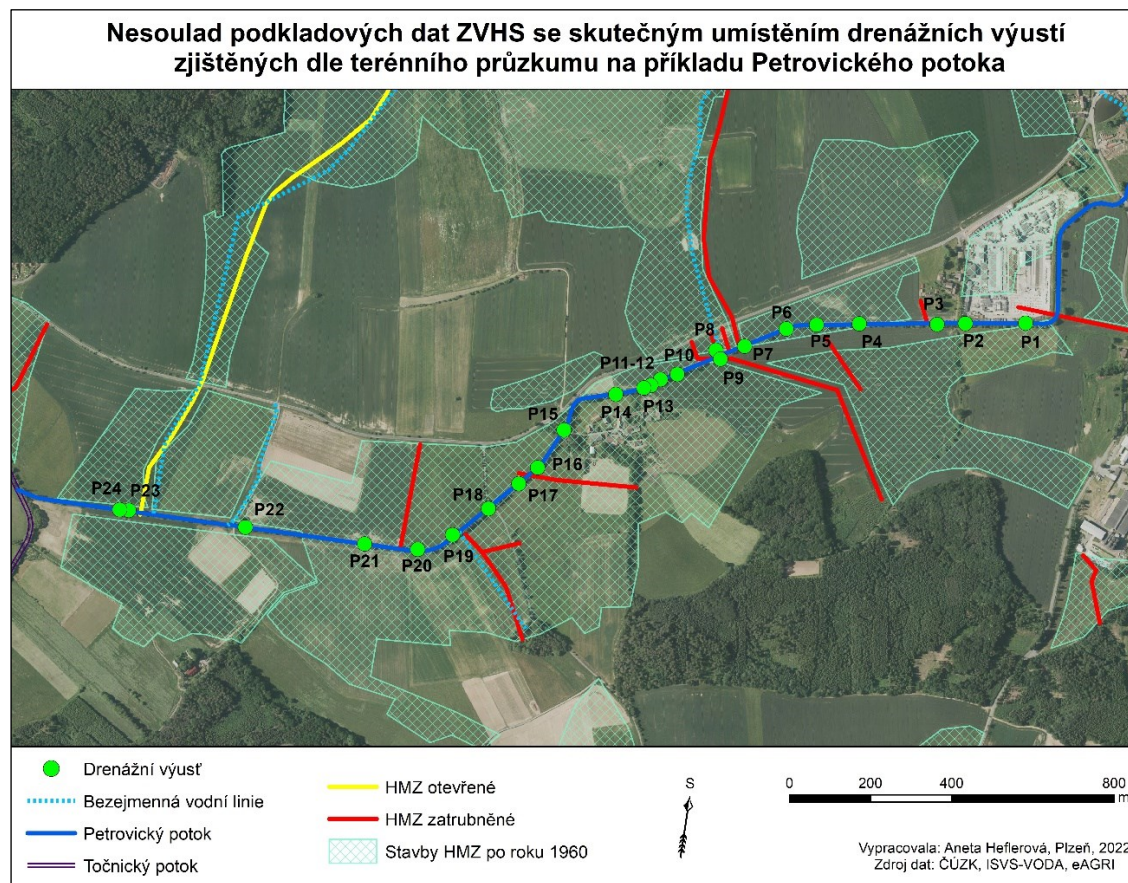
Dle Geoportálu SOWAC-GIS se okolí Petrovického potoka nachází převážně ve 2. třídě ochrany ZPF, tedy nadprůměrně produkční půdy. Z hlediska půdních typů se zde nejvíce vyskytují fluvizemě, gleje, pseudogleje a kambizemě. Vláhová bilance je zde hodnocena jako slabě zranitelná a zranitelnost podzemních vod je popisována jako slabě až středně zranitelná. V blízkosti toku jsou erozně neohrožené půdy. Petrovický potok vymezuje několik kritických bodů úrovně 3, které představují místa potenciální kontaminace vod povrchovým i podpovrchovým znečištěním ve vazbě na drenážní výustě. Dle LPIS vede zájmový úsek Petrovického potoka mezi několika bloky orné půdy a TTP, jejichž uživatelem je převážně Měcholupská zemědělská, a.s. a dále drobní zemědělci. V okolí řešené části toku se nachází areály odvodnění o rozloze 284,4 ha (viz Obrázek 5). Úprava recipientu je evidována na rok 1975. Při terénním šetření bylo na zvoleném úseku Petrovického potoka identifikováno celkem 24 drenážních výustí (viz Obrázek 6). Jednotlivé jejich fotografie jsou k dispozici v Příloze B a popis jejich stavu v Příloze A.



Obrázek 6: Zjištěné drenážní výustě ústící do Petrovického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, ISVS-VODA

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022



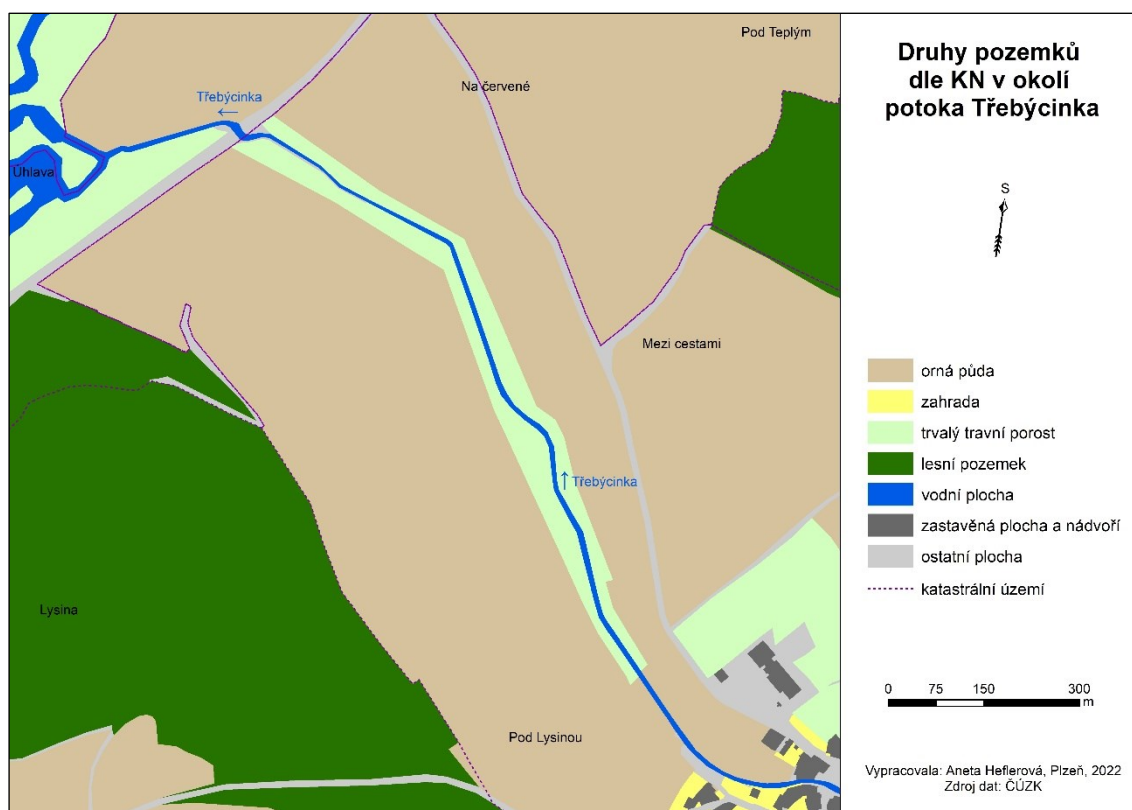
Obrázek 7: Nesoulad podkladových dat ZVHS se skutečným umístěním drenážních výstí zjištěných dle terénního průzkumu na příkladu Petrovického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, ISVS-VODA, eAGRI

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

3.1.2 Potok Třebýcinka

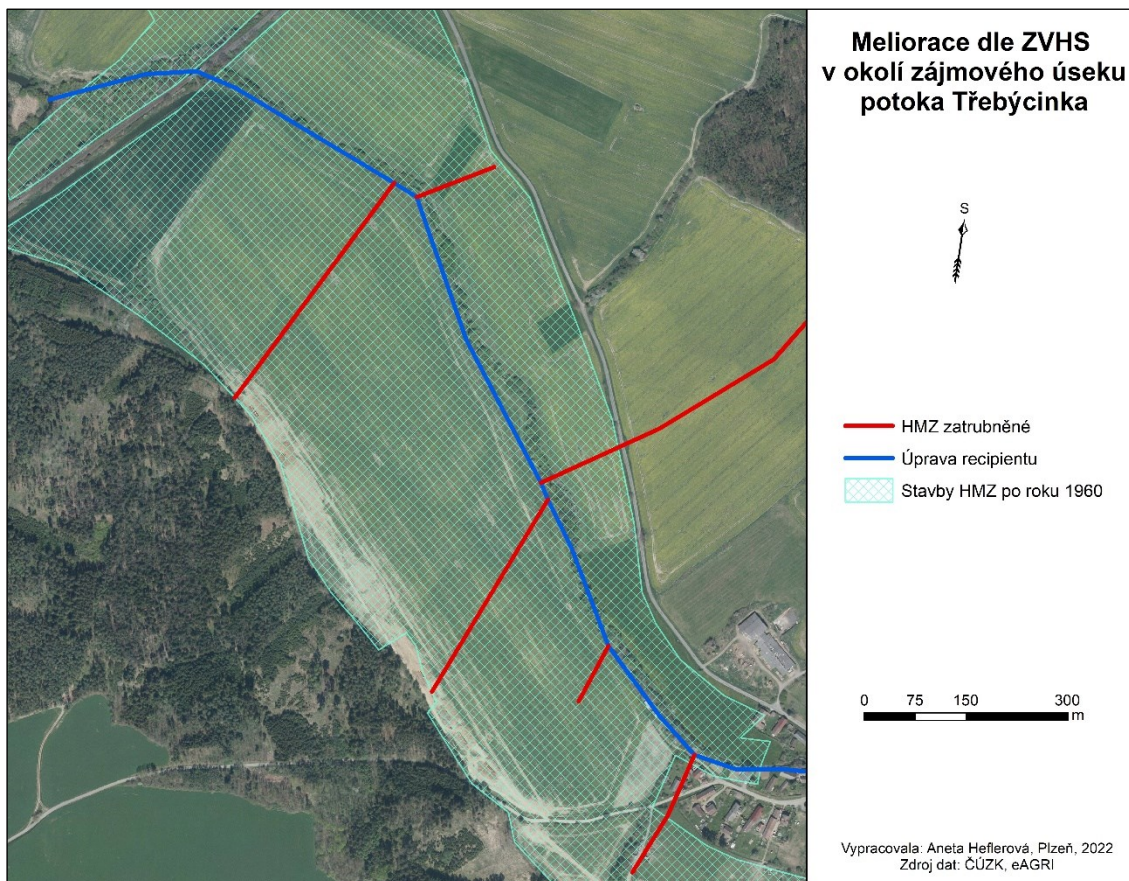
Potok Třebýcinka se nachází v severní části okresu Klatovy, v povodí řeky Úhlavy. Sledovaný úsek prochází přes k.ú. Třebýcinka a k.ú. Červené Poříčí. Jeho trasa začíná na okraji západní části intravilánu obce Třebýcinka a odtud teče severozápadním směrem. Vede podél jižní strany silnice III/11760, podtéká pod železniční tratí Plzeň – Železná Ruda-Alžbětín. Následně se vlévá do meandru řeky Úhlavy, jejímž je pravostranným přítokem. Dle KN je řešený úsek potoka Třebýcinka rozdělen do více parcel, jejichž druh pozemku je evidován jako vodní plocha se způsobem využití koryto vodního toku přirozené nebo upravené. Po většinu řešeného úseku je lemován trvalým travním porostem (viz Obrázek 8). Celková délka zájmové části toku činí 1,6 km a je pod správou Povodí Vltavy, s.p. Koryto toku je v celé své délce upravené, napřímené s vybudovanými prahy a stupni. Na mnoha místech je tok v dezolátním stavu, a i obtížněji přístupný. Doprovodnou zeleň tvoří vzrostlé porosty olší, vrb a také křoviny a pobřežní trávy. Závěrečná část toku i okolní vegetace je devastována výskytem bobra evropského.



Obrázek 8: Druhy pozemků dle KN v okolí potoka Třebýcinka

Zdroj dat: ČÚZK

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

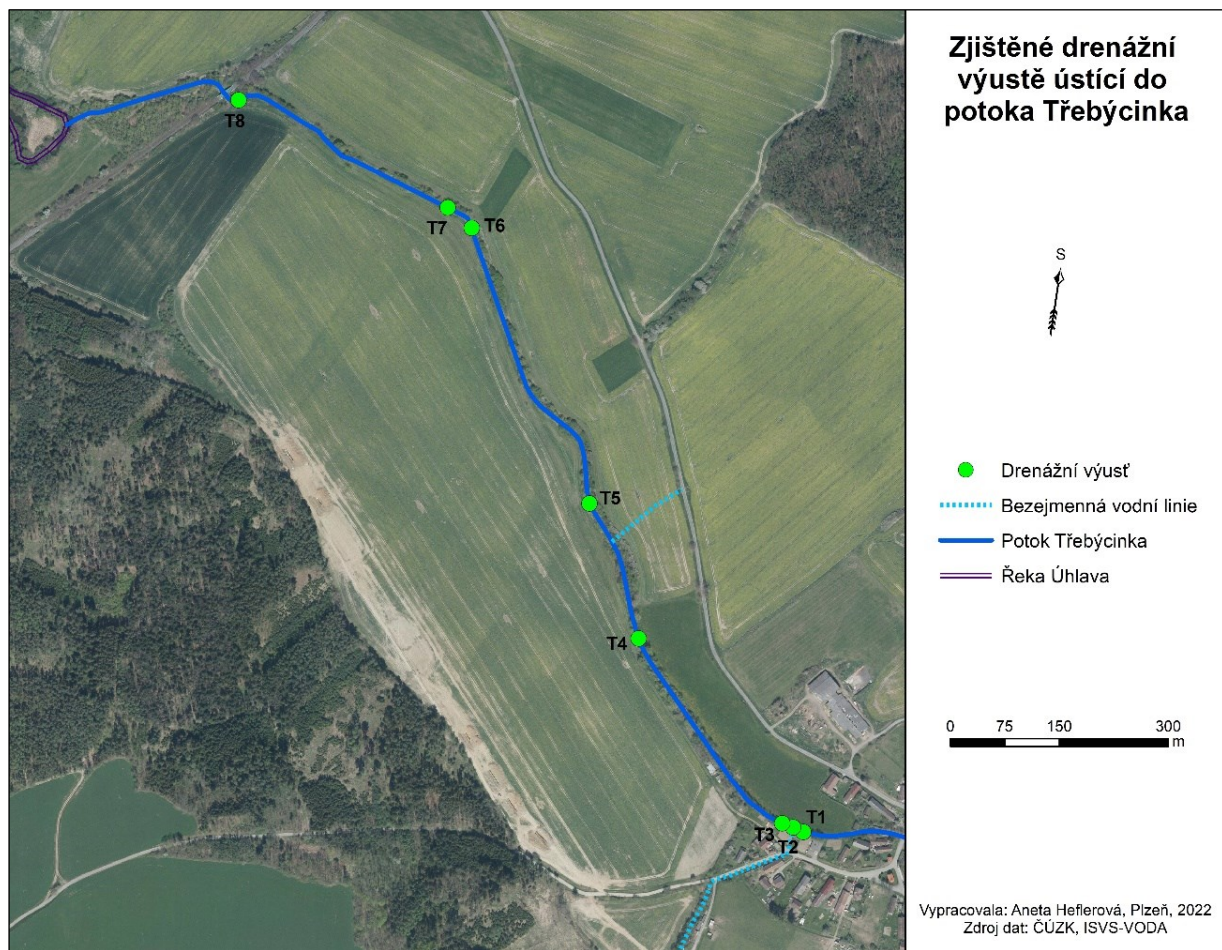


Obrázek 9: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku potoka Třebýcinka

Zdroj dat: ČÚZK, eAGRI

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Dle Geoportálu SOWAC-GIS se vodní tok Třebýcinky nachází ve 2. třídě ochrany ZPF, tedy nadprůměrně produkční půdy. V okolí ústí do řeky Úhlavy se objevují zamokřené půdy. Z hlediska půdních typů se zde nejvíce vyskytují fluvizemě, pseudogleje a hnědozemě. Vláhová bilance je zde hodnocena jako slabě zranitelná a zranitelnost podzemních vod je charakterizovaná jako slabě až středně zranitelná. V blízkosti toku jsou erozně neohrožené půdy. Potok také vymezuje několik kritických bodů úrovně 3, které představují místa potenciální kontaminace vod povrchovým i podpovrchovým znečištěním. Dle LPIS vede zájmový úsek potoka Třebýcinka mezi několika bloky orné půdy a TTP, jejichž uživatelem je převážně Statek Sobětice, s r.o., Včela Předboj, s r.o. a dále drobní zemědělci. V okolí řešeného úseku potoka Třebýcinka se nachází areály odvodnění o celkové rozloze 139,6 ha (viz Obrázek 9). Úprava recipientu zde byla provedena v letech 1971 a 1985. Při terénním šetření zde bylo identifikováno celkem 8 drenážních výustí (viz Obrázek 10), jejich fotografie jsou k dispozici v Příloze C.



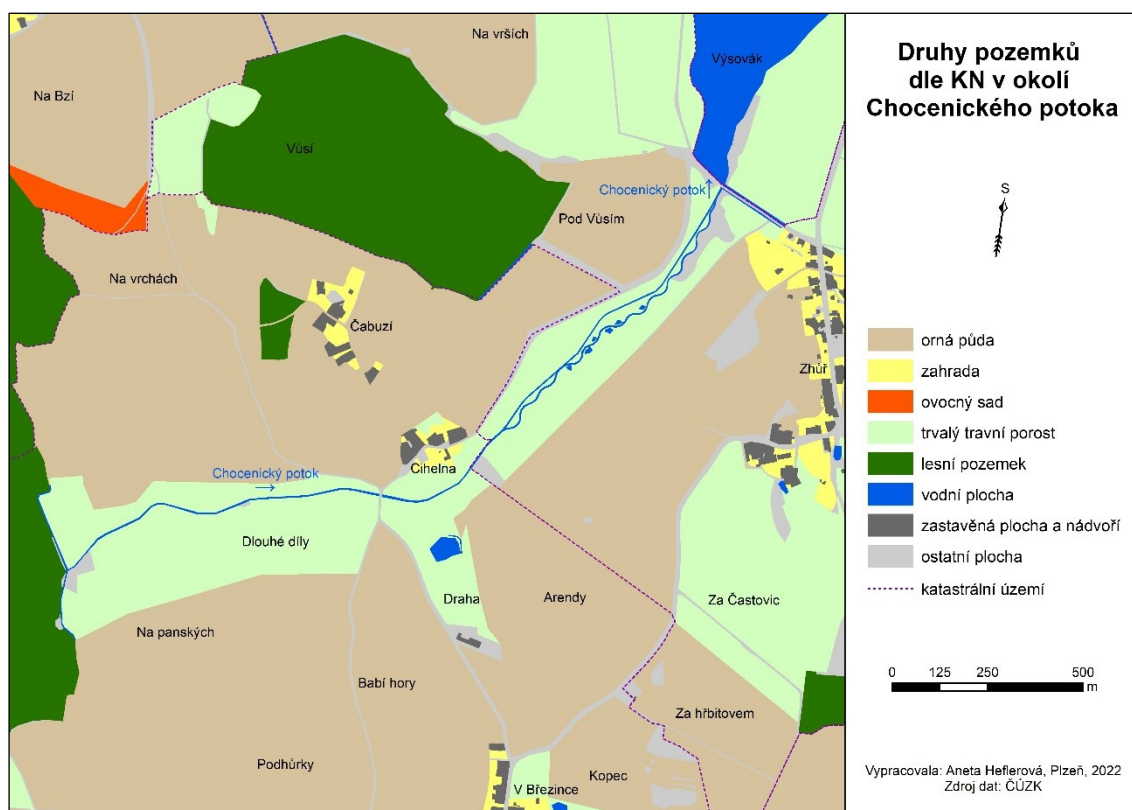
Obrázek 10: Zjištěné drenážní výustě do potoka Třebýcinka

Zdroj dat: ČÚZK, ISVS-VODA

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

3.1.3 Chocenický potok

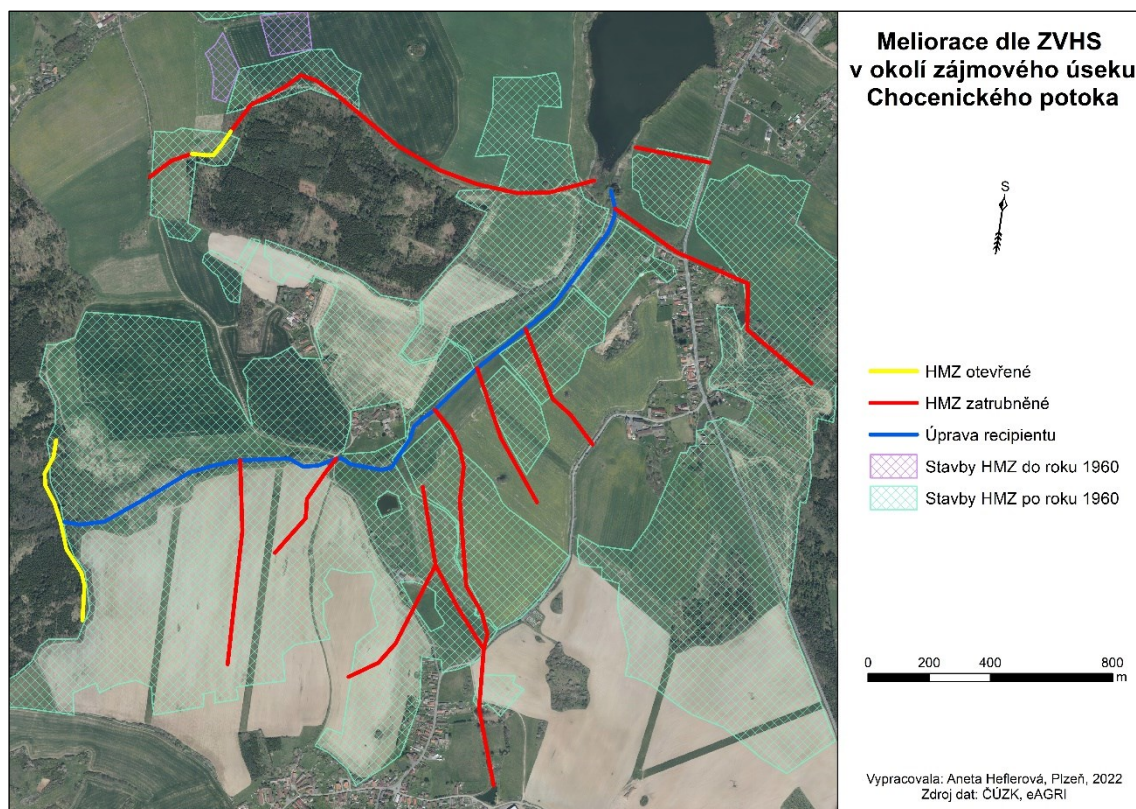
Chocenický potok se nachází v okrese Plzeň-jih, v povodí řeky Úslavy. Sledovaný úsek prochází přes k.ú. Jarov u Blovic, k.ú. Zhůř a k.ú. Chocenice. Jeho trasa začíná od okraje lesního komplexu, kde i pramení v sousedním k.ú. Svárkov, odkud teče severovýchodním směrem. Lemuje osadu Cihelna a ústí do Vejsovského rybníka. Dle KN je řešený úsek Chocenického potoka rozdělen do více parcel, jejichž druh pozemku je evidován jako vodní plocha se způsobem využití koryto vodního toku přirozené nebo upravené. Po celé své délce je lemován trvalým travním porostem (viz Obrázek 11). Celková délka zájmové části toku činí 2,3 km. Na základě evidence v KN je první polovina toku až k osadě Cihelna ve vlastnictví fyzických osob a dle toho vypadá i stav toku, který je v dezolátním stavu. Druhá polovina toku až do rybníka Výsovák se nachází pod správou Povodí Vltavy, s.p. Koryto toku je v celé své délce upravené, napřímené, bez zákrutů. Na mnoha místech je tok obtížně přístupný z důvodu nadmíru rozrostlé a neudržované vegetace. Doprovodnou zeleň tvoří vzrostlé stromy olší, vrb a také křoviny a pobřežní trávy.



Obrázek 11: Druhy pozemků dle KN v okolí Chocenického potoka

Zdroj dat: ČÚZK

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022



Obrázek 12: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Chocenickeho potoka

Zdroj dat: ČÚZK, eAGRI

Zpracovala: Aneta Heřlerová, 2022

Dle dostupných informací z Geoportálu SOWAC-GIS se vodní tok Chocenickeho potoka nachází převážně v 5. třídě ochrany ZPF, tedy velmi málo produkční půdy. Z hlediska půdních typů se zde nejvíce vyskytují gleje, pseudogleje, kambizemě a luvizemě. Podél celého toku jsou evidovány zamokřené půdy. Vláhová bilance je hodnocena jako středně zranitelná, stejně tak jako zranitelnost podzemních vod. V blízkosti toku jsou převážně erozně neohrožené půdy. Chocenickeý potok také vymezuje několik kritických bodů úrovně 3, které představují místa potenciální kontaminace vod povrchovým i podpovrchovým znečištěním ve vazbě na drenážní výustě. Dle LPIS vede zájmový úsek Chocenickeho potoka mezi několika bloky orné půdy a TTP, jejichž uživatelem je Zemědělská společnost Komorno, a. s. V okolí řešené části Chocenickeho potoka se nachází areály odvodnění o celkové rozloze 346,4 ha (viz Obrázek 12). Úprava recipientu je evidována na rok 1975. Při terénním šetření bylo na zvoleném úseku Chocenickeho potoka identifikováno celkem 24 drenážních výustí (viz Obrázek 13). Jednotlivé jejich fotografie jsou k dispozici v Příloze D a popis jejich stavu v Příloze A.



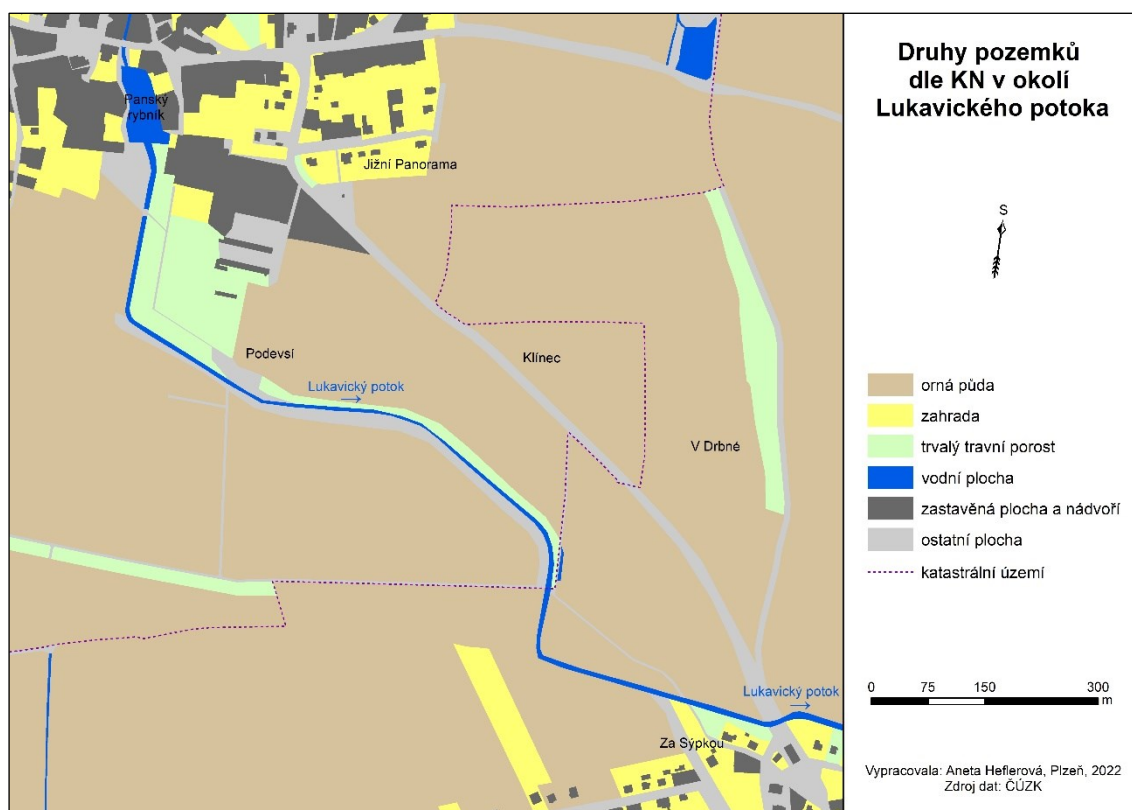
Obrázek 13: Zjištěné drenážní výustě ústící do Chocenického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, ISVS-VODA

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

3.1.4 Lukavický potok

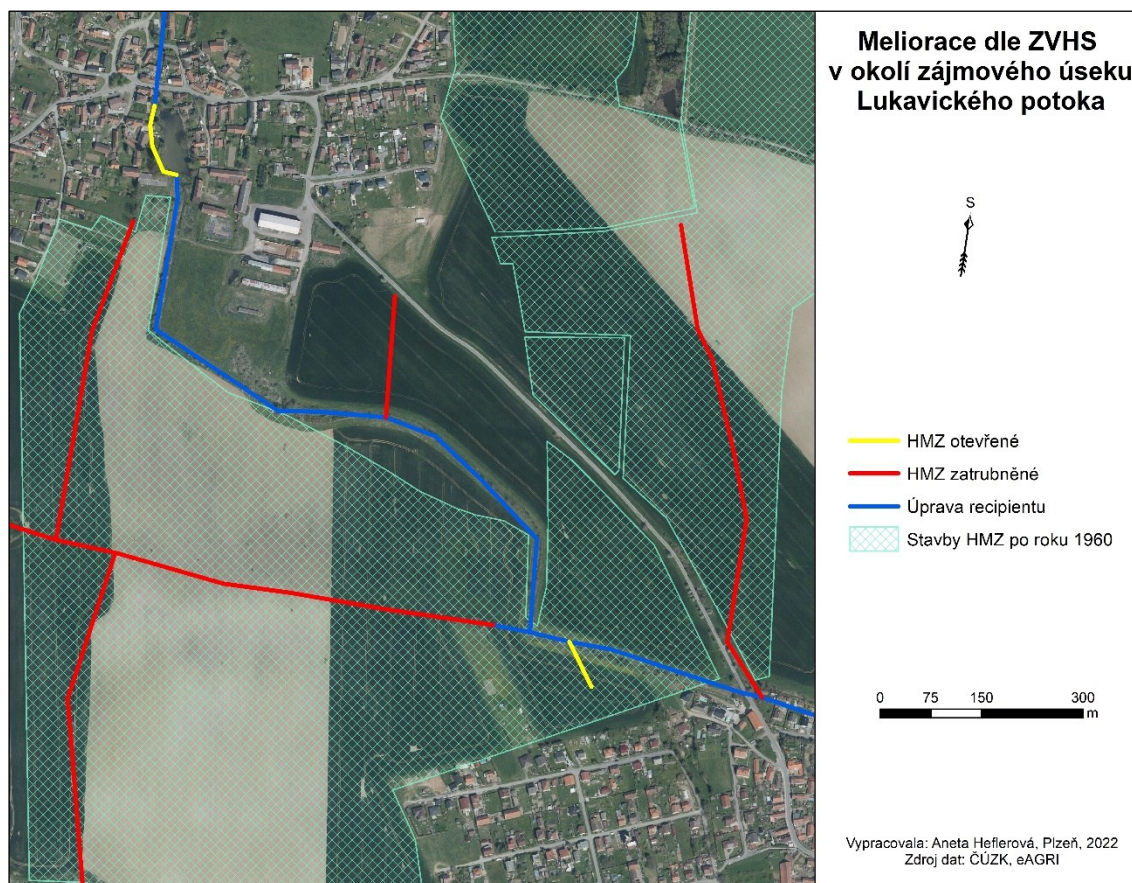
Lukavický potok se nachází v okrese Plzeň-jih, v povodí řeky Úhlavy. Sledovaný úsek prochází přes k.ú. Horní Lukavice a k.ú. Dolní Lukavice. Jeho trasa začíná na okraji jižní části intravilánu obce Horní Lukavice a odkud teče jihovýchodním směrem. Lemuje místní zemědělskou farmu a silnici III/18029, kde i jejím křížením končí zájmový úsek určený pro tuto diplomovou práci. Tok Lukavického potoka následně ústí do levé části meandru řeky Úhlavy. Dle KN je řešený úsek Lukavického potoka rozdělen do více parcel, jejichž druh pozemku je evidován jako vodní plocha se způsobem využití koryto vodního toku přirozené nebo upravené. Po celé své délce je lemován převážně ornou půdou (viz Obrázek 14). Celková délka zájmové části toku činí 1,3 km. Na základě evidence v KN je část toku ve vlastnictví fyzických osob a část se nachází pod správou Povodí Vltavy, s.p. Koryto toku je v celé své délce upravené, napřímené. Na mnoha místech je tok obtížně přístupný z důvodu nadmíru rozrostlé a neudržované vegetace. Doprovodnou zeleň tvoří solitéry olší, vrb a také křoviny a pobřežní trávy.



Obrázek 14: Druhy pozemků dle KN v okolí Lukavického potoka

Zdroj dat: ČÚZK

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

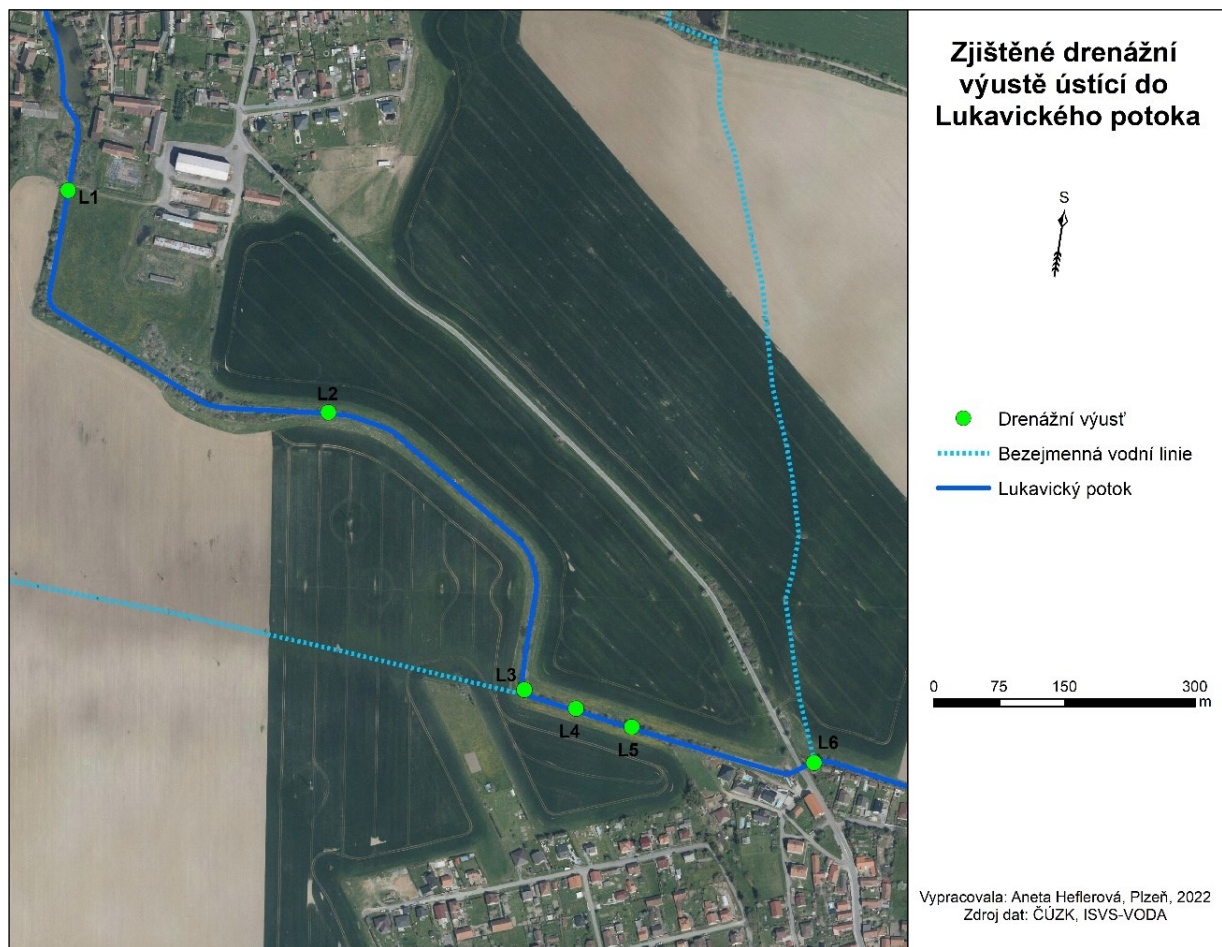


Obrázek 15: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Lukavického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, eAGRI

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Dle dostupných informací na Geoportálu SOWAC-GIS je v okolí toku Lukavického potoka 3. třída ochrany ZPF, tedy průměrně produkční půdy. Z hlediska půdních typů se zde nejvíce vyskytují gleje a pseudogleje. Oblast v počáteční fázi řešeného úseku je charakterizována jako zamokřené půdy. Vláhová bilance je zde hodnocena jako slabě zranitelná a zranitelnost podzemních vod je popisována jako slabě až středně zranitelná. V blízkosti toku jsou erozně neohrožené půdy. Lukavický potok také vymezuje několik kritických bodů úrovně 3, které představují místa potenciální kontaminace vod povrchovým i podpovrchovým znečištěním. Dle LPIS vede zájmový úsek Lukavického potoka mezi několika bloky orné půdy a TTP, jejichž uživatelem je Lukrena, a.s. V okolí řešené části Lukavického potoka se nachází areály odvodnění o celkové rozloze 123,3 ha (viz Obrázek 15). Úprava recipientu zde byla provedena v letech 1977 a 1982. Při terénním šetření bylo na zvoleném úseku Lukavického potoka identifikováno celkem 6 drenážních výústí (viz Obrázek 16), jejich fotografie jsou k dispozici v Příloze E.



Obrázek 16: Zjištěné drenážní výustě ústící do Lukavického potoka

Zdroj dat: ČÚZK, ISVS-VODA

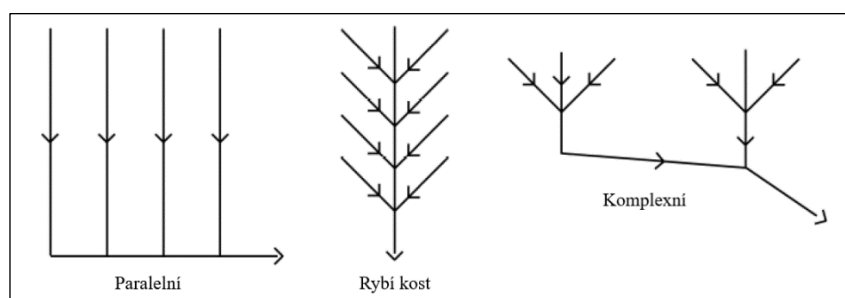
Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

3.2 Historické letecké snímky

Další možností, která může poskytnout informace o průběhu melioračních staveb, jsou historické letecké měřické snímky. Ty totiž ukázkově dokládají stav a vývoj krajiny v jednotlivých lokalitách. Často tedy bývají používány při nové výstavbě, ale i rekonstrukci původní krajiny. Někdy z nich lze totiž přesně lokalizovat drenážní systémy, ale to jen v určitém ročním období a na určitých plodinách. Meliorační stavby jsou na těchto snímcích patrné mnohdy ještě několik let po jejich výstavbě.

V současné době je tak možné využít aplikaci Odpovím (eAGRI LMS, 2022), která je udržována Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem v Dobrušce. Tato databáze je určena pro vyhledávání a případné objednání archivních leteckých měřických snímků (ALMS). Na ni navazuje program Napustím, který je určen pro přípravu archivních leteckých měřických snímků pro aerotriangulaci (snímkovou korelaci). Onou problematikou se blíže zabývá i certifikovaná metodika „*Interpretace prvků drenážního systému z archivních leteckých měřických snímků pro management odvodněných ploch*“ (Šafář & Tlapáková, 2018). Z toho důvodu byla snaha v této aplikaci vyhledat přibližná místa zájmových lokalit řešených v předkládané práci, nicméně jejich snímky dosud zpracovány nebyly. Je třeba ale znovu zmínit, že je možné si o ně zažádat.

Nakonec ale v rámci zpracování došlo k důkladnému přezkumu historických leteckých snímků volně dostupných pro vybrané roky v Archivu ČÚZK. Hlavním zjištěním a potvrzením bylo, že viditelnost drenážních linií je závislá na ročním období a vegetaci. Barevnost snímků byla též ku prospěchu, a proto byly v modelových územích především identifikovány části drenážního systému, které jsou znázorněné na leteckých snímcích po roce 2005. V rámci této práce byl vybrán ke každému toku jeden ukázkový příklad úseku s lokalizovanými drenážemi (viz dále Příloha G).



Obrázek 17: Nejběžnější vzory podpovrchového odvodňovacího systému

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

3.3 Původní projektová dokumentace

Snahou bylo získat i původní projektovou dokumentaci hydromelioračních systémů pro modelová území, porovnat ji s aktuálně používanou datovou vrstvou v ČR zpracovávanou ZVHS a vlastními výsledky z terénního šetření. Dnes je často diskutované právě jejich znovuvyužití, digitalizování. Archivní dokumentace totiž může poskytnout cenný základ pro identifikaci staveb, i když ne vždy plošně a tvarově plně odpovídají realitě v terénu.

Zájmové toky (Petrovický potok, potok Třebýcinka, Chocenický a Lukavický potok) jsou pod správou Povodí Vltavy s.p., které by dle domněnek mělo v archivech disponovat starými projektovými dokumentacemi meliorací. Tyto archivní materiály by měly být alokovány podle územní příslušnosti do archivů jednotlivých podniků Povodí. Z tohoto důvodu byl osloven příslušný Závod Berounka Povodí Vltavy, s.p. nacházející se v Plzni. Zde bylo zjištěno, že podobnými projektovými dokumentacemi nedisponují a odkázali mě na jednotlivé provozní úseky, v tomto případě tedy řeky Úhlavy a Úslavy. V provozním úseku Úhlava, nacházející se v Klatovech bylo zjištěno, že podrobné projektové dokumentace, které by znázorňovaly jednotlivé sběrné a svodné drény zde nejsou k dispozici. V letech minulých, z hlediska úvahy o jejich nepotřebnosti, byly zlikvidovány. V současné době je zde tak možné nahlédnout pouze do Přehledné mapy odvodnění pozemků v měřítku 1:10 000 a to pouze u vybraných úseků vodních toků, které se dochovaly (viz Příloha H). Neexistuje taktéž žádný jednotný evidenční systém, a tak je v nich orientace poměrně náročná.

Z vlastní zkušenosti je tak úspěšnost získání potřebných podkladů mizivá, jelikož pro lokalitu toku Třebýcinka, Petrovického a Lukavického potoka se nepodařilo získat chtěnou projektovou dokumentaci. Z tohoto důvodu tak nebylo v tomto případě možné provést doplnění informací, korekci stávající evidence a vyhodnocení ve vztahu k identifikovaným drenážním výústím. Provozní úsek Úslava, pod který spadá Chocenický potok, proto po předešlém nezdaru nebyl navštíven. I přesto, že potřebné dokumenty nebyly nalezeny, je možné, že jimi disponují dotčené zemědělské podniky, případně drobní vlastníci. V některých případech se mohou dokumentace staveb k odvodnění pozemků bývalých pracovišť ZVHS také nacházet u příslušného SPÚ, nebo ve spisovně Povodí Vltavy, s.p. umístěné v objektu vodního díla Orlík. Je třeba také poukázat na skutečnost, že původní odborníci, pracovníci ZVHS dobře věděli, kde drenážní systémy byly vystavěny, ale dnes již toto povědomí chybí.

4 VYUŽITÍ TERMOKAMERY PRO IDENTIFIKACI DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

Tato kapitola se na základě uskutečněného monitoringu vybraných vodních toků věnuje využití ruční termokamery při identifikaci drenážních systémů v zemědělské krajině. Na začátku jsou popsány základní vlastnosti termokamery, se kterou bylo měření provedeno. Následuje podkapitola věnující se zhodnocení podmínek v době měření se zaměřením zejména na klimatické poměry modelových oblastí. Hlavním bodem této kapitoly je ukázka výsledků provedeného monitoringu. Jsou prezentovány jak zdařilé výsledky, tak rovněž i příklady nefunkční identifikace. V závěru nesmí chybět ani vlastní zkušenosti týkající se důležitých aspektů, které významně ovlivňují práci s termokamerou v terénu.

4.1 Termokamera FLIR E5xt WiFi

Při monitoringu vybraných vodních toků bylo v tomto případě konkrétně pracováno s ruční termokamerou FLIR E5xt. Tento základní model je určen pro všeobecné použití, tj. pro stavebnictví i průmysl. Je tedy vhodný pro analýzu povrchových teplot obvodového pláště budov (vzduchotěsnost, tepelné mosty apod.), TZB (tj. systémů vytápění, kontroly klimatizace apod.) i průmysl (elektrické rozvaděče, ložiska, preventivní údržba). Rozlišení použité termokamery je 160x120px a rozsah měřených teplot kamery činí až do 400 °C. I tento typ kamery z řady XT je plně kompatibilní se softwarem FLIR TOOLS a FLIR TOOLS+ s možností profesionální analýzy jednotlivých snímků a tvorby jednoduchých i rozsáhlých protokolů (výstup v PDF).

Ve svém vybavení má i vestavěný digitální fotoaparát, který umožňuje pořízení fotografie vždy s termogramem (tj. “termovizním snímkem”). Tato funkce termokamer je dnes již nezbytná, neboť umožňuje rozpoznat a přesně identifikovat místo měření i měřený objekt. K tomu účelu jsou k dispozici i tzv. obrazové funkce. Analýzu snímků během měření usnadňují tzv. měřicí funkce, tj. měřicí funkce bod, oblast (s lokalizací minima a maxima) a izotermy. Obsahuje také technologii MSX®, která poskytuje mimořádné detaily tepelného zobrazování (W-Technika, 2022; Teledyne FLIR, 2022).



Obrázek 18: Termokamera FLIR E5xt WiFi

Zdroj: Teledyne FLIR, 2022

Tabulka 2: Základní charakteristika termokamery

Rozlišení senzoru	160 x 120 px
Teplotní citlivost	< 0.10 °C
Teplotní rozsah	-20 °C až +400 °C
Zorné pole	45° x 34°
Minimální zaostřovací vzdálenost	0,5 m
Základní přesnost měření (±)	2 %
Frekvence obrazu	9 Hz
Obrazové módy	termogram, reálný snímek, MSX, galerie
Měřicí funkce	1 bod/max, min

Zdroj dat: W-Technika, 2022; Teledyne FLIR, 2022

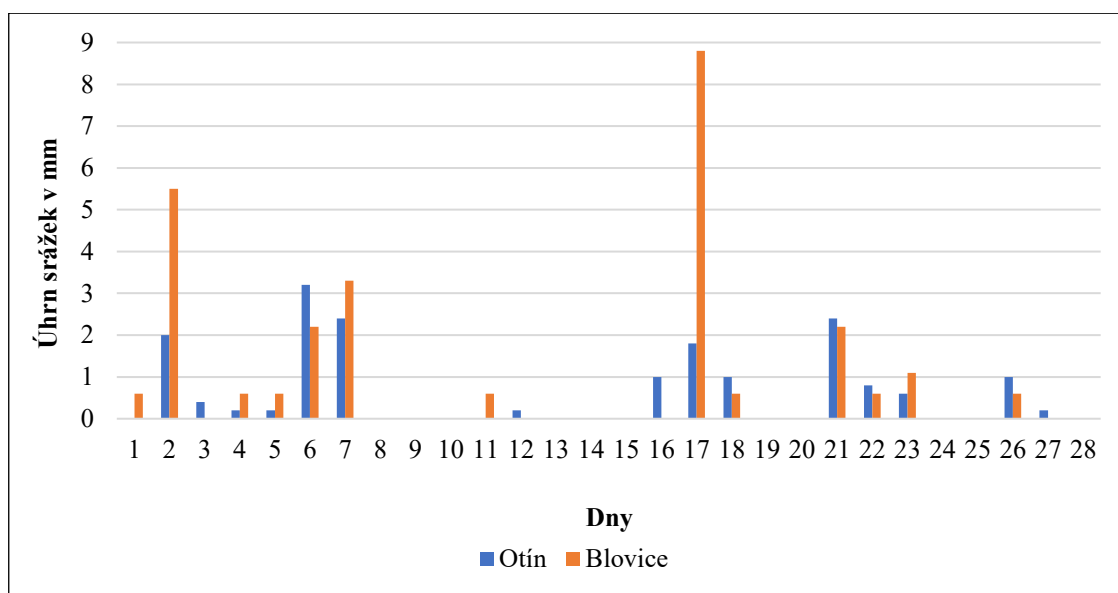
Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Fyzikální základ principů termografie a konkrétní parametry měření a jejich stanovení detailně popisuje Marval a kol. (2020b). Je nutné připomenout, že v současné době tato technologie zažívá nebývalý rozvoj i pro pilotní či bezpilotní letecké prostředky a jejich využití.

4.2 Zhodnocení podmínek v době měření

Jak již bylo opakovaně zmíněno, tak terénní monitoring probíhal ve dnech 19. a 20. února 2022, tedy v zimním režimu. Oproti jiným metodám není vegetační kryt a stav půdy rozhodujícím faktorem z hlediska načasování průzkumu pomocí termokamery. V tomto případě jsou nejdůležitějšími činiteli právě teplota a srážky, které významně ovlivňují, omezují i většinu dalších výzkumných metod detekce drenážních systémů. Pro zjištění jejich hodnoty na modelových lokalitách byly vybrány místní soukromé meteostanice Klatovy – Otín (454 m n. m.) a Blovice (417 m n. m.).

První den měření, tedy v sobotu 19. 2. byla na stanici Klatovy – Otín evidována průměrná vlhkost vzduchu 58 % a na stanici Blovice 55 %. Oproti tomu druhý den v neděli 20. 2. byla výrazně vyšší na obou stanicích, konkrétně v Otíně 77 % a v Blovicích 72 %. Dne 19. 2. byly v dopoledních hodinách na stanici v Otíně naměřeny nárazy větru, které přesahovaly i 40 km/h. Oproti tomu druhý den činila průměrná rychlost větru v průměru jen okolo 14 km/h (Klatovy – Otín) a 6 km/h (Blovice).



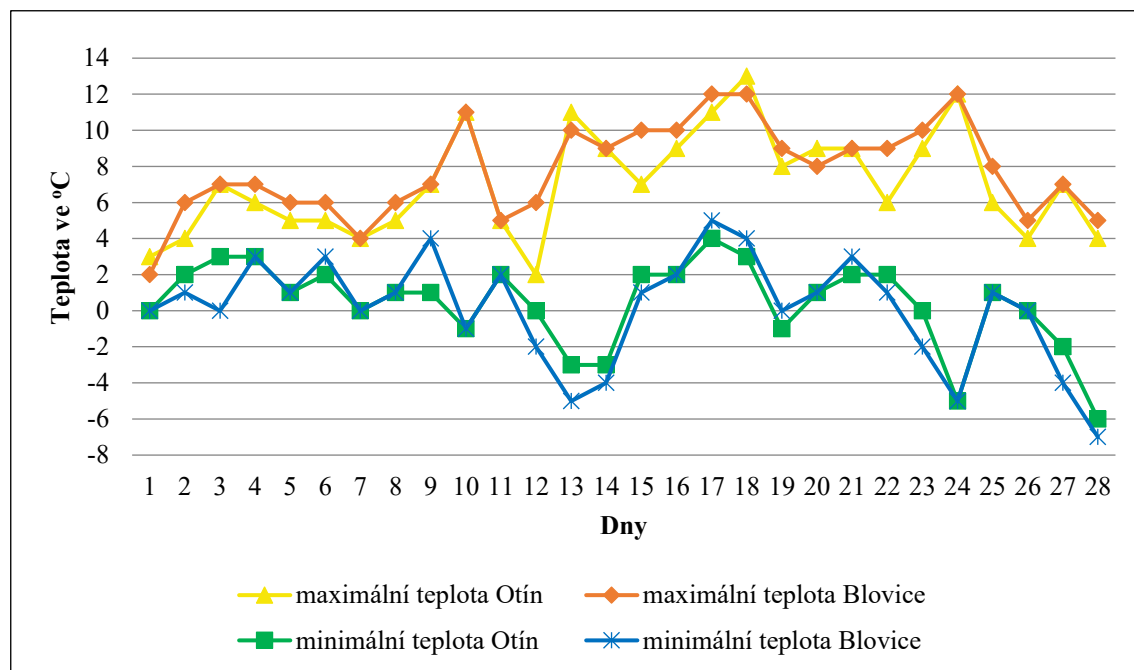
Graf 2: Denní úhrn srážek na stanicích Otín a Blovice v únoru 2022

Zdroj dat: In-počasí, 2022a; 2022b

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

V tyto dny nebyly naměřeny žádné srážky ani na jedné ze zmíněných stanic, jak je vidět výše na Grafu 2. Jak již bylo dříve uvedeno, tak u většiny metod určených k identifikaci

drenážních systémů se doporučuje načasování jejich průzkumů provádět dva až tři dny po srážkách, které by měly být ideálně větší než 25 mm. V tomto případě tak musely stačit drobné srážky v míře 3,8 mm pro stanici Klatovy – Otín a 9,4 mm pro stanici Blovice.



Graf 3: Maximální a minimální teploty na stanicích Otín a Blovice v únoru 2022

Zdroj dat: In-počasí, 2022a; 2022b

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Graf 3 vykresluje maximální a minimální teploty na obou zájmových stanicích. Jak je patrné, obě vykazují téměř podobné hodnoty, i když jejich výškové převýšení činí 37 m. Vzdálenost stanice Klatovy – Otín a Blovice je vzdušnou čarou zhruba 20 km. Průměrná maximální teplota v únoru 2022 na stanici Otín byla 7 °C, oproti tomu na stanici v Blovicích ukazovala téměř 8 °C. Co se týče minimálních teplot vzduchu, tak ty naznačují nepatrně chladnější prostředí v okolí Blovicka, kde byla naměřena průměrná minimální teplota v tomto měsíci 0,1 °C. Na stanici v Otíně byla její hodnota vyčíslena na 0,4 °C.

Následující Graf 4 a Graf 5 zobrazují rozložení teploty vzduchu ve dnech 19.–20. 2. na obou pozorovaných stanicích. Z ranních hodin prvního dne měření je patrné doznívání srážek z předešlých dnů, a tedy vyšší teploty vzduchu. Noc z 19. na 20. 2. byla na obou místech bod bodem mrazu. Naopak odpolední a večerní teploty v druhý den měření

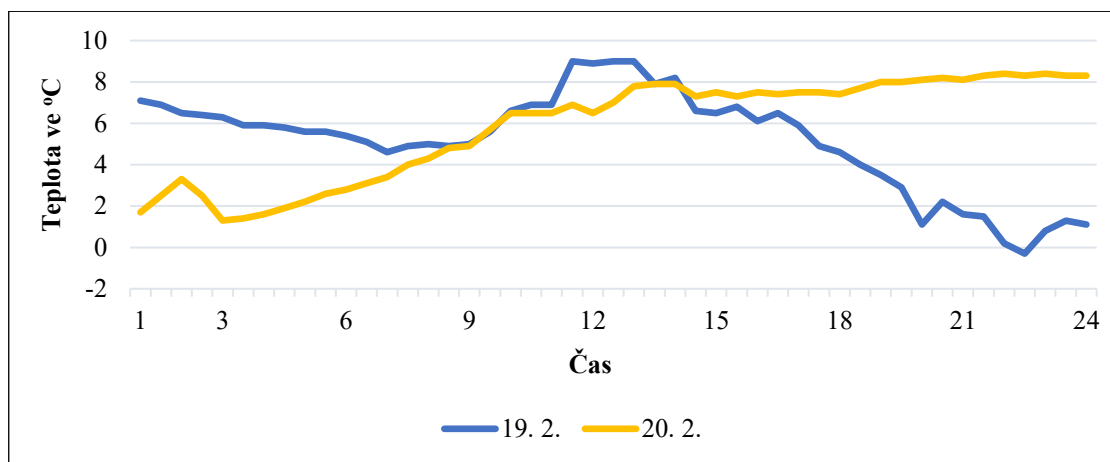
vykazují jejich zvyšování, a tedy předtuchu toho, že v následujících dnech dorazí opět nějaké srážky (viz výše Graf 2).



Graf 4: Denní rozložení teploty vzduchu ve dnech 19.–20. 2. na stanici Klatovy – Otín

Zdroj dat: In-počasí, 2022a

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022



Graf 5: Denní rozložení teploty vzduchu ve dnech 19.–20. 2. na stanici Blovice

Zdroj dat: In-počasí, 2022b

Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Z výše provedené srážkové a teplotní analýzy je tak možné dojít k závěru, že nejvhodnější podmínky pro identifikaci drenáží představovalo ráno a dopoledne 20. 2. konkrétně pro druhý úsek měření zájmového toku Chocenického potoka (časové rozložení úseků měření viz Tabulka 1). Důvodem je předešlý srážkový úhrn a nižší teploty vzduchu a recipientu.

4.3 Výsledky monitoringu termokamerou

V každé ze zájmových oblastí byla před počátkem monitoringu měřena teplota vzduchu. Rovněž ve vybraných úsecích (začátek, střed a v závěru) byla zjišťována teplota vodního toku. Bylo rozpoznáno, že v oblastech, kde tok opouští zástavbu, tak je jeho teplota o něco vyšší, než je tomu například v jeho ústí do jiného toku. To je zapříčiněno vyústěním svodů s tepelně znečištěnou vodou do recipientu v zástavbě.

Tabulka 3: Naměřená teplota vzduchu a recipientů

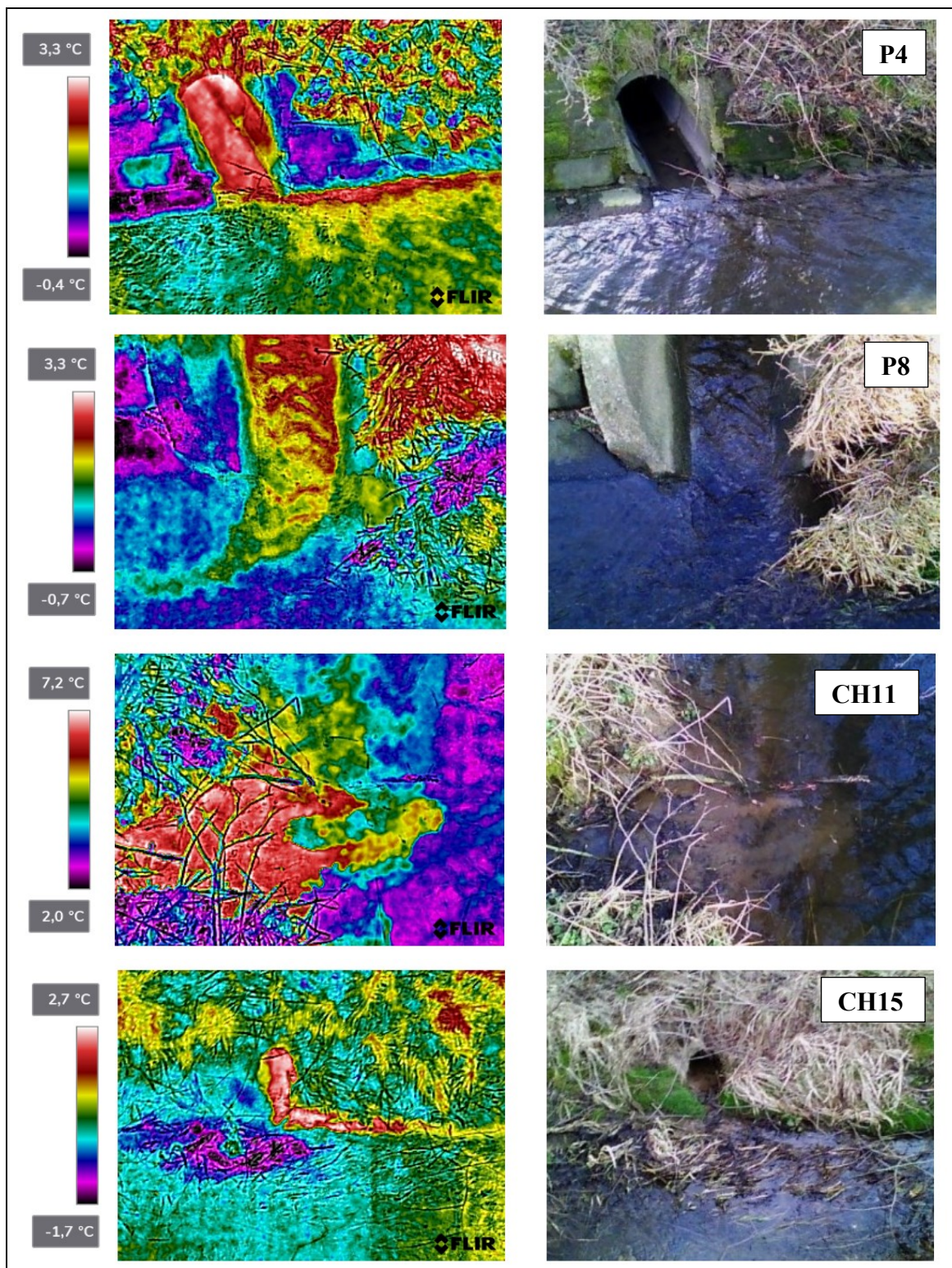
Název toku	Průměrná teplota vzduchu	Teplota recipientu ve směru toku
Petrovický potok	5 °C	4,0–3,8 °C
Potok Třebýcinka	6,5 °C	4,9–4,7 °C
Chocenický potok	7,5 °C	3,9–5,2 °C
	3,5 °C	2,6–3,0 °C
Lukavický potok	6,5 °C	5,3–4,9 °C

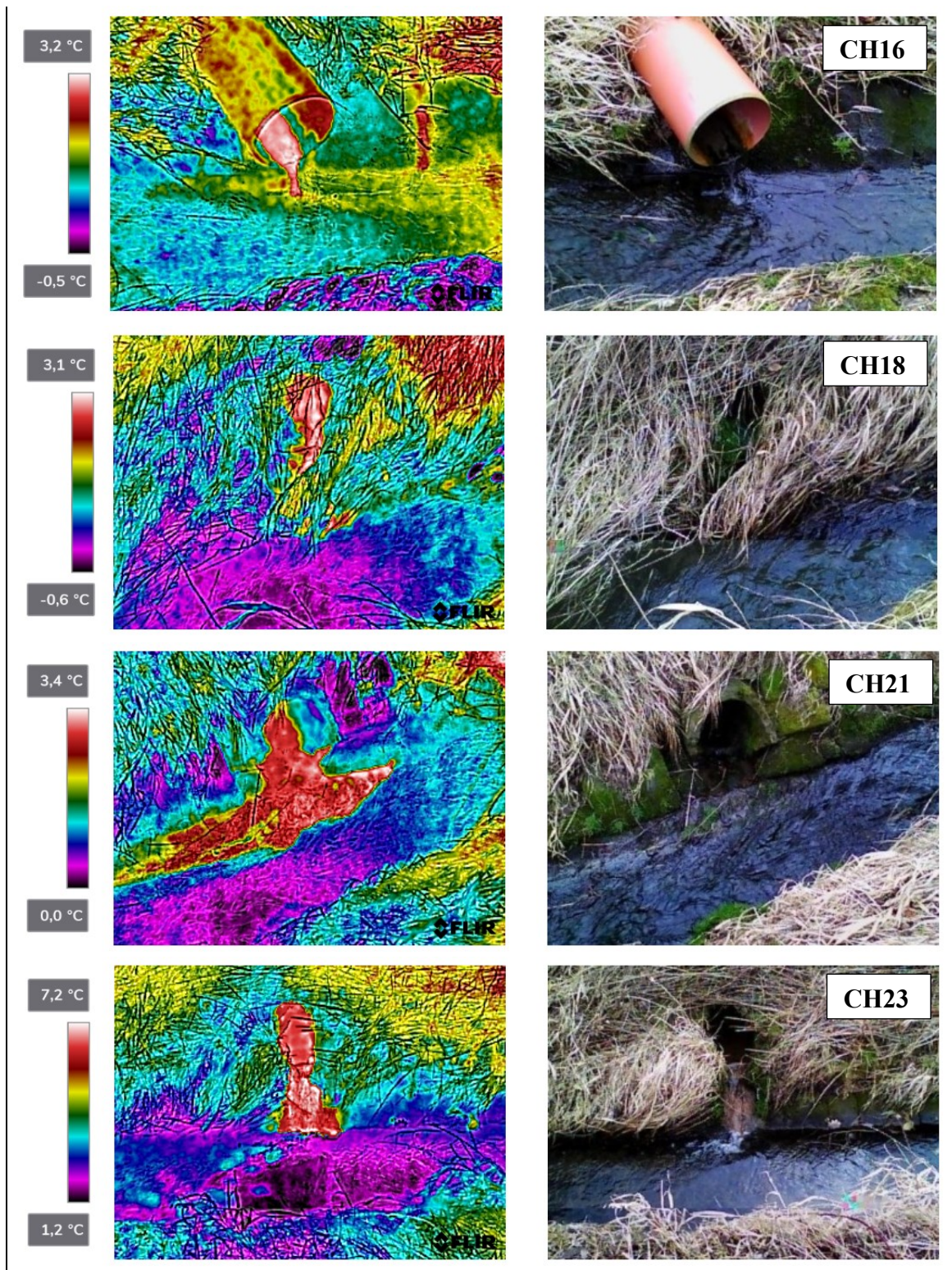
Zpracovala: Aneta Heflerová, 2022

Voda ve vodním toku má vyšší tepelnou kapacitu a její teplota se ve srovnání s většinou přírodních materiálů mění pomalu, což umožňuje její použití jako indikátoru. Teplota mělké podpovrchové drenážní vody vykazuje sezónní oscilaci a stejně tak může dojít i k náhlé změně teploty drenážního odtoku během srážko-odtokové události. Právě měření teploty vody pomocí termokamery je možné použít k rozlišení bodů přítoku podzemní vody do povrchového toku. Např. Marval a kol. (2019; 2020a; 2020b) došli k závěru, že existuje vazba mezi teplotou drenážní vody a teplotou recipientu, kdy jejich teplotní rozdíl musí být minimálně 3 °C. Vhodný termín pro mapování je tak od začátku prosince do konce února (zimní režim), nebo od začátku července do konce srpna (letní režim). Nejvhodnější je ale konkrétně provádět monitoring v prosinci.

V tomto případě probíhal monitoring v zimním období, kdy drenážní vody dosahují vyšších teplot než vodní toky, do kterých jsou zaústěny. V termogramu je tak drenážní výúst' vyobrazena bílou, nebo červenou barvou, které značí vyšší teploty. Modrá, fialová až černá barva ukazují nejnižší teploty, tedy barvou značí recipienty. V případě vyhodnocení termogramů v letním období by toto barevné rozvrstvení bylo naopak.

Na základě rozdílů v teplotě vody tak byly identifikovány konkrétní polohy drenážních výustí. Následující Obrázek 19 potvrzuje funkčnost využití pozemní termokamery při identifikaci drenážních výustí v zemědělské krajině. V rámci obsahu této diplomové práce byly vybrány jen ty nejprůkaznější výsledky.



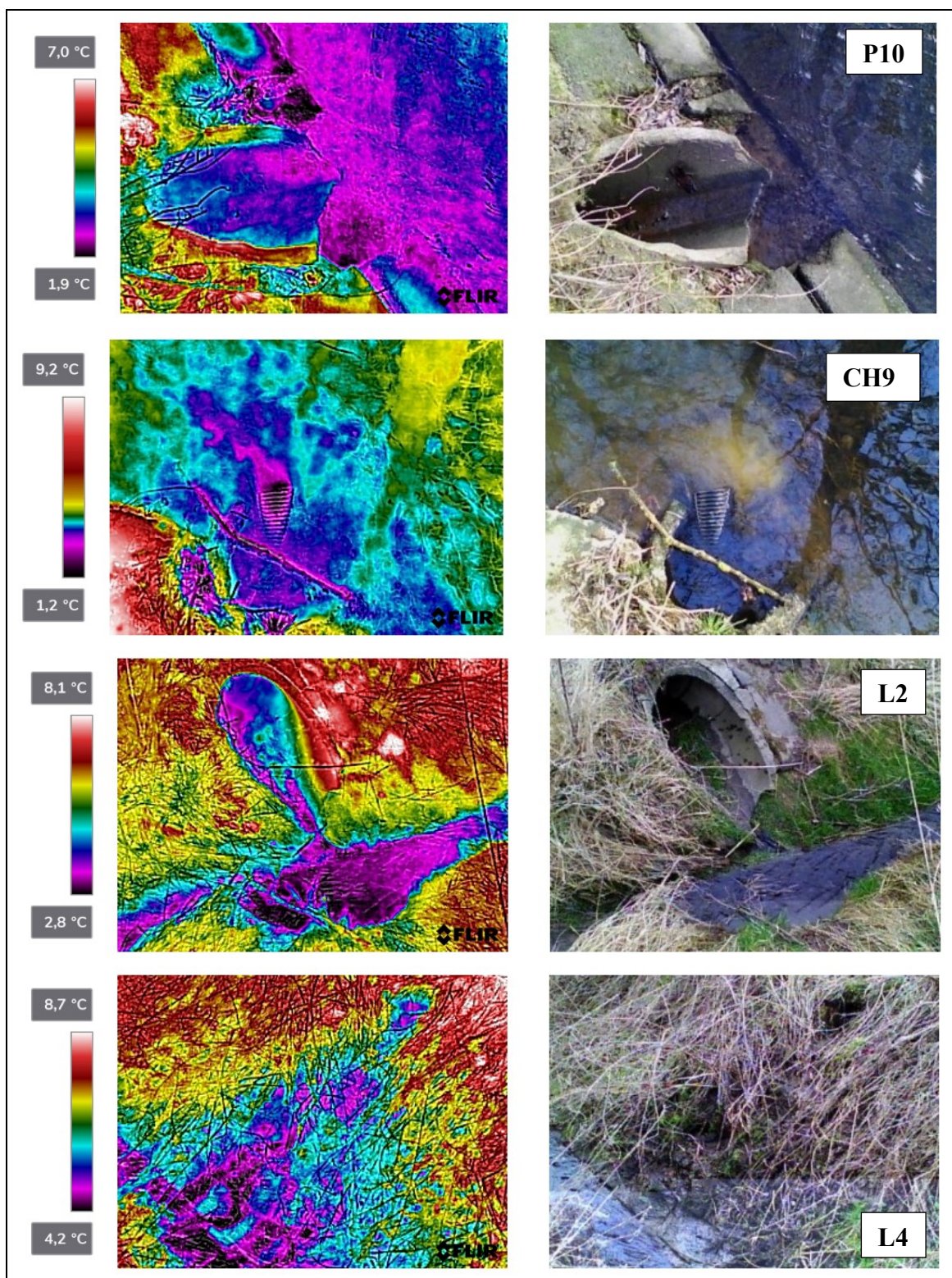


Obrázek 19: Ukázka správně identifikovaných drenážních výustí termokamerou

Zdroj: Vlastní fotografie, upraveno v FLIR Thermal Studio, 2022

Jelikož byl průzkum proveden na konci února za poměrně již vyšších teplot vzduchu, došlo v tomto případě i k identifikaci drenážních výustí, kde nebyl zaznamenán žádný

výrazný rozdíl mezi teplotou drenážní vody a teplotou vodního toku (viz Obrázek 20). Z toho tedy vyplývá, že pro účinný monitoring je nutné správné načasování.



Obrázek 20: Ukázka nefunkční identifikace pomocí termokamery

Zdroj: Vlastní fotografie, upraveno v FLIR Thermal Studio, 2022

4.3.1 Limitující faktory měření

Hlavním omezením identifikace drenážních systémů je bezpochyby načasování sběru dat. Je možné provádět měření buď v zimě, nebo naopak v létě. Záleží tedy nejen na teplotě vzduchu, ale také na teplotě recipientu. Monitoring je nejvíce závislý na srážkových událostech, tedy vodnosti drenáží. Tzn. že z drenážní výustě do vodního toku musí vytékat alespoň nějaká drenážní voda. Stejně tak je nutná i přítomnost vody v recipientu. Musí být také splněn teplotní rozdíl minimálně 3 °C mezi drenážní a vodou v recipientu. Jednou z nesnází tak byly drenážní výustě bez vytékající vody. S tím souvisí otázka funkčnosti/nefunkčnosti drenáží. V termínu průzkumu modelových čtyř lokalit se jako dosti omezující ukázal nárazový vítr, jelikož zkresloval nasnímanou teplotu předmětů. Jistou váhu má určitě také vzdálenost a sklon měření. Problematická byla i nasnímaná vegetace, kameny a různé předměty v korytě toku, které vykazovaly vyšší teplotu než vodní tok, a tedy zkreslovaly celý snímek. Bylo zjištěno, že i stín vegetace zejména vzrostlých stromů a keřů má vliv na výsledný obraz. Největší překážkou byla ale nepřístupnost k zájmovému toku z důvodu okolní neudržované, a tedy přerostlé vegetace tvořené převážně křovinami. I přesto, že se konkrétně Povodí Vltavy, s.p. provozní úsek Úhlava snaží o nějakou údržbu svých svěřených vodních toků, a to zejména po stránce probírek a prořezávek okolních porostů, tak jejich stav je ve většině případů stále katastrofální. Ze strany fyzických osob je údržba nulová. A tak výsledná realita je taková, že od doby úpravy daného toku se na něm neprovedly žádné údržby.

Obtížností zůstává fakt, že mapování bylo provedeno chůzí podél jedné strany vodního toku. To má za následek upření pozornosti převážně na protilehlou stranu toku. Zavádějící bylo občas také to, že samotná drenážní trubka vykazovala vyšší teplotu oproti okolí, i když v ní netekla žádná voda. Nevhodné ke snímání se ukázaly i drenáže umístěné pod hladinou toku, nebo zároveň s jeho hladinou ve špatném spádu, jelikož do takovýchto natekla voda ze samotného recipientu. V tomto případě tak nelze měření provést. Bylo vyzorováno, že nejúčinnější by bylo provádět monitoring přímou chůzí po dně recipientu, nikoliv podél koryta toku. Došlo by tak ke vzájemnému snímání obou stran toku a z větší blízkosti. Tato možnost je však velice nepravděpodobná a nebezpečná. Pokud je dno toku vydlážděné, tak je velice kluzké. Neupravený tok může obsahovat množství sedimentů a při vyšší hladině vody zde může člověk do těchto „tekoucích písků“ snadno „zapadnout“. Dna většiny toků jsou také v havarijním stavu (např. zasypané kameny a zborcenými koryty, zanesené větvemi apod.).

5 POSTOJE K PROBLEMATICE IDENTIFIKACE A SOUČASNÉMU STAVU DRENÁŽÍ

V rámci této kapitoly jsou ve stručnosti popsány nejzajímavější úseky z provedených rozhovorů. Pro začátek si dovoluji krátké obeznámení o dotazovaných.

První oslovenou byla RNDr. Lenka Tlapáková, Ph.D., která se ve VÚMOP, v.v.i. zabývá aplikovaným výzkumem zaměřeným na využití DPZ, nových technologií bezpilotních leteckých prostředků a GIS v zemědělství a ochraně krajiny, a to zejména v souvislosti s existencí odvodňovacích staveb v krajině. Má výrazný podíl na celé řadě odborných publikací zabývajících se identifikací drenážních systémů v zemědělské krajině, které se staly podstatným pramenem pro předkládanou diplomovou práci.

Dotázán byl rovněž Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D., který působí jako vedoucí oddělení důlního měřičství ve firmě GEOREAL s.r.o. v Plzni. Podílí se na vedení a vyhotovení zakázek z oblasti geodézie a zpracování geodat, obchodní a výzkumné činnosti v oblasti moderních metod sběru dat v geodézii, fotogrammetrii, DPZ a jejich aplikované využití do dalších oborů (např. ochrana přírody atp.).

Na sérii otázek k dané problematice z pohledu pozemkových úprav odpovídal i pan Ing. Václav Mazín, Ph.D., který celý svůj profesní život pracoval v oboru speciální agronomie, ochrany půdy, botaniky, půdoznalství, územního plánování, pozemkových úprav a vodohospodářství. Mimo jiné v současné době také zastává post šéfredaktora časopisu Pozemkové úpravy, zabývá se vědeckou činností a vyučuje například na Fakultě aplikovaných věd na ZČU v Plzni.

Na závěr také nesmí chybět názor soukromého zemědělce. Byl osloven Ing. Jiří Hefler, jehož rodinná zemědělská farma se nachází v Pošumaví v osadě Tržek, obec Kolinec, okres Klatovy v nadmořské výšce cca 600 m n. m. Zdejší krajina je hodně členitá a plná pahorků, mezí, vodotečí, lesů. Pro intenzivní zemědělskou výrobu je tato oblast však nevhodná. Farma je zaměřena na chov masného skotu a rostlinnou produkci (čtyřhonný osevní postup). V letních měsících se dobytek pase na pastvinách, v zimních měsících je všečen ustájen ve stájích a veškerý odchovaný skot je vykrmován do jateční váhy. Doplňkovou výrobu představuje výkrm kuřecích brojlerů. Farma vznikla v roce 1991 obnovením původního hospodářství o výměře 25 ha na současných 230 ha.

5.1 Poznatky výzkumného ústavu

Dostupných podkladů ke skutečnému a aktuálnímu stavu DS v zemědělské krajině je velmi málo, jelikož se této problematice nikdo systematicky a dlouhodobě nevěnuje. Od roku 1989 jsou tak činnosti vázané na provoz, údržbu, opravy, ale i likvidaci těchto staveb neřízené, s různou mírou efektivit a kvality, což se samozřejmě promítá i do jejich stavu a funkčnosti. Často se hovoří o tom, že životnost odvodňovacích staveb dosahuje 40 let, ovšem toto číslo nemá reálně žádnou vazbu na jejich funkčnost a potenciální životnost, ale vyjadřuje délku odpisů investice. Stav a funkčnost DS jsou primárně určovány kvalitou provedení vlastní stavby a jejich následné údržby.

V posledních letech se tak vrší problémy související s majetkoprávním rozdělením odvodňovacích staveb (POZ a HOZ). Současný stav je totiž takový, že POZ jsou dle platné legislativy ve vlastnictví jednotlivých vlastníků pozemků. Ti tak mají dány určité povinnosti vztahující se k POZ bez ohledu na to, zda o přítomnosti POZ na svém pozemku vědí, mají k tomu adekvátní podklady či nikoliv. Bohužel v KN informace o takovémto „břemenu“ uvedena není. Pokud se tedy vlastník sám nesnaží zjistit přítomnost POZ na svém pozemku, tak tyto informace spojené s povinnostmi a nároky mu nikdo neposkytne. V současné době neexistuje žádný garant, síť poradenských a územně dostupných pracovišť ani informační portál, kde by byla tato data dostupná. Stejně tak je nemožné dohledat návod, doporučení a informace, jak postupovat, na koho se obrátit, při případné údržbě, opravě POZ, dohledání podkladů apod. Z hlediska této problematiky by tak bylo potřebné zajistit nějakou formu poradenství. Stejně tak by byla prospěšná i možnost získání dotačních prostředků pro nakládání s POZ. Dle názoru paní Tlapákové by tak MZe a MŽP měla řešit problematiku drenážních systémů v součinnosti. Stále častěji slyšíme sdělení o chytré krajině, retenci a akumulaci vody v krajině, o využití hydromeliorek v boji proti suchu, nehledě na to, že ale stále nemáme aktuálně dostupná data a informace o těchto stavbách. Zde se tak objevuje hlavní problém, kterým jsou chybějící či nedostatečné informace o poloze odvodňovacích staveb, i přesto že existuje řada možností pro jejich získání. Např. původní projektové dokumentace jsou velmi cenným a nezastupitelným zdrojem informací o těchto stavbách. Technické parametry staveb, ale i provedené půdní sondy, charakteristiky oblastí v době výstavby aj. jsou nesmírně cenné informace, které dnes již nelze nijak zjistit a ničím nahradit. Tyto projektové dokumentace se ale po roce 1989 rozdělily do různých archivů mnoha

podniků, bez toho, aby se důsledně poskytly novým vlastníkům. Dnes tak doplácíme na jejich nulovou digitalizace, náročnou a komplikovanou dostupnost a neúplnost.

Z hlediska výběru vhodné metody identifikace DS vždy záleží, pro jaký účel ji chceme použít, co konkrétně chceme získat a za jakých nákladů. Zejména správné načasování, tedy vhodné podmínky jsou pro správnou identifikaci nezbytné. Kvalita projevu se například liší podle snímaného povrchu, tedy je rozdíl, jestli snímáme např. zorané pole nebo vzrostlé obilí. Podle toho se např. i šířka, resp. počet pixelů identifikované linie může i řádově lišit. Co se týče plošného a standardního nasazení jsou nejučinnější informace o reálné poloze získávány metodami DPZ, které mají jednoznačně zřejmý a nezastupitelný potenciál. Ty pomáhají přesně lokalizovat POZ, a tím doplnit a zpřesnit podklady o těchto podpovrchových stavbách. Například právě pilotovaná letadla jsou schopna nasnímat plošně rozsáhlá území ve velmi vysokém rozlišení, ovšem s odpovídající výší nákladů. Oproti tomu bezpilotní prostředky vykazují nižší náklady, jednodušší možnost použití různých senzorů a zejména možnost okamžité prohlídky nasímaného povrchu přímo v terénu. Jejich výhodou je také vysoká flexibilita s možností frekventovaného opakování snímání podle specifických podmínek zájmové lokality. Zajímavá je také metoda telestézické indikace, která rovněž ukazuje svůj potenciál při identifikaci DS. Stejně ale jako všechny ostatní „neezotické“ metody se musí praktikovat, kalibrovat podle účelu použití a mít zpětnou korekci podle dosahovaných výsledků, chybovosti atd.

Na závěr si dovoluji přímo citovat výstižnou a shrnující filozofii paní Tlapákové: *„Informace o drenážních systémech jsou taková mozaika – když posbírám co nejpečlivěji, co je aktuálně možné zajistit, pořídít, získat, tzn. projektovou dokumentaci, archiválie, archivní letecké měřické snímky, aktuálně a cíleně pořízené letecké snímky, informace od pamětníků, uživatelů... a samozřejmě poznatky z terénního průzkumu, i s pomocí proutkařů, tak mám šanci, že ta mozaika nebude pár osamělých roztroušených kamínků, ale že se třeba bude rýsovat i nějaký motiv. Je to pracné, ale jednodušší cestu ani zázračnou technologii, která by zvládla všechno, jsem zatím nenašla.“* Vhodné by tak do budoucna přinejmenším bylo využití stávajících poznatků a zjištění výzkumníků VÚMOP, v.v.i., pokud se tedy v oblasti zpřesnění vstupních informací chceme dál posunout. Bylo by také bezpochyby vítané vybudování datové a informační základny k odvodňovacím stavbám, která by byla důstojnější a srovnatelnější s informacemi, které jsou dostupné i pro jiné typy technických zařízení v krajině.

5.2 Zkušenosti z pohledu projektanta

Pan Vybíral je toho názoru, že existence drenážních systémů v zemědělské krajině v daném stavu a množství není vysloveně přínosná. Nicméně problematika drenážních systémů je komplexní a v případě jejich plné a správné funkčnosti nelze jejich existenci striktně a plošně odmítat. Jejich lokalizace v některých oblastech je odůvodněná, jelikož zde bez nich nelze reálně zemědělsky obhospodařovat půdu. Dle dosavadních zkušeností je také stav odvodňovacích systémů většinou nefunkční, resp. jsou hrozbou svým havarijním stavem. Ze stavebního hlediska může být jejich (ne)funkčnost ale i samotné vedení problematické při instalaci nových inženýrských sítí, staveb na pozemcích, které byly dříve zemědělskou půdou. Z hlediska projektantského, mohou být problematické v souvislosti s tvorbou koster území (protierozní, protipovodňová a ekologická opatření) při KoPÚ. V rámci zpracování KoPÚ může být také stěžejní umístění/lokalizace (hlavně tedy pro HOZ) pro návrhy nových pozemků.

Zásadní problém je ovšem existence mnoha archivních dat a dalších zdrojů, které nejsou ucelené a revidované a mohly by pomoci minimálně v první fázi při vyhledávání drenážních systémů, především tedy POZ. Se zrušením oddělení ZVHS, resp. jejich sloučením s SPÚ a dalšími zmizely nejen celé sady okresních archivů, ale rovněž odešli zaměstnanci, kteří z historie znali celý postup tvorby drenážních systémů v dané místní lokalitě/okresu. Z toho důvodu je digitalizace archivů nezbytně nutná jako základní důkaz o vůbec možné existenci určitého drenážního systému v konkrétní lokalitě. Někjaké informace o odvodňování jsou dostupné na portálech LPIS a SOWAC-GIS. I přes jejich nepřesnost a neúplnost informací je dostupná minimálně nějaká zmínka o existenci drenážních systémů, alespoň tedy nějaký podklad a nutnost vyvolat jednání případně hledat řešení a opatření.

Stát se musí postavit „čelem“ k potvrzení existence drenážních systémů, ať už je jakákoli (nefunkční, havarijní, omezující podnikání v zemědělství na dotčených pozemcích apod.), a jednat aktivně s majiteli pozemků na event. kompenzacích. Vhodná varianta by byla i taková, kdyby se vlastnictví, správa POZ opět vrátily pod jednu organizaci. Stát ovšem v posledních letech jeví spíše pasivní postoj s permanentní deklarací nedostatku financí na více či méně systematické řešení problémů spojených s drenážními systémy. Dílčím, ale účinným a plošným řešením, by mohlo být zakomponování identifikace drenážních systémů, jejich revize a event. renaturalizace, prostřednictvím prostředků

v rámci procesů Pozemkových úprav. Nutností je pak ale i čerpání nějakého dotačního titulu EU (typu SAPARD z 90. let 20. století) na vlastní realizaci navrhovaných opatření po schválení KoPÚ.

Když se podíváme již na problematiku identifikace drenážních systémů, tak se přímo pan Vybíral podílel mimo jiné například na metodice Termografické snímkování pro účely identifikace drenážních výustí a znečištění povrchových vod (2020) a mnohých dalších. Na základě těchto provedených výzkumů se dospělo k závěru, že i když přesto, že pilotované nosiče představují omezení z hlediska vyšších nákladů na pořízení dat menších území, případně letové omezení bezletových zón (blízkost letišť), tak představují pozitivnější variantu oproti bezpilotním nosičům. Bepilotní letouny, popř. drony mají výrazné omezení z hlediska velikosti snímaného území (v řádu nad 1 km²), taktéž jsou evidované hranice výškové a obecně omezení v jakékoli blízkosti zástavby. Bepilotní nosiče také mají vyšší citlivost na nevhodné klimatické podmínky, především silný vítr a srážky. Vhodnou metodou k detekci drenážních výustí je i využití ručního termografického snímkování. Na základě pozemní termokamery je tak možné identifikovat i plošné zemědělské znečištění. I zde se ale objevují zásadní limity, kterými jsou vždy teplotní rozdíly vody vytékající z daného drenážního systému a pak i přístup/viditelnost na daný břeh vodního toku. Při mapování u většiny metod převažují omezení ve smyslu aktuálních i střednědobých klimatických, hydrologických a vegetačních podmínek, tedy nadměrné sucha, extrémní srážky a stav vegetačního pokryvu. Obecně jsou také limitující kancelářské práce typu vyhledávání v archivech. Je zkoumána celá řada technik, které již prokázaly nějakou účinnost při identifikaci drenáží. Jednoznačně se ale nedá určit univerzální, nejvhodnější metoda. Ze všech výzkumných závěrů totiž jednoznačně vyplývá, že se vždy musí jednat o kombinaci všech dostupných metod.

Co se týče tématu drenážního odvodnění, tak nemůže být nezmíněn také současný boom v zakládání mokřadů ve spojení s existencí drenážního odvodnění. Mokřady jsou považovány za jednoznačně pozitivní vodní prvky v krajině. Při jejich zakládání by se ale mělo dbát především na (ne)funkčnost drenážního systému v dané lokalitě, která může ovlivnit jejich projektování a udržitelnost. Pro zajímavost je možné také podotknout, že z hlediska dané problematiky jsou v následujících letech v rámci firmy GEOREAL s.r.o., plánovány především projekty přímo spojené s procesy Komplexních pozemkových úprav.

5.3 Praxe z hlediska pozemkových úprav

Aktuálně jedním z plánovaných inovativních postupů v PÚ je zahrnutí systémů zemědělského odvodnění do jejich řešení. Názor pana Mazína na tuto skutečnost je takový, že pokud nezpůsobuje nefunkční odvodňovací opatření trvalé zamokření, tak není důvod se tímto zabývat, ani ve zhodnocování pozemků s melioracemi ani ve výměnách pozemků. Procento scelení vlastnických pozemků při PÚ je již tak nízké a došlo by k dalšímu snížení. Spíše je vhodné zabývat se případy, kdy meliorační zařízení je nefunkční a způsobilo znehodnocení půdy zamokřením. Pak by mohl tento problém řešit PSZ třeba návrhem na umělý mokřad, nebo rekonstrukcí porušené stavby meliorací. Při projektování PSZ se také projevuje zájem o regulaci drenážního odtoku. Jsou známy a publikovány případy správné praxe, existují i patenty a užité vzory soustav zasakovacích jam a tůní na svodných drénech, ale příliš se těchto možností v projekční praxi nevyužívá. K mělkým tůním je třeba přistupovat jen v místech, kde je trvalé zamokření, a tam většinou odvodňovací systémy nejsou. Principiálně je dobré jakékoliv opatření nebo stavba, která zadrží vodu v horních částech povodí, kde se provádí pozemkové úpravy. Míra realizace těchto opatření při pozemkových úpravách je v rámci ČR nízká. Problémem je bohužel to, že pro majetkoprávní přípravu vodohospodářských opatření nemá stát dostatek státní půdy, protože byla v minulosti překotně privatizována. Větší zájem je tak o stavby malých vodních nádrží ze strany větších zemědělských podnikatelů. Tyto nádrže na zemědělské půdě jsou tak většinou napájené právě meliorační soustavou.

Naproti tomu navrhováním skladebných částí ÚSES dochází k trvalému nepochopení a nerespektování problematiky těchto staveb pod zemí. Projektanti a pozemkové úřady včetně dotčených orgánů státní správy, které schvalují PSZ, připouští návrhy BC a BK s cílovým společenstvím lesa (výsadbou dřevin) nad melioracemi, což je nepřijatelné. Kořeny těchto dřevin natrvalo poničí funkci drénů (ve vlastnictví osob) a může tak docházet k zamokření půdy v níže položených pozemcích.

Obecně pak tyto poruchy drenáží lze složitě vyhledat například pomocí kamery při expertizách. Někteří znalci to provádí. Co se týká samotné rekonstrukce a modernizace drenážních systémů, tak ty jsou nereálné především u detailu (pér), jelikož jsou husté a především proto, že pokud se do této sítě zasáhne, je problematický výsledek. Také by docházelo ke znehodnocení půdy výkopy a ztrátě úrodnosti humusového horizontu. Lepší

by proto bylo provést novostavbu. Další neznámou je vývoj klima. Bude sucho nebo záplavy? Nebo obojí? Určitě je tedy dobré se zamýšlet nad citlivě prováděnými opravami a údržbou.

Při projektování návrhu nového uspořádání pozemků se nijak neřeší vypořádání s existencí staveb odvodnění na pozemku. V praxi pozemkových úprav se s informací o těchto stavbách pracuje s obavami, vzhledem k tomu, že by se musela zahrnout jejich cena do hodnoty směňovaných pozemků, což by přinášelo problémy. Pokud je někde porucha způsobující trvalé zamokření, většinou se jen zaměří její obvod, a nechá se vlastníkovi jako nesměnitelný pozemek. To ale nic neřeší. V řadě případů ale dochází ke střetu mezi vlastníky, ke kterému nastává, když se zemědělská půda má převést na nezemědělskou nebo orná půda na TTP. Vlastníci toto chápou jako snížení ceny jejich majetku a zemědělci jako ztrátu dotací na půdu. Podobný je odpor a střet vlastníků a zemědělských podniků při návrhu protierozních a vodohospodářských opatření na zemědělské půdě.

Vyvstávají také sporné otázky týkající se POZ, jejichž vlastnictví je v rukou jednotlivých vlastníků půdy, kteří ale o této skutečnosti mnohdy ani nevědí. Před rokem 1991 totiž nemohli nijak rozhodovat, zda-li chtějí, nebo nechtějí investici odvodnění (stavby pod zemí) realizovat. Vydat jim tuto stavbu pod jejich pozemky v restitucích zemědělských nemovitostí podle zák. č. 229/1991 Sb. bylo zjednodušené řešení složité identifikace vydávaných pozemků. To, že meliorační detail je součástí půdy a tím i pozemku, byla správná právní úvaha. V současnosti by bylo třeba, aby se stát k tomuto problému přihlásil a hledalo se racionální řešení. Existují návrhy (např. od Povodí s.p.), aby se obnovila myšlenka melioračních družstev, která by sdružovala vlastníky a zemědělské podniky v určitém území (dílčím povodí). Tato sdružení vlastníků by mohla využívat také účelové dotace. Politická vůle se však zatím nenašla. Stát se obecně tematikou drenáží vůbec nezabývá. Problematika starých projektových dokumentací byla taktéž ze strany státu podceňena. Věc identifikace, funkčnosti, využitelnosti drenáží by měla být pod gescí MZe ČR a SPÚ, kde je zbytek vodohospodářů. Ale bez legislativy to nepůjde. Poslanecký návrh? Z rozhovoru s panem Mazínem vyplynulo, že za celou dobu jeho odborné praxe se změnil přístup pozemkových úprav k drenážním systémům v zemědělské krajině spíše v teoretické rovině výzkumu, nebo u jednotlivců, kteří mají osobní vztah k půdě a Zemi. V současné době jsou ale patrné i silné příběhy zemědělců, kterým nejde jen o přímé dotace na půdu a výnosy z vyčerpané půdy.

5.4 Názory soukromého zemědělce

Hospodaření na farmě v Tržku je dnes prováděno v malých půdních blocích. Od počátku hospodaření se zde zatravnilo cca 70 ha orné půdy, převážně kamenitých a svažitých pozemků, dříve nesmyslně oraných. Vytvořeno tak bylo několik pastevních areálů o celkové výměře 150 ha. Právě na travních porostech byla vybudována většina zdejších drenáží. Z celkové výměry 230 ha je 20 ha zmeliorováno. Tyto meliorace zde byly vystavěny nejčastěji za 2. sv. války vodními družstvy a další vlna výstavby probíhala počátkem 70. let díky Jednotnému zemědělskému družstvu (JZD). Co se týče samotného umístění drenážních systémů, tak díky roků zkušeností a znalosti dané oblasti si je pan Hefler vědom jejich vedení. Umístění svodných drénů v krajině zaznamenal zejména dle drenážních šachet melioračních kanálů, které ústí do upravených toků, přírodních vodotečí a příkopů. U sběrných drenáží je situace horší, obvykle se totiž nachází až v okamžiku jejich zanesení a podmáčení půdy. Také v suchých letech, zejména 2015–2019 po sklizni TTP na některých pozemcích na průběh melioračních zařízení ukazovala sytější barva porostu.

Pan Hefler se v minulosti snažil dohledat příslušné projektové dokumentace staveb, jelikož řešil dva problémy s vybudovanými melioracemi. V prvním případě obdržel původní projektovou dokumentaci na vyžádání od předchozího uživatele, investora, Zemědělského obchodního družstva (ZOD). Ta posloužila jen částečně, jelikož na počátku 80. let přes tyto meliorace armáda provedla výkop kanalizace z přílehlého vojenského objektu. Podle místních pamětníků tak některé drenážní šachty byly zrušeny a svodné drény zřejmě zaústěny do nově zbudované kanalizace. V druhém případě se též i k těmto melioracím dochovala projektová dokumentace, nicméně se nedala umístit do současného terénu, protože krajina prošla výraznými úpravami. Po provedených melioracích následovaly rekultivace a výchozí body v projektu (např. označené jako kámen u cesty) již v zájmové lokalitě dávno neexistují. Z vlastní zkušenosti může tedy pan Hefler potvrdit, že staré plány meliorací nemusí vždy odpovídat realitě.

V minulosti melioracím bylo věnováno dostatečné úsilí za soukromého hospodaření jednotlivými sedláky. Za socialismu a JZD se jednalo o stranický úkol, tedy maximalizovat zemědělskou produkci a využít veškerou zemědělskou půdu. K budování nových drenáží na nových lokalitách tedy dnes není žádný důvod, nicméně stav současných odvodňovacích systémů odpovídá jejich stáří a údržbě. Zatímco meliorace

zbudované za války převážně bez problému a bez větší údržby nadále fungují, tak drenáže zbudované v 70. letech jsou většinou v havarijním stavu (mělce osazené s prorůstajícími kořeny trav, výkopy s položenými trubkami byly často zahrnovány zmrzlou zemí buldozerem). Konkrétně na farmě v Tržku na pravidelnou údržbu není čas, řeší se pouze aktuální havarijní stavy. Dalšími limitujícími faktory jsou pracovní síly, priorita jiných prací na hospodářství a střet s vlastníky. Neopomenutelným omezením je i finanční stránka, ale případná možnost využití dotací by zřejmě byla, jako i v jiných případech, doprovázena komplikovanou a zdlouhavou administrativou.

Pan Hefler je toho názoru, že problematiku meliorací by si měli řešit vlastníci jednotlivých pozemků sami. Ovšem snaha o zprovoznění drenáží často naráží na nezájem a odpor některých sousedních vlastníků. V případě, že vlastník nehodlá dané systémy udržovat a vznikne tím škoda na pozemcích sousedních vlastníků, stát by od nich měl jednoznačně vyžadovat nápravu a přinutit je k údržbě a zprovoznění. Vlastník by se na údržbě měl vždy domluvit s uživatelem. Z vlastní zkušenosti byla uvedena lokalita, kde byly provedeny meliorace za 2. sv. války původními sedláky, kdy svodné drény vedly z jeho vlastního pozemku na pozemky dalších vlastníků. Za doby hospodaření JZD nebyly udržovány, a tak jeho sousední vlastník přistoupil k výstavbě nového odvodnění celé lokality, tj. i pozemků, které dosud nebyly meliorovány. Výsledkem bylo překopání původních drenáží, nové v současné době již ale také nefungují. Ve snaze o nápravu a řádné odvodnění pozemků se pan Hefler dohodl se sousedním uživatelem ZOD na zbudování drenáže nové. Nicméně samotný vlastník přilehlého problematického pozemku toto odmítl a původní drenáže též čistit nehodlá. Oslovený MÚ odbor ŽP na podnět pana Heflera místo toho, aby nařídil vyčištění a zprovoznění původních drenáží, reagoval tak, že vydal usnesení o tom, že se nedochovalo stavební povolení, není jasné, za jakých podmínek bylo dílo povolováno, a tedy nemůže nařizovat jeho údržbu. V současné době je tak lokalita podmáčena. Tento názorný příklad tedy ukazuje, že jakákoliv iniciativa k údržbě krajiny může být podkopána i pracovníky státní správy.

Závěrem je vhodné shrnout, že stávající systémy odvodnění je nutné brát jako součást krajiny. Naši předkové, někdy lépe, někdy hůře, věděli, proč je budují. Nové by tak neměly být budovány, pokud nejsou vyloženečně potřebné. Obecně stávající a funkční by měly být považovány za přínos, protože umožňují obdělávání půdy a produkci plodin na zemědělské půdě za účelem obživy. Vzhledem k tomu, že zemědělské půdy ubývá, společnost by měla půdu společně s drenážemi maximálně chránit.

6 DISKUSE A ZHODNOCENÍ

Tato diplomová práce se věnovala možnostem identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině. Pro práci byly stanoveny tři základní cíle: ověřit vybrané metody a možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině na modelových územích, zhodnotit potenciál práce s termokamerou při identifikaci drenážních výustí svedených do zvolených vodních toků a zjistit názory vybraných expertů a soukromých zemědělců na problematiku identifikace a stavu drenážních systémů v zemědělské krajině.

V rámci prvního cíle diplomové práce byla ověřena metoda terénního průzkumu, historických leteckých snímků a původní projektové dokumentace ve vybraných modelových územích z hlediska identifikace DS. Jednalo se o zájmové lokality Petrovického potoka, potoka Třebýcinky, Chocenického a Lukavického potoka. Na základě terénního šetření bylo na Petrovickém potoce identifikováno 24 drenážních výustí, na potoce Třebýcinka celkem 8, na Chocenickém potoce rovněž 24 a na Lukavickém potoce jich bylo nalezeno 6. Oproti evidenci ZVHS se tak jedná o zhruba dvojnásobný nárůst s tím, že byly i přesně souřadnicově zaznamenány. Dále došlo k podrobnému přezkumu historických leteckých snímků zájmových lokalit, kde bylo zjištěno, že tato metoda je velmi časově náročná a že viditelnost umístění DS je závislá především na vegetačním krytu a agrotechnických zásazích. Bylo projevováno i úsilí nahlédnout do původních projektových dokumentací, ovšem pro řešené oblasti nebyly na Provozním úseku Úhlava, Povodí Vltavy, s.p. dohledány takové, které by znázorňovaly jejich podrobné rozmístění. Samotná projektová dokumentace však nadále zůstává významným zdrojem informací o těchto stavbách, i přesto že v mnoha případech chybí, nebo je velice těžko dohledatelná, případně odlišná od skutečného provedení stavby.

Z hlediska splnění druhého cíle týkajícího se zhodnocení využití termokamery pro identifikaci DS bylo zjištěno, že tato metoda jeví potenciál pro identifikaci DS. Ovšem existuje celá řada kritérií, se kterými je při monitoringu třeba počítat. Mezi nejzásadnější patří množství předešlých srážek, teplota, přístupnost k vodnímu toku, vodnost a funkčnost drenáže. Na některých příkladech v řešených lokalitách tak díky splněným základním podmínkám (vodnost drenážních výustí a vysoký teplotní rozdíl mezi drenážní vodou a vodou v recipientu) byla na termogramech potvrzena využitelnost

termografického snímání pomocí pozemní termokamery za účelem identifikace drenážních výustí. Jelikož ale tento monitoring probíhal na konci února, tak podmínky, načasování již nebyly zcela ideální. Proto v některých případech došlo i k nefunkční identifikaci jednoznačně patrných drenážních výustí, jelikož nebyl zaznamenán onen znatelný rozdíl mezi teplotou drenážní vody a teplotou příslušného vodního toku. Také bylo zjištěno, že nejúčinnější využití termokamery při hledání DS by bylo, kdyby monitoring probíhal přímou chůzí ve vodním toce, tím by tak byl nasnímán z obou stran koryt. Toto je ovšem z důvodu jejich často nevyhovujícího stavu nemožné.

Třetí cíl byl věnován vyhodnocení odpovědí ze čtyř provedených rozhovorů, díky kterým došlo ke zjištění pohledů na problematiku identifikace a stavu drenážních systémů od soukromého zemědělce, odborníků zabývajících se výzkumnou, projektantskou a geodetickou činností. Dle získaných poznatků ze zmiňovaných rozhovorů lze zhodnotit, že za největší problémy stavu drenážních systémů v ČR se pokládají nevyjasněné majtkové vztahy a z toho vyplývající zanedbaná údržba a havarijní stav drenáží. Za základní pochybení je také považována chabá šance získat základní informace o tom, zda a případně kde je pozemek odvodněn. Informace týkající odvodnění dostupné na LPIS, SOWAC-GIS a dalších jsou považovány jako krajně nedostačující. Někteří dotázaní také navrhují, aby se upřednostňovaly pouze sporadické drenáže umístěné jen lokálně v těch nejnutnějších lokalitách před systematickými drenážemi pokrývající celou oblast. Ze všeho výše uvedeného ale vyplývá, že bychom se měli maximálně snažit o jejich údržbu, rekonstrukci a zachovat je v plné funkci, tam kde jsou potřeba. Na základě předložené literatury se dále jeví jako problematické zvýšené vyplavování dusíku a dalších látek z povodí a ve zranitelných lokalitách i nadměrný drenážní odtok v době přetrvávajícího sucha a klimatické změny.

Tato diplomová práce demonstruje vybrané efektivní, nedestruktivní metody pro mapování podpovrchových odvodňovacích systémů v zemědělské krajině. Hlavní důvod nutnosti jejich identifikace souvisí především se stářím systémů a nedostatkem informací o jejich skutečné funkčnosti a stavu. Dle odborné literatury, rozhovorů z dotazovanými i vlastního poznání byl vytvořen přehled, zhodnocení vybraných metod detekce drenážních systémů (viz následující Tabulka 4).

Tabulka 4: Přehled pozitivních a omezujících aspektů vybraných metod detekce

Detekční metoda	Pozitiva	Negativa, omezení
-----------------	----------	-------------------

Pilotovaná letadla	monitoring velkých ploch	vysoké náklady, načasování (srážky, roční období, fenofáze plodin, vegetační kryt), agrotechnické zásahy
Bezpilotní letouny, drony	relativně nízké náklady, snadná manipulace, mobilita, vysoká flexibilita, vysoké rozlišení snímků, okamžité shlédnutí snímků	načasování (roční období, fenofáze plodin, srážky, vítr, vegetační kryt), zástavba, monitoring malých ploch, agrotechnické zásahy
Zemí prostupující radar	informace o hloubce drénů, objem získaných dat	časově a fyzicky náročné, monitoring malých ploch, načasování, vegetační kryt, frekvenci antény, elektrická vodivost a permitivita prostředí, složitost interpretace dat, schopnost pracovníků
Geomagnetický průzkum	relativně nízké náklady	časově a fyzicky náročné, monitoring malých ploch, vegetační kryt, detekce převážně jen hliněných drenážních trubek
Elektromagnetický průzkum	relativně nízké náklady, vysoké rozlišení údajů, objem získaných dat	časově a fyzicky náročné, monitoring větších ploch, vegetační kryt, fyzikálně-chemické vlastnosti půdy
Rezistivita	relativně nízké náklady	časově a fyzicky náročné, monitoring malých ploch, vegetační kryt, nejsou účinné při lokalizaci kovových trubek
Pozemní termokamera	nízké náklady	časově a fyzicky náročné, monitoring pouze drenážních výustí, načasování (roční období, srážky, teplota, vítr), funkčnost a vodnost drenáže, přístupnost
Pedoindikační a fytoindikační princip	žádné náklady	vlhkost půdy, vegetační kryt, fenofáze plodin, agrotechnické zásahy, srážky, teplota
Tradiční vyhledávací průzkum	žádné náklady	časově a fyzicky náročné, monitoring malých ploch, stav a vitalita vegetace
Telestézická indikace	nízké náklady	časově a fyzicky náročné, monitoring malých ploch, „kalibrace“ telestétů na hydrogeologické poměry
Historické letecké snímky	retrospektivní pohled na vývoj krajiny	časová náročnost, obtížná identifikovatelnost, vegetační kryt, agrotechnické zásahy
Původní projektová dokumentace	detaillní zakres HOZ, POZ	chybí, obtížně dohledatelná, nepřesná, není digitalizovaná

Zdroj: Vlastní zpracování dle odborné literatury, rozhovorů a vlastního zjištění, 2022

Výše zmíněné metody lze úspěšně použít k mapování podpovrchových odvodňovacích systémů. Řada studií dokazuje, že geofyzikální metody mohou být slibné pro použití při hledání podzemních zemědělských drenážních trubek. Zejména zemí prostupující radar dle Allreda a kol. (2004), Karáska & Novákové (2020), Kogantiho a kol. (2020; 2021) vykazuje zdárné výsledky. Naopak metody založené na geomagnetických a elektromagnetických vlastnostech a vlastnostech elektrického odporu jsou vhodné spíše pro monitoring vlastností půdy (Allred a kol., 2004; Doolittle a kol., 2014). Na druhé straně obrovský potenciál vykazuje i standardní velkoplošné letecké snímkování nebo také snímkování menších pozemků pomocí bezpilotních letounů a dronů. Právě metody DPZ jsou dnes výzkumníky VÚMOP, v.v.i. nejvíce řešeny, jelikož představují největší potenciál při identifikaci DS. Nesmíme zapomínat také na samotný terénní průzkum, který společně s ruční termokamerou a proutkařením může být užitečným doplňujícím zdrojem informací. Pokud jsou dostupné, tak i archiválie typu leteckých snímků a projektové dokumentace poslouží k identifikaci drenážních systémů v zemědělské krajině, i přesto že např. Tlapáková a kol. (2016) poukazuje na to, že projektová dokumentace DS se velmi často výrazně liší od zjištěných DS pomocí snímků DPZ a jiných metod. Dle odborníků (Allred a kol. 2018; 2020; Koganti a kol., 2021; Tlapáková, 2007; Tlapáková a kol., 2017; Marval a kol., 2020a a řady dalších) by ovšem neúčinnější, tedy optimální metodou pro účely mapování odvodnění bylo, kdyby všechny zmiňované metody probíhaly v kombinaci, v součinnosti, jelikož se navzájem vhodně doplňují. Tzn. např. v podobě rychlého plošného sběru dat s využitím leteckého měření a následně zpřesnění nějakou z pozemních metod v konkrétní lokalitě. Dle Kulhavého a kol. (2021) se zaměření pouze na jeden zdroj znamená již v počátku informační ztrátu a nemůže tak vést k dosažení maximálně možného výsledku. S tímto názorem, je dle provedených rozhovorů, ztotožněna i RNDr. Lenka Tlapáková, Ph.D i Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D (viz kapitola 5).

V následujících pár odstavcích si dovolím uvést i vlastní úsudek o problematice drenážních systémů v zemědělské krajině. Jak již bylo uvedeno, existují značné rozdíly v názorech na funkce a budoucnost odvodňovacích systémů. Troufnu si říci, že jen laický názor neodborníka, nebo zarytého ekologa může pokládat odvodňování drenážemi za škodlivé, za zlo. Domnívám se, že dnes zůstáváme hodně dlužni soukromě hospodařícím zemědělcům z 1. poloviny let minulého století. Ti řádně hospodařili na svých pozemcích, znali krajinu a věděli, kde se vyplatí a je vhodné provést meliorace, které pozemky je

možné orat, a které naopak zatravnit. Věděli kde nechat zamokřené lokality, případně mokřady, věděli, kde zbudovat rybník. Tito lidé měli vztah k vlastní půdě, udržovali ji v nejlepším pořádku, protože byla většinou jediným zdrojem jejich obživy a chtěli ji v co nejlepším stavu předat svým dětem. Díky tomuto skutku byla česká pole namířena k jejich zúrodnování, věc druhá byla ovšem jejich následná kolektivizace a způsob obhospodařování...

Několik desítek let probíhalo faktické přehlížení existence a nedocení těchto staveb v krajině. Po katastrofálním suchu 2015–2019 se zadržování vody v krajině stalo diskutovaným tématem. Kvůli tomu jsou ve většině případů nařknuti právě zemědělci, kteří pomocí drenáží záměrně a zbytečně odvodňují krajinu. Zazněla tak spousta návrhů od zaslepení, popřípadě vykopání drenáží, přes budování mokřadů, rybníků, až po budování přehrad. Každý, kdo mluví o jejich likvidaci, si ale musí uvědomit, že danou půdu vyjme ze zemědělského obhospodařování se všemi důsledky (např. ztráta produkce, znehodnocení vlastnictví, neobdělaná krajina atd.). Ministerstvo zemědělství také plánuje dohledné propojení pozemkových úprav a meliorací společně s jejich adaptací na problematiku sucha. Vyvstává ovšem otázka, do jaké míry, z hlediska současných podmínek, bude možné tento ambiciózní plán naplnit. Vhodné by jistě bylo zasazení problematiky drenážních systémů do dotační politiky, a to nejen po stránce retence a akumulace vody v krajině, ale zejména z pohledu jejich údržby. Zemědělec by se tak neměl zajímat jen o co nejvyšší produkci plodin, dbát na veškeré mimoprodukční funkce zemědělské krajiny, ale i se náležitě starat o umístěné POZ ve svém vlastnictví.

Osobně považuji vedení drenážních trubek za totéž jako vodovod, kanalizaci, elektrické vedení apod., tedy inženýrské sítě. Zásadní rozdíl je bohužel v tom, že drenáže se nacházejí na zemědělské půdě a ta nedosahuje významu urbanizovaných oblastí. Dnešním trendem je abnormální úbytek využití zemědělské půdy. Každodenně se zastavuje několik desítek hektarů zemědělské půdy, kde jsou chtě nechtě drenáže často nevědomky uloženy. Řada odborníků se dnes zabývá znečištěnou vodou z drenáží, zájem o jejich praktickou a plošnou identifikaci je nepatrný. Faktem ale zůstává, že odvodnění je významným stabilizačním faktorem pro zemědělské využití půdy a tvoří podstatnou část naší zemědělské krajiny. Dnešní trend ale směřuje spíše k útlumu zemědělství, tedy produkci potravin a jiných surovin z důvodu zvýšeného zájmu o ochranu a péči krajiny. Právě nalezení tohoto „zakopaného českého dědictví“ je důležitým aspektem, které poslouží jak zemědělcům, stavebníkům, tak i projektantům pozemkových úprav. Také

případná digitalizace jejich projektových dokumentací by měla plný přínos, kdyby opravdu odpovídaly skutečnému stavu. Ale nejen že chybí záznamy o funkčnosti drenáží a provedených jejich úpravách nebo účelových destrukcích, mnohdy chybí právě i samotné projektové dokumentace. Dle Kulhavého a kol. (2021) ani neexistuje informační portál s přehledem dostupných existujících podkladů o stavbách odvodnění ani s informacemi, kde tyto podklady získávat, jak postupovat a na koho se obracet. Komplexní informace o úplném rozsahu podpovrchového odvodnění tak nemáme a nejspíš nikdy mít nebudeme, jelikož tyto stavby nebyly nijak geodeticky zaměřeny.

Jsem přesvědčena, že zvolených cílů uvedených v úvodu této diplomové práce bylo dosaženo. Přesto zde zůstávají oblasti, kam by se práce mohla ještě dále vyvíjet. Například by mohlo dojít k využití i jiných metod identifikace drenážních systémů (např. pilotované nosiče, bezpilotní letouny, zemí prostupující radar aj.) a jejich vzájemné srovnání, zhodnocení zjištěných výsledků. Rovněž by mohla být vybrána nějaká lokalita, kde jsme si předem vědomi existence projektové dokumentace stavby meliorací. Ta by mohla být georeferencována, vektorizována a porovnána s ostatními výsledky jiných využitých metod určených k identifikaci drenážních systémů v zemědělské krajině. Při samotném zpracování této práce mohlo dojít k drobným nepřesnostem zejména při samotném snímání termokamerou (např. nevhodné nastavení, vzdálenost a sklon měření), nebo při zachycování GPS souřadnic pomocí mobilní aplikace. Je také dost pravděpodobné, že nebyly identifikovány všechny drenážní výustě v modelových územích. To mohlo být zapříčiněno jejich nepřístupností z důvodu okolní vegetace, nízké vodnosti nebo nefunkčnosti.

Dále je zde otázka významu a využití práce do budoucna, která by mohla být svými výsledky zajímavá především pro odbornou veřejnost, které se jakýmkoliv způsobem problematika drenáží dotýká. Tato práce bude také využita pro účely výuky pozemkových úprav panem Ing. Václavem Mazínem, Ph.D., a její výstup publikován v časopise Pozemkové úpravy. Potenciál předkládané diplomové práce shledávám v tom, že na podobné téma, zejména tedy z hlediska využití termokamery při monitoringu drenáží, nebyla dosud zpracována žádná kvalifikační práce. Jsem toho názoru, že studie obsahuje nejen kvalitní výzkumná zjištění, ale též je obohacena o názory a příklady z praxe od dotazovaných. Věřím, že tato studie zaujme své místo v úzké řadě odborných publikací týkající se drenážních systémů a jejich identifikace v zemědělské krajině a stane se užitečným podkladem pro další výzkumnou činnost.

ZÁVĚR

Účelem této diplomové práce bylo poskytnout přehled výzkumných metod, které by mohly reálně posloužit k identifikaci drenážních systémů. Konkrétně byly mapovány drenážní linie, výustě čtyř úseků vodních toků v okrese Plzeň-jih a Klatovy za pomoci terénního průzkumu, historických leteckých snímků, původní projektové dokumentace a termokamery. Na základě vlastní zkušenosti tak bylo stanoveno několik faktorů, které výrazně omezují zmiňovaný monitoring. Dle tohoto terénního průzkumu byly lokalizovány všechny zjištěné drenážní výustě zájmových recipientů. Byly shledány také názory na danou problematiku z pohledu zemědělce a expertů z řad výzkumné, geodetické a projektantské činnosti. Tento příspěvek mimo jiné seznámil s problematikou zemědělských odvodňovacích systémů z pohledu minulých, současných a také budoucí role a fungování těchto systémů. Předkládaná práce tak měla snahu poukázat na potřebu nahlížet na problematiku meliorací bez jakýchkoli předsudků minulých let.

Identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině je z expertního hlediska stále v počáteční fázi výzkumu, a proto je v tomto zapotřebí ještě mnoho práce a testování. Zejména by bylo vhodné se zaměřit na pochopení závislostí zmiňovaných metod například na typu půdy, zbytcích plodin, způsobu zpracování půdy, úrovni vlhkosti půdy, požadované množství dešťových srážek a obecně optimální načasování pro mapování podpovrchového odvodnění. Stejně tak by bylo prospěšné využívat zmíněné techniky detekce v jejich vzájemné kombinaci.

Není pochyb o tom, že drenážní systémy v českém zemědělství mají široké využití. Do budoucna je ale jistě naléhavé řešit i jejich zjištěný nepříznivý technický stav a ve zranitelných místech také intenzitu odvodnění ve spojitosti s problematikou sucha – změnou klimatu. Hlavní prioritou by mělo být i vybudování komplexního, přesného a veřejně přístupného informačního systému o umístění melioračních staveb. Vhodná by byla také realizace legislativních změn a nutnost zohledňovat tyto stavby v územních studiích, zejména tedy i v pozemkových úpravách.

Seznam použité literatury

Allred, B. J. a kol. (2004). *Detection of buried agricultural drainage pipe with geophysical methods*. Applied Engineering in Agriculture [online]. 20(3), 307-318 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.13031/2013.16067

Allred, B. J. a kol. (2018). *Delineation of Agricultural Drainage Pipe Patterns Using Ground Penetrating Radar Integrated with a Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite System*. Agriculture [online]. 8(11) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/agriculture8110167

Allred B. J. a kol. (2020). *Overall results and key findings on the use of UAV visible-color, multispectral, and thermal infrared imagery to map agricultural drainage pipes*. Agricultural Water Management [online]. 232 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.agwat.2020.106036

Ballantine, DJ. & Tanner, CC. (2013). *Controlled drainage systems to reduce contaminant losses and optimize productivity from New Zealand pastoral systems*. New Zealand Journal of Agricultural Research [online]. 56(2), 171-185 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1080/00288233.2013.781509

Bigalke, M. a kol. (2022). *Microplastics in agricultural drainage water: A link between terrestrial and aquatic microplastic pollution* [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150709

Bretfeld, Z. a kol. (1984). *Rekonstrukce a modernizace odvodňovacího zařízení: Metodické pokyny*. Praha: MZVŽ ČSR.

ČSAZ (1984). *Regulace vláhových poměrů v horských a podhorských oblastech ČSSR*. Praha: Československá akademie zemědělská. Sborník č. 72.

Doolittle, J. a kol. (2014). *The use of electromagnetic induction techniques in soils studies*. Geoderma [online]. 223-225, 33-45 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoderma.2014.01.027

Duffková, R. a kol. (2020). *Metodika hodnocení vláhových potřeb zemědělských plodin pro účely závlah*. Certifikovaná metodika. Praha: VÚMOP.

- Duffková, R. a kol. (2022). *The Effect of Controlled Tile Drainage on Growth and Grain Yield of Spring Barley as Detected by UAV Images, Yield Map and Soil Moisture Content*. Remote Sensing [online]. 14(19) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/rs14194959
- eAGRI LMS (2022). VÚGTK, v.v.i. [online]. Zdiby [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/euradin/TH01030216/2016V002/Index.html>
- Fiala, J. (1979). *Stavby vodní a meliorační: učeb. text pro 3. roč. stř. prům. škol stavebních, stud. oboru vodohosp. stavby*. Praha: SNTL, Řada stavební literatury.
- Fučík, P. a kol. (2008). *Assessing the stream water quality dynamics in connection with land use in agricultural catchments of different scales*. Soil and Water Research [online]. 3(3), 98-112 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.17221/19/2008-SWR
- Fučík, P. a kol. (2010). *Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků: metodika*. Praha: VÚMOP.
- Fučík, P. a kol. (2021). *Navrhování umělých mokřadů v návaznosti na zemědělské odvodnění pro zlepšení jakosti vody*. Certifikovaná metodika. Praha: VÚMOP.
- Hydromeliorace (2022). VÚMOP, v.v.i. [online]. Praha [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <http://www.hydromeliorace.cz/>
- Cho, E. a kol. (2019). *Identifying Subsurface Drainage using Satellite Big Data and Machine Learning via Google Earth Engine*. Water Resources Research [online]. 55(10), 8028-8045 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1029/2019WR024892
- Jůva, K. (1957). *Odvodňování půdy: vysokoškolská učebnice*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Učebnice.
- Jůva, K. (1959). *Závlaha půdy: vysokoškolské učebnice*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Encyklopedie a učebnice.
- Jůva, K. (1964). *Vodohospodářské meliorace: odvodnění - závlaha*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Technický průvodce (SNTL).
- Jůva, K. a kol. (1987). *Odvodňování zemědělské půdy: Mechanizace, výstavba a meliorace*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Karásek, P. a kol. (2015). *The Location and Extent of Systematic Drainage in Relation to Land Use in the Past and at Present and in Relation to Soil Vulnerability to Accelerater*

Infiltration in the Protected Landscape Area Železné Hory. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis [online]. 63(4), 1121-1131 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201563041121

Karásek, P. a kol. (2018). *Priority Areas for Initiating Land Consolidations Related to Erosion and Water Retention in the Landscape, Czech Republic*. Journal of Ecological Engineering [online]. 19(4), 16-28 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.12911/22998993/89655

Karásek, P. & Nováková, E. (2020). *Agricultural Tile Drainage Detection within the Year Using Ground Penetrating Radar*. Journal of Ecological Engineering [online]. 21(4), 203-211 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.12911/22998993/119976

Koganti, T. a kol. (2020). *Mapping of Agricultural Subsurface Drainage Systems Using a Frequency-Domain Ground Penetrating Radar and Evaluating Its Performance Using a Single-Frequency Multi-Receiver Electromagnetic Induction Instrument*. [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.20944/preprints202006.0127.v1

Koganti, T. a kol. (2021). *Mapping of Agricultural Subsurface Drainage Systems Using Unmanned Aerial Vehicle Imagery and Ground Penetrating Radar*. Sensors [online]. 21(8) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/s21082800

Kokulan, V. (2019). *Environmental and Economic Consequences of Tile Drainage Systems in Canada*. Ottawa: The Canadian Agri-Food Policy Institute.

Kulhavý, F. a kol. (2008). *Navrhování hydromelioračních staveb*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT.

Kulhavý, F. (2016). *Analýza proveditelnosti některých opatření k ochraně krajiny: před suchem a povodněmi*. Vodní hospodářství [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/analyza-proveditelnosti-nekterych-opatreni-k-ochrane-krajiny/>

Kulhavý, Z. a kol. (2002). *Metodika Informačního systému hydromelioračních staveb*. Návrh a využití územního informačního systému hydromelioračních staveb. Praha: VÚMOP, ZVHS.

Kulhavý, Z. a kol. (2007). *Management of agricultural drainage systems in the Czech Republic*. Irrigation and Drainage [online]. 56(S1), 141-149 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1002/ird.339

Kulhavý, Z. a kol. (2013). *Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině: metodická příručka pro žadatele OPŽP*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.

Kulhavý, Z. a kol. (2015a). *Rekonstrukce staveb odvodnění s uplatněním principu regulace drenážního odtoku*. Metodika: uživatelský výstup projektu TAČR evid. č. TA02020384. Praha: VÚMOP.

Kulhavý, Z. a kol. (2015b). *Adaptation Options for Land Drainage Systems Towards Sustainable Agriculture and the Environment: A Czech Perspective*. Polish Journal of Environmental Studies [online]. 24, 1085-1102 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.15244/pjoes/34963

Kulhavý, Z. a kol. (2017). *Postupy pro dosažení udržitelnosti hydromelioračních opatření v podmínkách České republiky: metodika*. Praha: VÚMOP.

Kulhavý, Z. a kol. (2021). *Adaptace hydromeliorací jako součást plánu realizace opatření pro zmírnění dopadů změn klimatu*. Vodní hospodářství [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/adaptace-hydromelioraci-jako-soucast-planu-realizace-opatreni-pro-zmirnovani-dopadu-zmen-klimatu/>

Kvítek, T. a kol. (2007). *Zatravnění orné půdy s vysokým rizikem infiltrace - opatření pro cílené snižování koncentrací dusičnanů ve vodách: Metodika*. Praha: VÚMOP.

Kvítek, T. (2020). *Opatření v krajině ke snížení důsledků sucha a povodní, zvýšení hladin podzemní vody a zlepšení jakosti vody*. Ekolist.cz [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/ekolist/mesicni-souhrn/tomasn-kvitek-opatreni-v-krajine-ke-snizeni-dusledku-sucha-a-povodni-zvyseni-hladin-podzemni-vody-a-zlepseni-jakosti-vody>

Lavrnić, S. a kol. (2018). *Long-Term Monitoring of a Surface Flow Constructed Wetland Treating Agricultural Drainage Water in Northern Italy*. Water [online]. 10(5) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/w10050644

Madramootoo, Ch. A. a kol. (2007). *Management of agricultural drainage water quality*. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations.

- Marval, Š. a kol. (2019). *Identifikace drenážních výustí s využitím termografického snímkování: ověřená technologie*. Praha: VÚMOP.
- Marval, Š. a kol. (2020a). *Identifikace plošného zemědělského znečištění s využitím termografického snímkování*. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace [online]. 62(6) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2020.03.004
- Marval, Š. a kol. (2020b). *Termografické snímkování pro účely identifikace drenážních výustí a znečištění povrchových vod: Metodika*. Praha: VÚMOP.
- Ministerstvo zemědělství ČR. (2020). *Plán opatření pro řešení sucha prostřednictvím pozemkových úprav a adaptací hydromeliorací v horizontu 2030*. Praha.
- Moloney, T. a kol. (2020). *Ranking connectivity risk for phosphorus loss along agricultural drainage ditches*. Science of The Total Environment [online]. 703 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134556
- Naz, B. S. a kol. (2009). *Detecting subsurface drainage systems and estimating drain spacing in intensively managed agricultural landscapes*. Agricultural Water Management [online]. 96(4), 627-637 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.agwat.2008.10.002
- Podhrázká, J. a kol. (2018). *Current challenge of land consolidation in the rural development*. Brno.
- Pomije, T. a kol. (2022). *Drainage Runoff Separation of New and Old Water Based on Precipitation, Air, Water, and Soil Temperature Compared to Stable Isotopes ^{18}O and 2H* . Water [online]. 14(15) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/w14152349
- Popek, Z. a kol. (2021). *Laboratory Tests of New Groundwater Table Level Regulators in Subsurface Drainage Systems*. Water [online]. 13(5) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.3390/w13050631
- Prudík, J. (1961). *Všeobecné pěstování rostlin: učební text pro zemědělské technické školy*. 2. nezm. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Zemědělská výroba.
- Racek, J. (1924). *Práce ruční i strojová u podniků zemědělsko-technických, se zvláštním zřetelem ku pracím drenážním*. Praha: Ministerstvo zemědělství Československé republiky.
- Ritzema, H. (2014). *Main Drainage Systems*. UNESCO-IHE MSc Programme Land and Water Development for Food Security. Wageningen.

Říha, J. (1966). *Údržba drenážních sítí*. Mechanizace, výstavba a vodní hospodářství. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Strock, J. S. a kol. (2010). *Drainage water management for water quality protection*. Journal of Soil and Water Conservation. 65 (6) 131A-136A. Dostupné z: doi: 10.2489/jswc.65.6.131A1

Šafář, V., & Tlapáková, L. (2018). *Interpretace prvků drenážního systému z archivních leteckých měřických snímků pro management odvodněných ploch: certifikovaná metodika*. Praha: VÚMOP.

Teledyne FLIR (2022). [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.flir.eu/>

Tlapák, V. a kol. (1992). *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR.

Tlapáková, L. & Karásek, P. (2013). *Retrospective Evaluation of the Extent and Spatial Changes of Realized Hydromelioration Systems*. Polish Journal of Environmental Studies. 22. 1855-1862.

Tlapáková, L. a kol. (2013). *Mohou distanční metody odhalit drenážní systémy v krajině? Životné prostredie: revue pre teóriu a starostlivosť o životné prostredie*, 47(3), 160-163.

Tlapáková, L. a kol. (2015). *Use of Remote Sensing for Identification and Description of Subsurface Drainage System Condition*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis [online]. 63(5), 1587-1599 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201563051587

Tlapáková, L. a kol. (2016). *Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti*. Pardubice: VÚMOP.

Tlapáková, L. (2017). *Development of drainage system in the Czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing*. European Countryside [online]. 9(1), 77-98 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1515/euco-2017-0005

Tlapáková, L. a kol. (2017). *Thematic survey of subsurface drainage systems in the Czech Republic*. Journal of Maps [online]. 13(2), 55-65 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1080/17445647.2016.1259129

Tlapáková, L. a kol. (2021). *Metodika implementace podkladů o stavbách odvodnění do závazných parametrů komplexních pozemkových úprav, s využitím distančních metod*. Praha: VÚMOP.

TNV 75 4922 (2016). *Údržba odvodňovacích zařízení*. Odvětvová technická norma vodního hospodářství. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR.

Valayamkunnath, P. a kol. (2020). *Mapping of 30-meter resolution tile-drained croplands using a geospatial modeling approach*. Scientific Data [online]. 7(1) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1038/s41597-020-00596-x

Vašků, Z. (2011). *Zlo zvané meliorace*. Vesmír [online]. 2011, 90(440) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2011/cislo-7/zlo-zvane-meliorace.html>

Vlotman, F. W. a kol. (2020). *Modern Land Drainage: Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems*. (2nd Ed.). London: Taylor & Francis Ltd.

Vopravil, J. a kol. (2008). *Metodický postup pro zemědělce hospodařící na odvodněných a zavlažovaných půdách*. Praha: VÚMOP.

Wit, J. a kol. (2022). *Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge*. Agricultural Water Management [online]. 269 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1016/j.agwat.2022.107677

W-Technika (2022). [online]. Praha, [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/>

Zajíček, A. a kol. (2018a). *Jakost drenážních vod (živiny, pesticidy a jejich metabolity) a její potenciální vliv na vodní zdroje*. Praha: VÚMOP.

Zajíček, A. a kol. (2018b). *Pesticide leaching by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components*. Water Science and Technology [online]. 77(7), 1879-1890 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2018.068

Zajíček, A. a kol. (2018c). *How does targeted grassing of arable land influence drainage water quality and farm economic indicators?* International Journal of Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery [online]. 1(3), 344-352 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.2495/EI-V1-N3-344-352

Zajíček, A. a kol. (2021). *Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních: certifikovaná metodika*. Praha: VÚMOP.

Zajíček, A. & Fučík, P. (2022). *How to Select a Location and a Design of Measures on Land Drainage – A Case Study from the Czech Republic*. *Journal of Ecological Engineering* [online]. 23(4), 43-57 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.12911/22998993/146270

Zhang, Ch. a kol. (2014). *Applications of Low Altitude Remote Sensing in Agriculture upon Farmers' Requests– A Case Study in Northeastern Ontario, Canada*. *PLoS ONE* [online]. 9(11) [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0112894

Zdroje dat a archivních materiálů

Archiv Provozního úseku Úhlava, Povodí Vltavy, s.p. Klatovy.

Archiv ČÚZK (2022). [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/>

ČÚZK (2022). [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>

In-počasi (2022a). Klatovy – Otín. [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/otin/>

In-počasi (2022b). Blovice. [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/blovice/>

ISVS (2022). Vodohospodářský informační portál VODA. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://voda.gov.cz/?page=Home>

LPIS (2022). Veřejný registr půdy. eAGRI - Portál farmáře. [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

SOWAC-GIS (2022). Geoportál. [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://geoportal.vumop.cz/>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Doba měření jednotlivých toků	37
Tabulka 2: Základní charakteristika termokamery	55
Tabulka 3: Naměřená teplota vzduchu a recipientů.....	59
Tabulka 4: Přehled pozitivních a omezujících aspektů vybraných metod detekce	74

Seznam grafů

Graf 1: Vývoj odvodněných ploch v modelových lokalitách v jednotlivých letech	38
Graf 2: Denní úhrn srážek na stanicích Otín a Blovice v únoru 2022	56
Graf 3: Maximální a minimální teploty na stanicích Otín a Blovice v únoru 2022	57
Graf 4: Denní rozložení teploty vzduchu ve dnech 19.–20. 2. na stanici Klatovy – Otín	58
Graf 5: Denní rozložení teploty vzduchu ve dnech 19.–20. 2. na stanici Blovice.....	58

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka průběhu monitoringu s termokamerou	35
Obrázek 2: Zobrazení vodního toku na termokameře na příkladu Lukavického potoka	35
Obrázek 3: Barevná škála pro vyhodnocení termografických snímků	36
Obrázek 4: Druhy pozemků dle KN v okolí Petrovického potoka	39
Obrázek 5: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Petrovického potoka	40
Obrázek 6: Zjištěné drenážní výustě ústící do Petrovického potoka	41
Obrázek 7: Nesoulad podkladových dat ZVHS se skutečným umístěním drenážních výustí zjištěných dle terénního průzkumu na příkladu Petrovického potoka	42
Obrázek 8: Druhy pozemků dle KN v okolí potoka Třebýcinka	43
Obrázek 9: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku potoka Třebýcinka	44
Obrázek 10: Zjištěné drenážní výustě do potoka Třebýcinka.....	45
Obrázek 11: Druhy pozemků dle KN v okolí Chocenického potoka	46
Obrázek 12: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Chocenického potoka	47
Obrázek 13: Zjištěné drenážní výustě ústící do Chocenického potoka	48
Obrázek 14: Druhy pozemků dle KN v okolí Lukavického potoka	49
Obrázek 15: Meliorace dle ZVHS v okolí zájmového úseku Lukavického potoka	50
Obrázek 16: Zjištěné drenážní výustě ústící do Lukavického potoka	51
Obrázek 17: Nejběžnější vzory podpovrchového odvodňovacího systému	52
Obrázek 18: Termokamera FLIR E5xt WiFi	55
Obrázek 19: Ukázka správně identifikovaných drenážních výustí termokamerou	61
Obrázek 20: Ukázka nefunkční identifikace pomocí termokamery	62

Seznam příloh

Příloha A: Přehled identifikovaných drenážních výústí

Příloha B: Identifikované drenážní výústě – Petrovický potok

Příloha C: Identifikované drenážní výústě – potok Třebýcinka

Příloha D: Identifikované drenážní výústě – Chocenický potok

Příloha E: Identifikované drenážní výústě – Lukavický potok

Příloha F: Současný stav zájmových vodních toků

Příloha G: Ukázka drenážních linií dle historických leteckých snímků

Příloha H: Ukázka projektových dokumentací

Příloha CH: Otázky z rozhovoru s RNDr. Lenkou Tlapákovou, Ph.D.

Příloha I: Otázky z rozhovoru s Ing. Tomášem Vybíralem, Ph.D.

Příloha J: Otázky z rozhovoru s Ing. Václavem Mazínem, Ph.D.

Příloha K: Otázky z rozhovoru s Ing. Jiřím Heflerem

Přílohy

Příloha A: Přehled identifikovaných drenážních výústí

Drenážní výúst' (Petrovický potok)	Charakter	Stav
P1	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P2	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
P3	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
P4	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P5	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená, zarostlá
P6	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, havarijní stav
P7	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P8	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P9	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P10	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P11	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
P12	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P13	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
P14	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná, zanesená, havarijní stav
P15	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P16	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
P17	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
P18	povrchová	nefunkční, bez vody, přístupná zarostlá
P19	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P20	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P21	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P22	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P23	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
P24	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná

Identifikované drenážní výústě Petrovického potoka, vlastní zpracování, 2022

Drenážní výúst' (potok Třebýcinka)	Charakter	Stav
T1	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
T2	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná
T3	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná
T4	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
T5	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
T6	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
T7	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
T8	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená

Identifikované drenážní výústě potoka Třebýcinka, vlastní zpracování, 2022

Drenážní výúst' (Chocenický potok)	Charakter	Stav
CH1	povrchová	funkční, vodná, přístupná
CH2	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, zanesená
CH3	zatrubněná/povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá, zanesená, havarijní stav
CH4	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná, havarijní stav
CH5	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená, havarijní stav
CH6	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
CH7	zatrubněná	pod hladinou toku, přístupná
CH8	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
CH9	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, upravena husím krkem
CH10	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
CH11	povrchová	funkční, vodná, přístupná
CH12	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
CH13	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená, zarostlá
CH14	povrchová	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
CH15	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
CH16	Zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, upraveny plastovou trůbkou
CH17	Zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zanesená
CH18	Zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, zarostlá

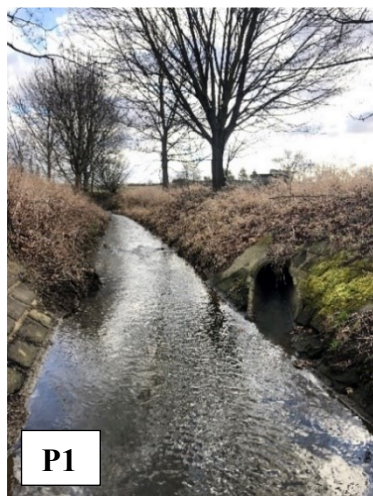
CH19	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
CH20	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zarostlá
CH21	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
CH22	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná
CH23	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná, zarostlá
CH24	povrchová	funkční, vodná, přístupná

Identifikované drenážní výustě Chocenickeho potoka, vlastní zpracování, 2022

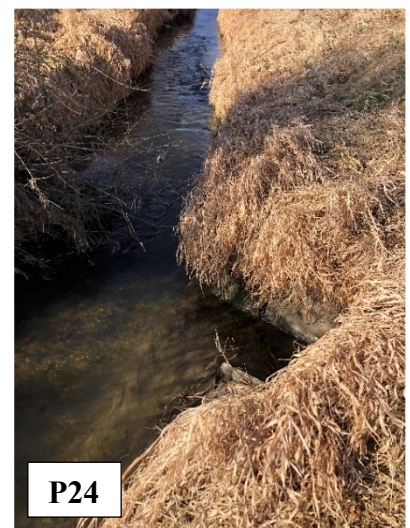
Drenážní výust' (Lukavický potok)	Charakter	Stav
L1	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
L2	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
L3	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná
L4	zatrubněná	nefunkční, bez vody, přístupná, zarostlá
L5	zatrubněná	nefunkční, bez vody, obtížně přístupná, zarostlá
L6	zatrubněná	funkční, vodná, přístupná

Identifikované drenážní výustě Lukavického potoka, vlastní zpracování, 2022

Příloha B: Identifikované drenážní výustě – Petrovický potok (*vlastní fotografie z února 2022*)







Příloha C: Identifikované drenážní výustě – potok Třebýcinka (*vlastní fotografie z února 2022*)



Příloha D: Identifikované drenážní výustě – Chocenický potok (*vlastní fotografie z února 2022*)



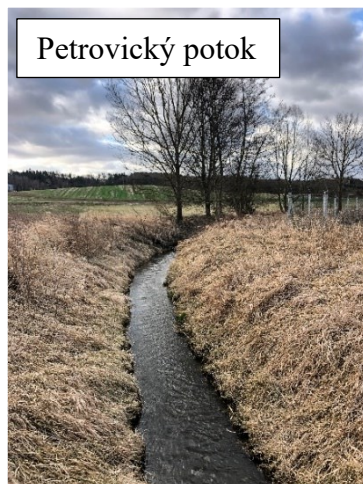


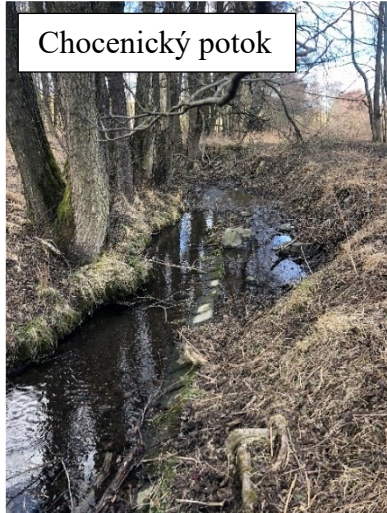


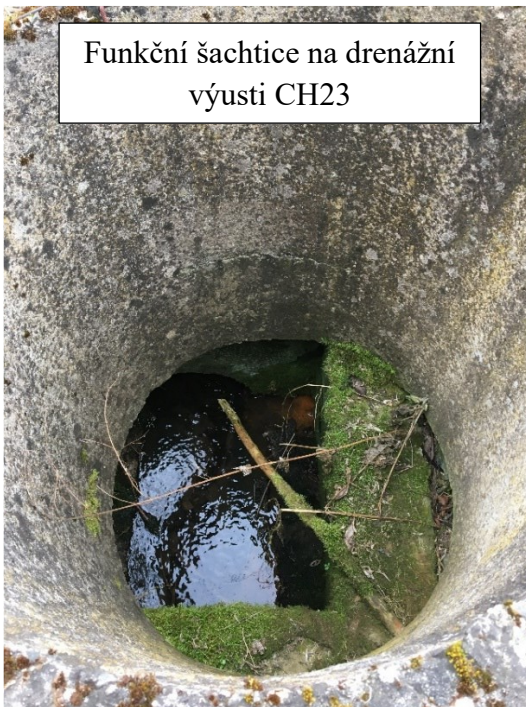
Příloha E: Identifikované drenážní výustě – Lukavický potok *(vlastní fotografie z února 2022)*



Příloha F: Současný stav zájmových vodních toků *(vlastní fotografie z února 2022)*



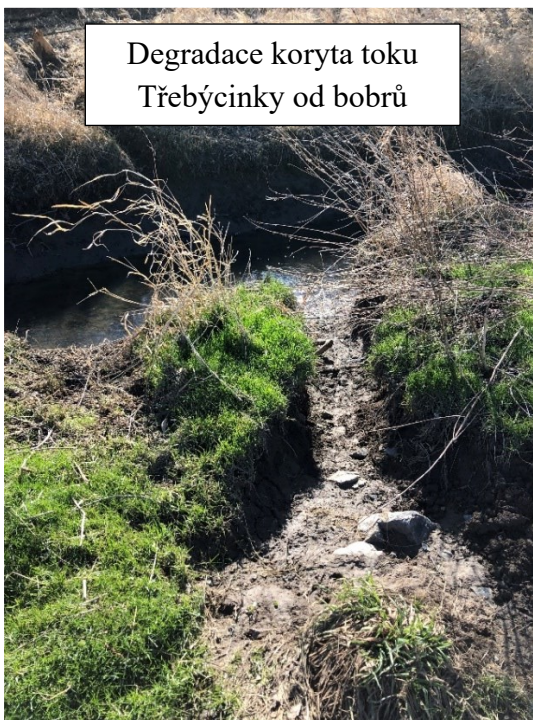




Funkční šachtice na drenážní
výusti CH23



Zamokřené oblasti
u Chocenicického potoka

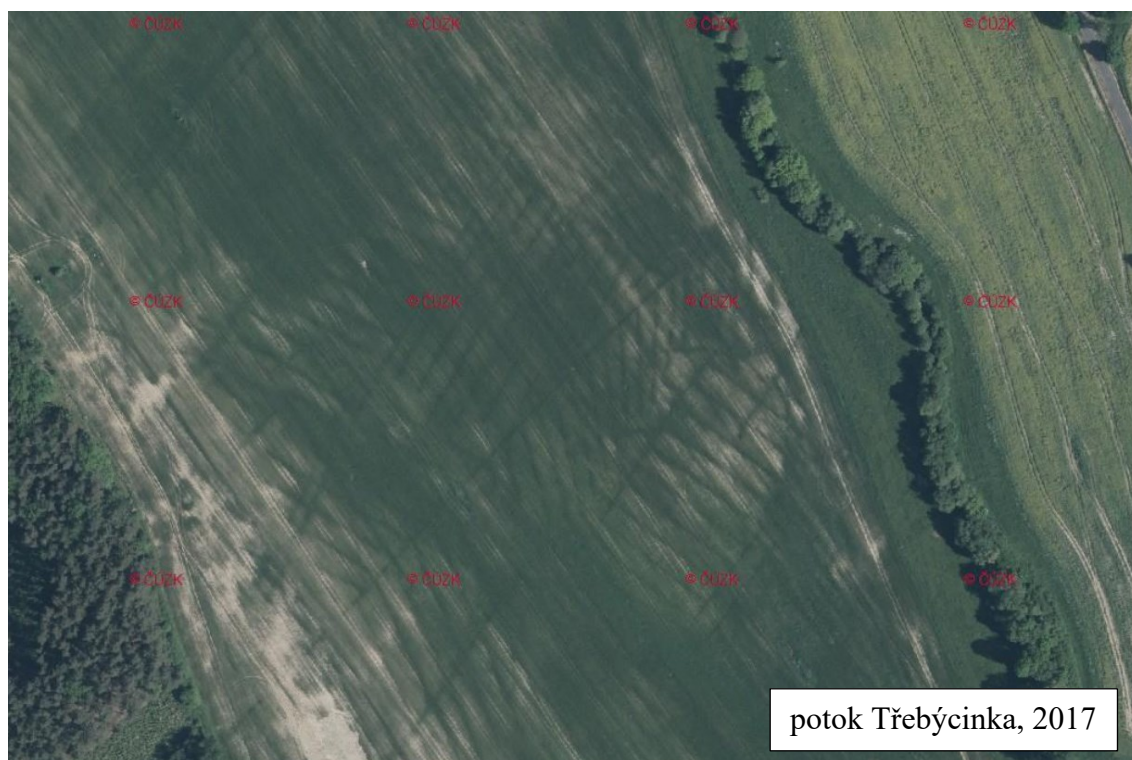


Degradace koryta toku
Třebýcinky od bobrů



Degradace okolní vegetace
toku Třebýcinky od bobrů

Příloha G: Ukázka drenážních linií dle historických leteckých snímků
(zdroj: Archiv ČUZK)





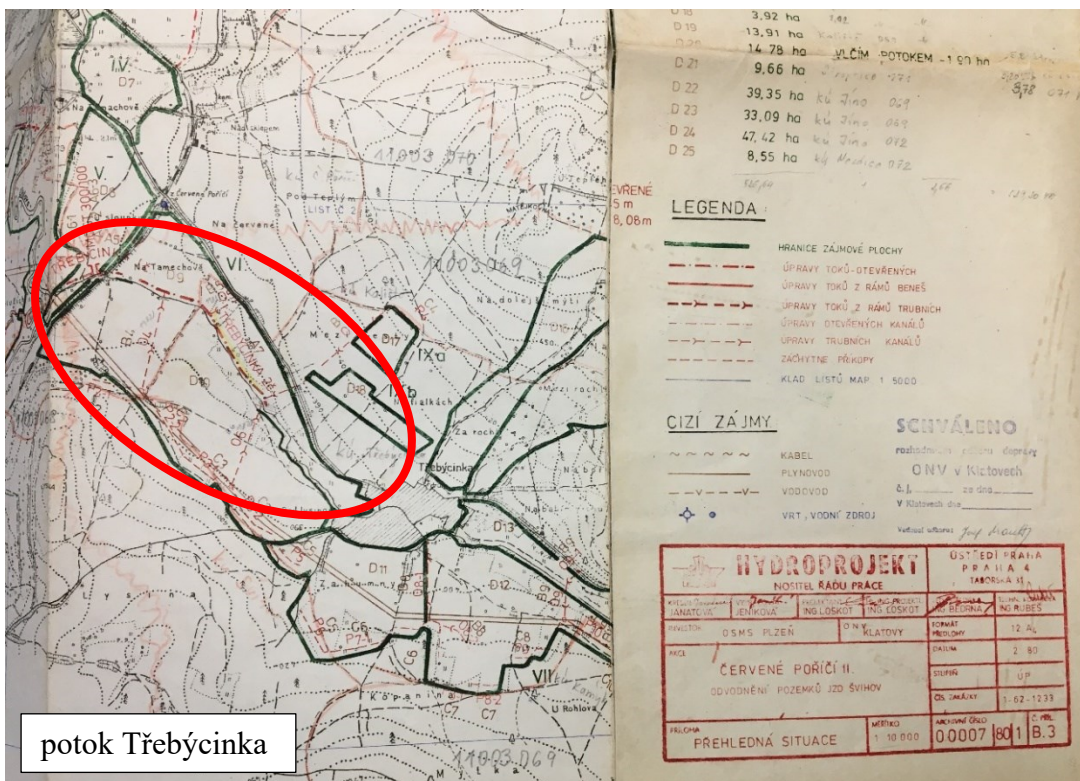
Chocenický potok, 2008



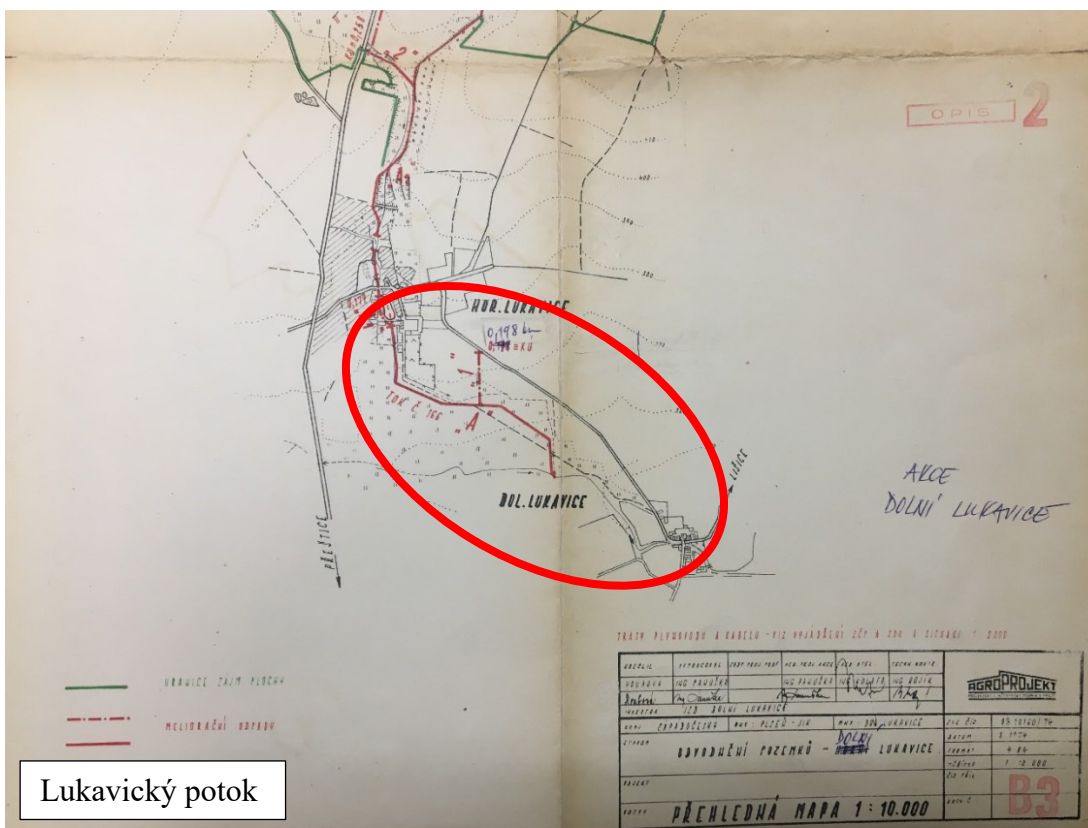
Lukavický potok, 2005

Příloha H: Ukázka projektových dokumentací

(zdroj: Provozní úsek Úhlava, Povodí Vltavy, s.p.)



potok Třebíčinka



Lukavický potok

Příloha CH: Otázky z rozhovoru s RNDr. Lenkou Tlapákovou, Ph.D.

1. Můžete v krátkosti představit Vaši odbornou činnost?
2. Jaký je Váš názor na problematiku drenážních systémů v zemědělské krajině? Považujete je spíše za přínos, nebo naopak za zlo a proč?
3. Dle Vašich zkušeností a domněnek, jaký je současný stav většiny českých odvodňovacích systémů?
4. POZ jsou ve vlastnictví jednotlivých vlastníků pozemků, kteří ale o této skutečnosti mnohdy ani nevědí. Měli by tak dbát na jejich správnou funkčnost a pravidelnou údržbu. Domníváte se, že by se jejich vlastnictví, správa měly opět, jako tomu bylo kdysi, vrátit pod jednu organizaci? Proč?
5. Jaký je Váš názor na to, jak k identifikaci, funkčnosti, využitelnosti drenáží přistupuje stát? Mělo by dojít k nějaké změně z hlediska přístupu státu k dané problematice?
6. Jak se díváte na problematiku týkající se starých projektových dokumentací odvodňovacích staveb a jejich obtížnou dohledatelnost, neúplnost, že mnohdy neodpovídají realitě, nejsou digitalizovány?
7. Považujete nepřesné informace o odvodňování na portálech LPIS a SOWAC-GIS za dostatečné pro vlastníky pozemků, zemědělce, pro práci projektantů? Mělo by dojít k nějaké změně?
8. Jak hodnotíte význam DPZ pomocí dronů/bezpilotních letounů v porovnání s pilotovanými letadly při identifikaci drenáží? Jaké jsou jejich pozitivní a negativní charakteristiky?
9. Jak byste posoudila práci s pozemním penetračním radarem? Jaké jsou jeho pozitivní a negativní charakteristiky?
10. Jaké máte zkušenosti při identifikaci drenážních výústí s ruční termokamerou? Je dle Vás vhodnou metodou pro danou detekci a proč? Při monitoringu v terénu jsou nějaké limity, které omezují výsledky?
11. Jaká metoda detekce drenážních linií je dle Vašich zkušeností nejpřínosnější? Proč a jaká jsou její pozitiva?

12. Domníváte se, že existuje nějaká technika, která skrývá potenciál z hlediska možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině, ale dosud z nějakých důvodů nebyla dostatečně ověřena? Jaký máte názor na teletézickou indikaci?
13. Jaké limity, omezení při mapování převažují u většiny metod identifikace a je tak třeba je brát v potaz?
14. Plánujete v následujících letech nějaké další projekty, výzkumy zabývající se zmiňovanou problematikou a případně jaké?
15. Máte jakékoli další poznatky, komentáře k předkládanému tématu, o které byste se chtěla podělit?

Příloha I: Otázky z rozhovoru s Ing. Tomášem Vybíralem, Ph.D.

1. Můžete v krátkosti představit Vaši odbornou činnost?
2. Jaký je Váš názor na problematiku drenážních systémů v zemědělské krajině? Považujete je spíše za přínos, nebo naopak za zlo a proč?
3. Dle Vašich zkušeností a domněnek, jaký je současný stav většiny českých odvodňovacích systémů?
4. POZ jsou ve vlastnictví jednotlivých vlastníků pozemků, kteří ale o této skutečnosti mnohdy ani nevědí. Měli by tak dbát na jejich správnou funkčnost a pravidelnou údržbu. Domníváte se, že by se jejich vlastnictví, správa měly opět, jako tomu bylo kdysi, vrátit pod jednu organizaci? Proč?
5. Jaký je Váš názor na to, jak k identifikaci, funkčnosti, využitelnosti drenáží přistupuje stát? Mělo by dojít k nějaké změně z hlediska přístupu státu k dané problematice?
6. Jak se díváte na problematiku týkající se starých projektových dokumentací odvodňovacích staveb a jejich obtížnou dohledatelnost, neúplnost, že mnohdy neodpovídají realitě, nejsou digitalizovány?
7. Považujete nepřesné informace o odvodňování na portálech LPIS a SOWAC-GIS za dostatečné pro vlastníky pozemků, zemědělce, pro práci projektantů? Mělo by dojít k nějaké změně?
8. Brání ve Vaší práci neznalost přesné lokalizace odvodňovacích systémů? Z pohledu geodetického, projektantského pomocí čeho zjišťujete umístění jednotlivých drénů? Omezuje Vás při Vaší práci nějak jejich vedení, funkčnost, nefunkčnost?
9. Jak hodnotíte význam DPZ pomocí dronů/bezpilotních letounů v porovnání s pilotovanými letadly při identifikaci drenáží? Jaké jsou jejich pozitivní a negativní charakteristiky?
10. Jaké máte zkušenosti při identifikaci drenážních výustí s ruční termokamerou? Je dle Vás vhodnou metodou pro danou detekci a proč? Při monitoringu v terénu jsou nějaké limity, které omezují výsledky?
11. Jaká metoda detekce drenážních linií je dle Vašich zkušeností nejpřínosnější? Proč a jaká jsou její pozitiva?

12. Jaké limity, omezení při mapování převažují u většiny metod identifikace a je tak třeba je brát v potaz?
13. Jaký je Váš názor na současný boom v zakládání mokřadů v souvislosti s existencí drenážního odvodnění?
14. Plánujete v následujících letech nějaké další projekty, výzkumy zabývající se zmiňovanou problematikou a případně jaké?
15. Máte jakékoli další poznatky, komentáře k předkládanému tématu, o které byste se chtěl podělit?

Příloha J: Otázky z rozhovoru s Ing. Václavem Mazínem, Ph.D.

1. Můžete v krátkosti představit Vaši odbornou činnost?
2. Jaký je Váš názor na problematiku drenážních systémů v zemědělské krajině? Považujete je spíše za přínos, nebo naopak za zlo a proč?
3. Dle Vašich zkušeností a domněnek, jaký je současný stav většiny českých odvodňovacích systémů?
4. POZ jsou ve vlastnictví jednotlivých vlastníků pozemků, kteří ale o této skutečnosti mnohdy ani nevědí. Měli by tak dbát na jejich správnou funkčnost a pravidelnou údržbu. Domníváte se, že by se jejich vlastnictví, správa měly opět, jako tomu bylo kdysi, vrátit pod jednu organizaci? Proč?
5. Jaký je Váš názor na to, jak k identifikaci, funkčnosti, využitelnosti drenáží přistupuje stát? Mělo by dojít k nějaké změně z hlediska přístupu státu k dané problematice?
6. Jak se díváte na problematiku týkající se starých projektových dokumentací odvodňovacích staveb a jejich obtížnou dohledatelnost, neúplnost, že mnohdy neodpovídají realitě, nejsou digitalizovány?
7. Považujete nepřesné informace o odvodňování na portálech LPIS a SOWAC-GIS za dostatečné pro vlastníky pozemků, zemědělce, pro práci projektantů? Mělo by dojít k nějaké změně?
8. Brání ve Vaší práci neznalost přesné lokalizace odvodňovacích systémů? Na základě čeho poznáte, díky čemu zjistíte případnou lokalizaci drenáží? Při Vaší práci projektanta pozemkových úprav a znalce, využil jste někdy nějaké metody detekce drenážních systémů? Pokud ano, jak byste zhodnotil jejich činnost?
9. Jedním z plánovaných inovativních postupů v PÚ je zahrnutí systémů zemědělského odvodnění do jejich řešení. Jak na tuto novinku nahlížíte? Vidíte zde nějaké přínosy, rizika?
10. Při projektování PSZ, jsou nějak pozemky se stavbami odvodnění omezující? Na co je třeba brát zřetel, aby nedošlo k jejich dotčení? Jak moc je problematická jejich funkčnost, nefunkčnost?
11. Snažíte se, zejména při projektování PSZ, nějak záměrně regulovat drenážní odtok např. pomocí řady opatření nebo dokonce i cíleně budovat neodvodněné, zamokřené

oblasti? Jaký je Váš názor na současný boom v zakládání mokřadů v souvislosti s existencí drenážního odvodnění?

12. Při projektování návrhu nového uspořádání pozemků, řeší se nějak vypořádání s existencí staveb odvodnění na pozemku? Dochází z tohoto pohledu ke střetu mezi jednotlivými vlastníky?
13. Do jaké míry jsou při Vaší práci problematické nefunkční drenážní systémy z hlediska zavodnění a eroze? Bylo někdy nutné přistoupit k celkové rekonstrukci, modernizaci drenážního systému, záměrnému zatravnění půdy nad vedením drenáže apod.?
14. Za celou dobu Vaší odborné praxe, změnil se z Vašeho pohledu nějak přístup pozemkových úprav k drenážním systémům v zemědělské krajině?
15. Máte jakékoli další poznatky, komentáře k předkládanému tématu, o které byste se chtěl podělit?

Příloha K: Otázky z rozhovoru s Ing. Jiřím Heflerem

1. Můžete stručně představit Vaši činnost a lokalitu Vašeho působení, hospodaření?
2. Pěstování energetických plodin, absence organické hmoty, zhutňování půdy a její špatné obhospodařování a řada dalších mají za následek snížení retenční schopnosti krajiny, urychlení odtoku z povodí, akceleraci eroze apod. Jak konkrétně Vy se snažíte hospodařit a obdělávat pozemky zemědělské půdy?
3. Máte nějakou představu o tom, jaké Vaše pozemky (vlastněné i pronajaté) jsou odvodňovány drenážními systémy? Jste obeznámen o tom, že jsou případně rovněž ve Vašem vlastnictví/pronájmu a máte tak povinnost, dle platné legislativy, je udržovat funkční?
4. Když je ve Vašem vlastnictví/pronájmu nově obhospodařován pozemek zemědělské půdy, snažíte se nějak zjistit, zda je a konkrétně kde je vybudován odvodňovací systém? Pokud ano, tak proč? Pokud ne, tak proč? Na základě, čeho poznáte, díky čemu zjistíte případnou lokalizaci drenáží?
5. Snažil jste se nějak dohledat, nebo dokonce máte k dispozici starou projektovou dokumentaci Vašich odvodňovacích staveb? Měl byste případně zájem, kdyby tyto archiválie byly digitálně volně přístupné? Jak jsou pro Vás důležité informace Veřejného registru půdy – LPIS a Informačního systému melioračních staveb na Geoportálu SOWAC-GIS?
6. Jaký je, dle Vašich domněnek, aktuální stav Vašich odvodňovacích systémů? Jaké jsou jejich nejčastější poruchy? Snažíte se je nějak pravidelně udržovat, opravovat, modernizovat? Při jejich rekonstrukci máte nějaké pozitivní/negativní zkušenosti se střety s jejich okolními vlastníky?
7. Instaloval jste v posledních 5 letech a plánujete v nadcházejících 5 letech vybudování nových drenáží? Pokud ano, tak proč a jaký typ odvodnění byl či bude převážně řešen (povrchový/podpovrchový)? Pokud ne, tak proč? Zaznamenal jste, že na pozemcích s podpovrchovými drenážemi byla patrná větší infiltrace srážkové vody, výnosnost plodin a jejich rovnoměrnější produkce?
8. Jaká jsou pro Vás hlavní omezení při obnovení nového odvodnění?

9. Při Vaší práci snažíte se i nějak přemýšlet nad tím, že je díky drenážním systémům voda záměrně rychle odváděna z pozemků a dochází tak mnohdy k jejich nadměrnému vysychání a prohlubují tak problematiku sucha? Snažíte se záměrně regulovat jejich odtok, ponechávat, nebo dokonce i budovat neodvodněné, zamokřené oblasti? Z hlediska zadržování vody v krajině dochází z Vaší strany někde k cílenému zatravňování?
10. Jaký je Váš názor na problematiku drenážních systémů v zemědělské krajině? Považujete je za přínos, nebo naopak za zlo a proč?
11. Dle Vašich zkušeností a domněnek, jaký je současný stav většiny českých odvodňovacích systémů? Mělo by dojít k nějaké změně z hlediska přístupu státu k dané problematice, např. z hlediska finanční pomoci, jejich vlastnictví a správa by se opět měla vrátit pod jednu organizaci apod.?
12. Máte jakékoli další poznatky, komentáře k předkládanému tématu, o které byste se chtěl podělit?

Abstrakt

Heflerová, A. (2022). *Možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině*. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta ekonomická. Katedra geografie. Plzeň.

Klíčová slova: drenážní systém, funkčnost a stav drenáží, zemědělská krajina, metody detekce, termokamera, drenážní výust', DPZ

Předkládaná diplomová práce je zaměřená na možnosti identifikace drenážních systémů v zemědělské krajině. Studie pojednává o zhodnocení několika výzkumných technik detekce drenážních linií a je převážně zacílena na pozemní mapování termokamerou. Na základě terénního monitoringu čtyř úseků vodních toků bylo potvrzeno, že termokamera má potenciál při identifikaci drenážních výustí svedených do recipientů. Existuje ovšem několik limitujících faktorů, které omezují výsledky měření. Dle odborných publikací a dotázaných odborníků by optimální metodou pro účely mapování odvodnění byla kombinace všech, jelikož se vzájemně doplňují. Rovněž byly lokalizovány jednotlivé drenážní výustě a popsán jejich stav. Docílilo se také zjištění jednotlivých názorů na problematiku drenážních systémů z pohledu zemědělství, pozemkových úprav, projektantských, geodetických a výzkumných činností. Všichni dotazovaní jsou toho názoru, že drenážní systémy v zemědělské krajině mají svůj opodstatněný důvod. V současné době, v době klimatické změny, ovšem mohou být na potřebných místech vhodně adaptovány pomocí příslušných opatření.

Abstract

Heflerová, A. (2022). *Possibilities of identification of drainage systems in agricultural landscapes*. Diploma Thesis. University of West Bohemia in Pilsen. Faculty of Economics. Department of Geography. Pilsen.

Keywords: drainage system, functionality and condition of drainages, agricultural landscape, detection methods, thermal camera, drainage outlet, RLS

The submitted diploma thesis is focused on the possibilities of identifying drainage systems in agricultural landscapes. The study discusses the evaluation of several research techniques for the detection of drainage lines and is mainly targeted on ground mapping with a thermal camera. On the basis of field monitoring of four sections of watercourses, it was confirmed that the thermal camera has potential in identifying drainage outlets leading to recipients. However, there are several limiting factors that limit the results of the measurement. According to professional publications and interviewed experts, the optimal method for the purposes of drainage mapping would be a combination of all of them, as they complement each other appropriately. Individual drainage outlets were also located and their condition described. It was also possible to identify individual opinions on the issue of drainage systems from the perspective of agriculture, land development, project, geodetic and research activities. All interviewees mean that drainage systems in agricultural landscapes have a valid reason. At present, in times of climate change, however, they can be suitably adapted in the necessary places by means of appropriate measures.