



ISBN 978-80-87361-58-0



Lenka Tlapáková, Milan Čmelík, Jiří Žaloudík, Jakub Karas: METODIKA IDENTIFIKACE DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ A STANOVENÍ JEJICH FUNKČNOSTI

METODIKA IDENTIFIKACE DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ A STANOVENÍ JEJICH FUNKČNOSTI

**Lenka Tlapáková
Milan Čmelík
Jiří Žaloudík
Jakub Karas**

METODIKA IDENTIFIKACE DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ A STANOVENÍ JEJICH FUNKČNOSTI

Lenka Tlapáková, Milan Čmelík, Jiří Žaloudík, Jakub Karas

Pardubice, 2016



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

Vydání první, 2016

Metodika je uživatelským výstupem řešení projektu NAZV evid.č. QJ1220052 „Využití dálkového průzkumu Země pro identifikaci a vymezení funkcí drenážních systémů“. Metodika byla certifikována SPÚ, číslo osvědčení XX

Metodika je určena odborné praxi, institucím i státní správě. Poskytuje a návodně formuluje zásady pro identifikaci podpovrchových drenážních systémů a pro určení jejich reálné polohy na odvodněných pozemcích.

Dále poskytuje doporučené postupy pro aplikaci nových technologií a metod dálkového průzkumu Země. Kromě formulování metodického postupu jejich aplikace upozorňuje na souvislosti a širší vazby, které s existencí podpovrchových drenážních systémů souvisejí a které nejsou relevantním způsobem zohledňovány.

Certifikovaná metodika, číslo osvědčení: 3/2017-SPU/O

© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav
<http://www.vumop.cz>

ISBN 978-80-87361-58-0

Autoři:

RNDr. Lenka Tlapáková, Ph.D.¹

Ing. Milan Čmelík¹

RNDr. Jiří Žaloudík, CSc.²

Bc. Jakub Karas³

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250
156 27 Praha 5 – Zbraslav, www.vumop.cz; www.hydromeliorace.cz
pracoviště: B. Němcové 231, 530 02 Pardubice

² K. Chocholy 16, 370 05 České Budějovice

³ Upvision, s.r.o., Klikatá 18, 158 00 Praha 5 – Jinonice, www.upvision.cz

Recenzovali:

Ing. Bc. Richard Filip, Ph.D. – vedoucí oddělení pozemkových úprav, Krajský
pozemkový úřad pro Pardubický kraj

Ing. Lubomír Kříž, Ph.D. – Vodní zdroje Chrudim, spol. s r.o.

Poděkování:

Metodika vznikla za finanční podpory projektu NAZV v rámci projektu
QJ1220052 „Využití dálkového průzkumu Země pro identifikaci a vymezení
funkcí drenážních systémů“.

Vydal:

V roce 2016 v nákladu 260 ks vydal VÚMOP, v.v.i.

Tisk:

Powerprint, s.r.o., Suchdolská 1018, 252 62 Horoměřice

Obsah

Stručný přehled kapitol a jejich obsahu pro rychlou orientaci v textu	7
1. Cíl metodiky	13
2. Úvod	15
3. Základní princip metody identifikace drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země	19
3.1 Základní klasifikace, vymezení podmínek a kritérií	23
3.1.1 Princip 1 – fytoindikace	40
3.1.2 Princip 2 – difference vlhkosti	65
3.2. Vertikální (prostorové) sféry	65
4. Specifika využitelnosti nových technologií dálkově pilotovaných leteckých prostředků pro mapování drenážních systémů	87
4.1 Základní osnova využití metody snímkování bezpilotními, resp. dálkově pilotovanými leteckými prostředky (UAV)	87
5. Mobilní online monitoring projevu drenážních systémů v terénu	99
6. Snímkovací periody – plánování snímkování	103
7. Doporučení – podmínky pro snímkování	115
7.1 Shrnutí základních poznatků	118
8. Funkčnost drenážních systémů	123
8.1. Doporučený postup při řešení projevu zamokření na odvodněných zemědělských pozemcích	131
9. Přesah metody – širší souvislosti	139
9.1 Popis uplatnění	140
10. Legislativní rámec	155
10.1 Související právní předpisy a normy	156
10.2 Legislativa provozu dálkově pilotovaných (bezpilotních) leteckých prostředků v České republice	158
11. Rešerše literatury	161
11.1. Literární zdroje k rešerši	164

12. Seznam publikací a informačních zdrojů	167
12.1 Užitečné a související odkazy:	170
13. Seznam použitých zkratk	171
14. Summary	173
 Příloha 1 – Report zpracování snímkovací mise RPAS	175
Příloha 2 - Report zpracování snímkovací mise RPAS	179
Příloha 3 – Technické parametry kamery pro online monitoring	183
Příloha 4 – Telestézická indikace drenážních systémů	185
Příloha 5 – Hyperspektrální data a vegetační indexy	197
Příloha 6 – Deník konzultací	211

Stručný přehled kapitol a jejich obsahu pro rychlou orientaci v textu

Kapitola 1. Cíl metodiky – hlavní cíl a účel zpracované metodiky a jejího uplatnění.

Kapitola 2. Úvod – základní informace a důležité mezníky objasňující vývoj, aktuální stav problematiky odvodnění i důvody jejího řešení prezentovanou metodou.

Kapitola 3. Metoda – základní princip metody identifikace drenážních systémů pomocí metod DPZ s odkazy na literární zdroje a řešerši literatury.

Podkapitola 3.1 Klasifikace a vymezení podmínek a kritérií pro aplikaci metody:

- Nutno uvažovat meteorologické vlivy ve vztahu k použitému leteckému prostředku a senzoru
- Dále vlastní snímkaný povrch – na něj jsou vázány 2 základní principy zprostředkovaného projevu:
 1. Fytoindikace – prostřednictvím zapojeného vegetačního krytu
 2. Diference vlhkosti – obnažená holá orná půda bez zapojeného vegetačního krytu, kdy dochází k rozdílné rychlosti vysychání půdního profilu na drenážní rýze a mimo ní
- A vlastní drenážní systém pod snímkaným povrchem – technologie výstavby, stav, půdní charakteristiky, příčiny zamokření

To jsou hlavní a základní kritéria podmiňující vizualizaci drenážních systémů na různých typech záznamů různého spektrálního a prostorového rozsahu. Od toho se odvíjí typ vizualizovaného projevu (klasifikace 0 – 4) a kvalita projevu (škála 1 – 5).

Základní kritéria nabývají různých vah podle konkrétního snímkaného povrchu. Podle míry závažnosti je třeba se na jednotlivé podmínky zaměřit při plánování snímkování. – viz Tab. 1.

Součástí této kapitoly je u principu 1. Fytoindikace detailně popsána:

- Denní variabilita
- Typ snímku - jeho rozlišení
- Typ snímku – typ projevu

- Typ snímkaného porostu ve variantách projevů na ttp a porostů na orné půdě

V podkapitole 3.2. Vertikální (prostorové) sféry jsou detailně popsány souvislosti tohoto vymezení zasazené do konkrétního průběhu let snímkování s detailnějším zaměřením na pozemní průzkum drenážních rýh, včetně aplikace metody telestézické indikace. Ta je popsána v samostatné příloze 4.

Část metodiky s popisem vlastní metody i dále s detailním postupem využití RPAS je stěžejní pro získání přehledu a jasnější představy o nutných podmínkách a souvislostech, na které je třeba se zaměřit při aplikaci prezentované metody identifikace drenážních systémů metodami DPZ.

Velmi stručně a heslovitě lze uvést následující základní postup a zásady:

Základní osnova pro plánování snímkování:

1. Jaký typ povrchu

a. ttp

b. orná půda se zapojeným porostem – obiloviny, kukuřice, řepka, jiné

c. holá orná půda, obnažený půdní povrch bez zapojeného porostu

Viz Tab. 1 s uvedenými kritérii – rozhodnout podle vah, na co se při plánování snímkování soustředit.

a., b., c.

- denní variabilita v zásadě nehraje roli
- lze použít šikmé snímky – pro rekognoskaci a zjištění vizualizace DS
- pro zjištění polohopisu DS je nutné pořízení kolmých snímků odpovídajícím způsobem (počet, překryty, kopírování terénu apod.) s následným fotogrammetrickým zpracováním do podoby ortofot, resp. digitálního modelu povrchu (DSM).

a., b.

- obecně pro projev zprostředkovaný na principu fytoindikace je optimální pořizování snímků s prostorovým rozlišením 2 – 20 cm/px, v případě principu difference vlhkosti 10 – 25 cm/px.
- v případě identifikace na DSM nutné snímky vysokého rozlišení 1 – 2 cm/px (lze aplikovat na snímkování kompaktních zapojených porostů typu obilovin a travin).
- obecně u porostů je třeba pro plánování snímkování sledovat dlouhodobý „vláhový“ cyklus (podzim – zejména u ozimů, jaro, léto – nestačí jeden vegetační cyklus).

c.

- u orné půdy bez zapojeného porostu vyžaduje snímkování krátkodobý režim pro zachycení difference vysychání drenážní rýhy a okolního rostlého terénu po poslední příčné srážce – v závislosti na konkrétním stavu lze orientačně považovat za minimum cca 20 mm.

a.

- u ttp – nejprůhodnější termín snímkování před první sečí, dále během roku s dostatečným odstupem od provedené seče, aby výška porostu byla cca 10 cm – v závislosti na průběhu srážek, dalších zásahů (pastva, aplikace digestátu atd.), nejméně vhodný termín prakticky s nulovou úspěšností je ve fázi seče a těsně po seči.

2. Průběh počasí

- zejména rozložení a úhrny srážek, u orné holé půdy rychlá odezva, nutno podchytit v kratším časovém úseku než u vegetačního krytu. U něho je nutné počítat s prodlevou, resp. setrvačností zprostředkování projevu i s rozdílnými vláhovými nároky porostu ve vztahu k množství srážek.

3. Roční období

- pro povrch holé orné půdy lze doporučit podzimní termíny snímkování, u ttp jarní období před první sečí, u porostů na orné půdě zohlednit konkrétní typ plodiny, obecně:
 - A. obiloviny – ve všech fenofázích, i v koncové před sklizní
 - B. kukuřice – ve fenofázi vzcházení se charakter povrchu blíží holé orné půdě, kdy rozhodující princip zprostředkování projevu drenážního systému je difference vlhkosti – lze využít v jarním období při vhodných vlhkostních podmínkách. V dalších fenofázích dle průběhu počasí lze doporučit letní období.
 - C. řepka – s ohledem na její vegetační cyklus nabývá největší jistoty snímkování tohoto typu porostu na podzim, po jejím zapojení. Nejméně v závislosti na konkrétních podmínkách zprostředkovává tato plodina projev drenážních systémů ve všech svých fenofázích (vzcházení, květ, po desikaci).

4. Zemědělský management – uzpůsobit plánovanému snímkování

- načasování hnojení (zejména ve vztahu ke srážce)
- dostatečný odstup např. od seče, orby, diskování atd.

- používané technologie – vliv na podíl organické hmoty v půdě, její prokypření, utužení, infiltraci atd.

Všechny výše uvedené aspekty je třeba vždy zohlednit v kontextu konkrétního území, konkrétních drenážních systémů a provozované zemědělské praxe.

Kapitola 4. Metoda RPAS – popis použitých leteckých prostředků, senzorů, popis vlastního postupu plánování letů a mapování včetně obrazových ukázek.

Na objasnění výše uvedených základních variant bylo využito 2 typů RPAS pro pořízení snímků v různém rozlišení, s různými senzory, ve variantě kolmé vs. šikmé, včetně DSM atd. Tyto typy zvolených leteckých prostředků se osvědčily při nasazení ve všech ročních obdobích a prakticky všech variantách počasí (limitní je v podstatě jen velmi silný vítr – více než 10 m/s, extrémní mraz a silné srážky).

Podmínky provozování těchto prostředků jsou vymezené platnou legislativou, což je včetně nejdůležitějších odkazů uvedeno v kapitole 10. Legislativní rámec.

V kapitole 5. Mobilní online monitoring projevu drenážních systémů v terénu je představena doplňková metoda, kterou lze zpřesnit plánování vlastního snímkování. Jedná se o mobilní „stožár“ s připevněnou kamerou, díky které lze zaznamenat nástup vizualizace projevu drenážních systémů, a to jak na principu fytoindikace, tak na principu rozdílného vysychání holé orné půdy bez porostu. Opět doloženo obrázkovými ukázkami.

Kapitola 6. Snímkovací periody – plánování snímkování je velmi detailní popis variant snímkování, které byly při vyvíjení popisované metody realizovány a na kterých byla tato metoda postupně verifikována ve všech fázích: příprava, výběr termínu, vlastní realizace, doložení zjištěných skutečností pozemními metodami včetně ověření vyhovující přesnosti metody pro vytyčení nebo naopak zaměření jednotlivých částí drenážního systému v terénu podle pořízených snímků a z nich zhotovených ortofot a DSM.

V kapitole 7. Doporučení jsou potom alespoň v základních bodech s určitou „bezztrátovou“ mírou zobecnění nastíněny obecně platné podmínky pro plánování termínů snímkování opět v rozlišení snímkaného povrchu s a bez vegetačního krytu.

Dosažené poznatky jsou opět rámcově shrnuty v podkapitole 7.1. Tyto poznatky jsou dále rozvinuty uvedením analýzy speciálnějšího typu dat, a to hyperspektrálních a dále výsledky testování vegetačních indexů, jejichž analýza a potenciál pro účely identifikace drenážních systémů je prezentován v samostatné příloze 5 opět s obrazovými ukázkami.

Hyperspektrální data představují velmi objemné množství dat, jejichž pořízení, následný postprocessing i použití vyžadují speciální SW i HW vybavení. Rovněž pořizovací náklady jsou značně vysoké, což lehce limituje jejich masivní použití v praxi. Nicméně v rámci analýz a testování možností různých metod DPZ pro účely identifikace drenážních systémů byla tato data rovněž použita a jejich potenciál pro tento specifický účel alespoň v základních aspektech vyhodnocen.

Dosažené poznatky jsou dále rozvinuty i v kapitole 9. Přesah metody – širší souvislosti, na které navazuje vlastní uplatnění metody i výsledků řešení s detailnějším popisem komplikovaného a neuspokojivého stavu v této problematice, zejména s vazbou na portál LPIS, operační programy ŽP a komplexní pozemkové úpravy.

Kapitola 8. je věnována souvislostem týkajícím se funkčnosti drenážních systémů, projevů jejich poruch i změněným podmínkám hospodaření, které fungování drenážních systémů ovlivňují. Součástí je i základní doporučení postupu řešení při výskytu nefunkční části drenážního systému na pozemku. V této souvislosti je třeba usilovat o zajištění co nejvíce podkladů o této stavbě odvodnění, včetně aplikace prezentované metody.

Závěrečné kapitoly metodiky shrnují zásadní právní předpisy (kapitola 10.), řešerši literatury (kapitola 11.) a seznam publikací a informačních zdrojů (kapitola 12.), které řešitelský tým v průběhu let řešení vytvořil.

O jednotlivých letech řešení byly publikovány a jsou veřejně přístupné Redakčně upravené zprávy s velmi obsáhlým obrazovým materiálem názorně dokládajícím vývoj metody i postup řešení se všemi velmi detailně zpracovanými aspekty vývoje přístupu k této problematice právě díky rozvoji nových technologií, které pro tyto účely doposud nebylo možné využívat. Rovněž výsledky typu map se specializovaným obsahem jsou názornou prezentací vyvíjené metody v mnohem větším rozsahu, než je možné poskytnout v rámci této metodiky.

1. Cíl metodiky

Cílem metodiky je stanovit kritéria a podmínky pro efektivní použití metod DPZ za účelem identifikace podpovrchových drenážních systémů (DS) a zjištění jejich skutečné polohy v terénu.

Cílem metodiky je představení metody identifikace DS pomocí nových technologií pro praktickou aplikaci, doplnění a zpřesnění celorepublikové evidence informací o DS a o jejich aktuálním stavu.

Metodika je založena na identifikaci DS, jejich determinaci a prostorové lokalizaci na různých datových záznamech pořízených metodami DPZ. Součástí metodiky je popis principu metody, stanovení souboru stěžejních kritérií a parametrů podmiňujících optimální podmínky vizuální identifikace a nepřímého popisu funkčnosti konkrétních částí podzemního systému. Dále stanovení podmínek pro zohlednění a racionální nakládání se stávajícími systémy zemědělského odvodnění v krajině, a to na základě upřesnění použitelnosti metod a prostředků DPZ a jejich zpracování navrženým postupem v prostředí GIS v návaznosti na vlastní aplikaci vyvinuté metody.

Metodika je určena zejména pro orgány státní správy, v jejichž kompetenci je správa informací o využití zemědělské půdy (MZe, MŽP, SPÚ, vodoprávní úřady atd.) a subjekty soukromé sféry, tzn. zejména vlastníky a uživatele pozemků se systémy podzemního odvodnění, oblastní správy povodí i subjekty, zabývající se projektováním a výstavbou – projektanty a investory.

2. Úvod

Historie melioračních opatření prováděných formou drenážního podpovrchového odvodňování sahá zhruba do poloviny 19. století a s různou mírou intenzity trvá až do konce éry socialismu v roce 1989 za cílené podpory státních orgánů. S tím souvisí značná různorodost staveb odvodnění (použitý materiál, způsob výstavby, hustota), jejich stáří, funkčnost, plošný rozsah i topologie sběrných a svodných drénů. Masivní vlna velkoplošného odvodňování začíná po druhé světové válce, kdy v bývalém Československu došlo k poklesu zemědělské produkce, především v důsledku negativních dopadů vojenských operací. Nástup velkoplošného kolektivního zemědělství znamenal zpočátku pokles intenzity zemědělské výroby. Rychlý růst městské populace vyvolal obratem tlak na růst zemědělské produkce, kterou nebylo tehdy možné nahradit spolehlivým a trvalým importem ze zahraničí, takže bylo nezbytné přistoupit k zapojení dalších vhodných ploch do intenzivní zemědělské produkce. Rozhodující většina takových ploch se však nacházela v méně příznivých produkčních podmínkách. Na území Československa šlo zejména o plochy ve vyšších nadmořských výškách, periferních podhorských nebo zamokřených nívních oblastech podél velkých řek. Jak v českých zemích, tak na Slovensku bylo proto zapotřebí rozsáhlé plochy potenciální zemědělské půdy nejprve odvodnit.

Úspěšné snahy o zvýšení úrodnosti zemědělských půd odvodněním vedly k zakládání Vodních družstev, která prováděla velkoplošné odvodňování pozemků již před první světovou válkou. Po vzniku Československa byl v roce 1931 zřízen Státní fond pro vodohospodářské meliorace a s výraznou finanční podporou státu došlo k další vlně vodohospodářských meliorací. Socialistický režim pak po druhé světové válce (zejména v letech 1960 až 1980) prosazoval velkoplošné meliorace jako základní opatření při zúrodnování zemědělských půd. Stát založil v roce 1970 Státní meliorační správu (SMS) jako centrální investorskou a inženýrskou organizaci, která se podílela na přípravě a stavebním dozoru při realizaci melioračních staveb, spravovala majetek státu (drobné vodní toky, podrobné a hlavní odvodňovací zařízení), evidovala a zálohovala údaje melioračního oboru, nezbytné pro údržbu a rekonstrukce těchto staveb ve vlastních archivech. V roce 2001 byla SMS transformována na Zemědělskou vodohospodářskou správu (ZVHS) fungující do roku 2012. Její zbytková část přešla na Sekci správy vodohospodářských děl Státního

pozemkového úřadu, archivy byly alokovány na územní pracoviště podniků Povodí a Lesů ČR.

Podle existující evidence bylo celkem na území České republiky odvodněno cca 1 087 000 ha zemědělské půdy, z toho 1 064 999 ha (98 %) plošnou tj. systematickou trubkovou drenáží.

Během 150 let intenzivního odvodňování pozemků tak bylo odvodněno téměř 14 % území současné České republiky (plocha České republiky je 78 865 km²), což představuje zhruba třetinu zemědělsky využívané půdy. Přes značnou snahu archivovat a v dobrém stavu uchovávat územní dokumentaci je nutno přiznat, že evidence provedených odvodnění, zvláště podpovrchových je neúplná. Ačkoliv tuto skutečnost můžeme do značné míry připsat lidskému faktoru, závady bezpochyby souvisejí s četnými hospodářsko-politickými změnami, které území České republiky za uvedené období postihly (zejména četné územně správní reformy, válečné události a kolektivizační, resp. privatizační aktivity v zemědělství, včetně vzniku a rozpadu zemědělských podniků). Není se proto co divit, že v mnoha případech nelze dohledat potřebnou dokumentaci o skutečném rozsahu provedených odvodnění a že realizovaný rozsah odvodňovacích prací často nesouhlasí s plány drenážních staveb, ani s výslednou prováděcí dokumentací.

Ucelený celostátní informační systém o realizovaných stavbách odvodnění momentálně neexistuje. Jediný digitální informační zdroj ke stavbám odvodnění je mapová polygonová vrstva odvodněných ploch, volně dostupná ke stažení ve vektorovém formátu shapefile (shp) na stránkách MZe <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>. Data meliorací jsou poskytována bezplatně. Jde o neaktualizovaná historická data pořízená ZVHS digitalizací původních analogových map s plochami realizovaných drenáží. Vzhledem ke skutečnosti, že neexistuje aktuální evidence meliorací a jejich změn v terénu, tak geometrický i atributový rozsah dat této evidence je nekompletní a často lokalizačně nepřesný (tj. umístění zákresů neodpovídá skutečnému rozmístění stavby odvodnění v terénu).

Tato databáze, resp. její neúplná verze je součástí portálu LPIS (vrstva Meliorace) <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>, v rámci kterého představuje závazný podklad pro limity nakládání s půdními bloky i čerpání dotačních titulů. Oproti volně stažitelné verzi „Data meliorací ve formátu .shp“ ve vrstvě Meliorace LPIS řada odvodněných ploch prokazatelně chybí. Nejedná se přitom o zanedbatelné množství ani plochu, přesto i po opakovaných připomínkách, jak ze strany řešitelského týmu, tak vlastních uží-

vatelů LPIS, MZe nepřistoupilo k revizi těchto různých verzí dat o odvodnění a nadále jsou tyto nepřesnosti a zavádějící informace tolerovány a používány.

Všechny tyto skutečnosti si nutně žádají zajištění aktuálních podkladů ke stavbám odvodnění. Navíc tato snaha vychází z potřeby optimalizovat současné využití ploch poté, co rozhodující většina zemědělské půdy přešla po roce 1990 ze strany státu do rukou soukromých vlastníků. Aktuálním problémem je dožívání, resp. různá míra ztráty funkčnosti různě starých a dlouhodobě neudržovaných odvodňovacích systémů. Jednou z možností obnovy přesné dokumentace drenážních staveb a následné kontroly eventuálních funkčních závad je jejich zmapování vhodnými moderními geoinformačními prostředky.

Četné mezery v územní dokumentaci melioračních úprav krajiny byly proto hlavním důvodem k provedení aplikačního výzkumu, jehož cílem je vytvoření a verifikace vhodné mapovací metodiky zaměřené na:

- a) Nalícování (georeferencování) existující dokumentace o drenážích na moderní mapy a zjištění odlišností mezi existujícími podklady a reálnou situací v terénu. Původní projektové dokumentace v podobě archivních projektů jsou prakticky výlučně bez zákresu skutečného provedení.
- b) Identifikaci (mapování) DS metodami DPZ pro získání spolehlivých informačních podkladů v místech, kde se dokumentace neuchovala, nebo pro zpřesnění a korekce polohy DS v místech s dochovanou dokumentací.
- c) Zjištění míst (lokalizace) funkčních závad na existujících DS, ať již projektová dokumentace je nebo není k dispozici.

3. Základní princip metody identifikace drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země

Identifikace podpovrchových drenáží prostředky a metodami DPZ vychází z podstaty dálkového průzkumu hydrologických objektů, založené na specifických spektrálních vlastnostech vody, které jsou výrazně odlišné od jiných krajinných objektů (půda, horniny, vegetace, zástavba atd.).

Charakter a umístění sledovaného odvodňovacího objektu pod povrchem země (trubkové drény jsou uloženy zpravidla do hloubek 0,6 - 1,5 m) významně limituje a komplikuje výchozí podmínky, dispozice i praktické možnosti pro přímé zobrazení a interpretaci těchto objektů. Běžné postupy pasivního DPZ, využívající k detekci krajinných objektů registrovaných záznamů odraženého či emitovaného záření z viditelné a infračervené oblasti spektra, totiž neumožňují zasahovat pod půdní a vegetační pokryv a poskytnout tak přímé informace o objektech z podpovrchové zóny.

Podpovrchové drenáže jsou tedy objektem, který lze pomocí standardních optických metod DPZ spolehlivěji zjišťovat a studovat zpravidla pouze na základě nepřímého projevu drenážní rýhy či hydrologické spojitosti potrubního odvodňovacího prvku s povrchem terénu, a to prostřednictvím interpretačních znaků kombinujících charakteristické vlastnosti:

- přírodního prostředí - morfologie terénu, geologické, půdní a hydrologické poměry, vegetační pokryv (rozdíly ve vlhkosti, teplot, stavu a vitality vegetace),
- způsob výstavby, funkčnost a stav DS - hloubka, šířka drenážní rýhy, materiál, heterogenita, promývání půdního profilu,
- agrotechnické způsoby hospodaření, land use,
- použitý distanční záznam - typ snímků, rozlišení, termín snímkování.

Pro správné vyhodnocení těchto markantních projevů na obrazových záznamech DPZ je rozhodující především znalost základních principů a specifik fungování drenáží v půdním prostředí (tj. nad drénem a mimo drén). Jako nejvhodnější indikátor vystupuje u zakrytých půdních povrchů především vegetační kryt, spolehlivě indikující stupeň zamokření, hloubku hladiny pod-

zemní vody i vodní a živinový režim půd. Využito je přitom vazeb vegetace (stavu a druhové skladby) na množství a kvalitu, fyziologickou dostupnost a pravidelnost změn obsahu vody a živin v půdě.

Detailnější představení metody a výchozích předpokladů viz Tlapáková et al. 2014, Tlapáková et al. 2015.

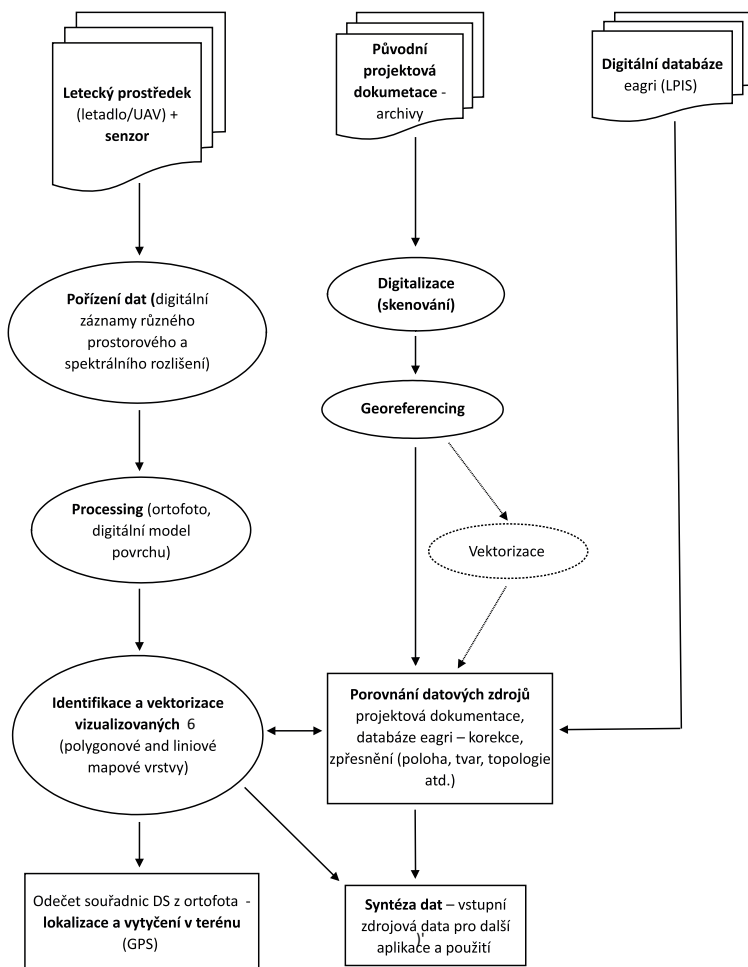


Schéma – Základní postup zpracování typových zdrojů dat ke stavbám odvodnění

Mezi nejčastěji používané distanční metody a obrazové materiály DPZ, zmiňované jako nejvhodnější pro identifikaci podpovrchových drenáží, jsou uváděny letecké barevné infračervené snímky v analogové nebo digitální podobě (colour infrared – CIR), které mají zpravidla vyšší kontrast, s nímž lze drény lépe prostorově vymezit. Avšak také barevné nebo černobílé panchromatické fotografie jsou pro potřeby detekce drenáží přijatelné a velmi dobře využitelné. Spektrozonální snímky CIR vykazují vysokou informativnost (jsou výrazně citlivé na obsah vody v půdě a chlorofyl v pokryvné vegetaci), obrazové materiály z viditelné části spektra (VIS – zejména letecké měřické snímky v přirozených barvách) jsou zase názornější a dostupnější. Navíc jsou tyto snímky fakticky lépe využitelné a dostupné i pro běžné používání v zemědělské a meliorační praxi (mají komplexnější vypovídací schopnost).

Tyto závěry potvrzuje také řada zahraničních a domácích studií, průzkumů a projektů, zaměřených na velkoplošný monitoring odvodněných zemědělských ploch (hlavně odkrytých půdních povrchů v období před zapojením vegetace – [1], [2], [7], [8], [10], [14]), studium odvodnění a vlhkostních poměrů půd pomocí DPZ (analýzu lokálních hydroindikačních vazeb a projevů DS – [6], [9], [13] [15]) či inventarizaci stavu a funkce podpovrchových drenáží při účelových agroleteckých průzkumech ([3], [4], [5], [11], [12]). Tak jak jsou uvedeny v kapitole 11.1 Literární zdroje k řešerši.

Variabilita typů i rozsahu projevů DS na pořizovaných snímcích prakticky vylučuje automatickou analýzu těchto obrazových záznamů bez ztráty nezadatelné části informací.

Identifikaci ze snímků tak nelze automatizovat bez ztráty určitých informací, právě např. projevu vizualizace pouze svodného drénu ve formě izolované linie, u které lze správnost identifikace ověřit zasazením do časové řady snímků, ale kterou by pouze z jednoho snímku nebylo možné správně přiřadit projevu drenážního systému.

Z hlediska výzkumného přínosu vizualizace DS a jejich identifikace na snímcích DPZ je velmi důležité zjištění, že identifikovaný projev je vázaný na (drenážní) rýhu a její nehomogenitu, nikoliv na konkrétní v ní uložený materiál. Tuto skutečnost dokládá identifikovaný a přímým odkopem ověřený uložený kabel, resp. kabely, jehož vizualizovaný projev na snímcích byl totožný jako projev svodného drénu a nebyly zjištěny žádné odlišnosti. Viz Obr. 1



Obr. 1 – detailní výřez snímku s vizualizovaným projevem svodného drénu a uložených kabelů (legenda: konstrukční prvky DS zaměřené v geodetické přesnosti v terénu – sběrné, svodné drény, výusti).

Příklad:

V rámci verifikace prezentované metody identifikace byla doložena existence kabelů na pozemku, kde probíhala rekonstrukce stávajícího DS. Všechna vyjádření o existenci podzemních sítí nutná před vlastním započítáním stavebních prací byla negativní. Tyto kabely byly v tomto případě odhaleny pouze díky použití metody využívající DPZ, a jak bylo zjištěno, nejsou nikde evidovány. Tím bylo vysvětleno i zcela odlišné skutečné provedení této části stavby od původního projektu. Díky této skutečnosti nemohl být dodržen ani nově zpracovaný projekt rekonstrukce DS, a to ze stejného důvodu. Další velmi závažnou skutečností je fakt, že bez identifikace kabelů by při stavbě došlo k jejich porušení s následnou sankcí, která při poškození podzemních sítí dosahuje značných finančních částek.

Opět je zde doložena nepřesnost a v tomto případě i zcela vyloučena možnost použití původního projektu stavby a na druhé straně přesnost a jednoznačnost informací získaných ze snímků DPZ.

Pokud by byla metoda identifikace pomocí DPZ použita ve fázi projektového zpracování zamýšlené rekonstrukce DS, byl by získán správný podklad, kterému by odpovídal i finanční rozpočet a požadovaný typ prací. Za stávající situace dochází ke změně rozpočtu ve fázi, která nepodléhá výběrovému řízení a původní rozpočet (včetně použití mechanizace, nakoupeného materiálu atd.) neodpovídá zjištěné reálné situaci.

To přispívá k potvrzení předpokladu, že stěžejní pro vizualizaci projevu DS je (drenážní) rýha a míra její heterogenity vůči okolnímu rostlému terénu a nikoliv vlastní drenážní potrubí (materiál, světlost, ale i přítomnost drenážní vody v DS při snímkování). To samozřejmě souvisí i s hydropedologickými charakteristikami, ale potvrzuje to nezávislost zprostředkovaného projevu na vlastní přítomnosti drenážní vody v DS při snímkování v „základním“, uživatelsky nejsrozumitelnějším modu, tzn. při použití senzoru snímání povrchu ve spektrálním rozsahu viditelného záření.

Tento prezentovaný příklad dokládá komplikovanost celé problematiky a obtížnost nakládání se stavbami odvodnění i limitované možnosti formulování obecně platných doporučení a metodického postupu.

3.1 Základní klasifikace, vymezení podmínek a kritérií

Při metodě identifikace pomocí DPZ je třeba zohlednit a podchytit 3 základní sféry vzájemně podmiňující požadovaný projev drenážních systémů na snímcích získaných metodami DPZ a bez jejichž vzájemných interakcí a spolupůsobení nelze úspěšně dospět ke stanovení podmínek pro obecně platné využití vyvíjené metody.

Prostorové sféry (vertikální úrovně):

1. nadzemní – vzdušný prostor mezi leteckým prostředkem, resp. nosičem použitého senzoru a snímkaným povrchem, vlastní typ použitého prostředku a senzoru (typ pořizovaných dat), počasí (meteorologické jevy)
2. pozemní – vegetační pokryv, půdní kryt, stav a činnosti probíhající na snímkaném povrchu
3. podzemní – hydropedologické charakteristiky, drenážní rýha, technologie výstavby, vlastní stavba odvodnění

Účelnosti vymezení těchto 3 sfér, resp. rovin a pro ně pořizovaných dat, odpovídá i formulace kritérií a podmiňujících faktorů v základní klasifikaci:

1. Typ, kvalita, rozlišení pořizovaných snímků
2. Analýza porostu – fenofáze, druh plodiny, zapojení vegetačního krytu
Agrotechnické zásahy vázané na porost a období bez porostu
3. Pedologické charakteristiky
Vlastní stavba odvodnění

Velmi záleží na lokálních podmínkách (při stejném vegetačním krytu, stejném průběhu počasí, s ověřeným odtokem drenážních vod ze systému atd. se projev liší, resp. k němu nemusí dojít) v součtu kritérií pro výběr termínu snímkování:

- Stav drenážní rýhy (technologie výstavby)
- Fenofáze porostu a efektivní využití optimální srážky při aplikaci hnojiva, ošetření porostů atd.
- Fázování agrotechnických zásahů souvisejících se sklizní a podzimními úpravami před dalším setím (stav orné půdy bez zapojeného vegetačního krytu) atd.

Příklad:

Porovnáním snímkaných povrchů osetých pšenicí ozimou na letních a podzimních snímcích lze vysledovat, že zde dochází jen k minimální shodě projevu v těchto termínech (plošným rozsahem i umístěním v rámci PB), tzn. v různých termínech se vizualizují různé části systému, a to až do extrémní polohy vizualizace kompletního systému (letní snímky)/nulové vizualizace (podzimní snímky), resp. kompletního systému (podzimní snímky)/minimální vizualizace (letní snímky). Tyto odlišné polohy nasvědčují spíše tomu, že opravdu velmi záleží na lokálních podmínkách (při stejném vegetačním krytu, stejném průběhu počasí, stejných pedologických charakteristikách, s ověřeným odtokem drenážních vod ze systému) v součtu kritérií pro výběr termínu snímkování uvedených výše.

Klasifikace vizualizovaného projevu DS na snímcích pořizovaných metodami DPZ:

Vyhovující a dostatečná základní klasifikace do 5 tříd:

0 – bez projevu

1 – světlé linie – Obr. 2,2a,2b

2 – tmavé linie – Obr. 3, Obr. 4,4a

3 – část systému v podobě světlých, část v podobě tmavých linií – Obr. 5

4 – plastický (3D) projev – Obr. 6, Obr. 7



Obr. 2 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 1 – světlé linie drénů (obnažená orná půda bez porostu)



Obr. 2a - ukázka vizualizovaného projevu DS na šikmých snímcích typu 1 – světlé linie drénů (obnažená orná půda bez porostu)

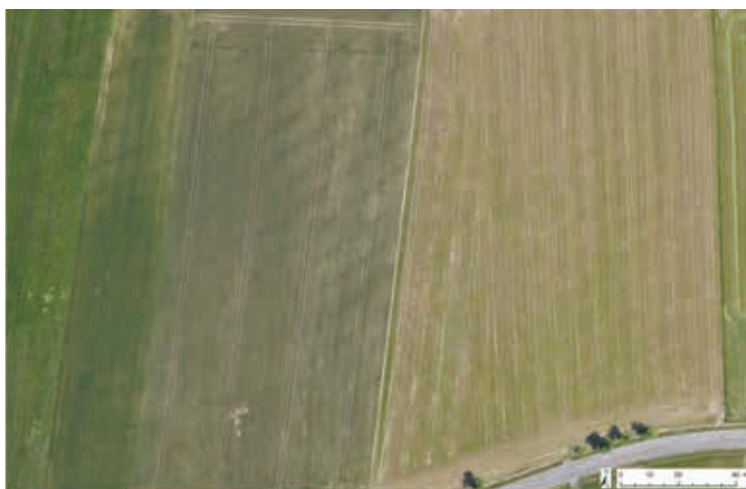


Obr. 2b – ukážka vizualizovaného projevu DS na šikmých snímcích typu 1 – světlé linie drénů (obnažená orná půda bez porostu) a typu 2 – tmavé linie drénů na porostu obilovin – jedná se o jeden drenážní systém vizualizovaný na základě obou principů (fytoindikace i difference vlhkosti) v jednom termínu snímání

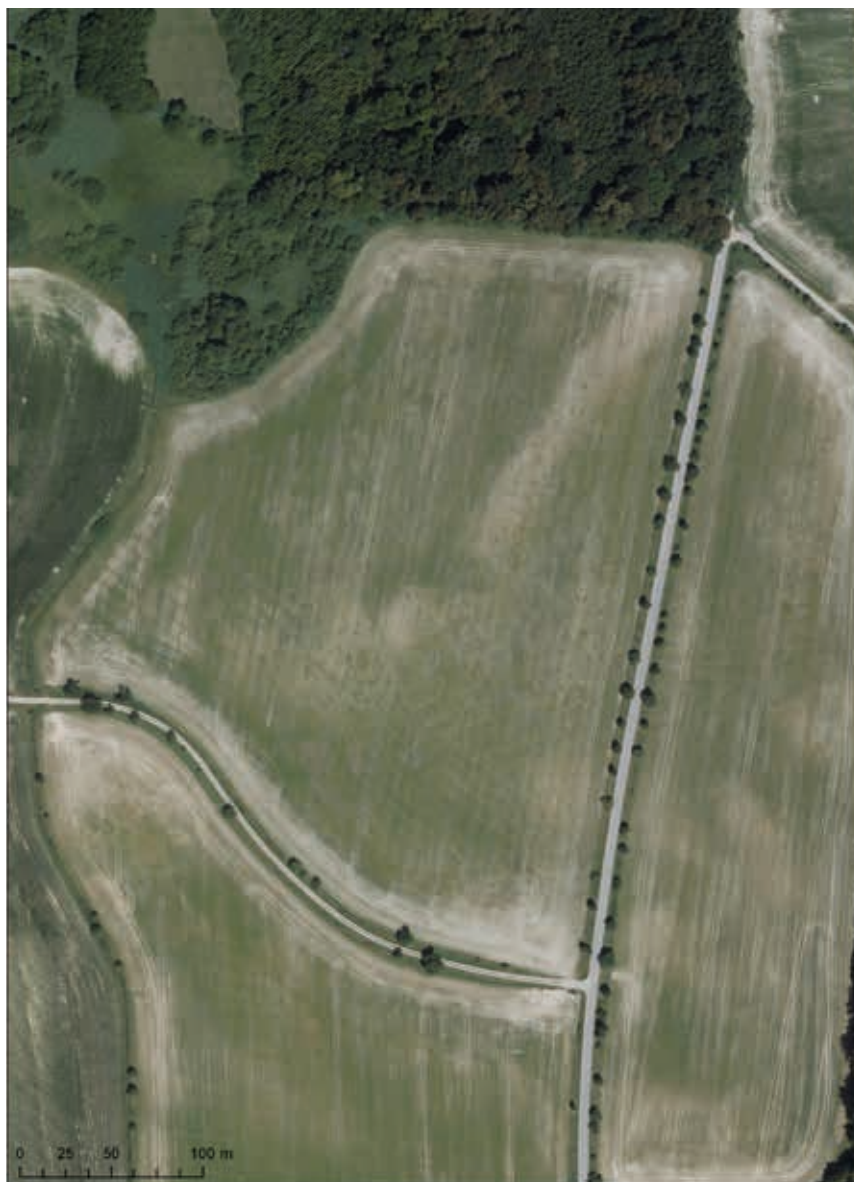
Obr. 3 – ukážka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 2 – tmavé linie drénů (porost obilovin)



Obr. 4 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 2 – tmavé linie drénů (porost obilovin, dvouetážový DS)



Obr. 4a – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 2 – tmavé linie drénů (různý vegetační kryt – zleva doprava: ttp, ječmen jarní, tritikále) a 1 – světlé linie drénů na porostu ttp po seči – ukázka variability typu i kvality projevu dle typu porostu



Obr. 5 – ukážka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 3 – zčásti tmavé a zčásti světlé linie drénů (porost lnu)



Obr. 6 – ukážka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 4 – 3D linie drénů (porost řepky)



Obr. 7 – ukážka vizualizovaného projevu DS na snímcích typu 4 – 3D linie drénů (porost ttp)

Klasifikace dle rozsahu a zřetelnosti vizuálního projevu DS na pořizovaných snímcích:

Vyhovující a dostatečná základní klasifikace do 5 tříd:

- 1 – úplný systém, zřetelný dobře Obr. 8,9
- 2 – neúplný systém, zřetelný dobře Obr. 10,11
- 3 – neúplný systém, zřetelný méně Obr. 12,13,13a
- 4 – neúplný systém, zřetelný omezeně Obr. 14,15
- 5 – neúplný systém, zřetelný velmi omezeně Obr. 16



Obr. 8 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 1 (úplný systém, zřetelný dobře) – porost obilovin



Obr. 9 – ukážka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 1 (úplný systém, zřetelný dobře) – porost ttp



Obr. 10 - ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 2 (neúplný systém, zřetelný dobře) – porost obilovin



Obr. 11 - ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 2 (neúplný systém, zřetelný dobře) – porost obilovin



Obr. 12 - ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 3 (neúplný systém, zřetelný méně) – porost obilovin



Obr. 13 - ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 3 (neúplný systém, zřetelný méně) – porost obilovin



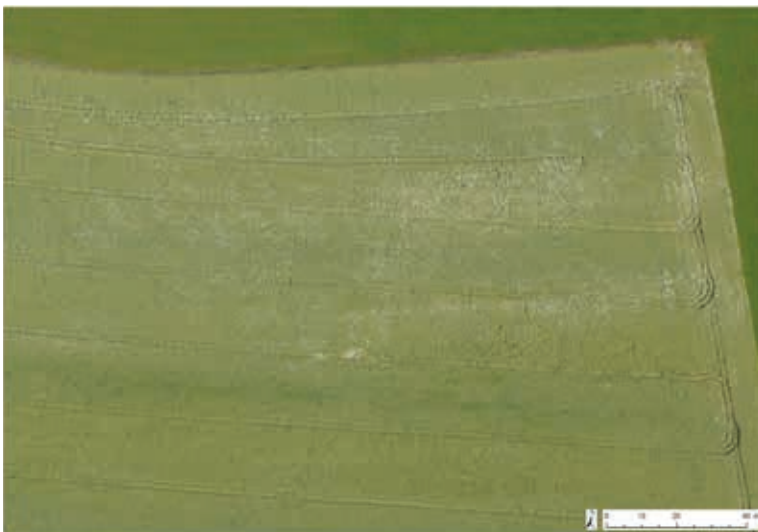
Obr. 13a – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 2 (neúplný systém, zřetelný dobře) v horní části snímku a kategorie 3 (neúplný systém, zřetelný méně) v dolní části snímku – ukázka rozdílné kvality vizualizace projevu jednoho DS v závislosti na typu porostu v jednotlivých částech pozemku, resp. stavby odvodnění



Obr. 14 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 4 (neúplný systém, zřetelný omezeně) – porost jetele



Obr. 15 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 4 (neúplný systém, zřetelný omezeně) – porost několika obilovin



Obr. 16 – ukázka vizualizovaného projevu DS na snímcích kategorie 5 (neúplný systém, zřetelný velmi omezeně) – porost řepky

Takto jsou škálovány jak projevy na ttp, tak i na orné půdě, ať již se zapojuje vegetačním krytem nebo bez zapojeného vegetačního krytu (obnažený půdní povrch). Objasnění typu projevu se nicméně u různých typů povrchu liší a je třeba odlišit fyzický reálný stav porostu, resp. povrchu a jeho záznam pořízený daným senzorem v určité výšce nad terénem.

Snímkované plochy jsou tak pro interpretaci zvolené škály primárně rozdělené do 2 skupin:

1. s vegetačním krytem
 - v další úrovni klasifikace na plochách orné půdy nebo ttp,
 - zprostředkování projevu na fytoindikačním principu je ze své podstaty komplikovanější a vyžaduje více úrovní klasifikace
2. bez vegetačního krytu, obnažený půdní povrch
 - prakticky výlučně na plochách orné půdy
 - projev na principu difference vlhkostí je pro vymezení klasifikace méně komplikovaný

Tato škála koresponduje s 2 základními principy vizualizace a identifikace DS na snímcích:

1. fytoindikace zprostředkovaná vegetačním krytem
2. indikace diferencí vlhkostí zprostředkovaná půdním povrchem bez zapojeného vegetačního krytu

Strategie snímkování je zaměřena na podchycení suchých a zejména vlhkých period v průběhu celého roku, aby se získalo co možná nejvíce variabilních dat na různých plochách, s různým stavem povrchu a s různými vláhovými podmínkami. Snímkování tak reálně probíhalo vždy v několika opakováních v blízkých termínech (rozpětí týden až měsíc) v závislosti na konkrétních podmínkách, a to za použití různých prostředků a pořízení různých záznamů v různém rozlišení.

Porovnání mělo za cíl zhodnotit úspěšnost a efektivitu obou principů a zhodnotit náročnost splnění nutných předpokladů pro zajištění vizualizace projevu v průběhu vegetačního období a mimo něj.

I tato analýza je však primárně limitována přírodními faktory, zejména klimatickými, které jsou proměnlivé v jednotlivých letech a s kterými je třeba vždy aktuálně pracovat. To ostatně dokládá celé období řešení, kdy jednotlivé roky byly v řadě ukazatelů extrémní.

Na základě těchto principů jsou vymezena kritéria základním výčtu kategorizována podle toho, zda se vztahují k identifikaci projevu prostřednictvím fytoindikace nebo prostřednictvím diferencí půdní vlhkosti:

1. skupina - 1a – ttp

- Klima
 - charakter srážek, teplota, rychlost větru
- Vegetační kryt
 - charakter plochy ttp (stálá pastvina = více než 5 let bez obnovy nebo ostatní ttp = s možnou obnovou porostu každých 5 let)
 - typ ttp - převažující druh travin (souvinnost s pasením/nepasením)
- Agrotechnické zásahy
 - seč, hnojení, aplikace digestátu atd. ve vztahu ke srážce
- Drenážní systém
 - charakter drenážní rýhy
 - způsob a technologie výstavby
 - přítomnost a množství drenážní vody v systému

1. skupina – 1b – rostlinný porost na plochách orné půdy

- Klima
 - charakter srážek, teplota, rychlost větru
- Vegetační kryt
 - druh plodiny, fenofáze
- Agrotechnické zásahy
 - hnojení ve vztahu ke srážce
- Drenážní systém
 - charakter drenážní rýhy
 - způsob a technologie výstavby
 - přítomnost a množství drenážní vody v systému

2. skupina – orná půda bez zapojeného porostu

- Klima
 - charakter srážek, teplota, rychlost větru
- Agrotechnické zásahy
 - úpravy po sklizni, příprava na nové seti
 - druh použitého způsobu – rotavátorování, diskování, hluboká orba atd. ve vztahu ke srážce
 - hnojení, aplikace digestátu atd.
- Drenážní systém
 - charakter drenážní rýhy
 - způsob a technologie výstavby
 - přítomnost a množství drenážní vody v systému

Navíc tato základní škála kritérií nabývá různých hodnot vah v závislosti na zařazení do skupiny podle principu fytoindikace nebo difference vlhkosti, tzn. u různých skupin nabývají stejná kritéria různé hodnoty vah.

Hodnoty vah jsou stanoveny ve škále 1 – 3, přičemž hodnota 1 znamená nejnížší váhu, hodnota 3 naopak nejvyšší. Rozlišení váhových hodnot vychází z dosud dosažených poznatků a zatím doložených souvislostí.

Kritéria s přiřazenými hodnotami vah viz Tab.1

Hodnota vah jednotlivých skupin kritérií se dále může lišit i v souvislosti s použitým senzorem a pořizovaným typem záznamu.

1. fytoindikace				
1. skupina - 1a	ttp	váhy skupina 1a	1. skupina - 1b rostlinný porost na plochách orné půdy	váhy skupina 1b
Klima			Klima	
- charakter srážek (intenzita, rozložení, úhrn), teplota, rychlost větru		2	- charakter srážek (intenzita, rozložení, úhrn), teplota, rychlost větru	2
- dlouhodobý vývoj vláhových podmínek (roční/meziroční)		2	- dlouhodobý vývoj vláhových podmínek (roční/meziroční)	3
Vegetační kryt			Vegetační kryt	
- charakter plochy ttp (stálá pastvina = více než 5 let bez obnovy nebo ostatní ttp = s možnou obnovou porostu každých 5 let)		2	- druh plodiny, fenofáze	3
- typ ttp - převažující druh travin (souvislost s pasením/nepasením)		2	Agrotechnické zásahy - stav půdy	
Agrotechnické zásahy - stav půdy			- hnojení ve vztahu ke srážce	3
- seč, hnojení, aplikace digestátu ve vztahu ke srážce		3	- zhutnění, schopnost infiltrace, obsah organické složky	3
- zhutnění, schopnost infiltrace, obsah organické složky		3	Drenážní systém	
Drenážní systém			- charakter drenážní rýhy	3
- charakter drenážní rýhy		3	- způsob a technologie výstavby	3
- způsob a technologie výstavby		3	- přítomnost a množství drenážní vody v systému	2
- přítomnost a množství drenážní vody v systému		1		

2. difference vlhkosti		
2. skupina půda bez zapojeného porostu	orná	váhy skupina 2
Klima		
- charakter srážek (intenzita, rozložení, úhrn), teplota, rychlost větru		3
Agrotechnické zásahy - stav půdy		
- úpravy po sklizni, příprava na nové seti		3
- druh použitého způsobu – rotavátorování, diskování, hluboká orba atd. ve vztahu ke srážce		3
- hnojení, aplikace digestátu		3
- zhutnění, schopnost infiltrace, obsah organické složky		3
Drenážní systém		
- charakter drenážní rýhy		3
- způsob a technologie výstavby		3
- přítomnost a množství drenážní vody v systému		3

Tab. 1 – tabulka kritérií dle základních principů identifikace DS metodou DPZ, rozdělené na jednotlivé sféry a s přiřazením vah pro jednotlivé skupiny

Jak již bylo uvedeno, výčet kritérií podmiňujících vizualizaci DS na snímcích z distančních metod je členěn do tří základních skupin podle typu snímkování povrchu a principu jím zprostředkovaného typu projevu DS. Kromě specifík vyplývajících z těchto 3 typů je nutné zohlednit průběh ročních období v konkrétním roce a tomu odpovídající klimatické ukazatele. Větší zobecnění a zjednodušení kritérií by znamenalo zúžení aplikačního potenciálu vyvíjené metody, z důvodů eliminace lokálních specifík, která, jak se ukazuje, mají velkou závažnost pro hledaný projev, a která by při přílišném zobecnění nebylo možné podchytit. Navíc při narůstající rozkolísanosti a trendu klimatických jevů, s narůstající nestabilitou a posunem k extrémnějším hodnotám, nelze stanovit kritéria striktně (např. termínově) a bez možnosti přizpůsobení proměnlivým přírodním podmínkám. To je sice určitý posun od původní hypotézy vymezení kritérií a od původních předpokladů, ovšem neznamená to posun špatným směrem. Naopak, díky možnosti zaznamenat velkou variabilitu projevu v průběhu roku, dochází k posunu, který zvyšuje efektivitu pořizovaných snímků právě z důvodů monitoringu a možnosti podchytit časově limitované podmínky, které jsou pro požadovaný efekt zásadní. Tento posun od velkoplošného řešení k detailu neznamená ani snížení možnosti aplikace na velká území. Rozrůzněnost spočívá v nutném rozložení snímkování do více termínů v závislosti na konkrétním území, ovšem při nenavýšování nákladů na takové snímkování za předpokladu použití bezpilotních prostředků, které jsou i pro značný plošný rozsah dostačující. Pro uživatele vyvíjené metody, kterým jsou plánované výsledky zejména určeny, nebude znamenat zásadní problém stanovit optimální podmínky pro uskutečnění snímkování při znalosti námi zjištěných nutných předpokladů a při velmi dobré a detailní znalosti obhospodařovaných pozemků. Navíc varianta případného opakovaného snímkování pomocí RPAS je méně nákladná a pro uživatele méně náročná, než změna osevních postupů za účelem termínově fixně plánovaného snímkování. Tato flexibilita variantních možností je zcela novou záležitostí související se zpřístupněním technologií bezpilotních prostředků komerčnímu využití. Nutnost tohoto více individuálního přístupu vyplývá z již mnohokrát zmíněného mizivého množství informací o DS a z doložené velké míry variability těchto systémů i v rámci jedné stavby odvodnění! Takto specifický objekt řešení si nutně žádá specifický přístup, který není možné, bez ztráty významné části informací, uplatňovat v celorepublikovém měřítku jednotně.

3.1.1 Princip 1 – fytoindikace

Pro fytoindikaci je velmi důležité načasování vlhkostně příznivých podmínek v jednotlivých fenofázích porostu podle jejich druhu, tzn. množství srážek, teplotní podmínky, a na to vázané agrotechnické zásahy, zejména hnojení. Pokud se tyto faktory zkombinují optimálně, zlepšují se i podmínky pro zprostředkování informace o DS.

Příklad:

Ze snímků pořízených v červnových a červencových termínech 2014 vyplývá, že vlhčí období v červnu se z hlediska hledaného efektu pozitivně projevilo na porostech pšenice ozimé, zatímco např. u ječmene jarního nebyl tento efekt tak průkazný, pravděpodobně z důvodů posunutí fenofází obou druhů rostlin.

Obr. 17–20 – sekvence vizualizovaného projevu porostu pšenice ozimé ve snímkovacích termínech:



Obr. 17 – 1. 6. 2014



Obr. 18 – 7. 6. 2014



Obr. 19 – 7. 7. 2014



Obr. 20 – detail 17. 7. 2014

Projev drenáží na porostech pšenice ozimé se zachoval, dokonce i zkvalitnil na snímcích ze 7. 7. 2014, pořízených již v období velkého sucha, tzn. ve zcela opačných podmínkách, než v termínech červnových.

To by vysvětlovalo i dosud zjištěnou rozdílnou úspěšnost identifikace drenážních systémů na stejných plochách, se stejnou plodinou, ovšem v různých letech, a to i v atributové třídě kategorie projevu, kdy za vhodných podmínek je možné identifikovat komplexní drenážní systém velmi ostrých linií drénů (třída 1), zatímco při nevhodných podmínkách nelze tento systém prakticky identifikovat.

Zjištěné skutečnosti ze záznamů na principu fytoindikace:

Denní variabilita

Detailně byl průzkum prováděn při snímkování v testování různého rozlišení (1, 5, 10, 20 cm/px), v opakování dopoledne, odpoledne, a do podoby kolmých a šikmých snímků z různé výšky a úhlu s přímou rekognoskací v terénu. Účelem testování bylo zjistit změnu v existenci, případně kvalitě požadované informace (projevu drenážní rýhy) v závislosti na rozlišení snímků, na denním chodu teploty a světelných podmínkách a úhlu pořizovaného záznamu.

- na záznamech pořízených dopoledne v horším rozlišení (20 cm/px obiloviny, 10 cm/px ttp) byly identifikovány projevy drenážních systémů ve

stejném rozsahu jako na záznamech pořízených odpoledne ve vyšším rozlišení (5 cm/px u obilovin, 1 cm/px u ttp). U obilovin se jedná o projev zaznamenaný na rozhraní 2 různých plodin (tritikále, pšenice ozimá) se stejným typem projevu (1 – světlé linie)

- nebyl zaznamenán rozdíl při dopoledním a odpoledním snímkování, ačkoliv dopoledne bylo jasno až polojasno, odpoledne již oblačno



*Obr. 21 – ukázka vizualizovaného projevu DS v dopoledních hodinách
31. 3. 2014, porost obilovin*



Obr. 22 - ukázka vizualizovaného projevu DS v odpoledních hodinách 31. 3. 2014, porost obilovin



Obr. 23 – ukázka vizualizovaného projevu DS na záznamech různého prostorového rozlišení – 20 a 5 cm/px, porost obilovin



Obr. 24 – ukázka vizualizovaného projevu DS na záznamech různého prostorového rozlišení – 10 a 1 cm/px, porost ttp

Typ snímku (rozlišení – ground sample distance):

- snímkování ve vysokém i nízkém rozlišení (do 25 cm/px) je v celém rozsahu vhodné pro indikaci projevu drenážních systémů. Se snižováním rozlišení do uvedené hranice nedochází ke ztrátě informace i při různých typech porostu (bylo ověřeno opakovaným snímkováním v průběhu celého roku i na různých plochách)
- snímkování ttp ve velmi vysokém rozlišení 1 cm/px bylo prováděno pro ověření předpokladu, že diferencovaný projev linií drénů na ttp je podmíněn vyšší hustotou travin na liniích drénů, resp. dlouhotrvajícím zahušťováním porostu profitujícího z lepších podmínek na drenážní rýze v řádu desítek let, a zda by bylo možné tuto zvýšenou hustotu zaznamenat v centimetrovém pixelu, a to i v místech, kde není projev indikován při nižším rozlišení na standardně pořizovaných snímcích. Testování bylo záměrně v časném termínu před jarním rozvojem travního porostu, aby nebyl porost již diferencován výškově, ale pouze v případné denzitě. Tento předpoklad se však provedeným snímkováním nepotvrdil. Zazna-

menaný projev byl situován stejně a ve stejném rozsahu jako v případě snímků s pixelem 10 cm. Z toho lze vyvodit, že projev je zprostředkovaný diferenciací růstových částí rostlin, které jsou plošně i kvalitativně pro použitou metodu DPZ významnější, tzn. neliší se početností, ale efektivnějším růstem ve vazbě na fungování drenážní rýhy

Typ snímku, typ projevu (úhel osvětlení):

- souběžným pořizováním kolmých a šikmých snímků ttp byl hodnocen typ projevu v porovnání k fyzickému vizuálnímu projevu v terénu. V případě kolmých snímků byl vždy zaznamenán pouze projev světlých linií, ačkoliv v terénu bylo možné jednoznačně identifikovat linie tmavě zelenějších travin bez jakéhokoliv světlého efektu. U šikmých snímků byl zaznamenán jak projev světlých linií, tak i tmavých linií, odpovídajících fyzickému stavu porostu. Tmavý efekt byl zaznamenán při letu v protisměru než byl směr letu se zaznamenaným světlým efektem.

Tmavé linie: směr letu J – S („po slunci“, výška 81m), světlé linie: směr letu S – J („proti slunci“, výška 75m). Vizuální projev na snímcích je tedy podmíněn distanční metodou pořizování záznamů a tento projev nemá reálnou podobu ve skutečném stavu a barevném typu v terénu.



Obr. 25 – ukázka vizualizovaného projevu DS na šikmých snímcích – difference dle úhlu osvětlení a směru letu – světlé linie, porost ttp – pro jednoznačnost označeno stejné místo červenou svislicí



Obr. 26 – ukázka vizualizovaného projevu DS na šikmých snímcích – difference dle úhlu osvětlení a směru letu – tmavé linie, porost ttp – pro jednoznačnost označeno stejné místo červenou svislicí

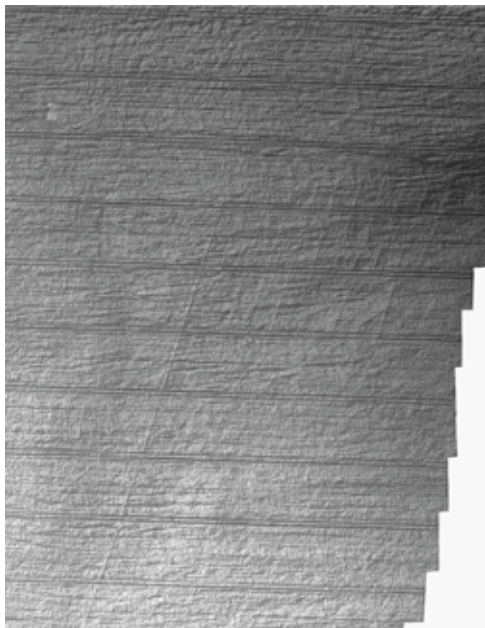
- Diference světlého projevu na ttp oproti reálné barvě porostu jsou zaznamenávány ve větší míře na snímcích pořízených v časném jaře a pozdním podzimu než na snímcích letních. Na těch je také zaznamenáván světlý projev, ovšem z jiných příčin. Na vyšším travním porostu dochází k ohybu listů a k odrazu a lomu světla na nich, což se na snímcích vizualizuje do světlejších linií (doloženo i záznamy mobilní kamery z výšky 7m na porostech pšenice ozimé a tritikále). Tento efekt je umocněn při vyšších rychlostech větru, kdy i travní porost je v pohybu. Takto lze i vysvětlit smíšený projev (dle klasifikace 3) na ttp, kdy se v rámci jednoho identifikovaného drenážního systému část jeví jako světlé a část jako tmavé linie. Tento efekt souvisí s výškou, druhovým složením a aktuálním stavem porostu v konkrétních částech vizualizované linie drénu. U ttp je poměrně časté, že charakter porostu se liší i v rámci jedné linie

drénu. Tyto všechny faktory podmiňují výsledný efekt a projev na pořizovaných snímcích.

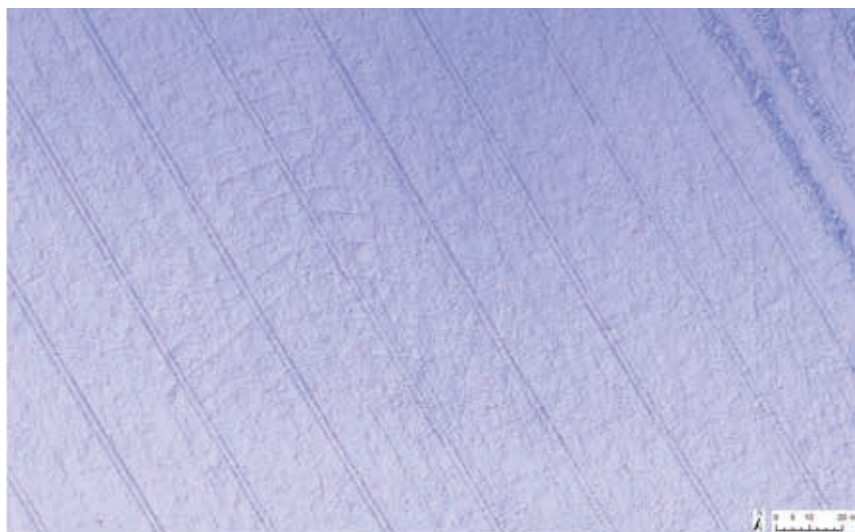
- U skupiny s vegetačním krytem je interpretace vizuálního projevu komplikovanější z důvodů kombinace více faktorů, které do zaznamenaného efektu vstupují. Zvyšují se i varianty zaznamenaného projevu (dle škály 1, 2, 3, 4). Zde dochází již také k rozdílnému projevu, doposud zaznamenanému přímo v terénu, a k projevu na pořizovaných záznamech. Přířímým pozorováním byl dosud vždy na vegetačním krytu zaznamenán výlučně projev 2 nebo nebylo možné přímo v terénu projev zaznamenat, zatímco na pořizovaných záznamech se v daný okamžik projev drenážních linií jevil nikoliv v podobě tmavých linií, ale naopak světlých nebo plastických. Tyto rozdíly jsou způsobeny vlastní metodou DPZ, založenou na interakci spektrálního chování vegetačního porostu v různých částech spektra (druh vegetace, použitá část spektra – zde VIS, CIR), výškou a úhlem slunce vůči senzoru, pořizujícímu záznam, i výslednému zpracování pořizovaných dat do podoby ortofot. Součinnost těchto faktorů přispívá k odlišnému vizuálnímu projevu na snímcích a pozorovatelným lidským zrakem přímo v terénu. Tato neshoda je zaznamenávána v největší míře u ttp, což souvisí i s nejvyšší mírou úspěšnosti vlastní identifikace projevu drenážních systémů na těchto porostech. Neprokázalo se, že by světlejší linie travního porostu indikovaly travní porost světlejší barvy z důvodů např. vyššího podílu „stařiny“ v liniích drénů nebo horšího zdravotního stavu porostu nad drény z důvodů např. přemokření a následného odumírání rostlin, projevujícího se opět světlejší, resp. hnědavou barvou. Rovněž nebyl doložen světlý projev z důvodů výskytu určitého druhu rostlin, vázaných na linie drénů, které by udávaly těmto liniím charakteristickou barvu (např. bílých květů nebo bílé barvy po odkvětu). Vždy byly v terénu indikovány linie tmavě zelené barvy, a to jak na počátku vegetačního období, tak v plném rozvoji ve vysokém porostu i v pozdním podzimu. Případně nebylo možné v terénu žádný projev zaznamenat, ačkoliv na pořizovaném snímku byl projev zřetelný (např. přímo po seči).
- S fenologickým rozvojem travního porostu se zvyšuje i četnost identifikace projevu plastického (dle klasifikace 4), kdy vizuální projev není zprostředkován čistě barevnou odlišností, ale i 3D efektem, který lze na snímcích velmi dobře zaznamenat. Projev této kategorie je prakticky výlučně vázán právě na plochy ttp s významným množstvím biomasy. U ploch orné půdy je tento typ také zaznamenáván ovšem opět téměř

výlučně u ploch s porostem řepky, a to ve všech jejích růstových fázích. To je dáno zcela odlišnou fyziologií rostlin řepky v porovnání např. s obilovinami. U těch je tento typ projevu zaznamenáván jen sporadicky, ačkoliv jsou charakterem ttp bližší. Lze to přisuzovat režimu každoročního obdělávání, kdy není možné tyto porosty dlouhodobě stabilizovat a reagovat na působení drenážní rýhy kontinuálně jako tomu je v případě ploch ttp, resp. stabilních pastvin.

- 3D efekt, resp. výškové difference lze jednoznačně zaznamenat a doložit na digitálním modelu povrchu (Digital Surface Model), který je generován souběžně s optickým záznamem. Při pořízení ve velmi vysokém rozlišení (do 2 cm/px) lze s pomocí funkce typu „hillshade“ (stínování) vizualizovat na vypočteném DSM difference ve výškové souřadnici v liniích drénů, což potvrzuje hypotézu i zjištěné projevy vitálnějšího a lépe prosperujícího porostu nad drenážní rýhou, což se promítá do jeho vyšší výšky, než má porost nad okolním rostlým terénem. Tento typ záznamu lze úspěšně uplatnit na porotu obilovin, resp. travin, které tvoří hustý kompaktní porost, jehož charakter umožňuje tento typ zprostředkovaného projevu.



Obr. 27 – ukázka vizualizovaného projevu DS na digitálním modelu povrchu, generovaném souběžně se snímky během letu za použití bezpilotního letounu 1. 7. 2016 – výšková difference porostu obilovin v poslední fenofázi před sklizní nad liniemi drénů



Obr. 28 – ukázka vizualizovaného projevu DS na digitálním modelu povrchu, generovaném souběžně se snímky během letu za použití bezpilotního letounu 30. 7. 2015 – výšková difference porostu obilovin v poslední fenofázi před sklizní nad liniemi drénů

Ačkoliv je obecně vegetační období hodnoceno s důrazem na jarní období, resp. jarní rozvoj podmíněný charakterem zimních měsíců, zejména sněhové pokrývky a průběhem jejího tání, je třeba vždy vycházet z průběhu ročních období konkrétního roku. To dokládají snímky pořízené při řešení projektu na podzim 2014 a v průběhu roku 2015, které ukazují, že pro účel identifikace DS na principu fytoindikace jsou zásadní podmínky v době založení snímkových porostů.

V tomto případě se jedná o porosty ozimých obilovin, které byly založeny v průběhu vláhové i teplotně nadprůměrného podzimního období roku 2014.

Celkově se jednalo o období dlouhotrvajícího vlhka i s dlouhodobě přítomným vysokým odtokem drenážních vod z drenážních systémů. Takové podmínky jsou příznavější spíše pro jarní období a průběh podzimu 2014 lze označit za ojedinělý. Pro podchycení trendu projevu drenáží na snímcích se jedná o období zásadní. Snímkové plochy těchto ozimů zprostředkovávaly vizuální projev DS prakticky na všech pořízených záznamech, a to ve všech jejich fenofázích, až do jejich sklizně.

Obr. 29–39 – sekvence snímků zachycujících vývoj, resp. trvalost vizualizovaného projevu DS na porostu obilovin na konkrétním PB (Obr. 29–36), dále po sklizni (Obr. 37) a na porostu řepky (Obr. 38,39). Na obrázcích jsou zjevné rozdíly v charakteru vizualizovaného projevu v důsledku zemědělské činnosti na ploše (dosévání v části plochy projevuující se v určité fázi zhoršenou kvalitou projevu i barevnou odlišností drénů i vlastního porostu)



Obr. 29



Obr. 30



Obr. 31



Obr. 32



Obr. 33



Obr. 34



Obr. 35



Obr. 36

Zprostředkování projevu DS pokračovalo i po sklizni (Obr. 37) i následně v podzimním období na porostu řepky (Obr. 38,39).



Obr. 37



Obr. 38



Obr. 39

Tyto porosty ozimů prakticky nebyly negativně ovlivněny dlouhotrvajícím suchem, což dokládají nadprůměrné výnosy. Rovněž nebyl tímto suchem ovlivněn projev DS na snímcích, ačkoliv by se dalo očekávat, že se jedná o podmínky pro vizualizaci DS na snímcích zcela nevhodné. Souvisí s tím zcela jistě ještě další faktory daných ploch, zejména půdní charakteristiky a charakter drenážní rýhy. Jedná se o těžké půdy s výrazným oglejením, u kterých byly zaznamenány drenážní průtoky až do konce června, což je rovněž důležitá skutečnost, neodpovídající předpokladům projevů tak výrazného sucha. Srážky, které se sporadicky vyskytly, zásadním způsobem neovlivnily identifikovatelnost projevu DS. V závislosti na fenofázi konkrétních plodin mohly zlepšit kvalitu projevu určitým „oživením“ porostu (2. a 3. perioda snímkování), v konečné fenofázi se pak srážky na stavu porostu prakticky neprojeví (4. perioda snímkování).

Toto je velmi důležitý poznatek i pro další rozšíření souvislostí, které je třeba brát v úvahu při plánování snímkování za účelem identifikace DS. Kromě aktuálních a průběžných srážek je třeba analyzovat i dlouhodobý stav vláhové bilance a stupně nasycení půdního profilu ve vztahu k vegetačnímu krytu.

Typ porostu - ttp

- U ttp je stěžejní fáze jarního období a zajištění termínu snímkování před první sečí, příznivé podmínky je možné doložit i na snímcích z pozdního podzimu ve fázi „dlouhodobější“ stabilizace porostu, tzn. s dostatečným odstupem od poslední seče a před poslední sečí v daném roce.



Obr. 40 – ukázka vizualizovaného projevu DS na porostu ttp před první sečí (tmavé linie)

- Fáze seče a období těsně po seči představují pro snímkování ploch ttp nejméně příznivá období s minimální pravděpodobností identifikace drenážních systémů.
- Ani tyto premisy neplatí ovšem stoprocentně ve všech případech bez výjimky: na snímcích pořízených v červnu 2014 byla na PB 9701/16 zachycena přímo seč (snímek 1. 6.) a identifikován drenážní systém i za takovýchto podmínek. Jedná se o výjimečný případ a jeho vysvětlení zatím není jasné. Provedené půdní sondy v této části systému, kte-

rý se spolehlivě vizualizuje prakticky na všech pořízených snímcích za všech podmínek neprokázaly výjimečnost tohoto systému. Nepotvrdil se předpoklad jiné technologie výstavby (zejména použití obsypu, který by zvyšoval účinnost drenážního systému). Drenážní rýha byla promíšena v celém profilu (do 70cm) s vysokým stupněm prokypření a vlhkosti (oproti utuženému, suchému půdnímu terénu mimo drén), což samozřejmě zlepšuje podmínky porostu nad ní, ovšem ani tyto charakteristiky nevybočují z ostatních provedených půdních sond v takové míře, jako úspěšnost identifikace tohoto systému na snímcích. Prakticky permanentně je tento systém možné identifikovat přímo v terénu bez vytýčování na základě odečtu z pořízených snímků.



Obr. 41 - ukázka vizualizovaného projevu DS na porostu ttp v průběhu seče (světlé linie na ploše ttp, část stejného DS vizualizovaná i na vedlejším PB na porostu řepky – 3D projev)



Obr 42 - ukázka vizualizovaného projevu DS na porostu ttp po seči (slábnoucí projev světlé linie na ttp i slábnoucí 3D projev na porostu řepky)

- Přímá identifikace v terénu je prakticky výlučně vázaná právě na plochy ttp, u porostu obilovin nebo jiných rostlin na orné půdě nebylo možné doposud přímo v terénu linie drénů určit, ačkoliv na snímcích ze stejného termínu byla vizualizace drénů zcela jednoznačná. Identifikace drénů na orné půdě byla opakovaně zjištěna, a její správnost ověřena, na orné půdě bez porostu (světlejší linie drénů). I tyto poznatky lze využít při specifikaci aplikace metody pro uživatele pozemků (monitoring projevu přímo v terénu v periodách očekávaného projevu).

Typ porostu – orná půda

- U vegetačního krytu orné půdy byl identifikován projev drenáží na všech typech pěstovaných plodin v jejich různých fázích, a to i v případě širokořádkých a technických plodin (snímky z červnových termínů snímkování lokality Žejbro dokládají vizualizovaný projev drenáží na pozemku osázeném bramborami, po jejich oborání a začínajícím růstu je-

jich nadzemních částí. Na snímku byl zaznamenán velmi kvalitně projev 2 drenážních systémů ve 2 úrovních. Na podzimních snímcích jsou zřetelné fragmenty tohoto systému, ovšem ve velmi ostrých liniích. Jedná se o malou plochu v soukromém vlastnictví drobně hospodařícího zemědělce s tradičním cyklem hnojení organickým hnojivem, což zlepšuje půdní ukazatele i v profilu drenážní rýhy.



Obr. 43 – ukázka vizualizovaného projevu dvouetážového DS na různých typech povrchu (brambory – v dolní části, pšenice ozimá ve střední části, ječmen jarní v horní části, 1. 6. 2014). Pozn. u dvouetážových DS nelze pouze na základě vizualizovaného projevu určit, který z těchto DS se nachází v menší a větší hloubce – projev na snímcích se neliší.

Naproti tomu na stejné ploše s porostem tritikále (v jiném roce), které by podle původního předpokladu bylo vhodnou plodinou pro fytoindikaci, nebyl identifikován žádný projev. Z toho vyplývá, že nelze z kritérií vyloučit žádný typ kultury a rostlinný druh pěstovaný na orné půdě, a potvrzuje to předpoklad správné kombinace plodiny, její fenofáze, průběhu a množství srážek



Obr. 44 – ukázka vizualizovaného projevu dvouetážového DS na různých typech povrchu (orná půda po sklizni ve střední a horní části, na porostu brambor v dolní části, 10. 9. 2014)



Obr. 45 – ukázka vizualizovaného projevu dvouetážového DS na různých typech povrchu (orná půda po sklizni ve střední a horní části, na porostu brambor v dolní části, 30. 9. 2014)

a zemědělského managementu, zejména aplikace hnojiva. Bez způsobení těchto postupů v rámci konkrétního ročního období a jeho charakteru nelze ani obiloviny upřednostnit pro vyvíjenou metodu jako typ porostu zvyšující jistotu vizuálního projevu drenáží na principu fytoindikace. Nevýváženost identifikovaného projevu v poměru k zastoupení obilovin na snímkaných plochách byla zaznamenána ve všech lokalitách, opakovaně a je tak významnou informací pro korekci původní hypotézy. Ukázky vizualizovaného projevu na širokořádkých, technických plodinách viz Obr. 46–50.



Obr. 46 – ukázka vizualizovaného projevu DS na porostu kukuřice a čiroku ve fenofázi metání (16. 7. 2014)

Obr. 47–50 – sekvence vývoje vizualizace projevu DS na porostu řepky:



Obr. 47 – duben – světlý projev



Obr. 48 – květen- tmavý projev



Obr. 49 – červen (šikmý snímek, světlý projev)



Obr. 50 – říjen – 3D projev

3.1.2 Princip 2 – difference vlhkosti

Tento typ projevu na zorněné půdě je na materiálech DPZ zaznamenáván opakovaně a v různých termínech, přičemž vyšší úspěšnosti dosahuje snímkování v podzimním období než v období jarním. Podstatným faktorem podmiňujícím tento projev je časový odstup od předchozí srážky, velikost této srážky i celkový režim srážek v delší periodě, resp. míra nasycení půdního profilu, ovlivňující intenzitu i rychlost drenážního odtoku a vysychání drenážní rýhy.

Podzim 2014 byl vláhově i teplotně vhodný k podchycení průběhu projevu účinnosti drenážních systémů na zorněných plochách bez zapojeného vegetačního krytu, kdy bylo možné v přesných termínech za použití distančních metod monitorovat postupné vysychání půdního profilu s výrazným projevem účinnosti drenážní rýhy. (Obr. 51)

Podzim roku 2014 simuloval obdobné podmínky typické standardně v jarním období včetně podobných projevů drenážních systémů jako na jaře. Ovšem s výjimkou ttp, u kterých nelze jarní rozvoj nahradit ani simulovat později v průběhu vegetačního období z důvodu sečí a rozrůzněného nástupu jednotlivých vývojových stádií různých druhů rostlin na těchto plochách v závislosti na druhovém složení i režimu (pasené – nepasené stabilní pastviny, ostatní plochy ttp).

U skupiny bez zapojeného vegetačního krytu je reálný stav povrchu a jeho vizuální projev v terénu shodný s vizuálním projevem na pořízeném záznamu. Jedná se o projev podmíněný rozdílnou půdní vlhkostí v důsledku působení drenážní rýhy, kdy dochází k vizualizaci sušších částí (světlejší barvy) nad drenážní rýhou a vlhčích částí (tmavě hnědé barvy) nad okolním rostlým terénem (dle škály projev 1). Tento projev lze zaznamenat na pořízených záznamech různého typu, z různých výšek i přímo v terénu (opakovaně ověřeno na vybraných PB i na videopřenosu z mobilního zařízení). (Obr. 52,53)

3.2. Vertikální (prostorové) sféry

1 – nadzemní

Snímkování se primárně musí odvíjet od klimatických podmínek a počasí v průběhu celého roku (vegetační – mimovegetační období). Není možné vymezit a přesně definovat termíny vhodné pro snímkování za účelem iden-



Obr. 51 – ukážka vizualizovaného projevu (kategorie 1, typ 1) na princípu diferencií vlhkosti



Obr. 52 – doložení a porovnání různých typů distančních záznamů z různých výšky – detailní výřez je záznam vizualizace DS z IP kamery pořízený 3. 10. 2014 v porovnání vizualizovaného projevu na ortofotu ze snímkování 30. 9. 2014 se zákresem identifikovaných DS



Obr. 53 – doložení a porovnání různých typů distančních záznamů z různé výšky – detailní výřez je záznam vizualizace DS z IP kamery pořízený 30. 10. 2014 v porovnání vizualizovaného projevu na ortofotu ze snímkování 31. 10. 2014 se zákresem identifikovaných DS

tifikace DS, neboť jednotlivé roky jsou velmi proměnlivé i charakteristika ročních období vysoce rozdílná, s posunem do extrémnějších poloh. To dokládá i doba řešení projektu 2012 – 2016:

2012 – zima bez významné sněhové pokrývky, sucho, suché jaro, letní sucho, vlhčí podzim

2013 – zima s malou sněhovou pokrývkou, extrémně dlouhá, pozdní nástup jara (duben), srážkové extrémy v létě – povodně červen, chladný červenec, pozdější sucho

2014 - prakticky bez sněhové pokrývky, sucho, takže i jaro bylo suché bez vláhové dotace tajícího sněhu, extrémně vlhký a teplý podzim (posun „babího léta“ až do konce října). V průběhu vegetačního období bylo počasí velmi nestabilní s poměrně atypickým podzimem (významné srážky při nadprůměrných teplotách).

2015 – zima opět mírná, s minimem sněhové pokrývky, významné zimní sucho, extrémně suché a teplé léto (cca 10 souvislých dní, kdy teplota neklesla pod 37°C), pokračující sucho i na podzim (k vizualizaci DS na principu diferencí vlhkosti na orných půdách bez zapojeného porostu téměř vůbec nedošlo, což je zcela opačný případ, než v roce 2014). V závěru podzimního období nicméně došlo ke zmírnění vláhového deficitu poměrně vydatnými srážkami, které způsobily obnovu drenážního odtoku i doplnění vodních zásob i v hlubších horizontech (doloženo zvýšením hladiny podzemních vod např. ve studních).

2016 – mírná zima, extrémně teplý únor, pokračující deficit ze sucha předchozího roku, opět teplé a suché léto, velmi teplý podzim (posun „babího léta“ až do konce října)

Od těchto podmínek se odvíjely termíny a možnosti opakování snímkování na modelových lokalitách v letech řešení.

2 – pozemní

Na pozemní rovinu je vázáno zprostředkování a vlastní identifikace projevu podzemních drenážních systémů na povrchu. Tento projev je založen na již zmíněném principu fytoindikace prostřednictvím vegetačního krytu nebo na principu difference vlhkosti související s hydraulickým působením drenážní rýhy na plochách zcela bez porostu nebo ve fázích, kdy porost není zapojený a nemění tak charakteristické chování holé orné půdy a principy změny vlhkosti v závislosti na teplotě, větru a dalších jevech, působících přímo na půdní povrch.

Snímkováním (zejména detailním, variantně a ve vyšší počtu opakování) byly sledovány různé plodiny v různé fázi (to se týká zejména začátku a vrcho-

lu vegetačního období) a stejnou měrou i s tím související zemědělský management (zejména konec vegetačního období). Agrotechnické zásahy velmi významně ovlivňují, resp. mění podmínky vizualizace drenážních systémů na záznamech z distančních metod. Z vlastní podstaty zemědělského hospodaření je tento efekt mnohem významnější u orné půdy, kde dochází v rychlém sledu a prakticky každoročně, k obměně kultur, včetně fáze bez vegetačního krytu. Tím jsou i o to významněji ovlivňovány půdní charakteristiky, stavba odvodnění i její funkčnost. Naproti tomu u ploch ttp je režim obhospodařování založen na udržování trvalého, resp. dlouhodobě souvislého a zcela zapojeného travního porostu. Stabilita tohoto režimu se promítá i do interakcí s drenážním systémem. U ttp je třeba zohlednit management údržby (stabilní pastvina) a management údržby a obnovy (ostatní ttp). U ostatních ttp může docházet v 5-letém cyklu k jejich úplné obnově, tzn. zornění a novému osetí, což opět mění podmínky pro stanovení kritérií vizualizace drenážních systémů na těchto plochách.

Kromě průběžného sledování rozvoje porostu obilovin a případné odlišné vizualizace drenážních rýh byl testován i možný projev drenážních rýh ve vazbě na probíhající hospodářské činnosti. Na tyto činnosti bylo soustředěno zejména snímkování v podzimních termínech, kdy docházelo k rozdílným postsklizňovým úpravám v závislosti na termínu sklizně a průběhu počasí. Snímkovací kampaně měly za cíl zachytit měnící se intenzitu a plošný rozsah vizualizovaných linií drenážních systémů v závislosti na provedených zásazích a časového odstupu od nich i fáze vysychání půdního profilu s odstupem od srážkových událostí. Pořizování snímků na vybraných plochách v podzimních termínech bylo doplněno pozemním průzkumem telestézickou indikací i mapováním půdními sondami vybraných částí drenážních rýh a okolního rostlého terénu. S identifikovaným projevem drenáží na snímcích byl monitorován i projev zaznamenaný mobilním zařízením při online přenosu a videozáznamu na vybraném místě dotčeného PB.

Základní informace o možnostech metody telestézické indikace drenážních systémů i jejího testování jsou uvedeny v Příloze 4.

Změny agrotechnických zásahů souvisí i s provozováním bioplynových stanic, a to jak z hlediska preference pěstování určitých plodin (zejména kukuřice), tak i z hlediska aplikace digestátu. Kontinuální vyvážení digestátu na PB s drenážním odvodněním mění vlhkostní podmínky těchto pozemků a do určité míry zkresluje stanovení optimálních podmínek pro vizualizaci projevu drenáží na snímcích pořizovaných metodou DPZ.



Obr. 54 – ukázka vizualizovaného projevu DS na porostu ttp před první sečí, 18. 5. 2012



Obr. 55 – ukázka stavu porostu po aplikaci velkého množství digestátu, který zásadním způsobem mění podmínky pro vizualizaci, 12. 12. 2014 – doložení nutnosti dodržení vhodných podmínek pro snímkování: v optimálním termínu se vizualizuje celý DS, za nepříznivých podmínek nelze identifikovat ani izolované linie DS

3 – podzemní

Podzemní rovina v sobě zahrnuje hydropedologické charakteristiky a charakteristiky vázané přímo na drenážní odvodnění, tzn. charakter drenážní rýhy, technologii výstavby, vlastní stavbu odvodnění a její aktuální stav. Sledované ukazatele velmi významně ovlivňují vizualizaci projevu drenážního systému na snímcích.

Drenážní rýha

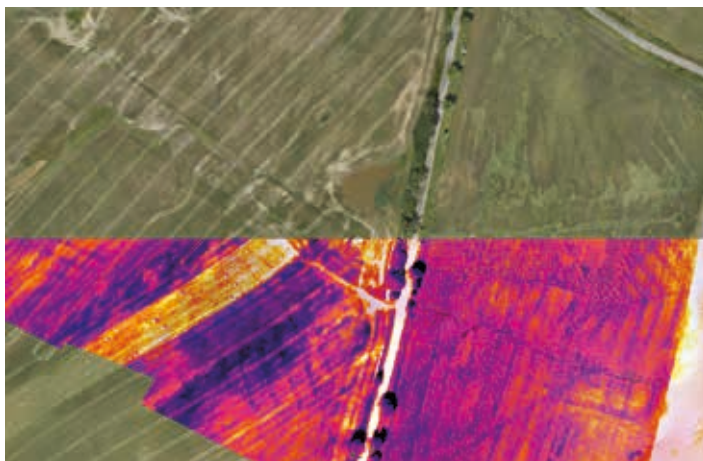
Zásadní váhu má charakter drenážní rýhy, a s tím související použité technologie výstavby, zatímco materiál svodných a sběrných drénů nehraje prakticky žádnou roli a i přítomnost vody v DS v době pořizování nemusí být primárně rozhodující. Toto platí pro záznamy ve spektrálním rozsahu RGBI, z dosud testovaných i pro HS data. Naproti tomu při použití termálního pásma a snímkování termokamerou je přítomnost vody a její množství v DS velmi důležitá s ohledem na ovlivnění teploty potrubí a zvýšení kontrastu vůči terénu mimo drén. Opět ale v závislosti na termínu snímkování a teplotě vzduchu. Tento efekt je nejprůkaznější při extrémních hodnotách, ať již teplot vzduchu, tak velikosti průtoku drenážních vod. Tyto extrémy poskytují maximální kontrast projevu DS a okolního rostlého terénu. To bylo ověřeno snímkováním za použití termokamery v různých lokalitách a různých podmínkách, kdy nejvyšší úspěšnosti bylo dosaženo při snímkování v teplotě cca 35 °C, s týdenním odstupem od 100mm srážky, kdy všechny DS byly v celém profilu protékány maximálním množstvím drenážních vod. (Obr. 56–58)

Opět to dokládá velkou proměnlivost jak samotných faktorů ovlivňujících identifikovatelnost DS, tak i jejich kombinací, a tomu vhodně zvolený použitý prostředek a senzor pro pořízení nejvhodnějšího záznamu právě pro tuto konkrétní kombinaci vnějších podmínek.

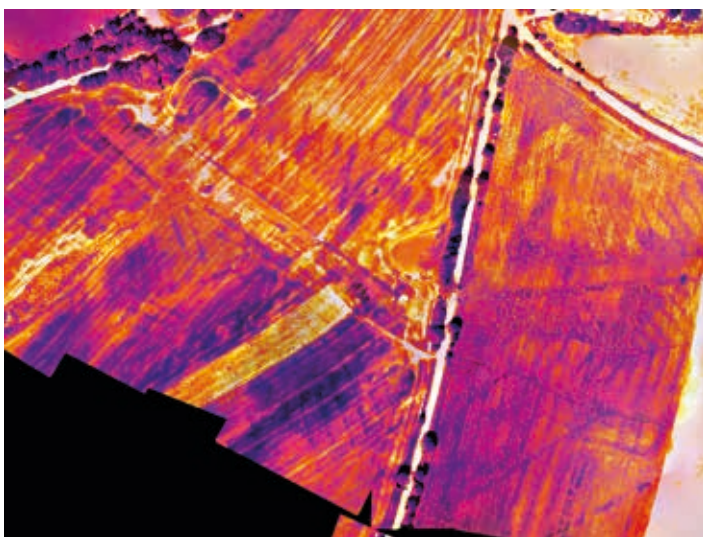
Technologie výstavby

Pozemním průzkumem a z dostupných informací bylo zjištěno, že projev DS velmi významně ovlivňuje technologie výstavby DS. DS vystavěné pomocí rýhovače (kdy šíře drenážní rýhy je sice užší než při použití bagru, ovšem promíšení ornice do větších hloubek je mnohem větší a rovnoměrnější, což zvyšuje heterogenitu drenážní rýhy a ovlivňuje procesy v ní probíhající) se vizualizují ve vyšší kvalitě, než DS vystavěné klasickým bagrováním.

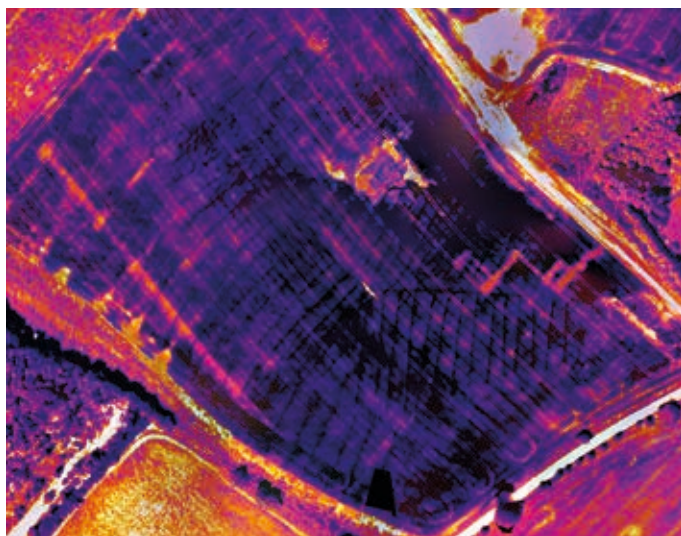
Bezvýkopová technologie naproti tomu znamená prakticky nulový předpoklad vizualizace DS z důvodu minimálního porušení rostlého terénu (proříznutí, bez výkopku a promíšení).



Obr. 56 – ukázka vizualizace DS na souběžně pořízených záznamech ve viditelném a termálním záření, 2. 7. 2013, prostorové rozlišení 30 cm/px, teplotní škála 24 – 34°C, porost obilovin a ttp



Obr. 57 – ukázka vizualizace DS na záznamu ve spektrálním rozsahu termálního záření, 2. 7. 2013, prostorové rozlišení 30 cm/px, teplotní škála 25 – 40°C, porost ttp a obilovin, stejný prostor jako na snímku 56



Obr. 58 – ukázka vizualizace DS na záznamu ve spektrálním rozsahu termálního záření, 2. 7. 2013, prostorové rozlišení 30 cm/px, teplotní škála 25 – 40°C, porost jiného druhu obilovin

Samotná technologie výstavby ovšem neznamená automaticky záruku vizualizace DS. Vždy je třeba zohlednit všechny okolnosti a aktuální podmínky v konkrétním území.

Pro účely detekce této roviny a ověření funkčnosti DS byly na vybraných PB prováděny v podzimním období průzkumy půdními sondami: sondy půdního profilu na vybraných plochách pro zjištění aktuálního stavu drenážní rýhy a okolního rostlého terénu - zjištění způsobu výstavby a použité technologie (bez obsypu, rýhovač, výkop bagrem) zhutnění, obsah humusu atd. v závislosti na prováděných agrotechnických operacích podle pěstovaných plodin i limitů využívání pozemků vázaných např. na DZES atd.

V rámci průzkumu telestézickou indikací byl prováděn přímý odkop vybraných drenážních systémů za účelem zjištění stavu, funkčnosti a pro návrh na odstranění poruch a nežádoucího zamokření na pozemcích.

- Technologie výstavby drenážního odvodnění a charakter drenážní rýhy jsou jedním ze zásadních kritérií podmiňujících vizuální projev na snímcích.
- V prosinci 2013 byl na PB dlouhodobě detailně zkoumaném (7502/14) v rámci oprav položen nový svodný drén z PVC, do kterého byly napo-

jeny sběrné drény odvodňující zamokřené místo. Výkop byl prováděn bagrem se šířkou rýhy 30cm, bortováním a zahrnutím výkopku s minimálním promíšením. Na žádném snímku pořízeném v roce 2014 nebylo možné tento nově položený svodný drén identifikovat, a to ani na snímku z 5. 3., tzn. s minimálním odstupem od realizace stavby. To naznačuje, že šíře drenážní rýhy i její heterogenita nedosahují natolik průkazných hodnot, aby stačily na zprostředkování vizuálního projevu na pořizovaných snímcích, a to za různých podmínek při různém typu porostu, kdy jiné části původního drenážního systému identifikovatelné jsou.

- V souvislosti s vyhodnocováním agrotechnických zásahů v podzimním období byly zaznamenány 2 zajímavé případy vizualizace projevu drenážního systému na ploše orné půdy po provedené hluboké orbě (na lokalitě Žejbro). PB 2 dny po provedené hluboké orbě bez jakéhokoliv identifikovatelného projevu a tentýž PB zhruba měsíc po hluboké orbě s již identifikovaným projevem.



Obr. 59 – ukázka PB orné holé půdy, dva dny po provedené orbě bez identifikovatelného projevu DS

Tento průběh vyhovuje původním předpokladům, že hluboká orba mění podmínky vizualizace drenážních systémů na snímcích negativním způsobem a nepatří mezi optimální podmínky pro snímkování. Druhý PB, kde i na snímku pořízeném den po provedené hluboké orbě lze identifikovat část drenážního systému, ovšem se zcela netypickým projevem pro ornou půdu bez porostu formou tmavých linií. (Obr. 61)

Tento typ projevu je velmi ojedinělý a opět nasvědčující tomu, že při vhodné kombinaci všech již zmíněných kritérií lze očekávat identifikaci projevu drenáží i v případech, které byly z původních předpokladů vyloučeny jako zcela nevhodné jako např. právě hluboká orba. Zároveň to nasvědčuje i proměnlivosti této kombinace v lokálním měřítku (oba PB jsou od sebe vzdáleny cca 1 km), kdy se liší identifikovatelností projevu po stejném agrotechnickém zásahu. Je třeba vzít v úvahu jiné termíny snímků, tzn. sice stejný zásah, ale za jiných vlhkostních podmínek, které mění optimální kombinaci tak, že nedojde k vizualizaci projevu drenážního systému. Tyto jemné difference lze po-



Obr. 60 – ukázka totožného PB orné holé půdy snímkaného s měsíčním odstupem po provedené orbě s identifikovatelným projevem části DS



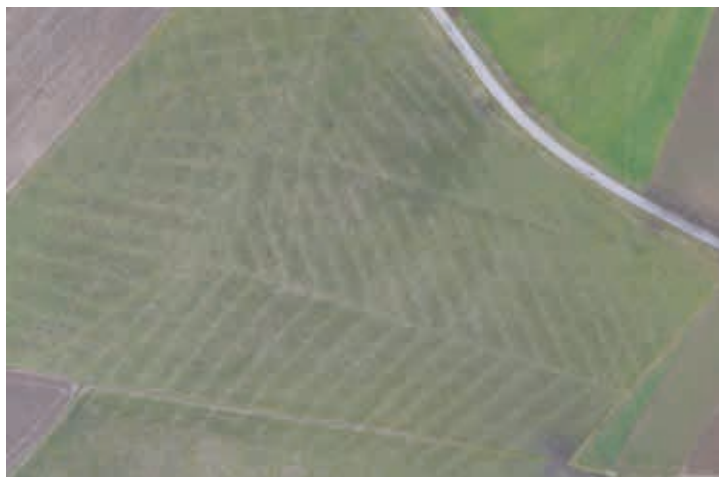
Obr. 61 – ukázka projevu DS (kategorie 2, tmavý) zcela nestandardně na orné holé půdě, s denním odstupem po provedené hluboké orbě – vlnité linie kompaktních bloků převrácené půdy

stihnout opět výlučně detailním snímkováním v režimu přesně stanoveného opakování, čehož lze dosáhnout pouze za použití bezpilotních prostředků.

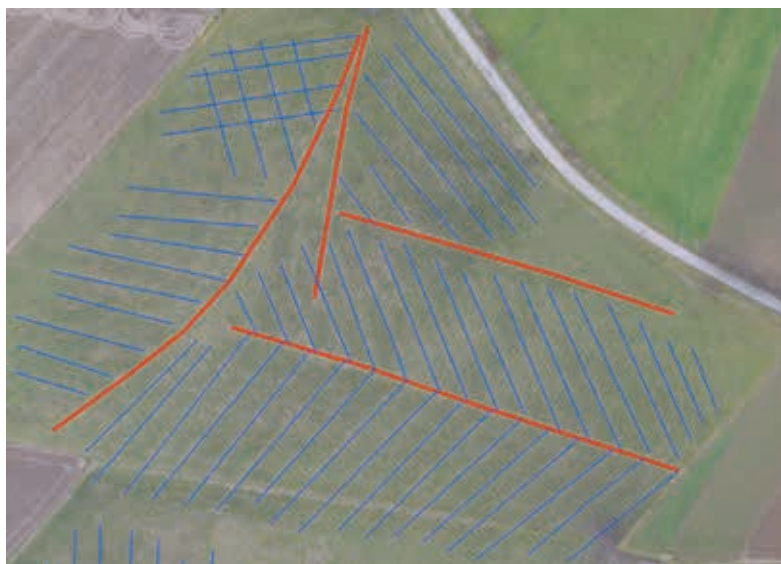
Kromě průzkumu aktuálního stavu drenážních systémů byly shromažďovány archivní původní projektové dokumentace k modelovým lokalitám. Analogové projekty jsou skenovány do digitální podoby, rektifikovány v prostředí GIS a postupně vektorizovány. Zajištění tohoto typu dat slouží pro doplnění informací, ke korekci stávající evidence (lokalizace, plošný rozsah i rok výstavby), vyhodnocení ve vztahu k identifikovaným drenážním systémům ze snímků pořízených metodami DPZ. Tyto archivní materiály jsou alokovány podle územní příslušnosti do archivů podniků Povodí. Orientace v archivech je bez jednotného evidenčního systému velmi náročná, navíc značná část projektových dokumentací chybí a jen v minimálním počtu je její součástí zákres skutečného provedení. To se, jak bylo opakovaně deklarováno, velmi často od původního projektu liší.



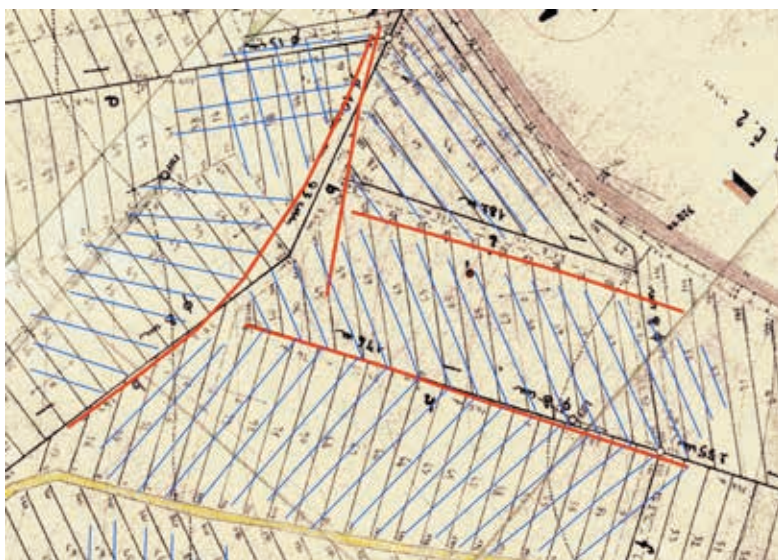
Obr. 62 – ukázka diferencí původní projektové dokumentace stavby DS a linií sběrných a svodných drénů identifikovaných ze snímků pořízených metodou DPZ (červenými liniemi jsou zakresleny za-lesněné plochy pro názorné doložení výsadby na části stavby odvodnění, v jehož důsledku dochází k negativnímu zamokřování jak pozemků ttp, tak i ovlivňování lesního porostu – neřízené vývěry drenážních vod, zamokřování a vymrzání dřevin)



Obr. 63 – ukázka vizualizovaného projevu DS



Obr. 64 – vektorizované linie DS z rastru ortofota



Obr. 65 – vektorizované linie DS z ortofota na podkladu původní projektové dokumentace

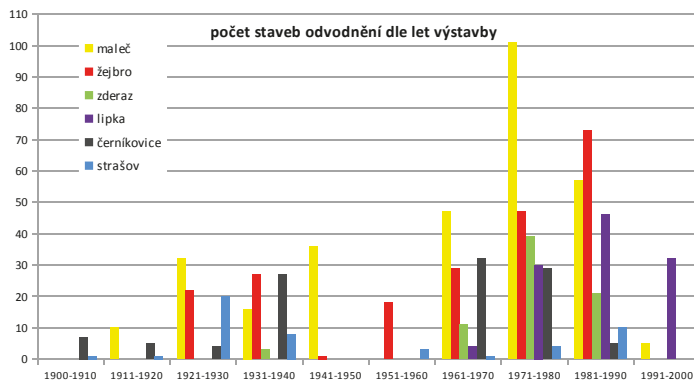
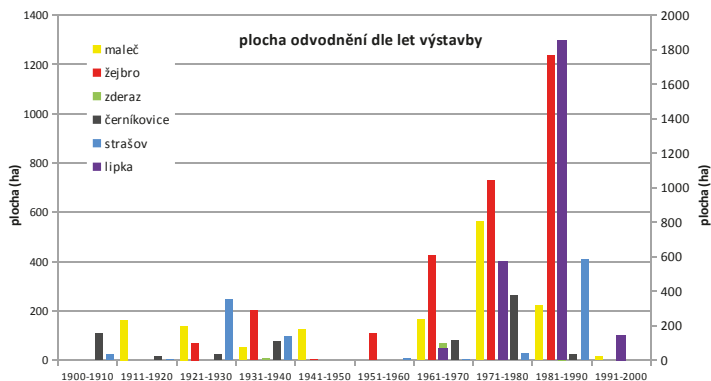


Obr. 66 – ukázka vektorizovaných linií dle původní projektové dokumentace na pozadí ortofota s vizualizovaným projevem DS – opět doložení rozdílů těchto podkladů

Následně pro všechny velkoplošně snímkové lokality bylo vyhodnoceno dle dostupné evidence staveb odvodnění (eagri) jejich stáří ve vztahu k odvodněné ploše a počtu těchto staveb. (viz Tab. 2)

Tyto údaje rámcově ilustrují intenzitu i vlny výstavby staveb odvodnění. Ovšem nejedná se o zcela přesné údaje, jak bylo opakovaně prokázáno v průběhu řešení, kdy byla doložena jednak neúplnost evidence (metodou DPZ byly opakovaně identifikovány stavby odvodnění mimo evidované odvodněné plochy – Obr. 67) a rovněž existence více úrovní drenážních systémů, kdy starší z těchto systémů také v evidenci chybí, případně se liší plošným rozsahem i překryvem s mladšími odvodňovacími systémy. Rovněž v atributové části je řada nepřesně uváděných údajů, včetně roku výstavby. Diference stáří staveb souvisí jak s pedologickými vlastnostmi lokalit, tak s celkovým vývojem využívání krajiny (přechod od extenzivního k intenzivnímu hospodaření, což je např. markantní u lokality Lipka).

	maleč		žejbro		zderaz		lipka		černikovice		strašov	
	počet	plocha(ha)	počet	plocha(ha)	počet	plocha(ha)	počet	plocha(ha)	počet	plocha(ha)	počet	plocha(ha)
1900-1910	0	0	0	0	0	0	0	0	7	108	1	24
1911-1920	10	163	0	0	0	0	0	0	5	14	1	3
1921-1930	32	138	22	69	0	0	0	0	4	24	20	247
1931-1940	16	51	27	202	3	6	0	0	27	76	8	95
1941-1950	36	124	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1951-1960	0	0	18	107	0	0	0	0	0	0	3	8
1961-1970	47	164	29	424	11	67	4	68	32	81	1	3
1971-1980	101	561	47	728	39	395	30	573	29	262	4	28
1981-1990	57	222	73	1235	21	114	46	1851	5	24	10	407
1991-2000	5	13	0	0	0	0	32	146	0	0	0	0



Tab. 2 – vyhodnocení staveb odvodnění na modelových lokalitách dle stáří, resp. uváděného roku výstavby jednotlivých staveb (grafické zpracování plochy a počtu staveb odvodnění)



Obr. 67 – ukázka vektorizovaných linií drénů ze snímků pořízených metodou DPZ v porovnání s evidencí odvodňených ploch eagri, jejíž neúplná verze je součástí portálu LPIS

Průzkum drenážních rýh

Pozemní průzkum drenážních rýh sondami (půdními, bagrem) probíhal opakovaně v podzimních obdobích po ukončení agrotechnických zásahů a prací na vybraných pozemcích. Pozemky byly vybrány na základě vyhodnocení výsledků nadzemního průzkumu (identifikace drenážního systému a míst zamokření na snímcích) a pozemního průzkumu (telestézická indikace, plánované opravy, limity vyplývající z erozní ohroženosti pozemků apod.).

Místa pro průzkum půdními sondami byla vytyčena na základě odečtu souřadnic projevu drenážního systému na pořízených snímcích, resp. z nich zhotovených ortofot. Přesnost metody je pro tyto účely, stejně jako pro jiné terénní práce, vázané na znalost přesné polohy drénu, zcela odpovídající a vyhovují (v několika případech byla půdní sondou o průměru cca 4cm nalezena trubka indikovaného drénu). Tím je doloženo, že drenážní systém identifiková-

vaný ze snímků odpovídá skutečnému uložení drénů v terénu a vizualizovaný projev z různých typů pořizovaných záznamů (realizovaný průzkum probíhal podle odečtu ze snímků pořizených v různých termínech, s různým porostem a různým typem projevu) je natolik kvalitní, že zaručuje přesné vytyčení v terénu s přesností v jednotkách cm. Samozřejmě za použití GPS geodetické přesnosti.

Výsledky průzkumu lze shrnout tak, že v žádném místě odběru nebyl zjištěn obsypový materiál (štěrková nebo písčitá frakce). Prakticky na všech zkoumaných PB byl znatelný rozdíl drén a mezidrén v utužení, zhutnění a ulehlosti půdy, a to i při vlastním zatloutání sondy. V místech odběru mimo drenážní rýhu tak nebylo možné dosahovat maximálních hloubek sondy.

Odběrová místa (drenážní rýhy) se liší stupněm kyprosti, resp. utužení, obsahem humusu a mírou promíšení v hloubce profilu. To souvisí jednak s technologií výstavby (v několika případech indikováno použití rýhovače) a způsobem obhospodařování (nejvyšší obsah humusu, zkypření, provlhčení a průkaznost funkční rýhy byla na PB malé plochy s pěstovanými bramborami v roce 2014, čemuž odpovídá i vysoká dávka organického hnojiva, navíc je takto PB hnojen pravidelně, na rozdíl od velkých ploch s jinou skladbou plodin). Dochází zde ke klasickému hospodaření a hnojení ve 4 letech intervalech ve velkých dávkách.

Ze zjištění během průzkumu nebyl zcela potvrzen předpoklad, že vyšší heterogenita drenážní rýhy, tzn. hluboké promíšení, vyšší zkypření a funkčnost rýhy, by měla zprostředkovávat vizuální projev na snímcích lépe než drenážní rýha neprůkazná, více zhutněná s minimální heterogenitou. Souvislost projevu drenážní rýhy a jejího stavu nebyla takto přímočaře dosud provedeným průzkumem jednoznačně potvrzena. Platí, že na PB se zjištěnou vyšší průkazností drenážní rýhy je úspěšnost identifikace na snímcích vyšší, resp. opakovaná s různým plošným rozsahem, ovšem např. u PB 4802/1 byla zjištěná „kvalita“ drenážní rýhy vysoká a úspěšnost identifikace tohoto systému je prakticky nulová. Z celé časové řady pořizených snímků byl identifikován projev tohoto systému až na snímcích z podzimu roku 2014 (10. 9. světlý projev na orné půdě se zasetou řepkou, 26. 11. a 5. 12. na tomto porostu řepky). Tento jev zatím ze shromážděných informací nelze přesně vysvětlit. Obdobná situace je u PB 5005, kde je také stav drenážní rýhy „nadstandardní“ a naopak úspěšnost identifikace podlimitní.

Rovněž zjištěné extrémní zhutnění na PB 6703/1 také úplně nediskvalifikuje možnost vizuálního projevu drenážních rýh zjištěného charakteru na sním-

cích, jak dokládají snímky z termínu 7. 7. 2014 (ostré tmavé linie v pšenici oz.) nebo z termínu 31. 10. 2014 (světlé linie na orné půdě se zasetou řepkou). I na PB 8502/2 je stav drenážní rýhy velmi neprůkazný, půdní profil jílovitý, kameinitý s velkou mírou zhutnění a přesto identifikovaný projev na snímcích ze 17. 9. 2014 dosahuje nejvyšší třídy - 1 (komplexní systém). (Viz Obr.51)

Vysvětlení je opět nutné hledat v kombinaci více charakteristik, které v závislosti na charakteru drenážní rýhy budou nabývat „extrémnějších“ nebo „běžnějších“ podob. Lze předpokládat, že malá průkaznost drenážní rýhy pro zprostředkování projevu na snímcích bude vyžadovat vyšší vklad, resp. dorovnání optimálních podmínek pro vizualizaci z dalších kritérií (typ plodiny a stav povrchu vs. srážkový režim vs. zemědělský management). V případě drenážní rýhy s vyšší průkazností nemusejí být nároky na další kritéria tak vysoké, což zvyšuje četnost případů identifikovaného projevu za různých podmínek. Limitní hranice pro tyto polohy zatím nebylo možné přesně zjistit.

Při průzkumu zacíleném pouze na zjištění stavu a charakteru půdního profilu z hlediska diferencí drenážní rýhy a okolního rostlého terénu byly zjištěny následující skutečnosti:

- S výjimkou jediného odběru nebyla zjištěna přítomnost obsypového materiálu (štěrková nebo písčítá frakce), který by zvyšoval účinnost funkce drenážního odvodnění a zároveň bránil mechanickému poškození uložených trubek. Ve stávajících podmínkách, kdy prakticky při všech provedených sondách byl zjištěn vysoký stupeň zhutnění a ulehlosti půdního profilu, dochází v některých případech ke snižování funkčnosti DS i z toho důvodu, že ačkoliv je DS nepoškozený a nezanesený, není schopen odvádět vodu, která díky zhutnění velmi omezeně v těžkých půdách infiltruje. Použití obsypového materiálu by tento stav zlepšilo, ovšem také prodražilo. S tím je nutné počítat i při plánování aktuálních oprav a nákladů na ně.
- Odběrová místa (drenážní rýhy) se liší stupněm kyprosti, resp. utužení, obsahem humusu a mírou promíšení v hloubce profilu. To souvisí jednak s technologií výstavby (v několika případech indikováno použití rýhovače), způsobem obhospodařování, zejména v souvislosti s aplikací organického hnojení a větší variabilitou pěstovaných plodin – na PB s drobnou drážbou je dodržováno klasické hospodaření a hnojení ve 4-letých intervalech ve velkých dávkách. Tomu odpovídá i vyšší četnost identifikovaných DS na takto obhospodařovaných PB (opět doloženo v průběhu snímkování v roce 2015).

- Naproti tomu na PB, na kterých byla prakticky po celou dobu řešení projektu (i déle - až 5 let) po sobě pěstovaná kukuřice, nebyl na všech za tu dobu pořízených snímků těchto PB prakticky projev DS zaznamenán. Tyto PB jsou hnojeny výlučně průmyslovými hnojivy, bez vkladu statkových hnojiv.
- Díky provádění sond výkopem bagrem byla jednoznačně doložena technologie výstavby za použití rýhovače (PB 4906/1), kterou byla drenážní rýha promíšena důsledně v celém rozsahu, čímž je její heterogenita vůči okolnímu rostlému terénu výraznější a její projev na snímcích je průkaznější. Z hlediska půdních vlastností nebyl zjištěn rozdíl – prakticky ve všech zkoumaných případech se jedná o těžké jílovité půdy, s vysokou mírou zhutnění.
- V rámci zajišťování všech dostupných podkladů k DS bylo z hlediska posouzení významnosti technologie výstavby pro vizualizaci DS na snímcích pátráno po doložení použití všech používaných způsobů výstavby. Nejběžnější a většinová technologie byla výkopová bagrem, v menší míře s ohledem na konkrétní místní podmínky byl používán rýhovač a velmi omezeně byla používána technologie bezvýkopová. V rámci řešených lokalit byla podle dokumentace zjištěna pouze jedna lokalita s údajně použitou bezvýkopovou technologií. Tato skutečnost zatím nebyla ověřena přímo odkopem v terénu. Nicméně na dostupných snímcích nebyl v této lokalitě dosud zaznamenán žádný projev DS. To by odpovídalo předpokladu, že při této technologii prakticky nedochází k promíšení drenážní rýhy, resp. jedná se pouze o proříznutí půdního profilu, čímž se minimalizují difference vůči okolnímu neporušenému terénu. Pro doložení tohoto předpokladu by bylo třeba porovnat více lokalit s takto zbudovaným DS. Bohužel zatím nebylo, i díky minimálnímu použití této technologie, více lokalit zjištěno.

4. Specifika využitelnosti nových technologií dálkově pilotovaných leteckých prostředků pro mapování drenážních systémů

Průběh řešení i zjištěné skutečnosti a dosažené výsledky dokládají nezastupitelnost použití bezpilotních prostředků zejména z důvodů včasného zajištění přesně specifikovaných dat opravdu účelných pro řešení této problematiky.

Potenciál pilotovaných letadel je při komplikovanosti, variabilitě a velké řadě specifik vázaných na řešenou problematiku, velice limitován a nelze očekávat, že by s jejich pomocí došlo k významnému posunu v řešení. Ostatně i předchozí výzkumné projekty, řešící tuto problematiku byly ukončeny s nepřesvědčivým výsledkem. I z tohoto hlediska jsou možnosti aplikace metody identifikace pomocí metod DPZ výrazně větší díky novým technologiím, které představují bezpilotní prostředky, bez jejichž intenzivního nasazení není možné dosáhnout požadované úspěšnosti. Zásadní je možnost okamžitého vyhodnocení nasbímaných dat přímo v terénu a možnost na jejich základě plánovat další lety v průběhu dne včetně možnosti měnit prostorové rozlišení a další parametry letu pro dosažení co nejkvalitnějšího identifikovatelného projevu DS na pořizovaných záznamech. To s využitím pilotovaných letadel nepřichází v úvahu.

4.1 Základní osnova využití metody snímkování bezpilotními, resp. dálkově pilotovanými leteckými prostředky (UAV)

Mapování z bezpilotního leteckého prostředku probíhá obdobně jako u klasických pilotovaných prostředků určených k mapování. Předpokladem správného postupu mapování z UAV jsou znalosti fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země, včetně referenčních fotogrammetrických projektů.

Samozřejmostí je, aby provozovatel UAV měl platné povolení k létání daného UAV včetně pilota, který ho obsluhuje, pojištění UAV a povolení k provozování leteckých prací z daného UAV od Úřadu pro civilní letectví ČR.

Hlavním kritériem správného mapování a co nejlepších výstupů je výběr vhodného UAV. Nejeefektivnější je, když má subjekt více UAV.

UAV se rozdělují na dva základní typy – multikoptéry a bezpilotní letouny/křídla.

Pro mapování rozsáhlejších lokalit charakteru zemědělských ploch je potřeba využívat bezpilotní letouny vzhledem k mnohem delší době letu a určení těchto typů pouze pro mapování a tvorbu letových plánů s ohledem na fotogrammetrické postupy.

Na tomto projektu byl především použit bezpilotní letoun MaVinci Sirius, který umožňuje vzlet z ruky, jednoduché bezdrátové plánování mapování dané lokality přímo v terénu, což je nutností pro tento typ mapovacích úloh. Dále je v členitém terénu nutností, aby takové UAV mělo funkci výškové kopírování terénu vzhledem k zachování stejného obrazového rozlišení výsledných dat. Tento letoun navíc podporuje manuální způsob letu ovládáním pilota a je možné s ním po automatickém nalétnutí definovaného letového plánu lokality takto manuálně přistát na velice malé ploše, což je výhodou a nutností v členitém terénu, jelikož běžně letouny přistávají automaticky a pak potřebují dlouhou plochu bez překážek až 600 metrů, a to je v členitém terénu téměř nemožné.

Další výhodou použitého systému je možnost stažení dat ihned po přistání a nad mapou zobrazit všechny pořízené letecké fotografie v souřadnicovém systému, tudíž je možné hned prohlížet zmapovanou lokalitu z UAV přímo v terénu a případně reagovat ihned na různé projevy dalším podrobnějším mapováním apod.

Kromě mapování v RGB spektru byly použity i další senzory jako jiné fotoaparáty s různými ohnisky a například termovizní kamera. Pro takové senzory je nutné mít multikoptéru, která má pod sebou závěs pro senzory, tzv. gimbal, na které se tyto senzory zavěsí. Současně multikoptéra musí mít dostatečnou nosnost min. 1-2 kg, aby tyto senzory bezpečně unesla. Multikoptéra musí mít také podporu tvorby letových plánů, což mají jen speciální multikoptéry určené pro mapování, aby mohl být vytvořen z daného senzoru mapový výstup a byl zachován snímkový postup v letových řadách s danými příčnými a podélnými překryty. Multikoptéra by měla mít současně podporu real-time zobrazení pořizování dat na zemi v monitoru ze senzoru v průběhu letu.

V projektu byly použity následující senzory na UAV nosičích Upvision:

Panasonic Lumix GX1 (MaVinci Sirius)

16 Mpix, ohnisko 14mm, CMOS rozlišení 4592x3448



Canon 700D (Hexakopter Geodrone C6)

18 Mpix, ohnisko 28mm, CMOS rozlišení 5184x3456

(jednou jsme použili i na detaily ohnisko 50mm)



Optris PI450 (Hexakopter Geodrone) – termální kamera

Rozlišení 382x288, teplotní rozsah -20°C až 900°C



Za Geodis tyto senzory:

Ricoh GR4 (Gatewing X100)

10 Mpix, ohnisko 28 mm, 1/1,7" CCD snímač



V průběhu projektu bylo použito celkem 7 typů bezpilotních leteckých prostředků (RPAS), z toho dva následující se osvědčily nejlépe.

- *flexibilita náletu – možnost domluvy den předem v závislosti na počasí*
- *možnost vzletu téměř kdekoliv, plánování letu přímo v terénu*
- *létání i ve střední oblačnosti*
- *rychlost předání výsledných dat, navíc možnost kontroly leteckých fotografií do 5-ti minut od přistání*
- *vysoké rozlišení ortofotomap (až 1 cm/px)*

Hexacopter – *ortofoto v rozlišení až 1 cm/px, termovizní dokumentace, šikmé letecké fotografie, monitoring*



TECHNICKÉ PARAMETRY:

- *Letová výdrž 15-20 min. se zatížením 1,5 kg*
- *Výhody – možnost automatického nebo manuálního letu*
- *užitečné zatížení až do 1500 g*
- *max. letová výška až 1 km*
- *maximální rychlost 55 km/h*
- *Operační vzdálenost až 2km*
- *Lithium-polymer baterie*
- *carbon composite tělo*

Bezpilotní letadlo MaVinci – ortofoto v rozlišení od 2 cm/px až 25 cm/px – nasnímkovaná plocha v tomto rozlišení 30-40 km²/den



TECHNICKÉ PARAMETRY:

- *letová výška 60-1000 m*
- *pokrytá plocha závisí na zvoleném rozlišení (mezi 1 – 10 km²)*
- *rychlost 70 km/h*
- *letová výdrž na 1 baterii 45 min.*
- *baterie – Lithium-polymer*
- *kalibrovaný 15 MP digitální fotoaparát*

Kritéria využití UAV pro identifikaci drenážních systémů

Pro větší plochy (více jak jeden pozemek):

Bezpilotní letoun

- Podpora plánování mapovacích letů v terénu
- Podpora manuálního letu letounu (pro přistání na malé ploše)
- Podpora zarovnání pořízených fotek do souřadnic nad mapu pro kontrolu v terénu
- Délka letu min. 35 minut
- Kalibrovaný fotoaparát
- Podpora EO leteckých fotek (souřadnice středů všech pořízených fotek)

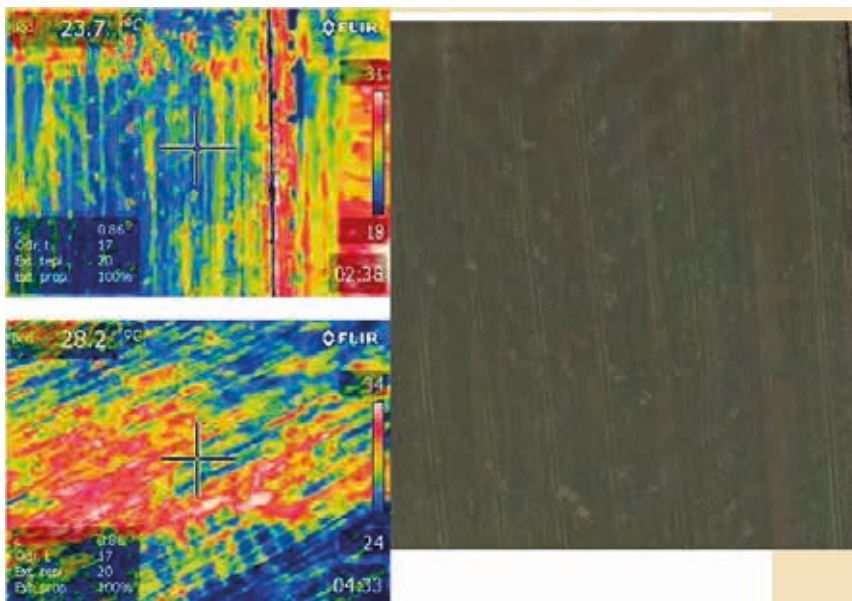
Pro pořízení vysokého detailu a různých senzorů:

Multikoptéra

- Podpora plánování mapovacích letů v terénu
- Přímý přenos zobrazení pořizovaných dat z UAV do pozemní stanice
- Podpora různých senzorů (Termo, NIR) = multifunkční gimbal (Obr. 68,68a)
- Minimální nosnost 1-2 kg
- Délka letu min. 15 minut
- Kalibrovaný fotoaparát
- Podpora EO leteckých fotek (souřadnice středů všech pořízených fotek)
- Z hlediska stability a bezpečnosti lépe min. 6 motorů/vrtulí



Obr. 68 – multikoptéra s termovizní kamerou používaná pro pořízení videozáznamu a snímků za účelem identifikace DS



Obr. 68a – ukázka pořízeného záznamu multikoptérou s termální kamerou, s ukázkou vizualizace DS na souběžně pořízeném snímku ve viditelném spektru

Další vybavení:

HW:

- Geodetická GPS pro zaměření vlícovacích bodů
- notebook do terénu pro zobrazení pořízených dat
- výpočetní server pro fotogrammetrický SW

SW:

- fotogrammetrický SW pro zpracování pořízených dat do formy ortofota, digitálního modelu povrchu, reportu k mapování (nejlépe Pix4D, Agisoft)
- Plánovací SW pro tvorbu letového plánu multikoptéry nebo letounu a zobrazení pořízených dat na mapě
- Podpora plánování mapované plochy dle výšky terénu
-

Podmínka:

Vše by měl provádět přímo objednaný subjekt a ne přes subdodavatele.

Proces mapování:

Tvorba letového plánu pro zmapování dané lokality

- Možnost nastavení výsledného obrazového rozlišení, z kterého plyne letová výška
- Možnost nastavení podélných a příčných překrytů mezi fotkami a řadami, z kterého plyne počet leteckých fotografií
- Možnost nastavit výškové kopírování terénu kvůli zachování obrazového rozlišení mapované plochy
- Možnost plánování nebo přeplánování přímo v terénu na notebooku
-

Zaměření vlíčovacích bodů

- Tvorba a stabilizace vlíčovacích bodů v mapované lokalitě vzhledem k vytvořenému letovému plánu
- Zaměření vlíčovacích bodů geodetickou GPS (limity v polohové a výškové přesnosti zaměření), $m_x, y, z \leq 5 \text{ cm}$



Obr. 69 – ukázka zaměřování vlíčovacích bodů pro zpracování nasnímaných záznamů pomocí bezpilotních prostředků do ortofota geodetickou GPS

Létání UAV

- Bezdrátový přenos letového plánu přímo v terénu (Obr. 70)
- Podpora vzletu z ruky (Obr. 71)
- Automatický let dle letového plánu (Obr. 72,73)
- Manuální přistání na předem určené místo
- Zapisování externí orientace (EO) každého pořízeného leteckého snímku (souřadnice středů leteckých fotek)

Zpracování

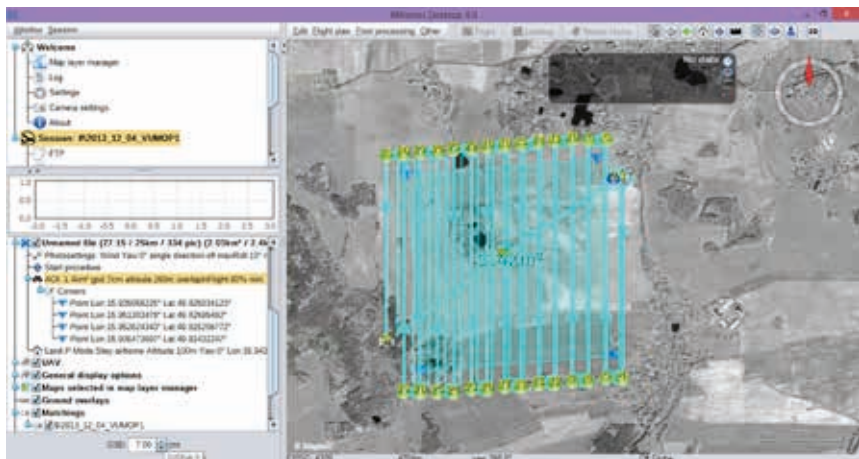
- Stažení všech leteckých fotek dle letového plánu s překryty a v daném obrazovém rozlišení
- Stažení a přiřazení EO všech leteckých fotek
- Import do fotogrammetrického SW
- Zarovnání všech leteckých fotek s EO do jednoho nebo více bloků
- Identifikace a přiřazení souřadnic vlíčovacích bodů
- Tvorba digitálního modelu povrchu a mesh modelu (Obr. 74,75)
- Export výsledného ortofota, digitálního modelu povrchu DSM/DEM a reportu k výpočtu (Obr. 76 + Příloha1,2)

Obr. 70 – ukázka bezpilotního letounu použitého pro snímkování, s ovládacím modulem a plánováním a přenosem plánovaného letu přímo v terénu na základě vyhodnocení předchozího letu a podle konkrétních podmínek a účelu snímkování

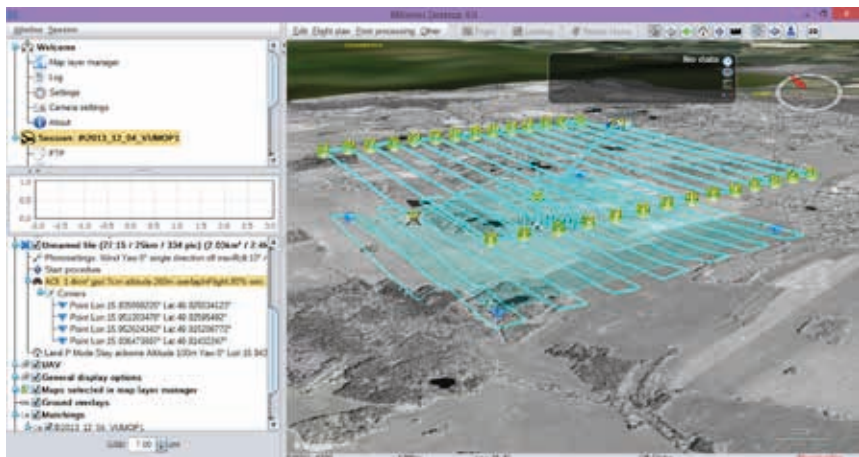


Obr. 71 – start bezpilotního letounu na snímkování povrchu podle naplánovaného letu





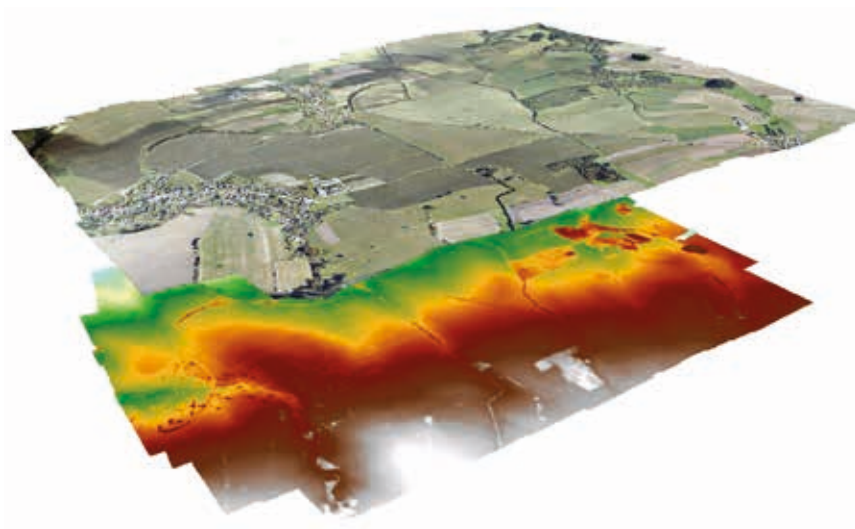
Obr. 72 – ukázka SW rozhraní s parametry a vizualizací naplánovaného letu pro snímkování DS přímo v terénu (kolmý pohled)



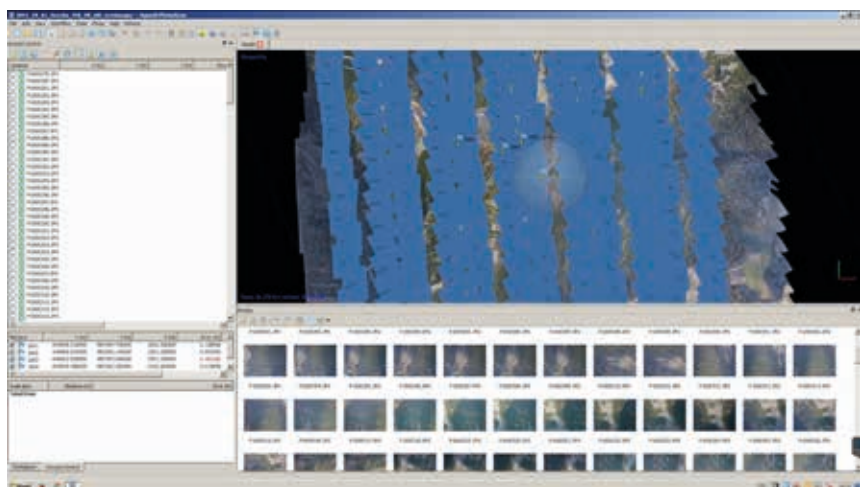
Obr. 73 - ukázka SW rozhraní s parametry a vizualizací naplánovaného letu pro snímkování DS přímo v terénu (boční pohled)



Obr. 74 – ukázka vygenerovaného digitálního modelu povrchu z bodového mráčka, pořízeného snímkováním



Obr. 75 – ukázka zpracovaných výstupů – ortofoto podložené zpracovaným digitálním modelem povrchu



Obr. 76 – ukázka SW rozhraní pro fotogrammetrické zpracování záznamů pořízených bezpilotním letounem včetně náhledů jednotlivých nasnímaných záběrů

5. Mobilní online monitoring projevu drenážních systémů v terénu

Mobilní zařízení pro online přenos představuje IP kameru umístěnou ve výšce cca 7 m od povrchu terénu, umožňující online přenos a videozáznam v šikmém úhlu.



Obr. 77 – foto mobilního zařízení s umístěnou IP kamerou pro online monitoring projevu DS na vybraných PB dle typů porostů a zemědělského managementu

V průběhu loňského i letošního roku bylo ověřeno, že takto konstruované mobilní zařízení vyhovuje a plní účel spočívající ve schopnosti z dané výšky zaznamenat projev drenáží v průběhu roku na různých typech povrchu za různých podmínek. Jednoznačnost identifikace byla kontrolována jednak umístěním barevně označených kolíků v místech přesně lokalizovaných drénů, jednak porovnáváním záznamů kamery a pořizovaných snímků. (Obr. 78, 52-53, Tab. 4, Příloha 3)



Obr. 78 – ukázka záznamu IP kamery s jednoznačně vizualizovaným projevem DS (19. 5. 2015, odpoledne, porost tritikále

Vybrané termíny kontinuálního monitoringu IP kamerou na mobilním zařízení – PB 8502/2		
termín 2015	projev	
	tmavý	světlý
14.5.	viditelné velmi ostře, zřetelně	
19.5.	viditelné velmi ostře, zřetelně	
26.5.	viditelné	
27.5.	viditelné	
2.6.odp	viditelné	
4.6.odp	viditelné	
5.6.odp	viditelné	
8.6.	viditelné, slabší projev	
9.6.	viditelné, slabší projev	
10.6.	viditelné, slabší projev	
15.6.	viditelné, slabší projev	
16.6.	méně výrazné	
19.6.	slabě	
22.6.	už ne	
7.7.	viditelné	
8.7.	viditelné, slabší projev	skoro neznatelné
10.7. dop.	viditelné	
10.7. odp	už ne - lom světla	
13.7.	už ne	
14.7.		slabě
17.7.		skoro neznatelné
21.7.	slabě	
22.7.	slabě	
24.7.	skoro neznatelné	
27.7. dop	viditelné	
27.7. odp	skoro neznatelné - lom světla	
28.7.		viditelné
29.7.		viditelné
31.7.	slabě	

Tab. 4 – ukázka evidovaných záznamů IP kamery na konkrétním PB za účelem vyhodnocení typu, kvality projevu a termínové časování nástupu projevu DS ve vztahu k plánovaným termínům snímkování

6. Snímkovací periody – plánování snímkování

Periody snímkování v závislosti na průběhu a charakteru ročních období – nutné přizpůsobit konkrétnímu roku a konkrétním podmínkám (časově – trvalost, proměnlivost, a prostorově – nerovnoměrná distribuce zejména srážek).

Typové příklady získané během stěžejní fáze řešení s nejvyšší četností snímkování:

2014

- Časné jaro (suchá perioda) – detailní snímkování pro zachycení dlouhodobě ustáleného stavu jak půdního profilu, tak i stavu povrchu po zimních měsících bez zásahů souvisejících s obhospodařováním vybraných ploch (orná půda, ttp, resp. stálá pastvina), a to v režimu snímkování RPAS křídlového a copterového typu pro získání ortofot odstupňovaného rozlišení (1 – 20 cm/px) a šikmých snímků plochy ttp (5.3.). Dále snímkování křídlovým RPAS pro podchycení změn nastupujícího jara (31.3.) s větším rozsahem lokalit, na vybrané ploše orné půdy navíc s opakováním v dopoledních a odpoledních hodinách
- Pozdní jaro (vlhká perioda) - snímkování při fenofázích vrcholného růstu obilovin a rozrůzněnosti stavu ttp (před sečí – seč – po seči)
- Vrcholné léto (velmi suchá perioda) - snímkování koncové fenofáze obilovin
- Podletí (extrémně vlhká perioda) - snímkování zacílené na difference související s různými agrotechnickými zásahy po sklizni, před setím
- Pozdější podzim (suchá perioda, ovšem nadprůměrné teploty) – snímkování zacílené opět na agrotechnické zásahy a změny snímkaného povrchu na časové řadě snímků.

Principy pořizování záznamů

- detail a opakování (snímky RGB, DSM)
- z různé výšky snímkování, různého rozlišení cm/px
- za různých klimatických podmínek (jasno – polojasno – oblačno - nízká oblačnost a horizontální srážky)
- v různých srážkově i teplotně odlišných termínech (35°C – 0°C)
- podchycení různých fenofází během vegetačního období i mimo něj
- podchycení denního chodu vlhkostního režimu v závislosti na změně teplotního gradientu

Zjištěné rozdíly ve vizualizaci projevu v tak krátkém časovém rozestupu posouvají přístup k aplikaci metody od stanovení obecně platných kritérií, která by bylo možné aplikovat na velká území, k detailnímu průzkumu a stanovení variantních skupin kritérií více specifikovaných pro určitou lokalitu jak z hlediska přírodních podmínek, tak i vlastních drenážních systémů. S tím souvisí již zmiňovaný způsob výstavby, stáří staveb a jejich aktuální stav a funkčnost. Bez zohlednění této složky je prakticky nemožné vymezit obecně platné podmínky pro aplikaci vyvíjené metody. Je to o to složitější, že právě o této složce téměř nejsou k dispozici potřebné a spolehlivé údaje.

Příklad

Snímkovací kampaně v letním a podzimním období za účelem porovnání dvou základních principů vizualizace a identifikace drenážních systémů na snímcích:

- 1. fytoindikace zprostředkovaná vegetačním krytem*
- 2. indikace diferencí vlhkostí zprostředkovaná půdním povrchem*

Porovnání má za cíl zhodnotit úspěšnost a efektivitu obou principů a zhodnotit náročnost splnění nutných předpokladů pro zajištění vizualizace projevu v průběhu vegetačního období a mimo něj.

I tato analýza je však primárně limitována přírodními faktory, zejména klimatickými, které jsou proměnlivé v jednotlivých letech a s kterými je třeba vždy aktuálně pracovat.

1. – 9. 6. 2014, lokality Žejbro, Maleč (vybrané plochy)

- | | |
|----------------|--|
| <i>Žejbro:</i> | <i>1. 6. – RPAS</i> |
| | <i>3. 6. – RPAS (nízká výška)</i> |
| | <i>7. 6. – pilotované letadlo (RGB, CIR)</i> |
| <i>Maleč:</i> | <i>6. 6. – RPAS</i> |
| | <i>7. 6. – pilotované letadlo (RGB, CIR)</i> |
| | <i>9. 6. – RPAS (nízká výška)</i> |

Cíl: v krátkém odstupu vysledovat změnu projevů drenážních systémů na pořázených snímcích ve vztahu k předchozí srážce, stavu porostů, přítomnosti vody v drenážních systémech a průběhu počasí. Podle toho byl rozvržen plán letů v uvedených termínech za použití různých prostředků pro získání různých typů snímků různého rozlišení a při rozdílných světelných podmínkách.

Pro lokalitu Žejbro byla poslední významnější srážka zaznamenána 28. – 29. 5. cca 15mm, přičemž kumulovaná měsíční suma (od 1. 5.) k 1.6. byla 93,4 mm, k 7.6. potom 93,7 mm.

Pro lokalitu Maleč byla ve dnech 28. – 29. 5. srážka cca 30 mm, kumulovaná měsíční suma (od 1. 5.) k 6. 6., resp. 7. 6. byla 54,4 mm.

Časový odstup snímkování od srážky byl s ohledem na poloviční velikost u Žejbra minimální, u Malče byl posunutý tak, aby bylo možné vyhodnotit setrvačnost fytoindikačního projevu, který porosty zprostředkovávají, ovšem nikoliv okamžitě po příčinné srážce, ale se zpožděním a v závislosti na přítomnosti a množství drenážní vody v systému.

Detailní průzkum RPAS z malých výšek byl plánován podle identifikovaného projevu na snímcích pořízených RPAS v termínu 1. 6., resp. 6. 6.

I v řádu jednoho dne dochází ke změně ve vizualizaci projevu drenážní, a tím i k limitaci jeho identifikace na snímcích. Pro zaznamenání těchto změn je zcela nezbytné provádět snímkování pomocí RPAS, kdy pořízené snímky jsou k dispozici okamžitě po provedeném letu a je možné jejich vyhodnocení přímo v terénu tak, aby se podle zjištěných výsledků mohl provést další smysluplný nálet. Pilotovaná letadla představují pro vyvíjenou metodu pouze podpůrný prostředek, kterým lze případně ověřit dosažené poznatky, ovšem nedá se použít pro objasnění výzkumných hypotéz a pro dosažení těchto poznatků.

Zjištěné poznatky: Maleč

- *V řádu dní byl zaznamenán klesající trend vizualizace projevu drenáží na snímcích s narůstajícím odstupem od srážky při velmi teplém počasí, ovšem při stále trvajících přítomnosti vody v drenážních systémech*
- *Z ploch identifikovaných v termínu 6. 6. byly některé identifikovány i 7. 6., ovšem některé již nikoliv. Jen v několika malých ploškách byl projev identifikován pouze 7. 6., nikoliv 6. 6. To může být způsobeno lokálními podmínkami v době snímkování (stav drenážního systému, výškové poměry a způsob odtékání drenážní vody, i stav porostu)*
- *Pro poslední termín snímkování RPAS z nízké výšky byly vybrány 4 plochy s jednoznačně a výrazně identifikovaným projevem na snímcích z 6. 6. na PB s porostem obilovin. Při snímkování 9. 6. byly na dvou z nich (porost pšenice ozimé) projevy drenáží identifikovatelné, zatímco na dvou dalších (porost pšenice ozimé a ječmene) již nikoliv. To opět indikuje vyšší variabilitu v požadovaných podmínkách, než se původně předpokládalo. Stejná odrůda porostu ve stejných podmínkách poskytuje jinou informaci, což při-*

spívá k předpokladu, že velmi významným faktorem pro vizualizaci drenáží je stav a provedení stavby toho kterého konkrétního drenážního systému.

- *Kromě vlastní identifikace v jednotlivých termínech byl hodnocen i typ projevu, jeho kvalita a intenzita ve vazbě na použité různé prostředky. Snímky se liší v odstínu barev i kontrastu, což je samozřejmě dáno jinými světelnými podmínkami v době pořizování záznamu a jeho zpracováním. Snímky pořízené RPAS jsou kontrastně i barevně pro hledaný efekt lepší, ovšem barevnými korekcemi lze upravit jakýkoliv snímek tak, aby uživatelsky lépe vyhovoval další práci s ním a zvýraznění hledané informace. Nedochází tím ovšem ke ztrátě hledané informace. Lze tak vyloučit, že by ustupující vizualizace drénů byla způsobena kvalitou určitého typu snímku.*

Zjištěné poznatky: Žejbro

Obdobně jako u lokality Maleč byl první snímkový termín (1. 6.) výrazně úspěšnější v identifikaci projevu než termín pozdější (7. 6.)

- *Lze konstatovat, že v termínu 7. 6. byl překročen limit časového odstupu od srážky, ve kterém bylo možné projev drenáží identifikovat a že naopak první snímkový termín byl s ohledem na množství a úhrn srážek zvolen vhodně*
- *Kromě odeznívající možnosti identifikace drenážní nebylo možné zaznamenat ani opačný efekt, tzn., že by se v průběhu 3 termínů snímků postupně projev vizualizoval (ukázky ttp rozhraní fáze před sečí a seče bez vizualizovaného projevu jsou na snímcích pořízených RPAS, pilotovaným letadlem a RPAS z nízkých výšek (detail))*
- *Podmínky byly srovnatelné jako u lokality Maleč, i zde tekla v drenážních systémech voda*
- *Ve skladbě porostů se zde ve vyšší míře uplatňuje pěstování kukuřice, která pro sledovaný efekt není v daném termínu vhodná. Vzhledem k časné fenofázi je charakter jí osetých ploch obdobný jako orná půda bez porostu. V teplém období s vysokými teplotami je na těchto „holých“ plochách mnohem obtížnější zvolit správný termín pro případné snímkování tak, aby se zachytil diferencovaný projev vysychání drénů, jako v podzimním období. Vzhledem k vysokým teplotám je tento efekt velmi krátkodobý a pro letní snímkování nevhodný.*

8. 9. – 3. 10. 2014, lokalita Žejbro (vybrané plochy)

Teplotně i srážkově nadprůměrné období, do něž bylo soustředěno hlavní množství snímkování různými prostředky ve vyšším opakování za účelem popsání ze-

jména možností identifikace projevu rozdílné difference vlhkosti na orné půdě po sklizni a v různé fázi postsklizňových úprav.

Tento typ projevu na zorněné půdě je na materiálech DPZ zaznamenáván opakovaně a v různých termínech, přičemž vyšší úspěšnosti dosahuje snímkování v podzimním období než v období jarním. Podstatným faktorem podmiňujícím tento projev je časový odstup od předchozí srážky, velikost této srážky i celkový režim srážek v delší periodě, resp. míra nasycení půdního profilu, ovlivňující intenzitu i rychlost drenážního odtoku a vysychání drenážní rýhy.

8. 9. – RPAS (nízká výška)

10. 9. – RPAS

17. 9. – pilotované letadlo (RGB, CIR, hyperspektrál)

30. 9. – RPAS

3. 10. - RPAS (nízká výška)

Od 1. 9. do 3. 10. byl celkový úhrn srážek cca 125 mm při nadprůměrně vysokých teplotách. Rozložení srážek ve stěžejních termínech bylo následující:

10. 9. – úhrn od 1. 9. 47,9mm

17. 9. - úhrn od 1. 9. 88,9mm, od 10. 9. – 41mm

30. 9. - úhrn od 1. 9. 120mm, od 17. 9. – 31,1mm

Celkově se jednalo o období dlouhotrvajícího vlhka i s dlouhodobě přítomným vysokým odtokem drenážních vod z drenážních systémů. Takové podmínky jsou příznačnější spíše pro jarní období a průběh podzimu 2014 lze označit za ojedinělý. Pro podchycení trendu projevu drenáží na snímcích se jedná o období zásadní.

Při vhodném načasování a typu provedených prací lze za takto vládných příznivých podmínek dosáhnout optimálního stavu snímkaného povrchu, kdy je možné dosáhnout až 100 % pokrytí identifikovaného drenážního systému, který se kompletně doposud na žádném pořízeném snímku nevizualizoval, jak dokládá Obr. 51 (PB 8502/2 s nejvyšší četností snímkování), a to včetně zcela přesné identifikace 2 drenážních systémů ve 2 úrovních v různé hloubce. Identifikace víceúrovňových drenážních systémů nevykazuje rozdílnou kvalitu, intenzitu nebo nějakou jinou odlišnost v jejich projevu. Znamená to tedy, že oba systémy, ačkoliv se mohou lišit více než dvojnásobnou hloubkou uložení (0,6 – 2m), se projevují totožným způsobem a nedochází ke ztrátě informace právě z důvodů rozdílné vzdálenosti k povrchu. Tyto projevy byly zaznamenány opakovaně, v různých typech projevu, v různém období, na porostu i povrchu orné půdy. V tomto momen-

tě nelze ovšem s jistotou tvrdit, že se projev 2 drenážních systémů nemůže lišit, a že např. v méně vhodných podmínkách opravdu nedochází k vizualizaci pouze jednoho a druhý tedy nelze identifikovat.

Vliv kombinace rozdílného způsobu výstavby, a s tím související i mírou homogenity, resp. heterogenity drenážní rýhy, průběhu a typu prováděných agrotechnických zásahů dokládají zjištěné projevy i na jiných PB orné půdy (např. 4906/1, 6703/1, 6601) s porostem pšenice oz. jako u PB 8502/2 ovšem s jinou dobou sklizně i jiným typem a dobou postsklizňových úprav i charakterem drenážní rýhy. U PB 4906/1 na letních snímcích v suchém období byl vizualizován fytoindikačním principem celý drenážní systém, při podzimním snímkování byla úspěšnost identifikace prakticky nulová. Pouze s výjimkou izolovaných 2 linií svodných drénů. Toto je další opakovaně ověřená skutečnost, že za horších podmínek pro vizualizaci projevu drenáží jsou zaznamenávány izolované části prakticky výlučně svodných drénů v různých částech systému. Předpokladem pro takovou vizualizaci je opět odlišnost drenážní rýhy (svodné drény byly pokládány do rýhy 80cm široké a do větší hloubky) a dále orientaci vůči výškovým poměrům, které mohou ovlivňovat akumulaci a rychlost odtoku drenážních vod.

V pozdně podzimních termínech snímkování lze monitorovat vývoj projevu drenáží v závislosti na časovém odstupu od posledních agrotechnických zásahů (hlavně jejich typu) a dle vývoje srážkové činnosti a nasycenosti půdního profilu. Na takto pořizovaných snímcích se již významněji projevují plochy orné půdy s vegetačním krytem meziplodin, případně zasetých plodin (velmi významně řepka). Porosty řepky poskytují v tomto období velmi dobře identifikovatelný a kvalitní projev drenáží na snímcích např. Obr. 39,50.

Při postupujícím podzimu dochází k poklesům teplot, většinou i srážkovým úhrnům, což minimalizuje difference působení drenážní rýhy a okolního rostlého terénu, takže i projevy drenáží ustupují a jsou méně časté, méně plošně rozsáhlé a sporadické. To dokládají doposud pořízené záznamy všech typů (RGB, CIR, termo) ve všech letech řešení.

Příklad

V korelaci s vypočteným indexem předchozí srážky (IPS – detailní popis metody viz Tlapáková et al. 2015) je nejméně efektivní termín snímkování 26. 11. 2014 (perioda sucha) a úhrnem srážek od 1. 11. asi 7,6 mm. Naproti tomu termín 5. 12. 2014 (perioda vlhčí) s úhrnem srážek od 1. 11. 23,2mm (od 26. 11. 15,6mm) patří při nejnižší snímkové ploše k nejefektivnějším. Nicméně tento termín trochu vybočuje v rámci nadprůměrně teplého pozdního podzimu roku 2014 (ve

srovnatelném termínu 4. 12. 2013 byla úspěšnost identifikace velmi výrazně nižší). To ovšem potvrzuje limity aplikace metody v závislosti na průběhu a charakteru jednotlivých ročních období, kdy při standardním průběhu (nikoliv jako v roce 2014) jsou podmínky při minimálním množství srážek, nízkých teplotách a vegetačním klidu v podzimním období pro snímkování za účelem identifikace drenáží nevhodné. Ani použití termální kamery v tomto období (16. 12. 2013) toto tvrzení nezpochybňuje.

Termín 31. 10. 2014 spadající do určitého mezidobí je sice dle IPS řazen do suché periody, ovšem úhrn srážek od 1.9. je 153, 6 mm, od snímkování 3. 10. Potom 27,9mm. Jedná se spíše o koncový termín předcházejícího dlouhotrvajícího vlhkého období při stále nezvykle vysokých teplotách, což z něho činí úspěšný termín identifikace. Při porovnávání s výsledky identifikace během snímkovací kampaně v září je třeba ovšem zohlednit právě agrotechnické činnosti, které v průběhu října na snímkových plochách probíhaly, a které ovlivnily způsob vláhového hospodaření, který nelze postihnout pouze prostřednictvím distribuce srážek a jejich úhrnu.

2015

Vzhledem ke klimatickým podmínkám a průběhu celého roku 2015 jsou pořízené záznamy snímkaných lokalit rozděleny do několika period a popsány ve vztahu k určujícím charakteristikám té které periody. Dle vypočteného IPS 30 v jednotlivých letech, v roce 2015 nebyl ani v jednom termínu snímkování zaznamenán stav extrémní vlhko a větší vlhko, zatímco v předchozích letech pokrývaly termíny snímkování celou hodnocenou škálu IPS. Viz Tab. 3

Termíny snímkování byly cíleny podle aktuálního stavu sledovaných podmínek. V termínech naznačujících možnou změnu ve vizualizaci DS probíhalo doplňkové snímkování vybraných ploch s odstupem 1 – 5 dnů pro zachycení případných změn (spolu s analýzou záznamů IP kamery).

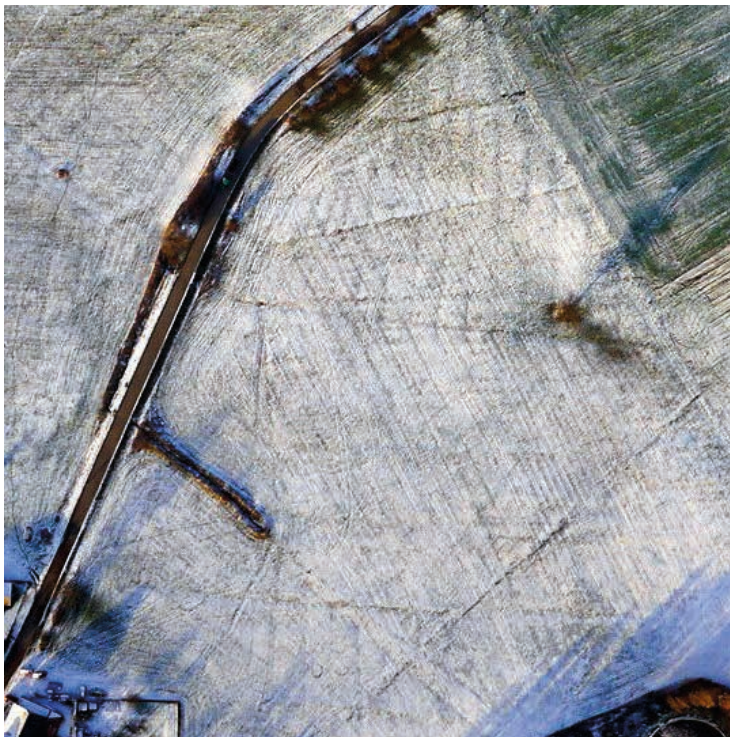
- jarní období - Opakované identifikované plochy byly téměř výlučně s ozimými obilovinami a v menší míře plochy ttp. Bylo testováno opět různé rozlišení na orné půdě a ttp, na dlouhodobě detailně zkoumaném ttp PB 4002/7 byla testována termokamera, ovšem projev DS na pořízeném záznamu ani přímo v terénu nebyl zaznamenán. V dubnovém termínu došlo k navýšení identifikovaných ploch DS, což souvisí s významnou srážkou cca 14 dní před snímkováním. Tomu odpovídá i průběh vlhkosti: přechod ze sucha do vlhčí periody. Při kontrolním snímkování vybraných detailů ploch 16.4. nebyl zaznamenán žádný posun v identifikovaném projevu DS oproti termínu 15.4.

Tab. 3 – tabulka indexu předchozí srážky k jednotlivým termínům snímkování modelových lokalit v jednotlivých letech

2015	18.3.	15.4.	16.4.	15.5.	18.5.	28.5.	3.6.	11.6.	25.6.	26.6.	16.7.
1-Maleč	sucho	vlhčí	vlhčí	sucho	sucho	vlhčí	vlhčí	sucho	vlhčí	vlhčí	vlhčí
2-Žejbro											
3-Zderaz											
4-Upka											
5-Černíkovice											
6-Strašov											
7-Domanín											
2014	5.3.	31.3.	23.4.	20.5.	1.6.	3.6.	6.6.	7.6.	9.6.	27.6.	3.7.
1-Maleč								vlhčí	vlhčí	vlhčí	17.7.
2-Žejbro	sucho	sucho			vlhčí	vlhčí	vlhčí	vlhčí	vlhčí	sucho	sucho
3-Zderaz								vlhčí	vlhčí		
4-Upka								sucho	sucho		
5-Černíkovice								vlhko	vlhko		
6-Strašov			sucho							vlhčí	
7-Domanín											
2013	17.4.	23.4.	24.4.	18.5.	19.5.	7.6.	12.6.	27.6.	28.6.	2.7.	16.7.
1-Maleč			sucho					extremní vlhko	extremní vlhko		
2-Žejbro	sucho	sucho		vlhčí	vlhčí		vlhčí (na hranici vlhka)				
3-Zderaz						vlhko					
4-Upka											
5-Černíkovice											
6-Strašov			není	vlhčí	vlhčí						
7-Domanín		sucho		vlhčí (na hranici sucha)						vlhko	vlhčí
2012	18.5.										
1-Maleč				větší vlhko							
2-Žejbro				vlhko							
3-Zderaz				vlhko							
4-Upka				vlhčí							
5-Černíkovice				vlhko							
6-Strašov				není							

- pozdní jaro – květnové termíny - docházelo dále k navyšování ploch s identifikovatelným projevem DS na postupně pořizovaných snímcích. „Maxima“ bylo dosaženo v termínu 28.5., kterému předcházela významnější srážka.
- Časné léto – červnové termíny - Toto období by se dalo charakterizovat jako setrvalý stav, kdy identifikovatelný projev DS na všech pořizovaných snímcích byl trvalý a docházelo v závislosti na konkrétních podmínkách při snímkování k jemným diferencím v kvalitě vizualizovaného projevu. Termínům na konci června předcházely mírné srážkové úhrny, jednalo se o vlhčí periodu a docházelo k vizualizaci projevu DS na dalších plochách nebo ke zvětšení ploch s identifikovaným DS z předchozích termínů.
- Plné léto - červencové termíny - pokračující vlhká perioda co do rozsahu identifikovaných DS srovnatelnou s termínem 28.5., ačkoliv v tomto období se jednalo o fázi zralosti všech porostů před jejich sklizní. I v roce 2014 byl červencový termín snímkování ve vizualizaci projevu DS na zralých porostech obilovin úspěšný. Záznamy, pořizenými v těchto termínech je opět doloženo, že technické plodiny typu kukuřice, čirok, řepka zprostředkovávají projev DS ve všech svých fenofázích v kvalitě projevu srovnatelné s obilovinami. Zde doloženo na porostu řepky po desikaci, tzn. s obsahem vody v rostlině do 10 % PB 4906/1 a PB 6601 – porost kukuřice a čiroku ve fázi metání viz Obr. 46
- Projev DS na tomto PB byl zaznamenán v celém vegetačním období roku 2015, tzn. fáze vzcházení, kvetení i metání. Už to samo o sobě znamená zajímavý poznatek v porovnání s jinými PB také s kukuřicí, kde projev DS nebyl v průběhu roku zaznamenán prakticky vůbec.
- Podzimní termíny – v rámci celého hodnoceného období patří k nejméně úspěšným z hlediska rozsahu identifikovaných DS. To vyplývá z dlouhotrvajícího období sucha i z výrazné změny snímkových povrchů: porosty s výjimkou kukuřice byly sklizeny, tzn. odstraněním porostů se vytratil i jimi zprostředkovaný projev DS a na následně upravované holé orné půdě nebo strništi nebylo možné díky prakticky nulovým srážkám, vysokému výparu i teplotám i nulovému drenážnímu odtoku, projev DS zaznamenat. To platí i v termínu snímkování na konci srpna, kterému sice předcházela významná srážka, ale vzhledem k výše popsáným okolnostem neměla na vizualizaci projevu DS prakticky žádný pozitivní vliv.
- Pozdní podzim - V tomto období byly pořizeny poslední 2 sady snímků: 27. 11., což byl zlomový termín, ke kterému skončila perioda sucha, a byl

zaznamenán opět odtok drenážních vod v celé ploše snímkové lokality, jako důsledek listopadových velkých srážkových úhrnů (cca 70 – 100 mm). Snímkování probíhalo na den přesně jako v roce 2013 a stejně jako tehdy se sněhovou nesouvislou pokrývkou viz Obr. 79. Ta byla v souvislé vrstvě pouze na orné holé půdě, zatímco na porostech plodin a ttp již sněh roztával. Vznikla tak zajímavá mozaika snímkových povrchů, na kterých bylo možné v několika případech DS identifikovat. Poslední termín snímkování již proběhl víceméně jako kontrolní pro ověření změn ve vizualizaci projevu DS. Zajímavý a velmi nestandardní projev DS byl zaznamenán na PB 6703/2, který byl prakticky těsně před snímkováním zorán hlubokou orbou a na snímku byl i přes tento zásah identifikován DS ve velmi dobré kvalitě.



Obr. 79 – ukázka vizualizovaného DS na povrchu ttp se sněhovou pokrývkou, 27. 11. 2013

Díky možnosti prohlédnutí pořízených snímků ihned v terénu po přistání křídla bylo možné zjistit stav tohoto PB hned po snímkování se zjištěním všech detailů uvedených v zápiscích deníku.

Hluboké orbě a následnému stavu povrchu (velké bloky kompaktní půdy převrácené ve směru orby) odpovídá i vizualizovaný projev, který netvoří rovné linie, ale linie vlnité, i když velmi ostré viz Obr. 61. Opět se jedná o zcela unikátní zaznamenaný projev DS v těchto podmínkách, které by, dle původních předpokladů, byly označeny za zcela nevhodné pro očekávaný efekt vizualizace DS. Jedná se o DS, který se vizualizuje zhruba ve stejném rozsahu opakovaně. V tomto případě šlo o kombinaci specifických podmínek, které by bylo obtížné asi opakovat, ale které nelze vyloučit: dlouhá perioda sucha, následovaná cca 15 denním obdobím srážek v příznivé intenzitě umožňující dobrou infiltraci, a tím i fungování drenážní rýhy. To za teplotně příznivých podmínek, s minimálním výparem, kdy nebyl povrch půdy zmrzlý a nedocházelo k velkému kolísání teplotního gradientu. Část srážek v podobě sněhové pokrývky překryla povrch tak, že nebylo případné rozdíly drenážní rýhy a okolního rostlého terénu zaznamenat. Za těchto okolností došlo při hluboké orbě k převrácení spodních půdních horizontů na povrch, což umožnilo rozlišit vodou více nasycenou půdu v drenážní rýze oproti půdě mimo drén. Lze předpokládat, že pokud by srážková činnost pokračovala, docházelo by postupně ke snižování kontrastu mezi drénem a mimo něj a vizualizovaný efekt by se vytrácel.

Období do dalšího termínu snímkování ovšem bylo téměř beze srážek i bez výrazných teplotních změn, takže zjištěný projev zůstal zachován i s odstupem 14 dní od provedené orby. V tomto termínu byl sice vizualizovaný projev v horší kvalitě, ale to bylo spíše způsobeno světelnými podmínkami při snímkování, než změnou půdního povrchu.

7. Doporučení – podmínky pro snímkování

Na základě vymezených kritérií, sfér a principů vizualizace a následné identifikace DS, lze formulovat se značnou mírou zobecnění následující doporučení:

Nejlepší podmínky pro identifikaci DS pomocí metod DPZ primárně závisí na stavu snímkaného povrchu, resp. vegetačním krytu, a na principu, podmiňujícím vizualizaci projevu DS (fytoindikace x difference vlhkosti). Proto musí být rozlišovány právě 3 již zmiňované kategorie: 1. ttp, 2. orná půda se zapojeným vegetačním krytem a 3. orná půda bez zapojeného vegetačního krytu.

1. Trvalé travní porosty – jako nejlepší termín pro snímkování za účelem identifikace DS se jeví jarní období, před jejich první sečí, v období obvykle vyšší a déletrvající vlhčí periody s vyšším nasycením půdního profilu. Nejvhodnější termín snímkování závisí i na průběhu zimního období, zejména na výšce sněhové pokrývky, průběhu tání a vláhových podmínkách. Lze doporučit pořizování záznamů RGBI s prostorovým rozlišením do 20 cm/px. Naproti tomu nejméně vhodný termín pro snímkování je u ttp termín následující okamžitě po provedené seči nebo po spasení, v případě trvalých pastvin.
2. Orná půda se zapojeným vegetačním krytem – pro stanovení optimálního termínu snímkování je důležité vyhodnotit několik faktorů: kombinace vhodné fenofáze podle snímkané plodiny, množství a rozložení srážek předcházejících termínu snímkování a prováděné zemědělské činnosti, zejména hnojení, dlouhodobý vláhový režim. Časový rozsah pro analýzu těchto faktorů se liší v závislosti na konkrétní pěstované plodině, jejich konkrétních nárocích na agrotechnické zásahy a samozřejmě na průběhu konkrétního ročního období, protože jak bylo doloženo dosavadními poznatky, zatím každý rok od počátku řešení byl jiný s jiným průběhem, než by bylo možné předpokládat a podle toho i fixně definovat konkrétní vhodné termíny pro snímkování. Na základě uvedených faktorů lze opět v obecné rovině vymezit konkrétnější kritéria: v případě obilovin lze jako optimální pro jejich snímkování označit přibližně fenofázi 37 – 75, zprostředkovávající projev DS nejefektivněji. V podzimním období, po sklizni hlavních plodin a po zapojení porostů meziplodin nebo hlavních plodin pro následující vegetační období lze za vhodnou plodinu pro snímkování v tomto období, samozřejmě opět

se zohledněním výše uvedených faktorů, označit řepku (*Brassica napus*, subsp. *napus*). Ta, jak bylo opět zjištěno opakovaně v různých letech řešení, zprostředkovává vizualizovaný projev DS ve velmi dobré kvalitě. Nároky na pořizovaný záznam jsou opět v rozpětí spektrálních pásem RGBI a prostorovým rozlišením do 20 cm/px.

3. Orná půda bez zapojeného vegetačního krytu – nejvhodnější termín pro snímkování tohoto typu povrchu lze směřovat do velmi časného jara, případně podzimu i pozdního, a to v závislosti na množství a významnosti předchozích srážek (min. 20mm) s ohledem na míru nasycení půdního profilu a zemědělský management (sklizeň, diskování, hluboká orba atd.). V tomto případě se jedná o vizualizovaný projev DS podmíněný rozdílem vlhkosti, resp. procesem diferencovaného vysychání v linii drénu a mimo něj. Vzhledem k doloženým pořízeným záznamům a jejich vyhodnocení ve srovnání s identifikovaným projevem zprostředkovaným porostem (princip fotoindikace) se v tomto případě jedná o projev méně kontrastní, s nižší ostroostí linií než v případě linií DS vizualizovaných na zapojeném vegetačním krytu. Tomu lze přizpůsobit i prostorové rozlišení pořizovaných snímků, opět v rozpětí spektrálních pásem RGBI, s rozlišením až do 23 cm/px.

Po konzultacích s uživateli se právě jako nejjednodušší možnost využití vyvíjené metody jeví definovat a splnit podmínky náletu na orné půdě bez zapojeného vegetačního porostu v návaznosti na předchozí srážkový úhrn tak, aby byl předchozím průzkumem před náletem v terénu podchycen stav vysychání a tomu uzpůsoben čas náletu, případně jeho opakování. Jak bylo doloženo v průběhu dosavadního řešení efekt vizualizace je za takových podmínek poměrně limitován časově i plošně, což je možné zaznamenat téměř výlučně na snímcích pořizovaných pomocí RPAS. Na druhou stranu je vizualizace DS založená na tomto principu „přímočařejší“ a méně komplikovaná, než variabilní vizualizace na principu fytoindikace, což je pro zemědělskou praxi atraktivnější.

I na základě výše uvedených skutečností byla pro modelové lokality stanovena velmi zjednodušená doporučení pro snímkování i s ohledem na stáří DS. Ve všech případech je samozřejmě nezbytné a neopominutelné zohlednit vlastní DS, tzn. minimálně zjištění případných míst indikujících poruchy, zamokření, které znamenají jeho sníženou funkčnost, a tím i sníženou možnost efektivní vizualizace DS nebo jejich částí na snímcích. Velmi rámcové shrnutí výše uvedených formulací je prezentováno pro modelové lokality Viz TAB5 (více viz Tlapáková et al. 2015)

lokality	převažující stáří DS	optimální roční období pro snímkování	typ povrchu (orná holá, vegetační kryt)	perioda dle IPS30
1 Maleč	> 60 let	jaro, podzim	všechny typy	vlhčí, vlhko
2 Žejbro	> 20 let	jaro	všechny typy	vlhčí, vlhko, sucho
3 Zderaz	> 40 let	jaro	ttp	sucho
4 Lipka	> 30 let	jaro, léto	ttp	sucho
5 Černíkovice	> 30 let	jaro, léto	všechny typy	sucho
6 Strašov	> 60 let	jaro, podzim	všechny typy	vlhčí, vlhko, sucho
7 Domanín	> 20 let	jaro, podzim	všechny typy	vlhčí, vlhko, sucho

Tab. 5 – velmi stručné a rámcové doporučení v nejzákladnějších podmínkách pro plánování snímkování pro jednotlivé lokality

7.1 Shrnutí základních poznatků

- Na základě doposud provedených analýz lze konstatovat, že vizuální efekt projevu drenážních rýh ve vegetaci lze zaznamenat prakticky na všech typech vegetačního krytu a plodin prakticky ve všech fenofázích, samozřejmě v různé míře „kvality“ a frekvenci. Opakovaně byly identifikovány drenáže také na porostech širokořádkových a technických plodin – např. porostu vzrostlé kukuřice nebo řepky ve všech růstových fázích. Nelze tedy potvrdit předpoklad, že některé typy plodin jsou pro vizualizaci drenáží na principu fytoindikačního efektu apriori nevhodné. Typ vegetačního krytu nepředstavuje rozhodující, i když velmi významnou, podmínku pro výsledné zobrazení drenážních rýh na snímcích.
- Při každém termínu snímání je zaznamenán neočekávaně vizualizovaný projev DS za podmínek zcela vybočujících formulovaným předpokladům a kritériím. Takto specifické příklady nejsou úplně ojedinělé, což bohužel komplikuje formulaci obecně platného metodického postupu aplikace metody identifikace DS pomocí DPZ. Na druhou stranu ovšem tyto příklady potvrzují skutečnost, že prakticky neexistují podmínky, které by vylučovaly její použití. Tím se zároveň zvyšuje škála variant pro její aplikaci, ovšem s nutnou hlubší analýzou souvislostí v konkrétním území, které ovšem lze formou plánované metodiky popsat a poskytnout tak případným uživatelům této metody návod, kterým faktorům věnovat náležitou pozornost a jak jim přizpůsobit i zemědělský management.
- Negativní vliv na mapování drenáží mají sezónní zemědělské práce (rozorání a uvláčení orné půdy nebo čerstvé pokosení luk, pošlap a vypasení pastvin dobyt看), kdy jsou i dříve zřetelné struktury podpovrchových drénů na snímcích zčásti nebo úplně demaskovány.
- Řešení potvrdilo vyšší efektivitu identifikace drenážních systémů na plochách trvalých travních porostů, a to na snímcích ze všech termínů snímání a v celé škále zaznamenaných projevů. Znovu byl opakovaně porovnáván projev na snímku a projev zjištěný přímo v terénu. Ačkoliv se na snímcích linie drénů vizualizují v projevu od světlého přes tmavý až po plastický, v terénu nebyl doposud nikdy zaznamenán jiný projev než jako tmavší linie travního porostu nad drénem v porovnání s okolím. Tyto rozdíly lze přikládat vlastní metodě snímání a pořizovanému záznamu v určeném rozlišení (cca 1 – 23 cm/px), kdy lom a od-

raz světla působí ve výsledném zpracování odlišný efekt, než který je viditelný pouhým okem přímo v terénu.

- Typ projevu zachyceného na snímcích v přirozených barvách RGB se shoduje s typem projevu identifikovaným na snímcích CIR. (Obr. 80)

Zatím nebyl zaznamenán případ, že by se typ projevu na obou materiálech lišil nebo že by vlastní projev na jednom z nich byl zjištěn a na druhém nikoliv. Mírný posun byl zaznamenán v případě použití HS dat, pořízených ve stejném termínu, jako RGBI data (Příloha5). Zde sice také platí, že nebyl zaznamenán případ, kdy by na těchto datech byl identifikován projev DS a na datech RGBI nikoliv, ale HS data poskytují vizualizovaný projev DS vyšší kvality, resp. kontrastu, ostrosti, což přispívá k vyšší míře jistoty identifikace DS, které jsou na RGBI velmi omezeně zřetelné nebo téměř nezatelné. Pro tyto případy představují HS data rozhodně kvalitnější a spolehlivější zdroj hledaných informací.



Obr. 80 – ukázka shodného projevu DS na snímcích RGB a CIR, pořízených souběžně na jednu kameru

- Obecně se dá shrnout, že v doposud identifikovaných projevech, intenzitě a termínech pořízených snímků nebyla zaznamenána žádná kombinace sledovaných faktorů, kterou by bylo možné pro další experimentální činnosti jednoznačně vyloučit jako zcela nevhodnou nebo naopak jednoznačně upřednostnit jako vyhovující. Tato rozrůzněnost zcela jistě souvisí s konkrétním stavem a vlastnostmi konkrétního systému odvodnění, které se nedají zcela paušalizovat a typizovat pro plošně rozsáhlá území. Detailním průzkumem vybraných ploch lze zjistit řadu dalších souvislostí a důležitých informací, které lze ovšem s různě velkou mírou nejistoty aplikovat na systémy, které nebyly detailně prozkoumány a o nichž jsou veškeré informace získávány pouze zprostředkovaně.
- To vyhovuje předpokladu, že je možné drenážní systémy identifikovat při použití různých metod (nadměrných i pozemních) a různých materiálů. A naopak při nevyhovujících podmínkách zatím nebylo zjištěno, že by některá z metod zatím použitých a testovaných vykazovala lepší úspěšnost identifikace oproti ostatním.
- Jednotlivé lokality se liší i charakterem vlastních staveb drenážního odvodnění, jak dokládají grafy uvedené v Tab. 2. Kromě období výstavby i plošným rozsahem.
- Průběh realizace snímkování, zejména formou opakování v krátkém časovém odstupu, mění přístup k mapování DS jednoznačně směrem k využívání moderních technologií bezpilotních prostředků, a to jak již bylo uvedeno výše, z důvodů realizovat cílená, plošně méně rozsáhlá snímkování s možností konfrontace pořízených snímků se skutečným stavem porostů a snímkaných ploch přímo v terénu, s pořizováním detailního modelu terénu a s možností častějšího opakování s nižšími nároky na vyhovující počasí, resp. v určených termínech s vyhovujícími podmínkami pro zpřesnění hledaných kritérií podmiňujících vizualizaci.
- Doložením velmi vysokého počtu variantních případů pro identifikaci DS v dalších souvislostech se zcela zásadně posunuly původní hypotézy i celkový přístup k této metodě. To samozřejmě souvisí se „správným načasováním“ umožňujícím využívat bezpilotní letecké prostředky, jejichž použití na tak profesionální úrovni nebylo vůbec myslitelné a dostupné. Díky velmi významnému vlivu počasí, limitujícímu snímkovací práce, je prakticky nedosažitelné zajistit srovnatelné množství záznamů v požadovaném zpracování pilotovanými letadly. To je zásadní posun, díky kterému lze v plném rozsahu doložit potenciál této metody. Naproti tomu

v minulosti zaměřené výzkumy na tuto možnost víceméně rezignovaly právě z důvodů náročnosti pořizování distančních dat tehdy dostupnými prostředky a senzory.

- Kromě diferencí vyplývajících z vlastní technologie výstavby, následné údržby a aktuálního stavu je v současné době nutné zohlednit i nové aspekty, které se již existujícího systematického odvodnění dotýkají a které ovlivňují i hledaný způsob jejich vizualizace na snímcích pořízených metodami DPZ. K těmto aspektům patří minimálně změny preferencí a podporovaných pěstebních postupů (posun od pěstování potravinářských plodin k plodinám technickým, jako alternativnímu zdroji energie), s čímž souvisí jednak skladba pěstovaných kultur s důrazem na širokořádkové plodiny, i aplikace velkého množství digestátu opakovaně na vybrané plochy za různých vláhových podmínek, čímž opět dochází k ovlivnění podmínek pro vizualizaci DS, i vlastností půdy, což doposud nebylo hodnoceno a zkoumáno.
- Dalším aspektem je široká škála protierozních opatření, která se opět promítají jak do skladby pěstovaných kultur, tak do prováděných agrotechnických zásahů na takto vymezených plochách. V žádném z těchto opatření není existence drenážního odvodnění na těchto plochách adekvátním způsobem zohledněna. Přitom všechna opatření, dodržování nitrátové směrnice apod., jsou vázána možností udělení sankcí i možností čerpání dotačních prostředků. Právě např. vymezení ploch pro umístění hnojišť může mít bez znalostí o přítomnosti odvodnění na takové ploše fatální následky. Aplikací popisované metody byl opakovaně identifikován DS mimo evidenci. Tento aspekt je více komentován v kapitole 9.
- Problematiku identifikace DS lze úspěšně vyřešit jen komplexním přístupem, zahrnujícím i změněné podmínky v agrárním sektoru, na které v dosavadním přístupu k této problematice nebyl brán zřetel. A stejně jako jsou na různých plochách aplikována různá opatření, musí být kritéria aplikace vyvíjené metody rozrůzněna obdobným způsobem, aby odpovídala konkrétním podmínkám, které nelze opominout.

Kvantifikace dosavadních výsledků do podoby přesného vyčíslení identifikované plochy odvodnění, případně procentuální úspěšnosti identifikace nepředstavuje zcela vypovídající a přesný způsob interpretace zjištěných poznatků. A to opět z důvodů neúplné evidence a neexistence zaručených podkladů o skutečném provedení stavby. Velmi zjednodušeně a modelově je určitá kvantifikace doložena v Tab. 6.

Lokalita	Plocha odvodnění dle evidence eagri (km2)	Plocha polygonů odvodnění, na kterých byl identifikován DS ze snímků DPZ (km2) /*	Procentuální vyjádření (%)
Žejbro	22,66	20,45	90,25
Maleč	14,36	9,19	64,00
Zderaz	5,82	3,51	60,31
Černíkovice	5,89	4,96	84,21
Lipka	26,39	24	90,94
Strašov	8,16	6,51	79,78
/*Plocha identifikovaných DS se liší v jednotlivých termínech snímkování, různě přesahuje evidované polygony a velmi často leží zcela mimo evidované plochy odvodnění. Z tohoto důvodu je velmi komplikované kvantifikovat úspěšnost identifikace ve vztahu k evidovaným plochám odvodnění. Proto jsou zde uváděny polygony (dle evidence), ve kterých byl v různém rozsahu za všechny termíny snímkování identifikován DS. Procenty je vyjádřena plocha polygonů odvodnění, na kterých se v různém rozsahu vizualizoval DS na snímcích DPZ.			

Tab. 6 – zjednodušená kvantifikace úspěšnosti metody identifikace DS pomocí DPZ pro jednotlivé lokality a v detailu pro lokalitu Žejbro s nejvyšší četností nasazení RPAS v kontextu stávající evidence odvodnění

8. Funkčnost drenážních systémů

Stáří staveb je nezbytnou informací pro dokladování snižování funkčnosti, případně korekci dosud platných předpokladů o spontánním stárnutí drenážních systémů od dosažení určitého stáří, a tím i předpokládané životnosti. Doposud získanými poznatky nelze potvrdit paušalizované vymezení hranice životnosti staveb odvodnění a stanovení jejich funkčnosti přímou korelací s jejich stářím. Tento zjednodušený přístup je zavádějící s ohledem na stav drenážního systému i míru jeho ovlivnění celkového stavu pozemku, a tím i možností jeho obhospodařování a vymezování např. LFA či kritérií nitrátové směrnice apod.

Kromě znalosti roku výstavby (stáří stavby) se ukazují jako zásadní i informace o použité technologii a vlastním provedení stavby. Způsob výstavby určuje parametry drenážní rýhy (hloubku, šířku) i způsob uložení drenážního materiálu (trubky z pálené hlíny, PVC), způsob bortování, uložení výkopku, resp. míru promíšení a heterogenity drenážní rýhy i její hydraulickou účinnost (použití štěrkové a pískové frakce jako obsypu) ve vztahu k okolnímu rostlému terénu. Tyto údaje byly součástí původní projektové dokumentace a jejich získání je stejně jako v případě vlastních projektů drenážních objektů limitováno dostupností archivů a také dodržením projektu při výstavbě. Bez archivních materiálů nelze v současnosti tyto údaje zjistit jiným způsobem než přímým odkopem, což je metoda značně náročná a plošně výrazně omezená. Kombinací pozemních a nadzemních metod byl zjištěn a potvrzen zásadní a neopomenutelný vliv této „podpovrchové“ složky na vizualizaci projevu drenážních rýh na distančních záznamech, a tedy i pro aplikaci vyvíjené metody.

- Většina ploch identifikovaných drenážních systémů spadá do kategorie neúplného systému s různou úrovní viditelnosti a kvality (kategorie 2 – 5). Zatím se podařilo identifikovat jen velmi malé procento (cca 5 %) ploch s úplným a dobře zřetelným projevem drenáží (kategorie 1). To lze přisuzovat faktu, že se jedná o stavby minimálního stáří cca 25 let až maximálního cca 100 let, o jejichž funkčnosti a stavu nelze zjistit žádné přesné informace, resp. jednoznačná jistota nastává až při přímém odkopu v terénu, což lze provádět pouze lokálně, nikoli v rozsahu významném a srovnatelném s rozsahem snímkování. Proto nelze s jistotou konstatovat, zda je možné očekávat zlepšení kvality projevu drenážních

systémů na snímcích jen na základě zjištění stěžejních podmínek optimálních pro snímkování. S větší pravděpodobností se dá očekávat, že stav drenážního systému není ve všech jeho částech stejný (a tím pádem i stejně funkční), a proto je pravděpodobné, že nebude možné dosáhnout jeho kompletního vizuálního projevu na snímcích. Naopak by se dalo usuzovat, že s pokračujícím stárnutím těchto staveb při pokračující absenci údržby a narůstajících případech jejich destrukce by se kvalita i rozsah jejich vizuálního projevu na snímcích DPZ mohla v průběhu let i snižovat. Průběh řešení v roce 2014 v určité míře zpřesňuje tento předpoklad doložením pořízených snímků stejných PB ve škále identifikovaného projevu: bez projevu až po identifikovaný komplexní drenážní systém v kvalitě srovnatelné s vektorovým formátem vykreslení linií. To nasvědčuje tomu, že vhodná kombinace všech uvedených kritérií poskytuje velkou míru pravděpodobnosti zachycení vizuálního projevu drenážního systému distanční metodou.

- Tato zjištění jsou rovněž zásadní i pro hodnocení příčin a návrhů opatření na odstranění zamokřených míst, identifikovaných na snímcích na odvodněných plochách. Opět neplatí původní předpoklad, že identifikované zamokřené místo indikuje místo poruchy drenážního systému a jeho nefunkčnost. Přímým průzkumem v terénu a porovnáním s projevem na snímcích bylo prokázáno, že o místě zamokření lze s jistotou pouze konstatovat, že je to místo kumulace vody, často dlouhodobé, ale nemusí znamenat přímo místo poruchy drenážního systému. To znamená, že i odstranění takového místa nemusí být vždy dosaženo zásahem do drenážního systému v tomto místě, ale v řadě případů je příčinou nemožnost odtoku drenážní vody, soustředěné drenážním systémem z pozemku, a to z důvodu poškozené, zanesené nebo zatopené výusti do recipientu (prakticky ve všech zaznamenaných případech z důvodu absence údržby a čištění těchto recipientů). Ačkoliv se jedná o jednu stavbu odvodnění, plošné odvodnění pozemku je vlastnictvím vlastníka pozemku, zatímco recipient (hlavní odvodňovací zařízení je téměř výlučně ve vlastnictví státu, resp. Státního pozemkového úřadu, který by měl i jeho údržbu zajišťovat). Jedná se o velice komplikované majetkoprávní vztahy, které řešení dále komplikují a znesnadňují nápravu neuspokojivého stavu relevantních informací o stavbách odvodnění a nakládání s nimi.



Obr. 81 – ukázka vizualizovaného DS a míst kumulace drenážních vod v různém ročním období a s různým projevem (tmavý, obiloviny)

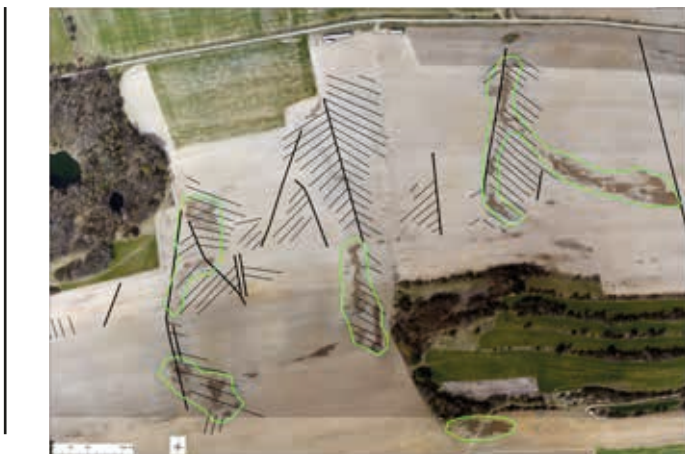


Obr. 82 – ukázka vizualizovaného DS a míst kumulace drenážních vod v různém ročním období a s různým projevem (světlý, orná půda s nezapojeným porostem)

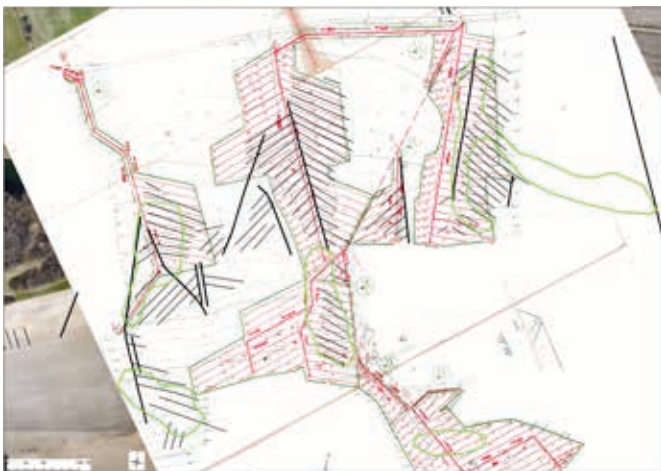
- I v případě dalších identifikovaných míst zamokření bylo přímým průzkumem v terénu zjištěno, že jejich příčinou nemusí být porucha drenážního systému. Bylo ověřeno, že DS je zcela funkční a nepoškozený. Tento systém byl i opakovaně snímkován a identifikován na pořizovaných snímcích. Při telestéžické indikaci a následným odkopem byl zjištěn velmi vysoký stav utužení půdy s převažujícím podílem jílovité složky, kdy infiltrace vody a efekt drenážní rýhy jsou velmi omezené, takže drenážní systém, ač plně funkční, není schopen odvést tuto vodu z důvodů velmi snížené účinnosti. To opět dokládá nutnost zohlednit kromě podmínek při výstavbě (návrh parametrů stavby podle příčiny zamokření a provedeného hydropedologického průzkumu) a způsobu výstavby drenážních systémů (zde uváděný rok výstavby u staveb odvodnění 1932 a 1989 – odkop stavby z roku 1989) i aktuální stav a změny jak ve způsobu hospodaření a používaných technologiích (bezorebné seti vs. hluboká orba, protierozní opatření atd.), tak i změny ve stavu půdy. Řešení takovéto závady vyžaduje nesrovnatelně vyšší náklady a mnohem větší rozsah zásahů na odvodněné ploše, aby byla znovu zvýšena účinnost již existujícího drenážního systému (zejména aplikace štěrkové frakce pro obsyp). U takto nákladných opatření se opět s o to větší závažností projevuje legislativně nedořešené nakládání s drenážními systémy: pokud uživatel není zároveň vlastníkem pozemku, je téměř nereálné, aby uživatel nájemce investoval tak velké finanční prostředky do cizího vlastnictví v časovém horizontu nájmu a nejistoty dalšího prodloužení nájemní smlouvy. Snaha o obhospodařování takové plochy se zamokřenými místy samozřejmě tento stav dále zhoršuje v závislosti na vodnosti jednotlivých let a dále znehodnocuje takový pozemek.
- Řešení projektu tedy kromě vlastní identifikace drenážních systémů, poskytuje korekce informačních zdrojů o jejich lokalizaci, plošném rozsahu i topologii, a zároveň koriguje i interpretaci identifikovaných míst zamokření na odvodněných plochách a s nimi související nápravná opatření.
- Pouze na základě pořizovaných snímků nelze tyto projevy paušalizovat a zobecňovat pro klasifikaci pozemků, na kterých se vyskytují, např. pro vymezení LFA, vymezení mokřadů atd. Vždy musí být identifikace pomocí distančních metod podpořena pozemním průzkumem a verifikací.



Obr. 83 – ukázka jednoznačně identifikovatelného DS a míst zamokření, souvisejících se změnou funkčnosti tohoto systému (tmavý projev, porost řepky)



Obr. 84 – ukázka míst zamokření identifikovaných ze snímků pořízených DPZ s vektorizovanými liniemi drénů ze stejných snímků pro jednoznačné doložení souvislosti výskytu zamokřených ploch s existencí a změněnou funkcí DS



Obr. 85 - ukázka míst zamokření identifikovaných ze snímků pořízených DPZ s vektorizovanými liniemi drénů ze stejných snímků pro jednoznačné doložení souvislosti výskytu zamokřených ploch s existencí a změněnou funkcí DS na podkladě podkladu původní projektové dokumentace



Obr. 86 – ukážka vizualizovaného projevu DS (svetlý projev, orná holá půda) s místy neobdělávanými v důsledku kumulace drenážních vod (zeleňé plošky s vegetací, 1. 6. 2014)



Obr. 87 – snímek stejného PB dokumentující opravu za účelem napojení sběrných drénů do nově položeného svodného drénu v místech, aby došlo k odvedení kumulovaných drenážních vod ze zamokřených míst (5. 12. 2014) – horní část obrázku, v dolní části obrázku spolu s původní projektovou dokumentací, dokládající průběh sběrných drénů i modrou linií ohraničené místo opakovaně identifikovaného zamokření



Obr. 88 – mozaika projevů zamokření v důsledku změněné funkčnosti DS na šikmých snímcích pořízených v různých ročních obdobích, projev zamokření přímo v terénu a průběh čištění s odstraněním kořenových systémů, které způsobují ucpaní drenů, což má za následek kumulaci drenážních vod na povrchu pozemku

Analýzou a terénní verifikací mapovaných lokalit s poruchami DS (půdní sondy, odkop, inspekce trubní kamerou) bylo potvrzeno, že stav a funkčnost drénu, charakter drenážní rýhy, technologie výstavby a aktuální stav půdy (zejména její vysoké utužení, ulehlost s minimálním podílem organické složky) jsou velmi významné faktory, které mají značný vliv na povrchové projevy DS a jejich praktické mapování.

8.1. Doporučený postup při řešení projevu zamokření na odvodněných zemědělských pozemcích

- Primární zodpovědnost je na vlastníkovi, resp. přeneseně na uživateli – obvykle není zohledněno v pachtovních smlouvách (neinformovanost a neznalost obou smluvních stran, obecně nerespektování staveb odvodnění a jejich závazné zakotvení v koncepci MZe, MŽP)

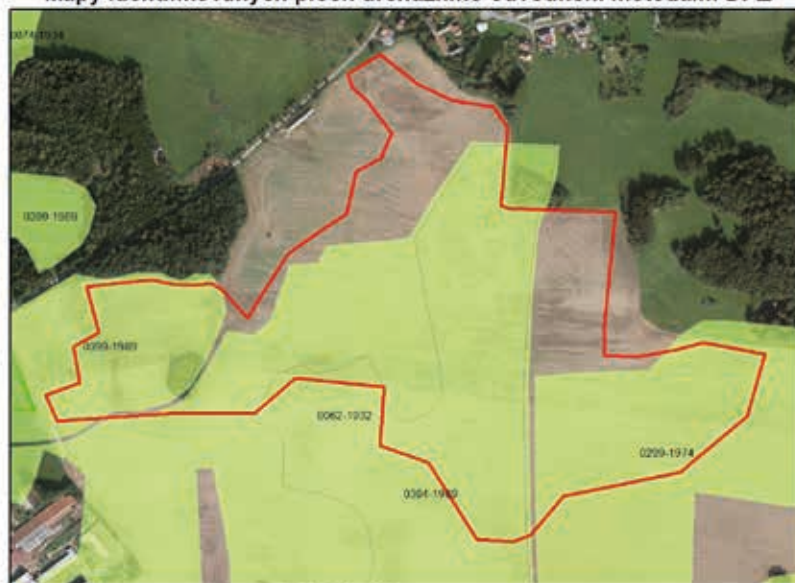
- Základní informaci „zda se jedná o odvodněný pozemek“ lze v současnosti získat na portálu LPIS. Tato informace je však zatížena řadou chyb. Zde je nutná první fáze korekce této evidence alespoň v podobě jejího doplnění o starší stavby odvodnění tak, aby se tato vrstva shodovala s finální verzí, kterou ZVHS od roku 2008 začala poskytovat a která je volně stažitelná na stránkách MZe
- <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>
- Získání projektové dokumentace. O toto by se měl snažit každý vlastník, či uživatel pozemků. Následně je důležité orientovat se v situaci podrobného odvodnění (značení výústí, svodné, sběrné drény, rozchody, spádové poměry atd.), dále orientovat se se situací v terénu (např. dle cestní sítě, toků kanálů, spádových poměrů), následně se snažit o vytyčení výústí, šachet a nalezení zamokřeného místa v situaci. I v této fázi mohou nastat závažné komplikace zejména s prostorovým umístěním původního projektu do současné krajiny, která prodělala značnou proměnu, a zejména u staveb odvodnění z konce 19. a 1.pol. 20. století může být lokalizace stavby bez znalosti historického stavu prakticky nemožná a použití samotného projektu v terénu téměř vyloučené.
- Dle projektové dokumentace určit, který svodný drén má odvádět vodu ze zamokřené lokality. Je-li svodný drén vyústěn do otevřeného recipientu najít výúst a zjistit, zda je funkční (vytéká voda, je zajištěn odtok). Není-li tak, zajistit funkčnost např. proplachem, otevřením apod. Je-li výúst funkční, osazená tak, že není např. zatopená z důvodu neudržovaného recipientu, je třeba určit místo poruchy na drénu (u hydročističe pomocí sondy, zasunutím vodiče do drénu, což umožňuje jeho vytyčení). Otevření provádět v dolní části zamokření. Při zemních pracech dbát na to, aby nedošlo k přehloubení. Porušené potrubí je nejjednodušší vyměnit stejným materiálem. Přitom dbát na zajištění průchodnosti při následné údržbě hydročističem – plynulá napojení bez přesahů.
- Pro výše uvedené činnosti je nezbytná znalost správce recipientu (HOZ, drobného vodního toku) – Lesy České republiky, příslušné podniky Povodí, SPÚ – zjistitelné na stránkách MZe. Drenážní voda, shromažďovaná POZ v ploše pozemku, musí mít zajištěný odtok, což vyžaduje součinnost vlastníka POZ i vlastníka, resp. správce HOZ, která ovšem momentálně nefunguje úplně optimálně. Absenci údržby HOZ, resp. recipientů, nelze při řešení problematiky plošného odvodnění zcela logicky opomíjet, ačkoliv stávající legislativní a majetko-právní vztahy neuspokojivý

stav v této oblasti dále prohlubují. Z hlediska informací o správcovství i evidenci HOZ a drobných vodních toků by opět bylo žádoucí, aby tyto mapové vrstvy byly zakomponovány do portálu LPIS právě z logiky věci, aby každý uživatel mohl v rámci jednoho informačního systému mít komplexní informace o odvodnění, což by usnadnilo další postup i komunikaci s příslušnými institucemi.

- Všechny výše uvedené body lze díky vyvíjené metodě identifikace DS rozšířit o informace, získané použitím této metody a DPZ, tzn. souběžně se snahou o zajištění původních projektů zjistit dostupnost podkladů DPZ, pořídit nové aktuální podklady snímkováním RPAS a pracovat se všemi takto získanými podklady pro dosažení co nejvyšší efektivity a přesnosti zásahů do podpovrchového systému s minimalizací nákladů i škod. Opět se jako nejlepší způsob jeví zařazení identifikovaných DS do portálu LPIS, a to ze všech již několikrát zmiňovaných důvodů (komplexní přehled dostupných informací v digitální podobě o DS, a to i v návaznosti na další mapové vrstvy, které mají přímou souvislost s limity zemědělského managementu i s dotačními tituly). Mapové výstupy i podklady pro praxi dokládají možnosti práce s vytvořenými databázemi v rámci jednotného informačního systému LPIS. (Obr. 89-92)

Postup údržby a managementu drenážních systémů viz TNV 75 4922 – Údržba odvodňovacích zařízení.

Mapy identifikovaných ploch drenážního odvodnění metodami DPZ



kultura 2
 kategorie: neúplný systém, zřetelný dobře
 plocha (m²) 284625,773227



Page 22 of 73

Vizualizovaný projev 1
 Kategorie identifikovaného DS 2

Identifikace na snímcích z 17. 9. 2014

kategorie DS

- 1 - úplný systém, zřetelný dobře
- 2 - neúplný systém, zřetelný dobře
- 3 - neúplný systém, zřetelný méně
- 4 - neúplný systém, zřetelný omezeně
- 5 - neúplný systém, zřetelný velmi omezeně

evdované odvodnění (ZVHS, 2008)

kategorie vizualizované projevu DS

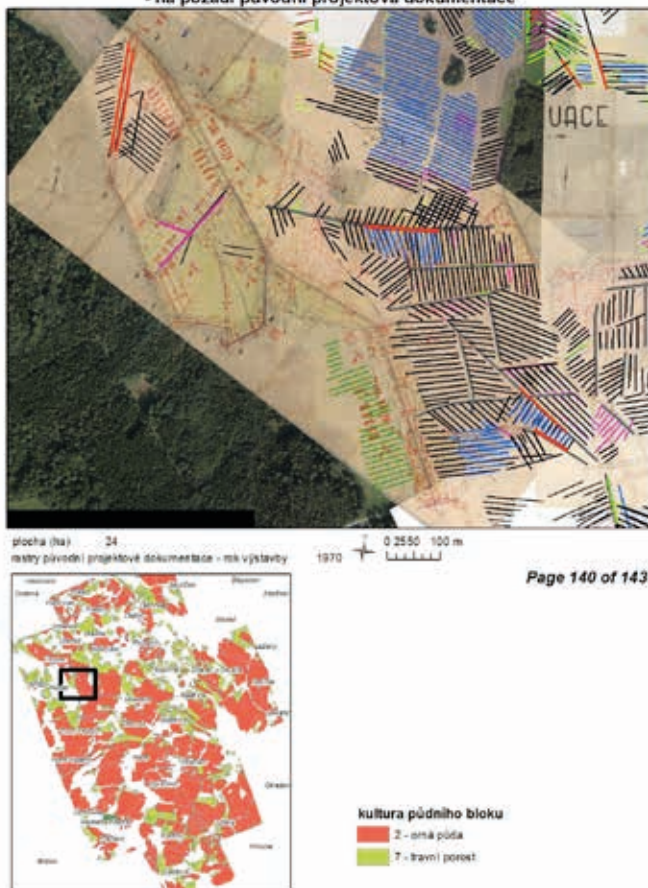
- 1 - světlé linie
- 2 - tmavé linie
- 3 - část tmavé linie, část světlé linie
- 4 - plastické linie

kultura půdního bloku

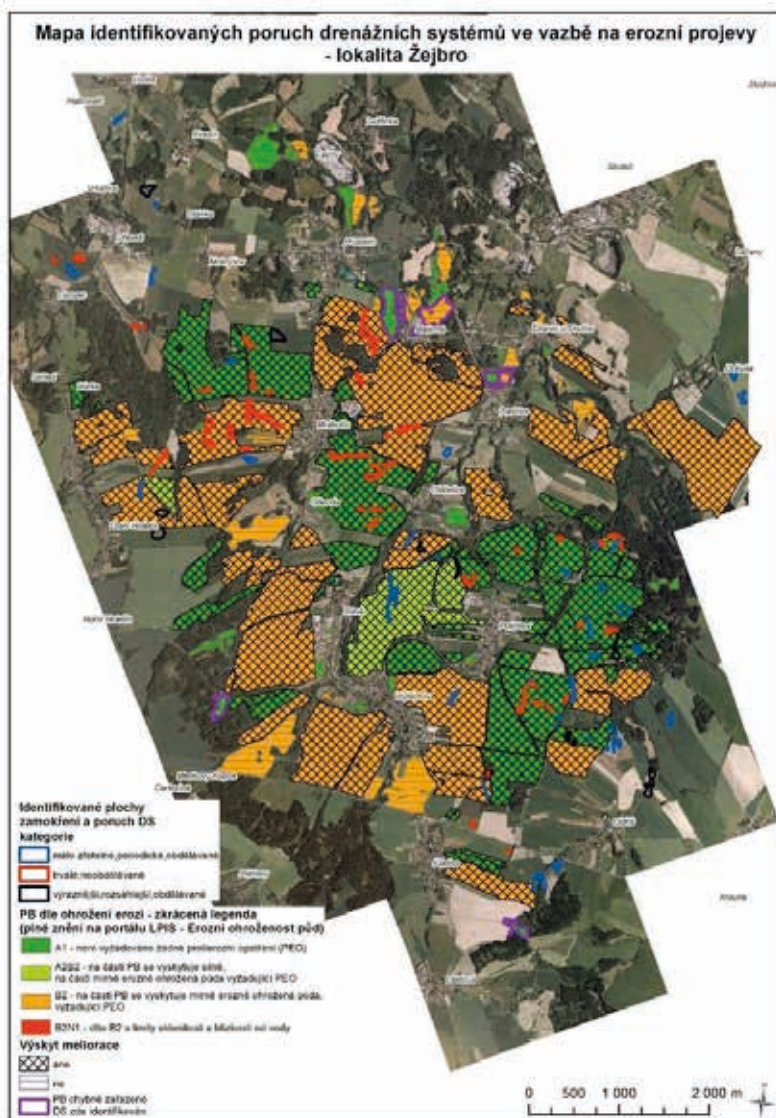
- 2 - orná půda
- 7 - travní porost

Obr. 89 – ukázka mapových výstupů zpracovaných na základě vyvíjené metody identifikace DS pomocí DPZ, zejména RPAS (více Tlapáková, 2015) – doložení nepřesností stávající evidence DS

**Svodné a sběrné drény identifikované během snímkovací kampaně 2012-2015
- na pozadí původní projektové dokumentace**



Obr. 90 – ukázka mapových výstupů zpracovaných na základě vyvinuté metody identifikace DS pomocí DPZ, zejména RPAS (více Tlapáková, 2015) – vektorizované linie drénů ze snímků pořízených v různých termínech snímování na pozadí původní projektové dokumentace (mapy identifikovaného DS záměrně prezentují více překrývajících se vrstev vektorizovaných linií drénů z časové řady pořizovaných snímků. Tím je ilustrována „míra nejistoty“ přesného zakresu jednotlivých linií, která je dána právě odlišností a kvalitou vizualizovaného projevu a jeho přesností v závislosti na prostorovém rozlišení konkrétního snímku a přesnosti výsledného zpracovaného ortofota)



Obr. 91 – ukázka mapových výstupů zpracovaných na základě vyvíjené metody identifikace DS pomocí DPZ, zejména RPAS (více Tlapáková, 2015) – na pozadí vybraných tematických mapových vrstev LPIS, které mají jednoznačnou souvislost s existencí DS na PB

Mapy identifikovaných míst zamokření metodami DPZ



Page 36 of 54

kategorie identifikovaného zamokření: trvale neobdělávané
plocha (m²) 19928,825954



Identifikovaná místa zamokření
na snímcích 15. 4. 2015 a 16. 7. 2015

kategorie

- 1 - málo zjevné, periodické, obdělávané
- 2 - výraznější, rozsáhlejší, obdělávané
- 3 - trvale neobdělávané

kultura půdního bloku

- 2 - omá půda
- 7 - travní porost

Obr. 92 – ukázka mapových výstupů zpracovaných na základě vyvíjené metody identifikace DS pomocí DPZ, zejména RPAS (více Tlapáková, 2015) – identifikovaná místa zamokření dokládající změněnou, resp. omezenou funkci DS

9. Přesah metody – širší souvislosti

Zemědělský management je určován rovněž vymezením limitů vycházejících ze závazných předpisů na ochranu půdy a vody. Tyto limity ve vztahu k existenci drenážního odvodnění a možném ovlivnění hledaného projevu doposud nebyly uvažovány ani v odborných publikacích ani v závazných předpisech.

Na PB nebo jejich částech zařazených do erozně ohrožených (dle LPIS, zdroj VÚMOP, v.v.i.) se musejí uplatňovat jiné pěstební postupy v závislosti na kategorii erozní ohroženosti (mírně erozně ohrožené plochy, silně erozně ohrožené plochy) a pěstované plodině v jednotlivých letech (širokořádkové plodiny vs. řepka, obilniny). Zemědělský management se odvíjí i od kontroly podmíněnosti (Cross Compliance) vázané na dodržování DZES - Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu a PPH – Povinné požadavky na hospodaření, přičemž v žádném z těchto opatření není zohledněno odvodnění a existence drenážního systému na PB. Příamá souvislost s existencí drenážního odvodnění se týká zejména opatření DZES 3 – Ochrana podzemních vod „...k ochraně povrchových a podzemních vod a životního prostředí při manipulaci, skladování a vypouštění závadných látek. Každý, kdo zachází se závadnými látkami, je povinen učinit přiměřená opatření, aby tyto látky nevnikly do povrchových nebo podzemních vod.“

Mezi kontrolovanými požadavky zcela chybí informace, zda se jedná o odvodněnou plochu, v jakém stavu se stavba odvodnění nachází a v jaké míře může přispívat ke zvyšování rizika nakládání s těmito látkami. Jedinou dostupnou informací pro uživatele zemědělské půdy, registrované v LPIS, a pro kontrolní orgány je vrstva „meliorace“ prezentující polygony odvodnění dle evidence dnes již neexistující ZVHS (2008). Tato vrstva je ovšem zatížena značnou chybou jak v plošném a tvarovém rozsahu, tak v samotné evidenci všech staveb (řada staveb odvodnění není vůbec evidována a tudíž zakreslena). Tyto difference jsou opakovaně dokládány i v průběhu řešeného projektu. Tuto vrstvu nelze pokládat za věrohodný podklad pro stanovení limitů a omezení pro čerpání dotací nebo stanovení sankcí jak v rámci opatření DZES, tak i nitrátové směrnice nebo LFA.

Dalším opatřením DZES přímo souvisejícím s přítomností drenážních systémů na PB je DZES 5 – Minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze: „... Cílem standardu je ochrana půdy před vodní erozí a předcházení důsledkům eroze například zaplavení nebo zanesení komunikací a dalších staveb

splavenou půdou.“ Pokud na daném PB existuje drenážní odvodnění, které z různých příčin není v různých částech a v různém rozsahu funkční, dochází v těchto místech ke kumulaci a přímé stagnaci vody na povrchu nebo k přemokření půdního profilu do té míry, že pokusy o standardní obhospodařování v těchto místech jsou potom v přímém rozporu s dodržáním opatření DZES 5 a dochází k projevům eroze se všemi negativními důsledky. Přemokření pozemku z důvodů souvisejících s odvodněním má jiný časový průběh než na ploše neodvodněné, což opět v tomto opatření není žádným způsobem zohledněno. Stav půdy se po opakovaných pokusech o obdělání, řádově i několik let za sebou v závislosti na vodnosti každého roku, zhoršuje a ve svém důsledku zpětně přispívá k nižší funkci existujícího drenážního systému, který takto zhutněnou půdu není schopen v původních technických parametrech, navržených pro jiný stav půdy v době výstavby, dále odvodňovat.

9.1 Popis uplatnění

...a proč dále tuto problematiku aplikací prezentované metody řešit...

Doposud pořízená distanční data různými senzory v různých částech spektra (RGBI, HS, termální, včetně souběžného snímkování RGBI + HS ve stejném termínu za totožných podmínek) v různém prostorovém rozlišení ze všech realizovaných snímkovacích kampaní (10 x velkoplošný nálet, 40 x RPAS a řada doplňkových náletů malého rozsahu) představují unikátní časovou řadu známů pořizovanou výlučně za účelem identifikace DS. To samo o sobě představuje cenný argumentační poklad pro navazující výzkum této problematiky ve všech souvislostech, které vyplývají z dosavadního řešení a které dokládají její komplikovanost ve všech úrovních:

- Absence geodeticky přesného a topologicky správného podkladu o umístění DS v terénu, stávající neúplná a nepřesná evidence
- Přítomnost stavby drenážního odvodnění na pozemku, resp. parcele není uváděna v evidenci KN (Obr. 93,94)
- Absence dostupné a přesné evidence v digitální podobě srovnatelné s evidencí jiných podpovrchových staveb
- Absence podkladů odpovídajících skutečnému provedení stavby, podkladů o jejich aktuálním stavu a funkčnosti (prováděné opravy jsou prováděny nahodile, často neodborně, nejsou evidovány ani zaměřeny atd.) – absence údržby, ztráta funkčnosti, budoucí management



Obr. 93 – ukázka důsledků neinformovanosti a nemožnosti získat informace o existenci DS na pozemku – zde po vyjmutí parcely z ZPF a výstavbě rodinného domu jednoznačně identifikovatelný DS nacházející se i na stavební parcele, pod stavbou, na pozemku nového vlastníka (zdroj snímků www.mapy.cz, TopGIS)



Obr. 94 – dtto obr 92 s vektorizovanými liniemi drénů pro jednoznačnost jejich průběhu na pozemcích (zdroj snímků www.mapy.cz, TopGIS)

- Nerespektování až ignorance při nakládání s odvodněnými pozemky, která je u jiných zkolaudovaných staveb, podléhajících platné legislativě, nemyslitelná (nerespektování při povrchové i podzemní výstavbě, projektování KoPÚ, ÚP – podklady o stavbě odvodnění by měly být součástí územně analytických podkladů, realizaci opatření OPŽP, ÚSES, plánů péče o ZCHÚ atd.)
- Komplikované majetko-právní vztahy – jedna stavba odvodnění může zasahovat na desítky pozemků a mít tak desítky majitelů, oddělené vlastnictví POZ a HOZ, neexistuje návaznost na katastr nemovitostí apod.
- Řada nepřesných, ačkoliv opakovaně proklamovaných výroků, týkajících se např. přirozeného stárnutí drenáží, ztráty jejich funkčnosti definované jejich stářím, záměna zamokřených míst způsobených poruchou DS za přirozené mokřady apod.
- Limitované možnosti efektivního nakládání s drenážními vodami, které tyto systémy sbírají a které vzhledem k jejich plošnému rozsahu představují velmi významnou složku celkového odtoku, a to zejména v kontextu letos tolik diskutovaného extrémního sucha i nejistoty vývoje klimatu v dalších letech (zakomponování hydromelioračních opatření do syntézy opatření k ochraně půdy a vody)
- Nedostupnost podkladů v digitální formě online – ani výsledky a identifikované DS během řešení projektu se dosud nepodařilo zařadit do tematických vrstev portálu LPIS, aby byl prezentován potenciál metody a jí pořizovaných dat, včetně korekce vlastní vrstvy Meliorace
- Bez zahrnutí do portálu LPIS se o uplatnění výsledků prakticky nedá hovořit. A to ani pro spoluřešitele ZDV Mrákotín, který bez specializovaného SW nemá možnost výsledky řešení projektu užívat, pouze prostřednictvím portálu LPIS, se kterým, stejně jako všichni registrovaní uživatelé, široká veřejnost, projektanti i státní instituce mohou pracovat online a ve veřejném módu prakticky bez omezení.

Z povahy výsledku lze předpokládat, že potenciálními uživateli jsou orgány státní správy, v jejichž kompetenci je správa informací o využití zemědělské půdy, MZe, MŽP, SPÚ – zejména Odbor řízení správy nemovitostí, resp. Oddělení správy vodohospodářských děl, vodoprávní úřady a subjekty soukromé sféry, tzn. zejména vlastníci a uživatelé pozemků se systémy podzemního odvodnění, oblastní správy povodí i subjekty, zabývající se výstavbou a provozováním liniových staveb – projektanti a investoři (optické kabely, komunikace, produktovody atd.).

Smyslem tematických mapovacích prací je vytvořit spolehlivý územní podklad o vybudovaných drenážních sítích a jejich stavu, což je nezbytné pro rozhodování o budoucím využití území zainteresovanými institucemi a osobami.

Prezentovaná metodika je dostupná širokému okruhu uživatelů.

Na základě dosavadního průběhu řešení se jeví jako nejpravděpodobnější možnost aplikace vyvíjené metody formou cíleného maloplošného snímkování pomocí RPAS lokalit v rozsahu jednotlivých uživatelů, nikoliv v rozsahu velkoplošného snímkování pilotovanými letadly, jako např. kontinuální snímkování pro získání dat do portálu LPIS. Drenážní systémy jak svou vlastní výstavbou, tak změněnými současnými podmínkami, vykazují natolik velkou variabilitu a nutnost souběhu mnoha různých podmínek pro jejich identifikaci na snímcích pořízených metodou DPZ, že lze s velkou jistotou konstatovat, že nelze stanovit jednoduchou obecnou metodu použitelnou pro velká území bez znalosti místních specifík a diferencí.

Aplikační potenciál i využití prezentované metodiky identifikace DS metodami DPZ a novými technologiemi RPAS dokládá i Příloha 6 s uvedenými konzultacemi a požadavky praxe v oblasti zemědělského odvodnění, které dokládají, že se jedná o živé téma, jehož výzkumem má smysl se zabývat a usilovat o zlepšení stávajícího neuspokojivého stavu v této oblasti.

Nosnými výstupy pro praxi a útvary státní správy jsou výsledky typu metodika využití DPZ, zejména nových technologií RPAS, při identifikaci drenážních systémů a navazující specializované mapy identifikace drenážních systémů a jejich stavu a projevů poruch. Tyto výstupy jsou cílené jednak na jednotlivé uživatele (vlastníky a nájemce pozemků se systémy podzemního odvodnění), zejména jsou pak určené pro projektanty, vodoprávní orgány a státní správu, v jejichž kompetenci je správa informací o systémech odvodnění, správa informací o využití zemědělské půdy, správa HOZ. Metodika zpřesňuje zásady polohové a tvarové identifikace podpovrchových drenážních systémů včetně analýzy jejich aktuálního stavu. Realizace metodiky v praxi a její aplikace na ucelených modelových územích (kooperace s uživatelem, podílelím se na řešení projektu) poskytuje chybějící celoplošné informace o stavu drenážního odvodnění v rámci ČR a umožňuje následně provádět kvalifikovaně analýzy vlivu odvodnění na zájmy vodního hospodářství. Jedním z hlavních předpokládaných uživatelů výsledků projektu je SPÚ (Odbor řízení správy nemovitostí, resp. Oddělení správy vodohospodářských děl) z titulu garanta informačního systému ke stavbám vodohospodářských staveb (HOZ), a další subjekty, včetně soukromých, které budou výsledky projektu využívat při údržbě a rekonstrukcích či eliminacích staveb.

Uplatnění – Portál LPIS

Revize a zpřesnění neúplné evidence staveb odvodnění (vrstva Meliorace), která je součástí portálu LPIS.

- Vzhledem k již několikrát výše zmíněným nedostatkům stávající evidence (plošného rozsahu i lokalizace staveb odvodnění) jsou veškeré údaje vztažené k tomuto informačnímu zdroji zatíženy touto chybou. Plošnou úspěšnost identifikace projevů drenážních systémů má smysl hodnotit až ve fázi aplikace vyvíjené metody. To platí i pro vyhodnocení délek, resp. procentuálního podílu identifikovaných linií drénů na jednotlivých plochách. A to zejména z důvodu absence relevantního podkladu, se kterým by tyto změřené hodnoty bylo možné věrohodně porovnat. I když jsou identifikované linie DS vektorizovány, nelze z jejich počtu a délek usuzovat na celkovou délku a podobu celé stavby odvodnění. V digitální podobě data o topologii drenážních systémů neexistují, jsou v různé míře dostupná pouze v analogové podobě původních projektů těchto staveb. U nich ovšem nikdy nelze zaručit, že odpovídají skutečnému provedení stavby. Naopak se ve valné většině případů ukazuje, že nikoliv. A opět se na jejich základě nedá s konečnou platností prohlásit, že se jedná o kompletní a jediný systém na dané ploše. Kvantifikace na základě takto nesourodých dat by jen zvyšovala míru nepřesností a zkreslených informací, které se bohužel k problematice systematického odvodnění vztahují. Navíc k tomu přispívá i skutečnost, že v našem počtu jsou pomocí metod DPZ identifikovány drenážní systémy, které nejsou v evidenci a ke kterým prakticky není možné jakékoliv informace získat.
- Linie drénů jsou vektorizovány ze snímků pořizovaných v různých termínech. Tomu odpovídá i rozsah, délka a překryv vektorizovaných linií v různých termínech. Vektorizací linií drénů z různých snímků, tzn. s různým typem projevu, slouží i pro vyhodnocení přesnosti odečtu identifikovaného projevu, resp. šíře linie a kontrast přechodu do okolního prostředí v závislosti na jeho typu. Doposud zaznamenaná škála projevů se jeví v případě světlého projevu na orné půdě bez porostu ve všech případech jako rozostřená a poměrně široká linie (v rozsahu cca 7 – 35 px). Naproti tomu linie identifikovaná v tmavém projevu v porostu je ve většině případů výrazně ostřejší a kontrastnější o šíři jen cca 2 – 3 px. Ostrost a kontrastnost projevu hraje důležitou roli ani ne tak pro vlastní identifikaci drenážních rýh, ale zejména pro jejich následné přesné

vytyčení v terénu. Z tohoto důvodu se i vektorizované linie mírně liší v jednotlivých termínech právě v závislosti na kvalitě identifikovaného projevu z rastrového snímku.

Plošný rozsah neevidovaných staveb není vůbec zanedbatelný (opakovaně dokladováno a prezentováno v průběžně dosahovaných výsledcích). V rámci portálu LPIS se jedná o závazný podklad, který se promítá i do čerpání dotačních titulů a limitů zemědělské praxe. Příslib zahrnutí mapových vrstev, resp. geodatabází, vytvořených v rámci řešení projektu s identifikovanými DS, případně se získanou a georeferencovanou projektovou dokumentací, do portálu LPIS zatím nebyl naplněn. Implementací výsledků do portálu LPIS by byl nejen naplněn plánovaný cíl celého řešení projektu, ale zejména by byla zaručena prakticky jediná smysluplná aplikace dosažených výsledků v praxi. Z principu celé metody identifikace je její účelné využívání možné prakticky pouze v digitální podobě a se zdrojovými daty tak, aby si každý uživatel, projektant, státní správa atd. mohl vybrat informace podle konkrétního účelu (rastr, vektor, vhodný termín snímku, požadovaný porost atd.).

O to víc je žádoucí, aby tyto informace byly součástí již fungujícího a obecně známého a používaného informačního systému, jakým LPIS je, a který představuje komplexní portál informací o zemědělské půdě, dostupný ve svém veřejném modu širokému spektru uživatelů, resp. komukoliv, což pro implementaci a rozšíření povědomí o možnostech aplikace metod DPZ je velmi důležité. I pro ZDV Mrákotín, coby spoluřešitele a hlavního uživatele mapových výstupů, je prakticky jediný možný způsob používání pořízených dat a zpracovaných výsledků v portálu LPIS. V analogové podobě je informační hodnota těchto dat zcela mizivá a pro práci v digitální podobě je nutný speciální SW (GIS), jehož použití běžnými uživateli je prakticky nereálné.

Navíc při stále se zvětšujícím objemu dostupných archivních leteckých měřických snímků, které jsou digitalizovány a postupně zveřejňovány na stránkách ČÚZK by řada uživatelů mohla s těmito daty pro účely nakládání se stavbami odvodnění pracovat. K tomu je ovšem nezbytné, aby měli možnost seznámit se se způsobem jejich použití, k čemuž by měly sloužit výsledky řešeného projektu, zveřejněné v portálu LPIS. Modelové lokality projektu by měly sloužit jako vzor s ukázkou typů vizualizace DS na různých typech snímků a na jejich základě zpracovaných mapových vrstev, ať již v podobě linií drénů nebo polygonů s identifikovaným odvodněním. Zároveň by tato data měla přispět i ke zpřesnění stávající evidence, a tím i ke snahám zajistit si spolehlivější podklad, než je tato evidence.

Uplatnění - voda v krajině, OPŽP

– zejména specifický cíl 4.3 Aktivity spojené s vodním prostředím

Vytváření a obnova vodních prvků v krajině s ekostabilizační funkcí (např. tůň, mokřady, slepá ramena a malé vodní nádrže), revitalizace, podpora samovolné renaturace vodních toků, podpora opatření zamezující vodní erozi.

Pro realizaci všech těchto opatření je nezbytné rozlišovat a respektovat pozemky, na nichž je vybudována stavba odvodnění a zahrnout ji při projektování těchto opatření do cílového a požadovaného stavu. K tomu je nezbytné mít adekvátní a dostupný podklad o umístění podpovrchových systémů v krajině.

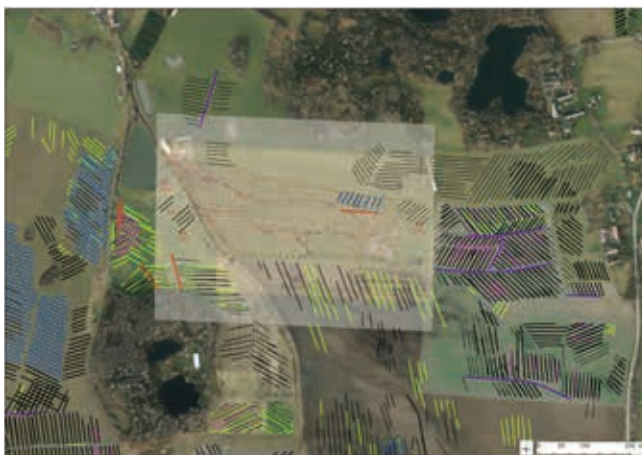
Jedná se o další oblast pro aplikaci metody identifikace drenážních systémů DPZ i pro aplikaci snímkování RPAS obecně pro tyto účely, tzn. zajištění aktuálních dat o plošném odvodnění, ale i pořizování dat pro stanovení plochy, hloubky, výpočet kubatur vytěžené zeminy za účelem kontroly realizace a čerpání dotačních titulů např. na budování malých vodních nádrží.

V rámci těchto opatření je třeba:

- zohlednit existenci DS a zajistit podklady o nich
- majitel pozemku (a stavby odvodnění) by měl mít možnost volby – oprava nebo vybudování mokřadu, rybníku, tůně atd. dle konkrétního území a preferovaných zájmů v něm (intenzivně zemědělsky využívaná půda x ZCHÚ apod.)
- alokace dotačních prostředků by měla probíhat dvěma způsoby: podpora mimoprodukčních a ekostabilizačních funkcí využití, případně eliminace DS (v gesci MŽP) a podpora produkčních funkcí, tzn. oprav a rekonstrukcí DS v místech produkčního zemědělství (v gesci MZe)
- obdobně je třeba diferencovat zakládání mokřadů (malých vodních nádrží) na odvodněné, resp. neodvodněné ploše
- mokřady na DS jsou dotované drenážní vodou – nutné počítat s rozdílnou jakostí drenážních vod – není problém, pokud je nad DS extenzivně obhospodařovaná plocha (pastvina, ttp), z intenzivně obhospodařované plochy (orná půda) je díky vyššímu zatížení chemickými přípravky i horší kvalita vody, která následně ovlivní biodiverzitu mokřadu i v něm probíhající procesy
- mokřady budované na drenážním systému musí mít technická opatření pro manipulaci s vodou (např. bezpečnostní přepad, možnost regulace), aby nepřetékaly, případně nedocházelo k zamokřování sousedních ploch nežádoucím způsobem. Rovněž je třeba navrhnout dostatečnou hloubku bránící jejich vyschnutí, degradaci a jejich „odvodnění“ v důsledku hydraulického působení drénů



Obr. 95 – ukázka 4 mokřadů a rybníka vybudovaných na ploše odvodněné systematickou drenáží se zohledněním její existence a přizpůsobení stavby mokřadů faktu, že jsou dotovány drenážní vodou a nejedná se o přirozené mokřady. Snímek (1. 6. 2014) rovněž dokládá různý spektrální projev každého mokřadu, což souvisí s různými vlastnostmi vod, kterými jsou napájeny (přítok z plochy ttp nebo intenzivně obhospodařované orné půdy)



Obr. 97 – umístění mokřadů se zákresem vektorizovaných linií drénů z různých termínů snímkování a s podkladem původní projektové dokumentace s jednoznačným umístěním mokřadu na DS



Obr. 96 – ukázka spektrálního projevu na snímku 30. 9. 2014

Obr. 98-100 ukázky mapových výstupů pro Městský úřad Hlinsko jako podklad pro rozhodnutí o založení mokřadu.

Na Obr. 99 je projekt stavby odvodnění, dotčené plánovaným záměrem se zákresem linií DS identifikovaných ze snímků pořízených během řešení projektu.

Na Obr. 100 potom detail stavby s geodeticky zaměřenými body plánovaného mokřadu v terénu na pozadí katastrální mapy opět s liniemi svodných a sběrných drénů vektorizovaných ze snímků.

A na Obr. 98 potom projekt pro vlastní realizaci, zpracovaný na základě předchozích podkladů o DS na dotčeném pozemku (původní projektová dokumentace korigovaná identifikovaným DS pomocí metody DPZ).



Obr. 98 – detail projektu se zákresem mokřadu pro realizaci – umístění mezi dvěma svodnými drény (pro zachování jejich funkčnosti), eliminace sběrného drénu – stavbou mokřadu nebude dotčena funkce DS a ovlivněno hospodaření na dotčeném pozemku. Finální projekt pro vlastní realizaci, zpracovaný na základě předchozích podkladů o DS na dotčeném pozemku (původní projektová dokumentace korigovaná identifikovaným DS pomocí metody DPZ).



Trend zakládání mokřadů zažívá v současnosti doslova boom a zmínění souvislostí s existencí drenážního odvodnění je zcela nezbytné. Bohužel bez znalosti těchto souvislostí dochází často k živelnému přístupu k tomuto tématu tak, že každý „bažák“ na poli je pasován do kategorie mokřad. Přičemž často je popírána souvislost s přítomností stavby odvodnění a jejího zohlednění, ačkoliv je doloženo mapováním zamokřených míst, že cca 75 – 90% identifikovaných, a v terénu zjištěných míst zamokření, má přímou souvislost s přítomností a změněnou funkcí DS.

Při zakládání mokřadů na odvodněné ploše je třeba si uvědomit, že se nejedná o přirozený mokřad, že jeho založením nesmí být znehodnocena nejen samotná stavba odvodnění, ale i pozemky, které jsou jí dotčeny. A že tato stavba i plánovaný mokřad musí být řešeny jako celek, včetně dotace mokřadu drenážní vodou, a to i z hlediska její jakosti. Tyto všechny souvislosti momentálně nejsou vyřešeny a i v této oblasti se přítomnost zkolaudované vodohospodářské stavby zlehčuje a v podstatě ignoruje. Do velké míry k tomu opět přispívá absence relevantních podkladů, které, jak je zde právě prezentováno, však lze získat a adekvátně použít. V souvislosti s mokřady je samozřejmě velmi pozitivní jejich zařazení mezi krajinné prvky dle LPIS. Méně pozitivní je zpracovaná metodika vymezování krajinného prvku „mokřad“ (2016), která je v částech týkajících se vymezování mokřadů v místech porušených odvodňovacích zařízení v rozporu s vodním zákonem. Na tuto skutečnost bylo MZe i MŽP upozorněno a probíhá revize této metodiky. Opět to dokladuje obecnou neinformovanost a neznalost možností, jak získat podklady o stavbách odvodnění a jak je zakomponovat do metodické i projektové činnosti.

Bohužel obdobná situace se všemi negativními důsledky je i v případě ploch s rychle rostoucími dřevinami, které jsou dle nařízení vlády 307/2014 Sb. mezi ekologicky významné prvky (dle LPIS) zařazeny. O pozitivním ekologickém přínosu plantáží rychle rostoucích dřevin lze minimálně polemizovat. O nevratných důsledcích jejich zcela samozřejmého zakládání na odvodněných plochách je polemika bezpředmětná.

Uplatnění - komplexní pozemkové úpravy

Aplikace metody distančního snímkování s využitím především bezpilotních leteckých prostředků (RPAS) za účelem aktualizace dat o vodohospodářských stavbách – zde zejména plošném drenážním odvodnění ve vazbě na realizaci PÚ a správu a údržbu HOZ.

Možnost operativního použití různých prostředků a senzorů podle konkrétních podmínek a požadavků, a tomu odpovídající variabilita výstupů, využitelných při zpracování a realizaci KoPÚ:

- Aktuální ortofotomapa lokality
- Digitální model povrchu lokality (bodové mračno, trojúhelníková síť, seznam souřadnic) – možnosti využití pro analýzy viditelnosti, vrstevnicové modely, záplavové čáry
- DEM – Digitální model reliéfu, 3D model
- Digitální mapy a výkresy (vektORIZOVANÉ liniové stavby (komunikace, linie drenáží atd.), technická mapa) – možnosti využití pro pasportizace, náhrada (do jisté míry) geodetického měření /*
- Výpočty objemů (zabahnění rybníků, kubatury zemin - náspy, skládky)
- Letecké fotografie kolmé a pod úhlem
-

/* přesnost je vždy závislá na zvoleném obrazovém rozlišení: polohová přesnost odpovídá většinou 1,5-2 násobku rozlišení, výšková 2-4 násobku rozlišení v závislosti na zaměření vlíčovacích bodů a členitosti terénu, tzn. pro orta v rozlišení 5 cm/px, což je přiměřené pro pozemkové úpravy, je splněna bývalá 3. třída přesnosti (bod určený se střední souřadnicovou chybou 0,14 m).

- Primární zdroj dat pro identifikaci podpovrchových drenážních systémů a následné zaměření v terénu
- Temporální snímkování za účelem monitoringu a identifikace např. zamokřených míst, realizace stavebních prací a dílčích opatření, srovnávací analýzy apod.
- Identifikace VKP (dle zákona 114/92 Sb. v platném znění), resp. EVP (dle LPIS), resp. rozbor současného stavu zajištěním zcela aktuálních podkladů

Metodu distančního snímkování lze využít ve všech fázích procesu pozemkových úprav: přípravné, návrhové práce, vyhodnocení stavu před a po realizaci, monitoring a vyhodnocení realizovaných opatření.

Data prezentovaná v metodice byla pořízena a zpracována pro výzkumné účely za účelem jejich aplikace v praxi. Zakomponování těchto dat do procesu KoPÚ by znamenal zcela zásadní posun v možnostech návrhů opatření, dokumentace i zpracování mapového díla řešení KoPÚ ve všech souvislostech a zejména s přihlédnutím k hydrologické složce řešeného území. KoPÚ dává možnost připravit kvalitní projekt, který by zohlednil i odvodnění odpovídajícím způsobem, což se bohužel zatím moc nedaří.

Doposud nebyly stavby odvodnění, resp. POZ, náležitě při zpracování KoPÚ řešeny, ačkoliv prakticky v celé škále standardně realizovaných opatření se jedná o dotčení těchto staveb. S využitím výše uvedených podkladů lze v konkrétní části řešeného území řešit konkrétní typ opatření s minimalizováním nežádoucích následků nesprávného nakládání s existujícími stavbami odvodnění, včetně jejich poškození, ke kterému nezřídka dochází. Zejména je důležité respektovat nebo vhodně vyřešit zaústění drenážních systémů do recipientů, tzn. zajistit odvod vody z pozemků, aby nedocházelo k jejich zamokřování. Zároveň je třeba předejít negativnímu ovlivnění realizovaných opatření, a tím i zmaření celé investice, ke kterému by v důsledku nezohlednění přítomnosti stavby odvodnění mohlo dojít a také velmi často dochází.

Kromě plošného odvodnění (POZ) je třeba v rámci KoPÚ respektovat HOZ, resp. drobné vodní toky, a to jak z hlediska funkce (recipient drenážních vod z POZ, biokoridor, VKP apod.), tak v rovině majetko-právní, vyrovnáním vlastnictví pozemků.

Sounáležitost POZ a HOZ by měla být právě KoPÚ vyřešena a uspořádána tak, aby byl skutečně naplněn účel a smysl pozemkových úprav, které ze zákona mají.

10. Legislativní rámec

Dle úpravy legislativy po roce 1989 (zejména dle § 14 a 15 Zák. č. 229/1991 Sb., dle § 126 odst. 3 Zák. č. 254/2001 Sb., dle § 506 Zák. č. 89/2012 Sb.) patří fyzicky podrobné odvodňovací zařízení (POZ) vlastníkově pozemku. Vlastník pozemku měl možnost si u správce archivu (bývalá Zemědělská vodohospodářská správa) vyžádat a převzít příslušnou projektovou dokumentaci. V praxi k tomu však zpravidla nedocházelo a v současnosti jsou, v důsledku dalších reorganizačních změn, archivy již neúplné a dostupnost původní dokumentace značně komplikovaná a omezená. Zemědělská vodohospodářská správa byla zrušena ke dni 30. 6. 2012. Správu hlavních odvodňovacích zařízení (HOZ) od 1. 7. 2012 vykonával Pozemkový fond, který převzal působnost ZVHS v agendě plnění úkolů ve veřejné správě v oblastech upravených zejména stavebním a vodním zákonem, a je příslušný hospodařit s majetkem státu (vodních nádrží, čerpacích stanic a liniových HOZ).

Převážná část staveb odvodnění nerespektuje členění parcel dle vlastnických vztahů a není evidována v katastru nemovitostí.

Značná část uživatelů odvodněných pozemků není současně jejich vlastníkem, ale pouze nájemcem. To snižuje motivaci k investicím do údržby a oprav těchto staveb i k dodržování provozních pravidel. Systémy zemědělského odvodnění jsou vodohospodářskými stavbami podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách i podle zákona č. 183/2006 Sb, o územním plánování a stavebním řádu.

Navíc recipient (drobný vodní tok, HMZ/HOZ), do kterého je POZ zaústěné, má různé správce (SPÚ, Povodí, Lesy ČR) a vlastníkem je zpravidla stát. Přitom stav těchto recipientů a zajištění odtoku drenážních vod z POZ, přímo ovlivňuje stav odvodněného pozemku (zejména jeho zamokřování). Absence údržby recipientu se tudíž projevuje na zhoršování funkce i stavu POZ. Složitě majetkoprávní vztahy k uceleným systémům (POZ+HOZ), které nebyly legislativně dořešeny v souladu se změnami po r. 1989, i častá neznalost umístění podzemních objektů stavby odvodnění na pozemku, a dále absence relevantních podkladů, komplikuje veškeré nakládání s nimi v souladu s jejich statutem zkolaudované vodohospodářské stavby podle vodního zákona.

Znalost reálné polohy drenážního systému v terénu je nezbytným podkladem pro evidenci systémů odvodnění, srovnatelnou s ostatními inženýrskými sítěmi a stavbami, které jsou v krajině respektovány a zohledňovány.

- POZ není v KN, ačkoliv vlastník pozemku je zároveň vlastníkem této stavby (stát nezajistil řádné předání projektové dokumentace při převodu na vlastníka pozemku)
- KoPÚ – vytvářejí nové pozemky, k nimž se uspořádávají vlastnická práva a věcná břemena, opět bez adekvátního a korektního vypořádání s existencí POZ na pozemku
- POZ v soukromém vlastnictví je neoddělitelné od HOZ ve státním vlastnictví, většinou správa SPÚ
- Voda v krajině - POZ v ploše (cca 1/3 zemědělské půdy ČR) velmi významně ovlivňuje srážkoodtokové poměry, retenci vody i všechny s tím související procesy:
 - eroze, distribuce živin a chemikálií, kvantitativní i kvalitativní půdní ukazatele
 - opět bez odpovídajícího zakotvení v DZES, PPH, LFA atd.
- Veškeré nakládání s POZ se děje nad neúplnými, zavádějícími a nepřesnými podklady – vrstva Meliorace v LPIS, která je závazná – vazba na dotace a sankce!
- Nenaplnil se předpoklad **útlumu funkce** POZ přirozeným stárnutím a nelze nadále jejich vliv na zhodnocení, resp. znehodnocování pozemku ignorovat
- Na údržbu POZ nebyly po roce 2007 MZE vypsány žádné dotační tituly
- Chybí koncepční přístup a garant řešení této problematiky
- Nedodržuje se (za tohoto stavu ani nelze dodržet) platná legislativa

Z toho vyplývají zásadní argumenty, proč tuto problematiku dále řešit a usilovat o adekvátní přístup k ní.

10.1 Související právní předpisy a normy

Zákon č. 195/1993 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník

Zákon č. 256/2013 Sb. o katastru nemovitostí (katastrální zákon)

Zákon ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů
 Zákon ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivu na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a změně zákona č. 229/1991 Sb. o úpravě vlastnických vztahů, ve znění pozdějších předpisů
 Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon)
 Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 225/2002 Sb., o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně
 Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb.
 Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánované dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti, ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška č. 13/2014 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav
 Nařízení vlády č. 307/2014 Sb. o stanovení podrobností evidence využití půdy podle užívatelských vztahů
 ČSN 75 0140 – Meliorace – Terminologie eroze, hydromeliorace a rekultivace půdy
 ČSN 75 4100 – Průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách – Základní ustanovení
 ČSN 75 4200 – Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním

ČSN 75 4210 – Hydromeliorace – Odvodňovací kanály
ČSN 75 4306 – Hydromeliorace – Závlahové potrubí a trubní sítě
ČSN 01 3473 Výkresy inženýrských staveb – Výkresy hydromeliorací
ČSN 75 4030 – Křížení a souběhy melioračních zařízení s dráhami, pozemními komunikacemi a vedeními
TNV 75 4922 – Údržba odvodňovacích zařízení
TNV 75 2102 Úpravy potoků
TNV 75 2103 Úpravy řek
TNV 75 2303 Jezy a stupně
TNV 75 2401 Vodní nádrže a zdrže
TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích
TNV 75 2920 Provozní řady hydrotechnických vodních děl

10.2 Legislativa provozu dálkově pilotovaných (bez-pilotních) leteckých prostředků v České republice

Jakékoli civilní využívání vzdušného prostoru a provoz letadel podléhá v ČR zákonu č. 49/1997 Sb. o civilním letectví

Dne 1. března 2012 vešel v platnost Doplněk X předpisu L2 dle ustanovení § 102 odst. 2 zákona o civilním letectví, který již zavedl pojem „bezpilotní letadlo“, pro jehož provoz stanovil podmínky přibližující se ke zvyklostem v pilotovaném letectví a velmi striktně tak rozdělil modelářské aktivity od komerčního využití dálkově ovládaných strojů.

Doplněk X:

<http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>

Mapa rozdělení vzdušného prostoru:

<http://aisview.rlp.cz/>

Secke k UAV na stránkách Úřadu pro civilní letectví:

<http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube>

Evidence subjektů s povolením k poskytování leteckých prací:

<http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/evidence>

Zákon na ochranu osobních údajů – Stanovisko č.01/2013:

<http://www.caa.cz/stanovisko-uradu-na-ochranu-osobnich-udaju-k-provozu>

Podmínky k provozování komerčních leteckých prací UAV v ČR:

- Pojištění UAV
- Přidělená registrační značka UAV (OK-XXXX)
- Teoretické a praktické zkoušky pro dané UAV každého pilota (provádí Úřad pro civilní letectví)
- Platné povolení k létání pro každé UAV
- Schválená letecká příručka od ÚCL
- Platné povolení k leteckým pracím
-

V povolení leteckých prací jsou uvedena UAV, která mají tato povolení komerčního provozu a do kdy je povolení platné (prodlužuje se na základě doložení letových deníků registrovaných pilotů a správních poplatků).

V povolení k létání daného UAV je vždy seznam evidovaných a přezkoušených pilotů, nikdo jiný nesmí dané UAV ovládat. Povolení k létání je také časově omezené a prodloužení provádí jako všechny úkony Úřad pro civilní letectví.

11. Rešerše literatury

Problematicke identifikace drenáží byla v České republice věnována pozornost již v 80. a 90. letech 20. století, odpovídající tehdejšími potřebami i stupni rozvoje a uplatnění metod DPZ ve výzkumu a zemědělské praxi - viz studie VÚZPP Praha - 19 nebo experimentální průzkumy členů řešitelského týmu „VODA“ v programu MCKP - Interkosmos (AF VŠZ Praha, VÚRV Bezno, ŠMS Bratislava - 28). Na ně pak počátkem 21. století navazovaly intenzivní cílené výzkumně aplikační aktivity resortních a akademických pracovišť České republiky (VÚMOP Praha, ZVHS Brno, ÚEK AVČR České Budějovice aj.), zaměřené na tvorbu a využívání informačního systému hydromelioračních staveb, včetně detekce podpovrchových drenážních objektů pomocí DPZ.

Do souborné literární rešerše při analýze stávajících distančních postupů identifikace drenáží jsou přitom zahrnuty jak prvotní iniciativy a poznatky (starší údaje z archivních zdrojů), tak účelové informace a zkušenosti, získané členy multidisciplinárního týmu řešitelů z navazujících tematických projektů (NAZV MZe - QC 1294, 2001-2002 a QF 3095, 2003-2006 - viz 13, 14, 29, 30).

Dostupných kvalitních publikačních prací, které by se systematicky a v adekvátní šíři zabývaly zmíněnou interpretační problematikou je poměrně velmi málo, a to jak v domácím, tak evropském i celosvětovém kontextu.

Je to dáno zřejmě jistou „okrajovostí“ a specifičností tohoto tématu, bezprostředně vázaného na samotný výskyt, stáří a typ sledovaných hydromelioračních objektů, realizovaných v zemědělském hospodaření a vodohospodářské praxi jednotlivých států. Masivní rozvoj a budování odvodňovacích a závlahových melioračních systémů probíhalo v minulém století především ve středo- a východoevropských zemích bývalého socialistického bloku, kde podmínky kolektivizovaného zemědělství a státní direktiva umožňovaly řízené celoplošné nasazení, výstavbu a rozvoj těchto drenážních systémů v krajině. V zemích s vysoce diferencovaným, intenzivním zemědělstvím tradičního středoevropského produkčního typu (jako je Německo, Rakousko, Švýcarsko a další v návaznosti na geografické poměry a převažující typy zemědělského hospodaření) je problematika drenáží a jejich detekce sice známa, ale není jí v současnosti až na výjimky přikládána prioritní důležitost. Ve fungujících systémech stabilizovaného intenzivního hospodaření na maloplošných soukromých pozemcích (často směřovaných k „preciznímu zemědělství“), s jinými způsoby odvodnění a závlah (s přesnou a kvalitní dochovanou evidencí

o hydromelioračních stavbách) a odlišnou správně legislativní praxí postrádá totiž tato praktická potřeba správné lokalizace a dodatečné revize hydromelioračních staveb na svém významu.

Převážná většina elektronicky evidovaných a dostupných literárních zdrojů se zabývá identifikací podpovrchových drenáží pouze okrajově, nesystémově nebo v poněkud odlišných praktických souvislostech, nekorespondujících přímo s potřebami řešeného projektu.

Vyhodnocené tematické informační zdroje a poznatky lze rozdělit do těchto kategorií:

- publikace a scripta o metodách DPZ, které v obecné rovině nebo jen velmi stručně informují o možnostech, principech a způsobech identifikace meliorací z materiálů DPZ (např. 1, 9)

- rozsáhlejší resortní zprávy - studie, oborové metodiky či přehledy (s částečně využitelnými konkrétními doporučeními a příklady, někdy však až příliš zjednodušenými nebo naopak úzce odvětvově orientovanými, resp. komerčně limitovanými přístupy)

- vědecké, výzkumně aplikační a realizační projekty různých institucí
- oborové disertační a diplomové práce, specializované publikace
- ostatní informační zdroje a prezentace (např. internetové stránky pro osvětu a výuku).

Tematicky jsou jednotlivé hodnocené disponibilní práce o detekcích drenáží zaměřeny na dílčí problémové otázky - např. na způsoby a regionální uplatnění distančního monitoringu (17), specifické senzory a druhy dat (18) nebo účelové technologie postprocessingu získaných obrazových dat v prostředí GIS (automatizovaná delineace zobrazených drenážních sítí - digitální obrazová analýza a filtrace - 16). Přitom popisovaná identifikace drenážních systémů probíhá často pouze mechanicky, náhodně nebo jen s pouhým konstatováním „výskytu“ daného fenoménu na snímcích - tj. neúplně, bez bližšího vysvětlení, odhalení a systematického zdůvodnění příčin, podstaty a charakteristických projevů jejich zobrazení na analyzovaných materiálech DPZ.

Naopak informačně podnětnou a perspektivní pro vlastní řešení projektu (volbu, konfrontaci a diskusi uplatněných postupů, poznatků a závěrů) je vazba na „leteckou archeologii“ (metodicky obdobná tematika nepřímých indikací podpovrchových objektů - 6, 7 a 8), paleohydrografii (5) nebo indikační geologické, resp. geobotanické detekční metody (21, 22).

Systémy podpovrchového odvodnění lze totiž na snímcích DPZ identifikovat prostřednictvím vizuálního projevu souboru kritérií (přímých a nepřímých

interpretačních znaků na základě geo- a bioindikací), reflektujících charakteristické vlastnosti daného přírodního prostředí (morfologie terénu, geologické a půdní poměry, hydrologické poměry, vegetační pokryv aj.), agrotechnické způsoby hospodaření a charakter použitého distančního záznamu (typ snímku, měřítko, termín snímkování apod.).

Poměrně dobře použitelné jsou také obsáhlé tematické poznatky z typově shodných zemědělských oblastí Slovenska, Maďarska a Polska (např. 20). Další využitelné zahraniční informační zdroje jsou orientovány hlavně na střeoevropskou oblast (Rakousko, Německo - 1), USA nebo Japonsko. Ostatní domácí a slovenské tematické zdroje informací se odkazují zpravidla na starší prezentované výsledky dílčích výzkumných aktivit několika specializovaných oborových pracovišť, které se v bývalém Československu danou tematikou dříve částečně zabývaly (např. SMS, VÚZORT, VŠZ FA, VÚZZP Praha, Agroprojekt, ÚVSH Bezno, ŠMS a SSDPZ VÚGK Bratislava).

Problematika přímé i nepřímé identifikace drenážních systémů pomocí DPZ není v současnosti dostatečně a v potřebné šíři objasněna. Také praktická dostupnost velmi sporých, často archivních dokumentů (se zastaralými údaji) nebo naopak nových exaktních vědeckých informací o daném tématu je dosti omezená (existuje málo dostupných kvalitních informačních zdrojů). Provedeným rešeršním rozbohem bylo doposud zjištěno pouze několik ucelených a dobře použitelných informačních podkladů - tj. odborných prací, které se dané problematice věnují komplexněji a podrobněji v souladu s potřebami daného projektu (s uvážením všech souvislostí a faktorů, ovlivňujících finální zobrazení detekovaných fenoménů a jejich charakteristické projevy na interpretovaných snímcích).

Stěžejními informačními zdroji pro řešení daného tématu jsou tak především předchozí specializované tematické práce (publikace, poster a výzkumné zprávy) řešitelského kolektivu z pracovišť VÚMOP Praha, ZVHS Brno, ÚEK AV ČR České Budějovice a dalších, realizované při tvorbě informačního systému hydromelioračních staveb, sestavení regionálního atlasu odvodnění nebo racionalizaci využívání, údržby a oprav odvodňovacích staveb (viz 2 - 4, 10 - 15, 23 - 26).

Z těchto tematických projektových podkladů vycházely i vlastní formulace navazujícího metodického konceptu, včetně účelové detekce stavu a funkčnosti podpovrchových drenáží pomocí technologií DPZ a GIS. Ostatní zmiňované příspěvky k uvedené problematice mají zpravidla pouze lokální charakter nebo doplňkový význam.

11.1 Literární zdroje k řešení

1. BONAUI, U., REINHOLD, A., (Ed.): Geofernerkundung. 11. Lehrheft: Anwendung in der Landwirtschaft (Pflanzenproduktion und Melioration). Dresden, Zentralstelle für Hochschulforschung des Ministerium für Hochschule und Fachschulwesen, 1984, 40 S.
2. EICHLER, J., BUREŠOVÁ, Z., ČMELÍK, M., KULHAVÝ, Z., SOUKUP, M., TLA-PÁKOVÁ, L.: Využití GIS v oblasti meliorací : věda – výzkum – aplikace. Konference Informační systémy v zemědělství a lesnictví, ARCDATA Praha, Praha, 16.-17.5.2006.
3. EICHLER J., KULHAVÝ Z., ČMELÍK M., PRAŽÁK P., BUREŠOVÁ Z., ŽALOU-DÍK J.: Využití leteckých snímků k identifikaci hydromelioračních staveb, Využití aparatury GPS při stanovení rozvodnice malého povodí a porovnání s podklady vodohospodářských map. Sborník workshopu 19.- 20. 9. 2002, Dolní Věstonice, 2002.
4. EICHLER, J. KULHAVÝ, Z., MAŠÍN, O., HODOVSKÝ, J., KREMLÁČEK, I., MARTINÁK, P., NAVRÁTIL, A.: Návrh informačního systému hydromelioračních staveb. GIS SEČ 2003-GIS ve veřejné správě, Seč u Chrudimi, Univerzita Pardubice, ÚHÚL Brandýs nad Labem, OGIS, CAGI, 11. - 13. 6. 2003, Sborník, s. 9.
5. FIRMANTY, J.: Próba identyfikacji elementów paleohydrograficznych na terenie Żuław Elbląskich. Identification of paleohydrographic elements on panchromatic photographs Żuław Elbląskie case. Fotointerpretacja w Geografii, Warszawa, Tom 23, 1993, s. 125-144.
6. GOJDA, M.: Letecká archeologie v Čechách, Archeologický ústav AV ČR Praha, 1997, 61s.
7. GOJDA, M. : Letecká archeologie v Čechách - principy, cíle a dosavadní výsledky v Čechách. InGIS, IT Bussiness, Speciál 1/2001, červen 2001, s. 18-21.
8. GOJDA, M., John. J. : Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech. Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat. Archeologické rozhledy, LXI-2009, Materialia, 2009, s. 467-492.
9. HÚSKA, D., TÁTOŠOVÁ, L.: Základy diaľkového prieskumu zeme. ES VŠP v Nitre, Nitra, 2003, 193 s.
10. KULHAVÝ, Z.: Hydromeliorační systémy v krajině - koncepcie Informačního systému hydromelioračních staveb. Protipovodňová prevence a krajinné plánování, Pardubice, ČSKI, ČKAIT, ZVHS, MŽP ČR, MMR ČR, MZ ČR, Univerzita Pardubice, 18. - 19. 3. 2003, Sborník, str. 101-105, ISBN 80-903258-1-5.

11. KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M. : Identifikace drenážních systémů a vymezení vazeb na vodní hospodářství krajiny. Příspěvek konference Česká krajina - střecha Evropy. ČSSI-ČSKI, ČKAIT, ZVHS, MŽP ČR, MMR ČR, MZ ČR, Univerzita Pardubice, 7.-8.10.2004, str. 91-98.
12. KULHAVÝ, Z. A KOL., 2006 : Závěrečná zpráva výzkumného projektu „Racionalizace využívání, údržby a oprav odvodňovacích staveb, NAZV ev. č. QF 3095, VÚMOP Praha, Pardubice, prosinec 2006.
13. KULHAVÝ Z., HODOVSKÝ J., ŽALOUDÍK J. A KOL. : Návrh a využití územního informačního systému hydromelioračních staveb. Závěrečná zpráva projektu Návrh a využití územního informačního systému hydromelioračních staveb, NAZV ev.č.QC1294, VÚMOP Praha, ZVHS, ÚEK AV ČR, prosinec 2002.
14. KULHAVÝ, Z. A KOL., 2006 : Závěrečná zpráva výzkumného projektu „Racionalizace využívání, údržby a oprav odvodňovacích staveb, NAZV ev. č. QF 3095, VÚMOP Praha, Pardubice, prosinec 2006.
15. KULHAVÝ Z., ŽALOUDÍK J., TLAPÁKOVÁ L., BUREŠOVÁ Z., EICHLER J., ČMELÍK M.: Identification of subsurface drainage systems by air photographs. In: Proceedings of 21st. European Regional Conference "Integrated Land and Water Management: Towards Sustainable Rural Development" (Topic 3 – Irrigation and Drainage), ICID, 15.-19.5.2005, Frankfurt, Slubice, 2005, 4 p. (poster)
16. NAZ, B.S., ALE, S., BOWLING, L.C. : Detecting subsurface drainage systems and estimating drain spacing in intensively managed agricultural landscapes. *Agricultural water management*, 96 (2009), 2009, pp. 627-637.
17. NORTHCOTT, W.J.; VERMA, A.K.; COOKE, R.A.: Mapping subsurface drainage systems using remote sensing and GIS. 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA, 9-12 July 2000, pp. 1-10.
18. SVOBODOVÁ, D.: Podklady a technika řešení drenáže. Výzkumná zpráva VE04 projektu P 06-329-813-02 „Technika a technologie rekonstrukce odvodnění“. VÚZZP Praha, 1990.
19. SWIATKIEWICZ, A.: Zdalne rozpoznawanie rolniczych sieci drenarskich za pomocą zdjęć lotniczych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawy*, No. 242, Dysertacja, 112 s.
20. ŠVOMA, J., PYŠEK, A.: Využití metod dálkového průzkumu Země při detekci znečištění horninového prostředí. *Geologický průzkum*, 28, 1986, č. 7, s. 203-205.
21. ŠVOMA, J., VČÍSLOVÁ, B.: Použití metod dálkového průzkumu Země při

- vyhledávání a ochraně podzemní vody. Geodetický a kartografický obor, Svazek 36 (78), rok 1990, s. 19-21.
22. TLAPÁKOVÁ L., KULHAVÝ Z. : Využití materiálů DPZ při sestavení atlasu drenážního odvodnění. *Vodní hospodářství*, 6 / 2009, s. 221-223,
 23. TLAPÁKOVÁ, L., KULHAVÝ, Z.: Podpora efektivního managementu drenážních systémů. In: *Meliorace v lesním hospodářství a v krajinném inženýrství*, Kostelec nad Černými lesy, 26.-27.1.2006. ČZU, VÚMOP Praha, 2006.
 24. TLAPÁKOVÁ L., KULHAVÝ Z., BUREŠOVÁ Z., 2008: Atlas drenážního odvodnění v okrese Chrudim s vyznačením ploch identifikovaných prostředky dálkového průzkumu Země. VÚMOP, v.v.i., 2008.
 25. TLAPÁKOVÁ L., BUREŠOVÁ Z., ČMELÍK M., EICHLER J., KULHAVÝ Z., ŽALOUDEK J.: Využití leteckých snímků při identifikaci drenážních systémů. In: *Sborník konference Posterové dny Bratislava, 25.11.2004, XII. posterový den s mezinárodní účastí – „Transport vody, chemikálií a energie v systémech voda - rostlina - atmosféra“*, Ústav hydrologie a Geofyzikální ústav SAV, Bratislava, 2004, s. 478-483.
 26. VERMA, A.K., COOKE, R.A., WENDTE, L.: Mapping subsurface drainage systems with color infrared aerial photographs. *AWRA Symposium on GIS and Water Resources*, Ft. Lauderdale, Florida, September 22-26, 1996.
 27. ŽALOUDEK J. : Úloha dálkového průzkumu v československé koncepci výzkumu vodní složky krajiny. In: *Sborník referátů z konference „Využití DPZ ve vodním hospodářství“*. DT ČSVTS, 30.-31.5.1990, Praha, 1990, s. 27 - 44.

Výzkumné projekty:

28. QC 1294 / 2001-2002 Návrh a využití územního informačního systému hydromelioračních staveb. (NAZV MZe, reg. č. QC 1294/2001/01, 2001-2002, navrhovatel: Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc., VÚMOP Praha; spolunavrhovatel - ÚEK AV ČR: RNDr. Jiří Žaloudík, CSc.)
29. QF 3095 / 2003-2006 Racionalizace využívání, údržby a oprav odvodňovacích staveb. (NAZV MZe, reg. č. QF 3095/2003/01, 2003-2006, navrhovatel: Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc., VÚMOP Praha, Pardubice).

12. Seznam publikací a informačních zdrojů

1. ČMELÍK M. (2015): Seriál: Vodní režim půd a možnosti jeho regulace. Údržba a opravy podrobného odvodňovacího zařízení. Úroda 63(5): 96. ISSN 0139-6013.
2. KARAS, J., 2015: Bezpilotní letecké prostředky – Nové možnosti DPZ a UAV v oblasti životního prostředí + TLAPÁKOVÁ, L., KARAS, J., 2015: S UAV pod povrch Země – Možnosti využití UAV pro identifikaci podpovrchových drenážních systémů a monitoring odvodněných ploch – poster. 4. České uživatelské forum Copernicus, 12. – 13. 5. 2015, Praha.
3. KARAS, J., TLAPÁKOVÁ, L. (2014): Bezpilotní letecké prostředky – praktické využití ve vodohospodářství, lesnictví a zemědělství. Sborník z Konference Praktické využití GIS v lesnictví a zemědělství, Mendelova Univerzita v Brně, 27. – 28. 2. 2014. + prezentace
4. KARÁSEK P., TLAPÁKOVÁ L., 2014. Velkoplošné odvodnění a historická proměna krajiny CHKO Železné hory. In Sborník konference Krajinné inženýrství. Praha: ČSKI, 22. 5. 2014, s. 205-2013. ISBN 978-80-87384-06-0
5. KARÁSEK P., TLAPÁKOVÁ L., PODHRÁZSKÁ J., 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 Accelerated Infiltration in the Protected Landscape Area Železné hory. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2015, 63(4), 1121-1131; <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201563041121>
6. KULHAVÝ Z., ČMELÍK M., TLAPÁKOVÁ L., 2015: Příklady z praxe provozu a údržby staveb zemědělského odvodnění. Příspěvek sborníku konference *Krajinné inženýrství 2015*. ČSKI, ČSSI, ČVUT v Praze, ČZU v Praze, MENDELU. Praha. ISBN 978-80-87384-07-7, str. 59-73
7. KULHAVÝ Z., ČMELÍK, M., TLAPÁKOVÁ, L., PELÍŠEK, I., ŠVIHLA, V., 2015: Zalesňování v minulosti odvodněných pozemků. Recenzovaná metodika. VÚMOP, v.v.i. 2015, ISBN 978-80-87361-38-2
8. KULHAVÝ, Z., FUČÍK, P., TLAPÁKOVÁ, L.: Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině. Metodická příručka pro žadatele OPŽP.MŽP, SFŽP Praha, 2013. ISBN: 978-80-7212-589-0 http://www.mzp.cz/cz/priode_blizka_opatreni

9. KULHAVÝ, Z., PELÍŠEK, I., TLAPÁKOVÁ, L., ČMELÍK, M.: Respektovat či ignorovat zemědělské odvodnění v říčních nivách? In: PETŘIVALSKÁ, K., PITHART, D. (eds.) (2012): Říční krajina 8. Sborník z konference. Praha : Kovalice pro řeky, Univerzita Karlova. s. 69 - 75. ISBN 978-80-87651-02-5.
10. KULHAVÝ, Z., TLAPÁKOVÁ, L., FUČÍK, P.: Změny přístupů v posuzování funkcí zemědělského odvodnění v krajině. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T., STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T. (eds.) (2012): Voda, půda a rostliny. Sborník z mezinárodní konference. Brno, Praha: ČBKS, Česká bioklimatologická společnost, ČHMÚ, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno. 13 s. ISBN 978-80-87577-17-2.
11. KULHAVÝ Z., TLAPÁKOVÁ L., ČMELÍK M., BUREŠOVÁ Z.: *Způsob zjištění drenážního systému pro jeho vytyčení v terénu*. patent 304229. ÚPV Praha 2013
12. TARANZA, J., MRÁZEK, J., TLAPÁKOVÁ, L. (2013): Identifikace drenážních systémů – výzva pro proutkaře. PSYCHOENERGETIKA I/2013, str. 12 – 15. ČS VTS Praha. ISSN 1212-3145
13. TLAPÁKOVÁ, L., 2015: Identifikace poruch drenážních systémů ve vazbě na erozní projevy. Specializovaná mapa s odborným obsahem (soubor 3 map), číslo osvědčení 2/2016-SPU/O
14. TLAPÁKOVÁ, L. (2013): Identifikace drenážních systémů – zapojení proutkařů. PSYCHOENERGETIKA II/2013, str. 18 – 20. ČS VTS Praha. ISSN 1212-3145
15. TLAPÁKOVÁ, L., 2015: Mapy identifikovaných ploch drenážního odvodnění z materiálů DPZ. Specializovaná mapa s odborným obsahem (soubor 3 map), číslo osvědčení 1/2016-SPU/O
16. TLAPÁKOVÁ L. (2015): Pomoc při údržbě drenáží. Zemědělec 23(22):15. ISSN 1211-3816.
17. TLAPÁKOVÁ, L. et al.: Redakčně upravené zprávy za jednotlivé roky řešení 2012 – 2015)
18. TLAPÁKOVÁ L. (2015): Seriál: Vodní režim půd a možnosti jeho regulace. Archivace projektové dokumentace a uplatnění dálkového průzkumu Země. Úroda 63(6): 90. ISSN 0139-6013.
19. TLAPÁKOVÁ, L., 2015: Využití UAV v zemědělství a životním prostředí. Konference UAVA. Praha, VŠE, 2015. www.uava.cz/konference
20. <https://www.youtube.com/watch?v=JbfMqh-wOQk>
21. TLAPÁKOVÁ, L., KARAS, J., 2014: Identifikace drenáží metodou DPZ, se zaměřením na UAV. Sborník příspěvků konference GIS Esri v ČR, 22. – 23. 10. 2014, ARCDATA

22. TLAPÁKOVÁ, L., KARÁSEK, P., STEJSKALOVÁ, D.: Retrospective Evaluation of the Extent and Spatial Changes of Realized Hydromelioration Systems. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2013, Vol. 22, No. 6, 1855 – 1862
23. TLAPÁKOVÁ L., PELÍŠEK I., KULHAVÝ Z., ŽALOUDEK J. (2014): Identifikace drenážních systémů pomocí dálkového průzkumu Země (úvod do problematiky). *Vodní hospodářství* 3/2014, str. 8 – 14. ISSN 1211-0760
24. TLAPÁKOVÁ L., PELÍŠEK I., KULHAVÝ Z., ŽALOUDEK J. (2013): Mohou distanční metody odhalit drenážní systémy v krajině?. *Životné prostredie* 3/2013, ročník 47, str.160 – 163. SAV Bratislava. ISSN 0044-4863
25. TLAPÁKOVÁ L., PELÍŠEK I., KULHAVÝ Z., ŽALOUDEK J., 2015: Use of Remote Sensing for Identification and Description of Subsurface Drainage System Condition. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun.* 2015, 63(5), 1587-1599; <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201563051587>
26. TLAPÁKOVÁ, L., STEJSKALOVÁ, D., KARÁSEK, P., PODHRÁZSKÁ, J. (2014): Mapa hydromelioračních staveb – zpracování projektové dokumentace staveb odvodnění a vyhodnocení informačních vrstev odvodnění, číslo osvědčení SPÚ: 10/2014
27. TLAPÁKOVÁ, L., STEJSKALOVÁ, D., KARÁSEK, P., PODHRÁZSKÁ, J. (2014): Mapa produkčních bloků orné půdy vyhodnocených dle základních charakteristik krajinné struktury ve vazbě na odvodnění, číslo osvědčení SPÚ: 11/2014
28. TLAPÁKOVÁ, L., ŽALOUDEK, J., KOLEJKA, J. (2016): Thematic survey of subsurface drainage systems in the Czech Republic. *Journal of Maps*, Volume 13, 2017 – Issue 2, 55-65
29. TNV 75 4922, 2015: Údržba odvodňovacích zařízení. Sweco Hydroprojekt, a.s., VÚMOP, v.v.i., revize 2015.
30. Reportáž ČT 18.3.2015 - Drony pomáhají s mapováním poškozených meliorací
31. <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10118379000-udalosti-v-regionech-praha/215411000140318-udalosti-v-regionech/video/388392>
32. Mladá fronta DNES 13.5.2015 – Bezpilotní letadlo nikoho nešmíruje. Hledá zapomenuté drenážní trubky http://pardubice.idnes.cz/drony-hledaji-pod-zemi-trubky-d2q-/pardubice-zpravy.aspx?c=A150513_2161950_pardubice-zpravy_jah
33. 5plus2 Pardubicko a Chrudimsko 15. 5. 2015 – Meliorace? Časovaná bomba. Dron vidí i pampelišku.
34. <http://www.5plus2.cz/default.aspx?d=15.05.2015&e=DA-PARDUBICE#strana=1>

12.1 Užitečné a související odkazy:

<http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>

<http://voda.gov.cz/portal/cz/>

<http://www.pvl.cz/spisova-a-archivni-dokumentace-zvhs>

<http://lms.cuzk.cz/lms/>

<http://www.intersucho.cz/cz/>

<http://stavsucha.cz/>

<http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/>

<http://www.nitrat.cz/>

<http://www.szif.cz/cs/szif-poskytuje>

<http://kontaminace.cenia.cz/>

www.mapy.cz

www.cepes.cz – Česká psychoenergetická společnost – telestézická indikace drenážních systémů

13. Seznam použitých zkratek

CIR	– Colour Infrared
ČÚZK	– Český úřad zeměměřický a katastrální
DPZ	– dálkový průzkum Země
DS	– drenážní systém(y)
DSM	– Digital Surface Model (digitální model povrchu)
DEM	– Digital Elevation Model (digitální model terénu)
DZES	– dobrý zemědělský a environmentální stav půdy
EVP	– ekologicky významný prvek
HMZ	– hlavní meliorační zařízení
HOZ	– hlavní odvodňovací zařízení
HS	– hyperspektrální
HW	– hardware
CHKO	– chráněná krajinná oblast
KN	– katastr nemovitostí
KoPÚ	– komplexní pozemkové úpravy
LFA	– Less Favoured Areas, česky: oblasti méně příznivé pro hospodaření
LPIS	– Land Parcel Identification System
MZe	– Ministerstvo zemědělství
MŽP	– Ministerstvo životního prostředí
OPŽP	– operační program životního prostředí (2014 – 2020)
POZ	– podrobné odvodňovací zařízení
PPH	– povinné požadavky na hospodaření
RGB	– Red Green Blue
RGBI	– Red Green Blue Infra red
RPAS	– Remotely Piloted Aircraft System
SMS	– Státní meliorační správa (po 1.1.2001 transformována na ZVHS)
SPÚ	– Státní pozemkový úřad (od 1.1.2013)
SW	– software
ÚP	– územní plánování
ÚSES	– územní systém ekologické stability
VIS	– visible (viditelné záření 400 – 720 nm)
ZCHÚ	– zvláště chráněné území
ZVHS	– Zemědělská vodohospodářská správa (2001 - 2013)

14. Summary

The methodology presents main criteria and conditions for visualization and identification of the drainage systems by means of remote sensing.

The aim of the methodology is description of the mapping process by means of the new technologies (RPAS) in order to locate drainage systems in the landscape and to put their register more precisely.

The basis aspects are focused on identification of drainage systems in various remote sensing images, description of the methodology principles, criteria determination a conditions assessment for drainage system's visualization and their function detection.

This methodology demonstrates advantages of remote sensing technologies and methods for mapping subsurface drainage systems in the landscape. It describes a method of drainage system's identification that is based on acquisition of multispectral data from several sources at various times in order to determine the relevant conditions and criteria for visualization of drainage system's features in these images. Analysis of remote sensing data is used to create thematic geodatabases and map layers of the drainage systems, locations of their damage, or local soil waterlogging, providing up-to-date and precise digital records of the condition and location of drainage systems in land parcels.

The methodology is mainly intended for public administration, landowners, farmers, developers and stakeholders.

Agisoft PhotoScan

Processing Report

08 December 2014



Survey Data

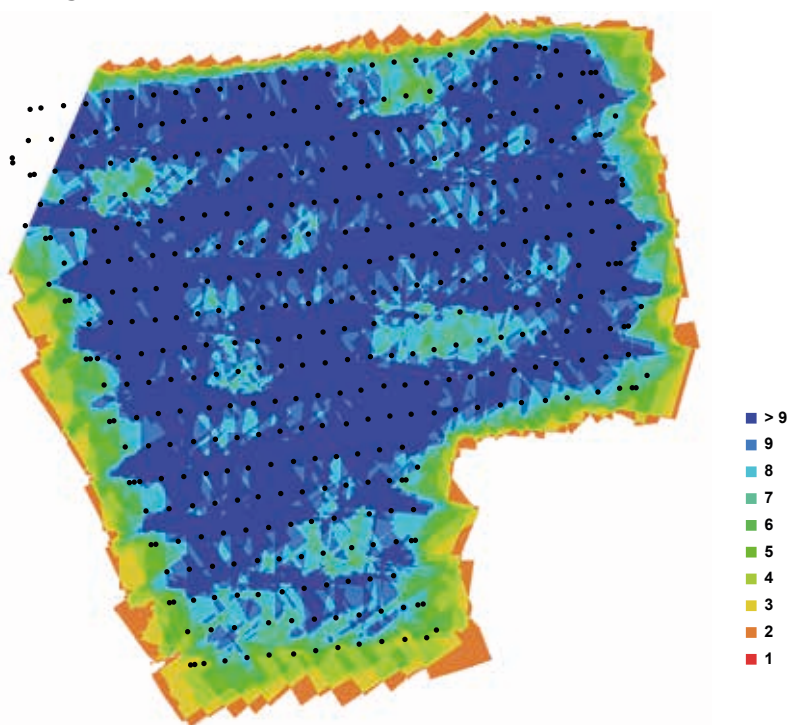


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	416	Camera stations:	416
Flying altitude:	227.142 m	Tie-points:	658452
Ground resolution:	0.0548403 m/pix	Projections:	2088571
Coverage area:	2.2494 sq km	Error:	1.0858 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
LumixGX1-Pancake14mm	4592 x 3448	14 mm	3.76742 x 3.7703 um	Yes

Table. 1. Cameras.

Camera Locations

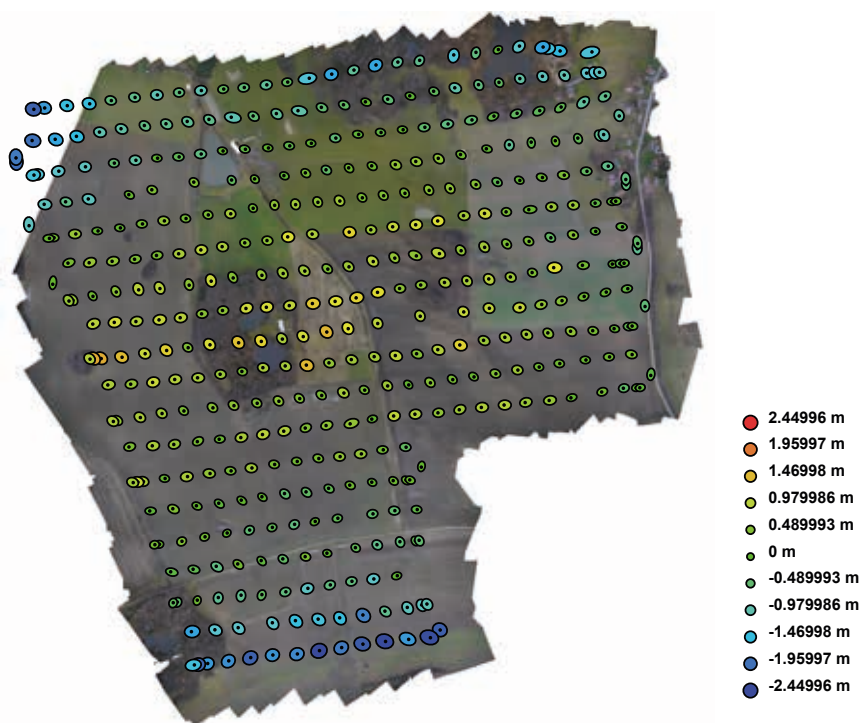


Fig. 2. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total error (m)
3.101315	1.699533	0.848495	3.636827

Table. 2. Average camera location error.

Digital Elevation Model

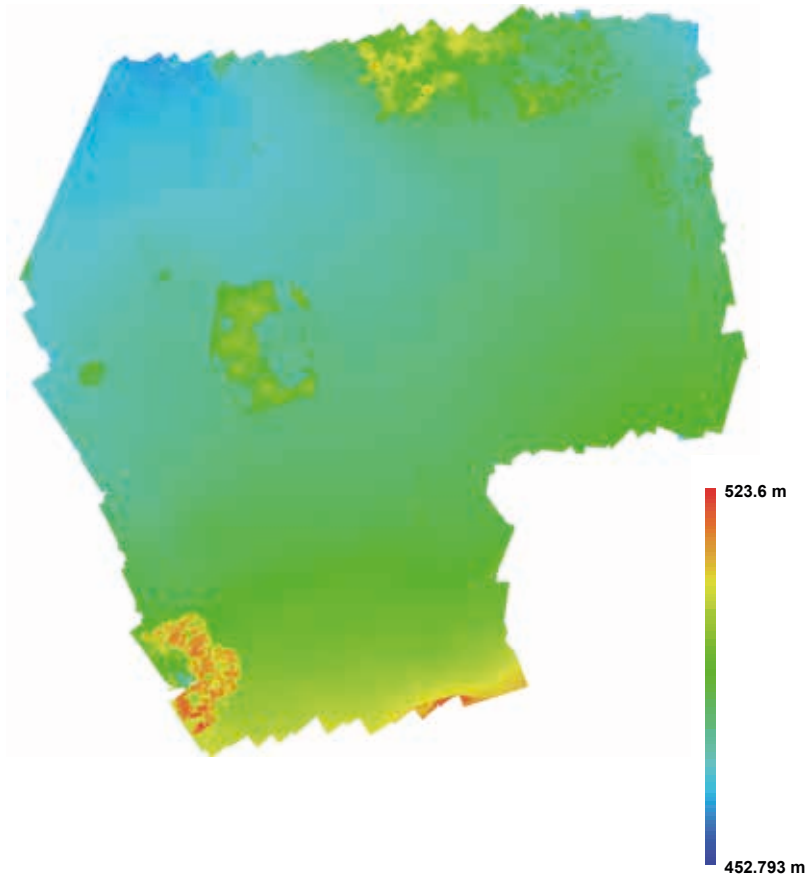


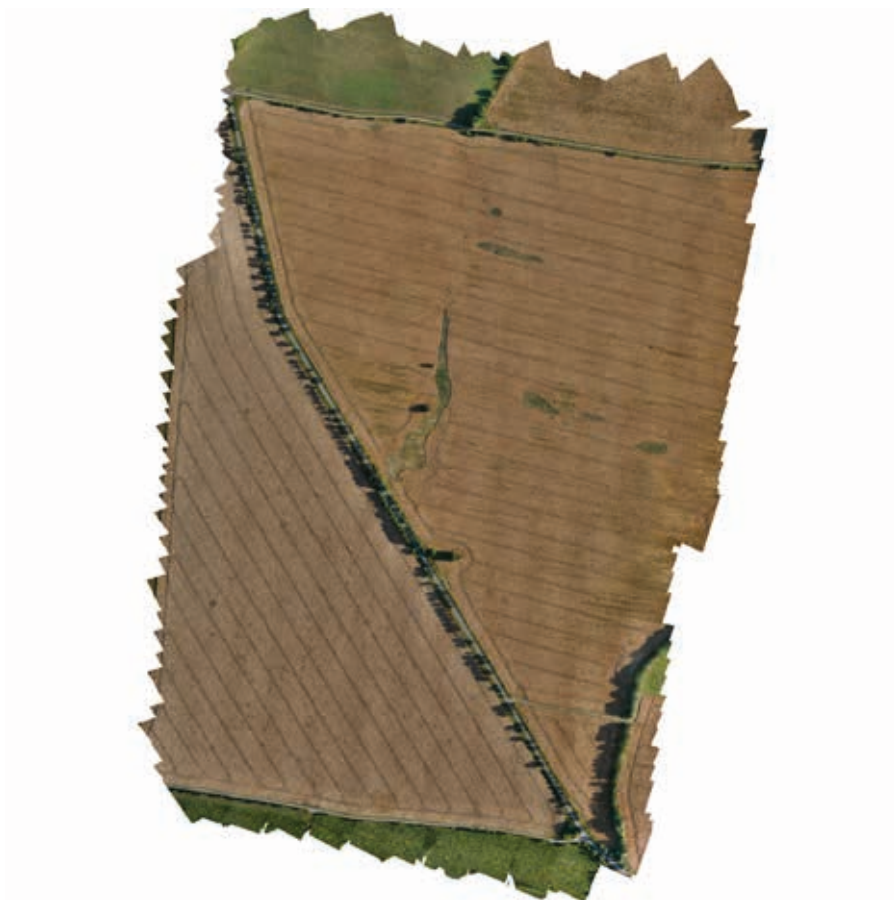
Fig. 3. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 0.219361 m/pix
Point density: 10.9375 points per sq m

Agisoft PhotoScan

Processing Report

04 August 2015



Survey Data

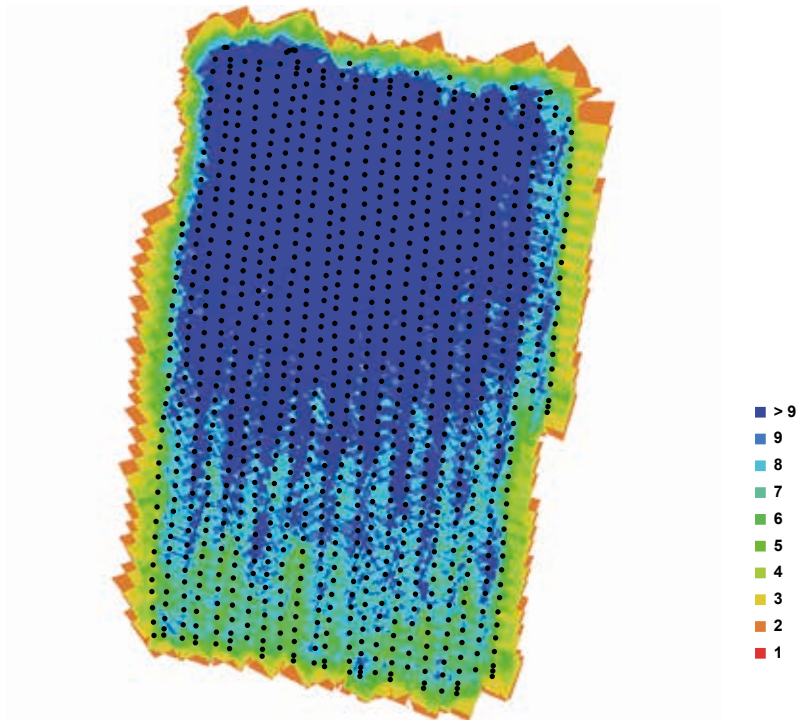


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1040	Camera stations:	1040
Flying altitude:	85.2789 m	Tie-points:	5346181
Ground resolution:	0.0206483 m/pix	Projections:	16253860
Coverage area:	0.78133 sq km	Error:	0.718925 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
LumixGX1-Pancake14mm	4592 x 3448	14 mm	3.76742 x 3.7703 um	No

Table. 1. Cameras.

Ground Control Points

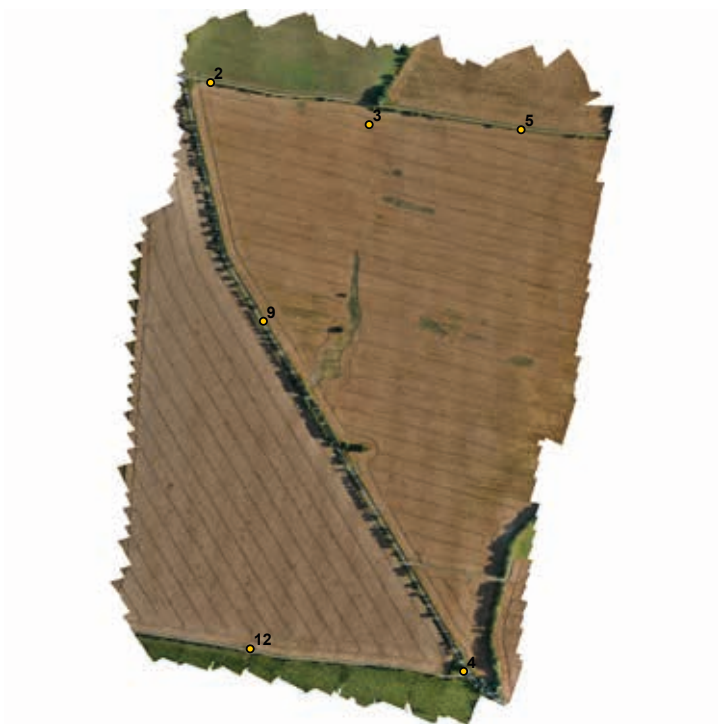


Fig. 2. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
12	-0.003563	0.000058	0.002156	0.004165	6	0.333096
2	0.004394	0.004719	-0.001884	0.006717	11	0.536606
3	-0.005368	0.003423	0.008815	0.010874	17	0.488306
4	0.000205	0.002666	0.001150	0.002910	7	0.243045
5	-0.001235	0.000780	-0.004676	0.004899	13	0.656682
9	0.007270	-0.011199	-0.006401	0.014807	10	0.692652
Total	0.004383	0.005278	0.005001	0.008490	64	0.540599

Table. 2. Control points.

Digital Elevation Model

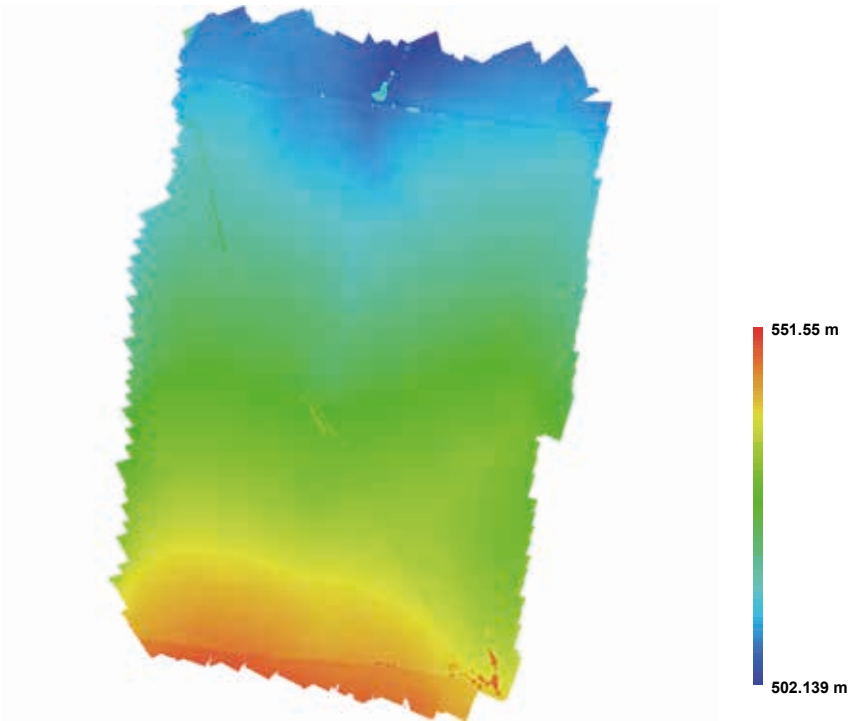


Fig. 3. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 0.0412966 m/pix
Point density: 27.253 points per sq m

Příloha 3 – Technické parametry kamery pro online monitoring

Bezpečnostní kamera AIRLIVE WN-200HD - <http://cz.airlive.com/product/WN-200HD>

- * Podporuje bezdrátové sítě 802.11b/g/n
- * Šifrování WEP/WPA/WPA2-PSK Wireless Security
- * Multiple Video Streams - H.264, Motion JPEG a MPEG-4
- * Obousměrné sudio s integrovaným mikrofonom
- * UPnP pro jednoduchou instalaci
- * Dohledový softwaer
- * Mikro SD slot pro paměťovou kartu
- * Sledování na mobilním telefonu
- * ONVIF Ready

Model: WN-200HD

- * Popis: 2.0 Mega Pixel Pasivní PoE IPCamera
- * Snímací prvek: 2 megapixelový obrazový senzor
- * Efektivních pixelů: 1600 x 1200 pixelů
- * Citlivost: 1.0V/lux-sec
- * Signálu k šumu: 42,3 dB
- * Objektiv: 4,3 mm

Video

- * Video Encoder: H.264, MPEG4 a Motion JPEG
- * Video profil: 9 Profily Současně
- * Rychlost:
 - * Až 30 snímků za sekundu @ režim 1280x720 (HD režim)
 - * Až 15 snímků 1600x1200 @ režim (2 Mega-pixel režim)
- * Nastavení obrazu:
 - * AE, AWB
 - * Snížení hluku
 - * Barvy, jas, ostrost, kontrast
 - * Mirror / Flip
 - * Masek
 - * Text, datum a čas overlay
- * Streaming: Současně Multi-streaming profil
- * Streaming přes UDP, TCP nebo HTTP
- * M-JPEG streamování přes protokol HTTP (server push)
- * Podpora 3GPP mobilního sledování (MPEG4)
- * Regulovatelný počet snímků za sekundu a šířka pásma
- * Konstantní a variabilní datový tok (H.264)
- * ROI

Audio

- * Audio Encoder: RTSP: 64kbps G.711, G.726 32kbps
- * 3GPP: AMR
- * Audio Streaming: jednosměrné nebo obousměrné
- * Mikrofon: Vestavěný mikrofon
- * Audio výstup: Nastavitelný zvukový výstup zisk

Sítě

- * Podporované protokoly: IPv4, TCP, UDP, HTTP, HTTPS, SMTP, FTP, NTP, DNS, DDNS, DHCP, dipů, ARP, Bonjour, UPnP, RTSP, RTP, RTCP, IGMP, PPPoE, 3GPP, Samba, ICMP
- * Bezpečnost: Ochrana heslem, filtrování IP adres, HTTPS šifrovaný přenos dat, přístup uživatelů log.
- * Uživatelé: 20 současných uživatelů unicast
- * Ethernet: 10/100 auto negotiation

Systémová integrace

- * Application Programming Interface: ONVIF
- * Otevřené API pro softwarovou integraci
- * SDK
- * Poruchu: Inteligentní detekce pohybu
- * Detekce pohybu: 10-zóně detekce pohybu s možností zahrnutí nebo vyloučení
- * Alarm Události: upload souboru na FTP nebo e-mailem
- * Oznámení prostřednictvím e-mailu, HTTP a TCP

- * Audio výstup varování
- * Video Buffer: Pre-a post-alarm do vyrovnávací paměti

Obecné

- * RAM: 128 MB
- * ROM: 16MB
- * Napájení: 12V DC externí napájecí adaptér
- * Podporované protokoly: 3W
- * Konektory: RJ-45 10BaseT/100BaseTX
- * DC napájecí konektor
- * Audio výstup
- * Výchozího stavu od výrobce
- * SD karta
- * Provozní teplota: 0 ° C až 40 ° C (32 ° C až 104 ° F)
- * Provozní vlhkost: 20% ~ 80% (nekondenzující)
- * Rozměry: vx š xh: 74,5 x 52,6 x 35 (mm)

Informace o systému

- * OS: Windows ? XP, Vista, 7
- * Prohlížeč: Internet Explorer 6.0 nebo novější, Firefox 2.0 nebo novější, Safari
- * Mobilní telefon: s 3GPP přehrávače
- * Video přehrávač: VLC, Quick Time, Real Player, Core Player

PARAMETRY:

- * Dle použití: Vnitřní
- * Funkce - Paměťová karta: Ano
- * Funkce - Přísvit : Ne
- * Funkce - WiFi : Ano
- * Funkce - Zoom : Ne
- * Funkce - Zvuk : Ano
- * Komprese videa: MJPEG+MPEG-4 + H,264
- * Rozlišení (pixelů): 2 Mpix
- * Rozlišení snímáče: 1600 x 1200

Příloha 4 – Telestézická indikace drenážních systémů

Z podnětu České psychoenergetické společnosti byla navázána v roce 2013 spolupráce za účelem testování možného vyhledávání drenážních systémů telestézickou indikací.

Opakovaně tak proběhla terénní šetření za účelem testování možností telestézické indikace pro identifikaci DS. Detailní popis viz Taranza et al. 2013, Tlapáková 2013.

A to zejména se zaměřením na indikaci svodných drénů na plochách s výskytem zamokřených ploch, coby důsledku změněné funkčnosti DS pro potřeby jejich oprav. Nefunkčnost DS snižuje i zprostředkování jeho projevu na snímcích pořizovaných metodami DPZ, a tím i možnosti jeho vizualizace a následné identifikace. Pro účely identifikace plošně rozsáhlých nefunkčních systémů je třeba použít kombinaci metod a dostupných podkladů (pozemní metody, původní projektová dokumentace apod.).

I v oblasti telestézické indikace se jedná o specifické zadání, na které je třeba „kalibrace“ testéťů, a to jak na vlastní objekt zájmu, tak i konkrétní lokalitu (s ohledem zejména na hydrogeologické poměry).

Na základě provedených terénních šetření lze potenciál této metody vyhodnotit následovně:

Kalibrace

Kalibrační testování probíhalo na ploše trvalých travních porostů, ke kterým jsou k dispozici detailní znalosti lokalizace i stavu drenážních systémů na této ploše.

Pro testování telestézické metody byly vytyčeny 4 transekty v různých částech louky.

Prvním krokem bylo vytyčení sběrného a svodného drénu pro „kalibraci“ všech zúčastněných proutkařů, poté již následovalo ostré testování. Lokality byly testovány v pořadí: lokalita č. 4 (v délce 50 m), lokalita č. 3, č. 1 a č. 5 (všechny v délce 100 m). (viz Obr. 4.1)

Metodika

Pracovníky VÚMOP byly vytyčeny transekty v odpovídající délce protínající kolmo sběrné drény i svodný drén. V transekttech bylo nataženo pásmo, na kterém každý z proutkařů odečítal vzdálenost v m, ve které se dle jeho indikace nalézá drén. Transekty procházel každý z proutkařů individuálně bez

Testování 25. 4. 2013, louka k.ú. Vojtěchov

počasí jasno, 19°C

dat/hod 25.4.2013/11h

lokalita

jasno

25.4.2013/12h

4 – u cesty, délka 50m

bod (m)	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3
1	6	2,7	2,6	2,7	11,3
2	15	4,6	5,6	8	24,3
3	22	7,1	9,3	13,8	41
4	28	14,7	13	17,9	
5	36	17,3	17,3	22,8	
6	45	25,9	21,7	31	
7		28,2	26,4	41,7	
8		34,3	29,7	47,2	
9		40,7	33,5		
10		43,2	37,4		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					

3 – remízek, délka 100m

VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3- rozpětí	
7	1,9	1,6	1,9	7	9
18	3,8	4,4	3,9	15	17
29	9	6,35	6,8	27	29
39	10,4	8,5	11,3	39	40
49	14,2	10,5	15,5	49	50
57	17,1	12,8	18,4	62	64
67	21,5	15,3	22	77	
78	25,5	17,3	26	89	
85	27,2	19	29,5	100	
100	30,2	21,3	33,8		
	33,4	23,5	37,2		
	36,2	25,7	41,2		
	39,4	27,5	44,3		
	41,6	29	47,7		
	43,9	30,8	54,4		
	45,8	32,5	55,5		
	49,2	34,2	61,2		
	53,4	36,2	70		
	59,5	38,4	74,5		
	60	40,3	79		
	65,5	42,2	82,6		
	69,5	44	83,5		
	74,4	45,7	88,6		
	79	47,2	93,8		
	85,5	48,3	94,5		
	88,9	49,6	97,9		
	93,2	51,2	99,9		
	97,3	53,3			
		55,2			
		57			
		58,5			
		60,1			
		61,8			
		63,4			
		64,9			
		66,3			
		67,7			
		69,2			
		70,7			
		72,2			
		73,9			
		75,6			
		77,3			
		78,9			
		80,7			
		82,4			
		84,4			
		86,1			
		87,7			
		89,5			
		90,7			
		92			
		93,3			
		94,7			
		99,4			

polojasno 25.4.2013/13:15h					polojasno 25.4.2013/14:15h				
1 – k lesu, délka 100m					5 – za potokem, délka 100m				
VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3- rozpětí	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3- rozpětí
4	4,2	3,1	5,3	5,6	3	3,9	2,1	2,5	2
14	7	14	12,4	15	11	9,2	11,3	6,5	11
25	10	24,5	16,7	24	21	17,4	20,7	10,3	20
34	14	32,8	21,4	34	31	21,5	31,1	16	30
43	14,5	34,8	26,1	42	40	27,9	40,3	20,2	39
53	21,8	40,8	32,1	54	49	33,7	49,3	23	47
64	26,4	43,9	36,7	64,6	59	40,3	55,4	27,6	58
73	29	51,6	41,4	73,4	70	46,7	65,6	32	69
81	31,3	60,3	44,6	83	80	50,7	70	36,9	78
92	35,8	73,5	50,3	92	89	57,9	78,3	41,1	89
100	40,7	80	55,9		100	65	89	43,2	99
	43,7	84,4	60,5			68,4	96,5	45,7	
	47,4	90	65,6			76,7		49,1	
	50,7	96,4	70,2			83,4		52,6	
	53,9		75,8			91,1		55,4	
	57,6		82			99,3		59,3	
	61		87,7					62,5	
	63,4		92,3					65,5	
	67,8		97,5					69	
	72,4		99,8					73,1	
	76,7							77	
	78,8							81,2	
	81,9							84,8	
	83,2							87	
	85,3							90,4	
	90,1							93,4	
	92,6							96,1	
	97,1							98,4	
	99							100,2	

legenda: absolutní shoda
 shoda s tolerancí 1,5m
85 svodný drén

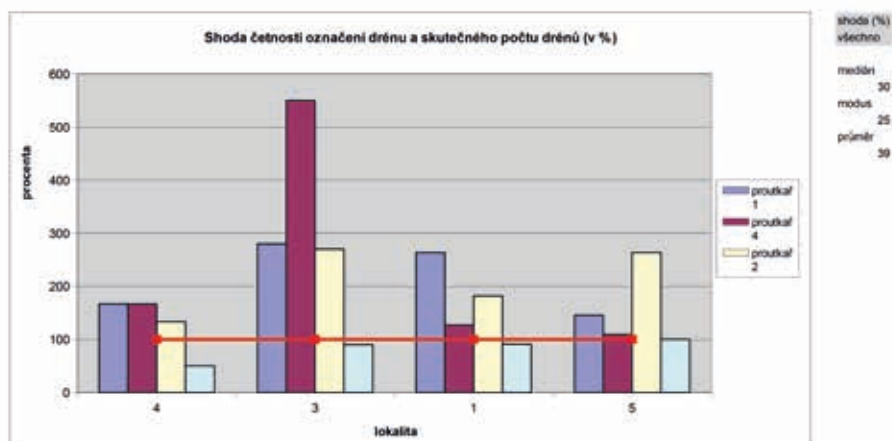
Tab. 4.1 – výsledná tabulka testování metody telestézické indikace za účelem identifikace DS (lokality)

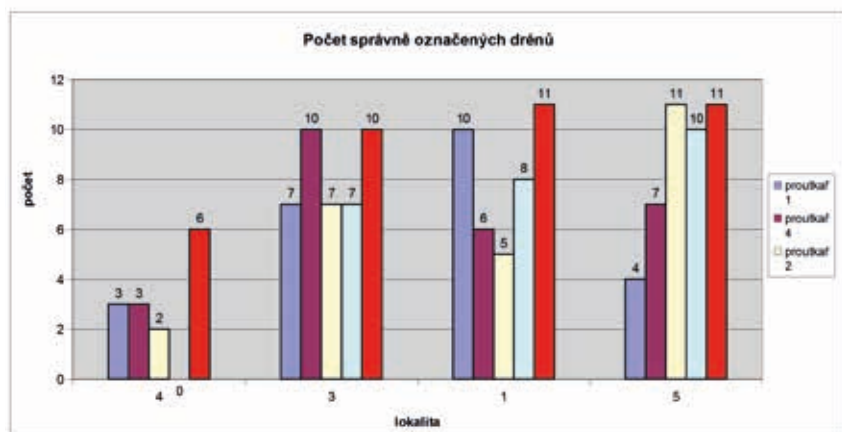
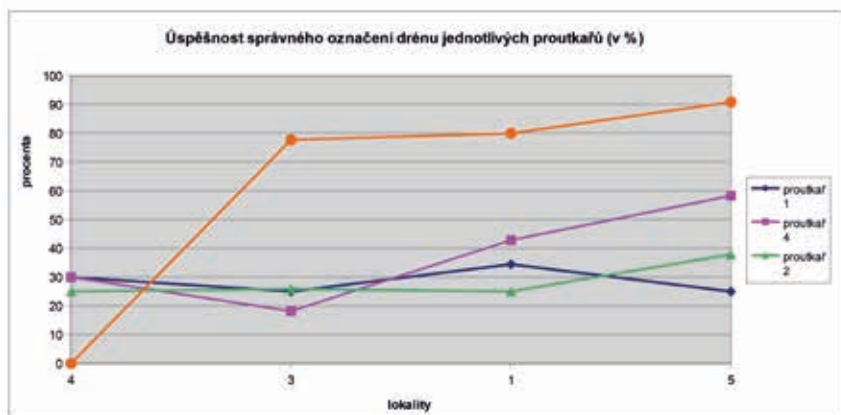
lokality	4				
	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3
počet drénů	6	10	10	8	3
shoda - označení drénu		3	3	2	0
%		30	30	25	0
shoda					
počet drénů/počet označených (%)	100	167	167	133	50

lokality	3				
	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3
počet drénů	10	28	55	27	9
shoda		7	10	7	7
%		25	18	26	78
shoda					
počet drénů/počet označených (%)	100	280	550	270	90

lokality	1				
	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3
počet drénů	11	29	14	20	10
shoda		10	6	5	8
%		34	43	25	80
shoda					
počet drénů/počet označených (%)	100	264	127	182	91

lokality	5				
	VÚMOP	proutkař 1	proutkař 4	proutkař 2	proutkař 3
počet drénů	11	16	12	29	11
shoda		4	7	11	10
%		25	58	38	91
shoda					
počet drénů/počet označených (%)	100	145	109	264	100





Tab. 4.1 – pokračování (souhrn)



Obr. 4.1 – přehledná mapa se zákresem sektorů kalibrace na vybraných PB *ttp*

ovlivnění a předchozí znalosti odečtů ostatních proutkařů. Hlášené hodnoty byly zapisovány do předem připravené tabulky pro každou lokalitu a každého proutkaře zvlášť. Zapsané údaje byly zpracovány a vyhodnoceny formou tabulek a grafů (viz Tab. 4.1).

Vyhodnocení

Provedené testování danou metodou bylo vyhodnoceno z hlediska vlastní úspěšnosti identifikace drénů na správném odečtu i z hlediska četnosti odečtů v poměru ke skutečnému počtu drénů v transektu. Pro označení shody byla vzhledem k šířce drenážní rýhy, uložení trubek v ní i odečtu souřadnic pro vytčení stanovena hodnota $\pm 1,5$ m od známé polohy drénu na transektu.

Obecně lze konstatovat, že úspěšnost určení správné polohy drénu se v průběhu testování zvyšovala, takže nejvyšší bylo dosaženo na poslední testované lokalitě č. 5, a to u 3 ze 4 proutkařů.

U posledních 2 testovaných lokalit č. 1 a 5 dosahovali nejlepších výsledků (správná poloha drénu a správný počet drénů) proutkaři 3 a 4. U proutkařů

1 a 2 jsou výsledky rozkolísanější, s úspěšností 25 – 38 % při vyšších odchylkách od správného počtu drénů (několikanásobně vyšší počet identifikace drénů než byl skutečný počet). Maximální hodnoty označených drénů dosáhl proutkař 4 na lokalitě č. 3, naopak nejvyrovnanější korelaci skutečného a identifikovaného počtu drénů vykazuje proutkař 3.

Celkovou úspěšnost všech zúčastněných na všech lokalitách lze souhrnně popsat základními statistickými ukazateli:

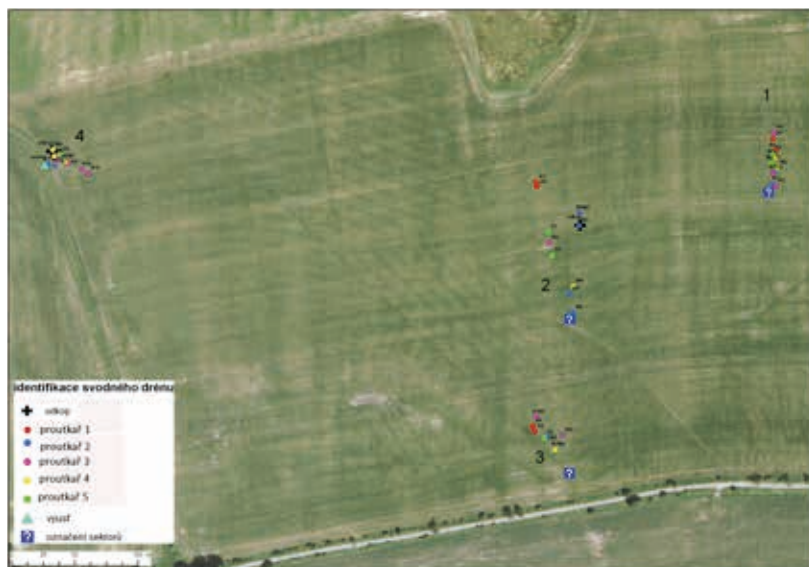
Průměr	39 %
Medián	30 %
Modus	25%

Provedené kalibrační testování lze označit, vzhledem k nulové zkušenosti zúčastněných proutkařů s identifikací drenáží, za poměrně úspěšné. Bylo by žádoucí zopakovat obdobným způsobem identifikaci drenáží na jiných lokalitách v blízkém okolí, aby bylo možné s vyšší mírou spolehlivosti vyhodnotit potenciál dané metody pro využití při řešení výzkumného projektu. Kromě pokračování v započaté spolupráci by bylo přínosné i zhodnocení provedeného testování z hlediska zúčastněných proutkařů ve vazbě na jejich zaměření i vlastní průběh terénního šetření. Zároveň by bylo žádoucí interpretovat dosažené výsledky jinak než statisticky, což by mohlo doplnit stávající informace o lokalitě, přírodních poměrech a jejich vazbách na drenážní systémy.

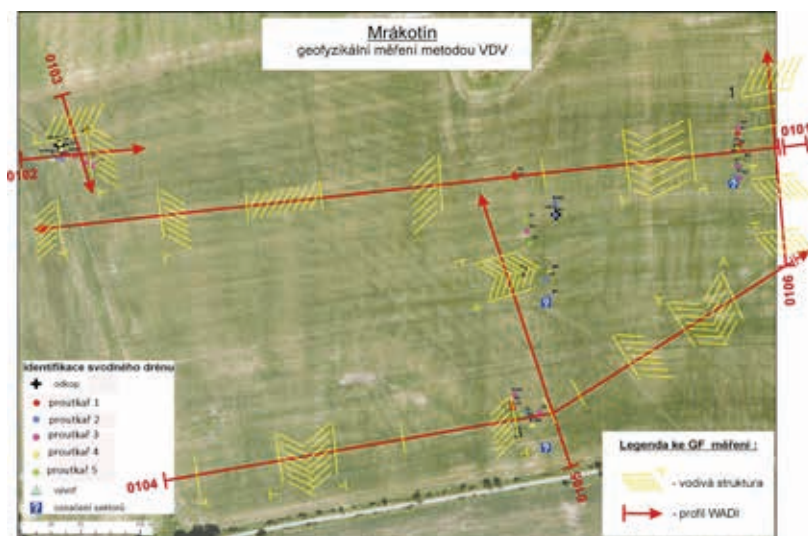
Příklad telestézické indikace v kombinaci s geofyzikálním měřením – viz Obr. 4.2, 4.3 a Tab. 4.2.

Metodika

Na vybraném půdním bloku byly vymezeny 4 oblasti pro vlastní testování, označené ve 3 případech kolíkem vymezujícím prostor a směr, ve kterém by se měl nacházet svodný drén. Ve 4. případě se jednalo o vymezení výustí. V jednotlivých sektorech zúčastnění postupně označovali pomocí kolíků místa indikující dle jejich mínění hledaný svodný drén. Všechna označení byla zaměřena GPS. Následně byl na několika místech proveden kontrolní odkop cca 0,8 x 2 m. Z důvodů časových i únosného narušení lokality nebyl kontrolní odkop prováděn na všech označených indikacích. Všechny indikace byly zaneseny do mapy a vyhodnoceny na podkladě barevného ortofota se zřetelnými liniemi svodných a sběrných drénů (viz Obr. 4.2).



Obr. 4.2 – ukázka testování metody telestézické indikace DS ve vybraných sektorech zvoleného PB na podkladu vizualizovaných linií DS na ortofotu se zázresem geodeticky zaměřených označení jednotlivých proutkařů



Obr. 4.3 – dtto 4.2 doplněno o výsledky měření geofyzikální metodou VDV

Testování 6. 9. 2013, orná půda k.ú. Mrákovín u Skutče												
počasí	jasno, 25°C											
dat/hod	6.9.2013 10 – 16h											
lokality												
	sektor 1										sektor 4	
	počet označení	počet správných označení	počet označení	počet správných označení	počet označení	počet správných označení	počet označení	počet správných označení	počet označení	počet správných označení	počet označení	počet správných označení
proutkař 2	2	0	5	2	2	2	2	0	2	0	2	0
proutkař 3	3	1	1	0	3	0	3	0	4	0	4	0
proutkař 4	2	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	0
proutkař 1	2	1	2	0	2	0	2	0	1	0	1	0
proutkař 5	2	1	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Tab. 4.2 – výsledky a hodnocení označení v jednotlivých sektorech jednotlivými proutkaři

Vyhodnocení

S ohledem na chybějící projektovou dokumentaci ke stavbě odvodnění na zkoumané lokalitě byly sektory pro testování vybrány na základě identifikace drenážního systému na podkladě DPZ. Na stejném podkladě proběhlo i vyhodnocení označených poloh hledaných svodných drénů (viz přehledná mapa).

V každém sektoru bylo provedeno několik odkopů pro ověření správnosti indikace. Celkově se jednalo o cca 10 odkopů ve všech sektorech, přičemž ve 2 případech byl nalezen svodný drén. V prvním případě se jednalo o svodný drén z pálených cihel o průměru 7 cm, v hloubce cca 0,7 m, bez osypu. V druhém případě se jednalo rovněž o svodný drén z pálených cihel o průměru 16 cm, v hloubce cca 0,95 m, rovněž bez osypu.

Ačkoliv se kontrolním odkopem podařilo najít „pouze“ 2 svodné drény na 2 z celkových 4 lokalit, neznamená to neuspokojivý výsledek. Detailním vyhodnocením jednotlivých lokalit na podkladě DPZ byla zjištěna vyšší četnost správných indikací, které ale z již výše uvedených důvodů nebyly přímo v terénu v daný termín ověřeny (viz Tab. 4.2).

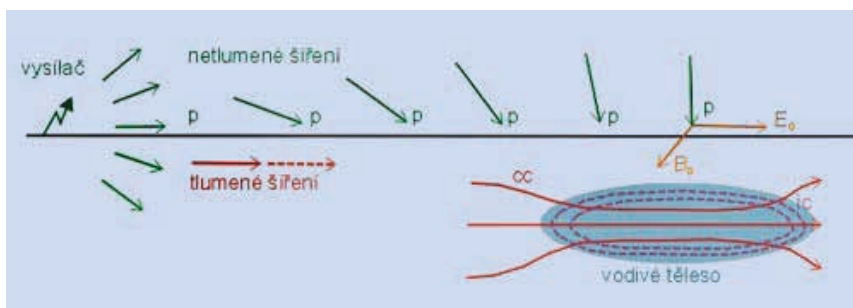
Kromě toho odchylky od linie drénu často nejsou nad rámec požadované přesnosti, jak bylo také ověřeno přímo při vlastním odkopu. Dochází k posunu od označení na povrchu a od vlastního uložení drenážní trubky ve výkopu, což může být způsobeno šířkou drenážní rýhy a porušením půdního horizontu v ní a reakcí na tyto změny.

Odkryv půdního horizontu, způsob uložení, charakter i stav drénů jsou informace, které mohou přispět v procesu „kalibrace“ na indikaci drenážních systémů a zvýšit míru spolehlivosti těchto indikací pro aplikaci metody teles-tézické indikace.

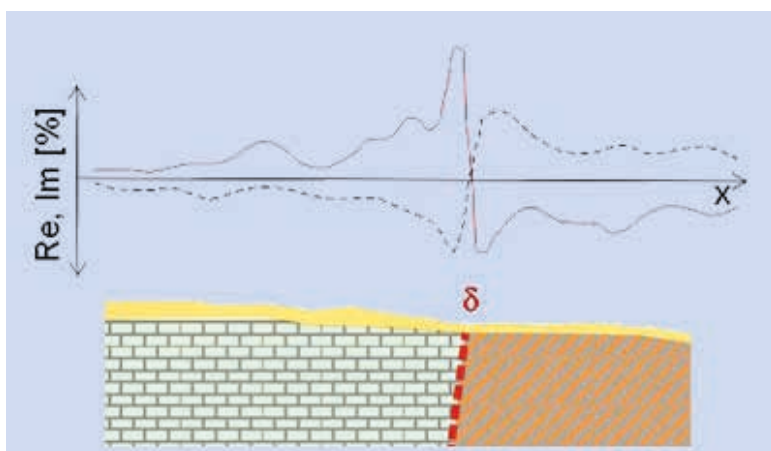
Metoda velmi dlouhých vln (VDV)

Metoda vychází z těchto principů:

Používá elektromagnetického signálu navigačních vysílačů s frekvencí prvních desítek kHz. Tento signál se šíří na velké vzdálenosti od vysílačů a proniká do horninového masívu do hloubek až kolem sto metrů. Přitom je jeho charakter pozměňován a ovlivňován geologickými nehomogenitami. Prostřednictvím měření změn signálu je tak možné sledovat i fyzikální a geologické změny v horninovém masívu. Metoda je přednostně používána na sledování geologických zlomů a puklinových pásem.



Princip metody



Určení polohy tektonické poruchy

Zjištění:

Území je vícesměrně tektonicky porušeno, lokálně se souvisejícími podpovrchovými projevy výstupů podzemních vod. Zřejmě to je ten důvod, pro který byl daný prostor meliorován. S ohledem na relativně velkou vzájemnou vzdálenost jednotlivých měření nebyly zjištěné struktury vzájemně propojovány, protože měření dokumentovalo jak kolmá, tak šikmá překročení vodivých struktur o různých hloubkách a směrech úklonů (i když určité indicie by tu byly). Exaktní geofyzik by to ovšem bez zahuštění rastru nikdy neodsouhlasil. Je ovšem zajímavé, že některé drobnější anomálie se kryjí s projevy zobrazených drénů. Nicméně to ještě nemusí nic znamenat. Významnější je spíše fakt

výskytu poruch s průběhy přes zkoumané sektory. Markantní je to u sektoru 2 a 4 a částečně 3. Výstupy z měření přitom zobrazují řekněme něco jako příčné řezy os magnetických polí, která se indukují podél vodivých struktur v méně vodivých horninách, průběhem velmi dlouhých vln od vzdálených vysílačů. Zakreslená ohraničení tak nemusí přesně souhlasit se skutečnými průběhy linií poruch, nehledě na většinou mnohosemerná rozpukání v širších porušených pásmech, která jsou, spolu s lokálními změnami přirozeného magnetického pole, významnými zkreslujícími faktory pro telestézické indikace. Teď jde jen o to, jak si s tím proutkaři dokáží poradit. (zdroj: Taranza a kol. 2013 – Hydrogeologické posouzení Mrákotín, okres Chrudim, kraj Pardubický).

Příloha 5 – Hyperspektrální data a vegetační indexy

Hyperspektrální data a vegetační indexy

Jako další potenciální zdrojová data byla testována hyperspektrální (HS) data, pořízená hyperspektrálním senzorem CASI 1500 výrobce ITRES, pro možnou identifikaci efektu drenážních linií. Rozsah náletu byl cca na ploše 30 km² a byl proveden 17. 9. 2014 souběžně se standardním pilotovaným náletem pro pořízení RGB a CIR snímků kamerou UltraCamXP. Termín byl vybrán s ohledem na významné vláhové podmínky (drenážní systémy téměř v maximální kapacitě zaplněné vodou), srážkové úhrny, nadprůměrné teploty pro toto období i stav porostů.

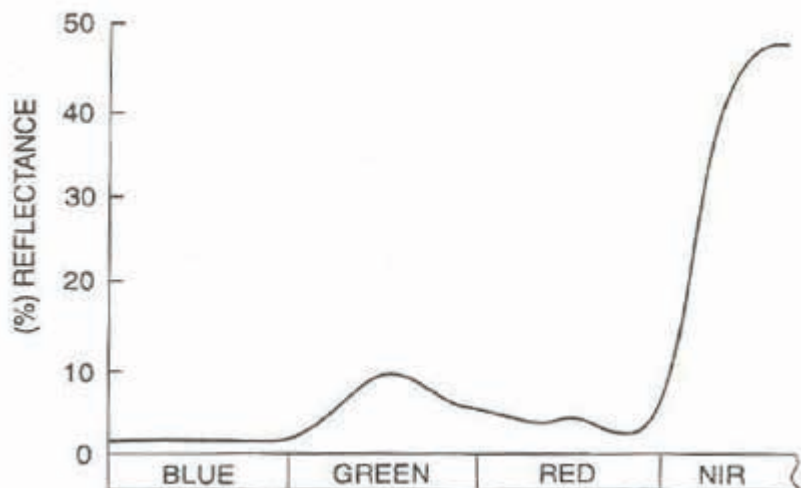
Pořízená hyperspektrální data (s prostorovým rozlišením 50cm, spektrálním rozlišením 48 kanálů v rozsahu 370 – 1039nm) byla vyhodnocována v porovnání s pořízenými multispektrálními daty RGBI (s prostorovým rozlišením 12 cm/px) za účelem zjištění shody, případně odchylek ve vizualizaci projevu DS.

Cílem analýzy těchto dat bylo najít vhodnou kombinaci kanálů spektra, která by zesílila vizualizovaný projev DS na RGBI snímcích nebo, v lepším případě, vizualizovala projev DS, který na RGBI snímcích zcela chybí.

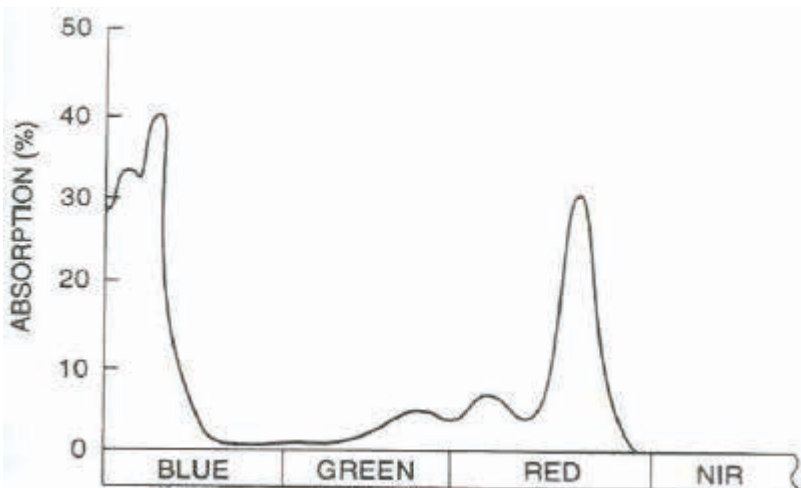
Na HS datech byly porovnávány spektrální charakteristiky všech 3 vymezených typů povrchů (úplně zapojený vegetační kryt – neúplně zapojený vegetační kryt – holá orná půda).

Z rešerše literatury k řešené problematice a spektrálního chování různých typů povrchů byl výběr kanálů orientován na střední vlnové délky, ve kterých dochází k výrazné změně spektrálního chování (odrazivosti) jednotlivých povrchů (vegetace, půda, voda). U spektrálního chování vegetace hraje klíčovou roli zelené barvivo chlorofyl, které pohlcuje intenzivně záření ve viditelné části spektra (nejvíce modrá a červená část spektra), méně potom v zelené části spektra. V blízké infračervené části spektra (0,7μm - 1,3μm) velmi výrazně narůstá odrazivost zejména listů na úrovni buněčné struktury. Tohoto chování se využívá při rozlišení různých druhů rostlin, zjišťování jejich stavu atd. (viz vegetační indexy níže)

Uvedené spektrální charakteristiky ilustrují následující 2 grafy:



Reflektance listu (převzato z Campbell, 2002)



Absorpce chlorofylu (převzato z Campbell, 2002)

Rozlišitelnost DS vzrůstá se vzrůstající vlnovou délkou, a to jak pro holou ornou půdu, tak pro vegetaci. Povrchy, kde jsou patrné DS, mají obecně vyšší odrazivost. Jedinou výjimkou je oblast zvýšené absorpce zelených listových barviv (chlorofylu) v okolí 0,680 μ m, která je patrná zejména u povrchů se smíšeným signálem vegetace a půdy. To značí zvýšený výskyt vegetace na površích v linii drénů. Při plném zapojení vegetačního krytu tento efekt téměř zaniká. Pro danou datovou sadu dochází k výraznějším relativním rozdílům (a tudíž snazší detekci DS) u holých orných půd ve srovnání s vegetací.

Pro porovnání vizuální rozlišitelnosti DS byl zvolen spektrální kanál se střední vlnovou délkou 0.825 μ m. V této vlnové délce je již relativně vysoký rozdíl v odrazivosti pro povrchy v linii drénu a mimo ní (v okolním rostlém terénu) a senzor CASI má v této vlnové délce stále dobrý poměr signálu k šumu (SNR- signal to noise ratio). Pro tuto vlnovou délku rovněž platí, že povrchy s holou ornou půdou i vegetací mají v případě identifikovatelných DS vyšší odrazivost (jeví se světlejší). Ze čtyř spektrálních kanálů LMS byl zvolen spektrální kanál I (Infra-red), který nejbližší odpovídá zvolenému hyperspektrálnímu pásmu.

V této oblasti byly testovány různé kombinace kanálů a porovnávány s informací na RGBI snímcích, a to s následujícími zjištěními:

- Kanály vyšších vlnových délek zlepšují oproti snímkům RGBI kvalitu vizualizovaného projevu DS (zejména kontrast a ostrost vizualizovaných linií)
- Testovány byly i kombinace kratších vlnových délek, které ovšem nepřinášejí pro hledaný účel žádné informace (opačné zjištění se ani nepředpokládalo).
- Všechny dokládané kombinace mají srovnatelnou informační hodnotu, nicméně jako nejlepší by se z dosud provedených analýz jevila kombinace kanálů 21, 31, 35, resp. vlnových délek 654,9 – 796,8 – 853,6 nm
- Tato kombinace kanálů zvyšuje jednoznačnost identifikace DS oproti snímkům RGBI. V tom lze spatřovat největší přínos a největší potenciál použití HS dat pro účely identifikace DS.
- S ohledem na kategorie identifikovaného projevu DS na snímcích lze očekávat, že zejména systémy zařazené do kategorie 5 (velmi omezeně zřetelný DS) by bylo možné na HS snímcích identifikovat ve větší míře. V těchto případech lze také očekávat, že projev na hranici identifikovatelnosti, resp. projev na snímcích RGBI již nezatelný, by na snímcích HS byl identifikovatelný, čímž by se zvýšily možnosti podchycení vyššího

počtu DS s horší kvalitou zprostředkovaného projevu. Tento případ byl doložen, kdy na RGBI snímku lze s jistotou identifikovat jen malou část DS, zatímco na HS snímku je rozsah zřetelných linií drénů mnohem větší a zcela jednoznačný. To je podpořeno i obrázkem se zákřesem vektorizovaných linií drénů, které odpovídají průběhu linií na HS snímku.

- Lze očekávat, že detailnějším testováním kombinací kanálů pro různé povrchy vegetačního krytu, resp. pro jednotlivé plodiny, by se dosáhlo ještě vyšší kvality identifikovaného projevu. Jedná se ovšem o operace, které vyžadují specializovaný SW.
- Lze tedy konstatovat, že HS data mají jednoznačně potenciál využití pro identifikaci DS, a to zejména ve smyslu podchycení nejhůře identifikovatelných DS. Tato nejhorší kategorie představuje významný podíl dosud identifikovaných DS – cca 1/3 všech identifikovaných DS, takže jakékoliv zvýšení kvality vizualizovaného projevu z HS dat by znamenalo významně vyšší efektivitu pro další analýzy (přesnější odečet souřadnic, vektorizace jednotlivých linií DS apod.).
- Bohužel detailnější výzkum i pořizování HS dat je nad rámec řešeného projektu, při jehož řešení se nicméně s určitostí prokázal nespochybnitelný potenciál HS dat pro jejich využití při řešení problematiky DS. Řešení zaměřené na využití HS dat v porovnání s jinými typy dat by vydalo na další navazující výzkumný projekt, ve kterém by bylo možné v odpovídající úrovni rozvinout a zpřesnit poznatky dosažené řešením stávajícího projektu.
- Pro účely identifikace DS na HS datech by bylo minimálně nezbytné získat další řadu HS dat pořízených za tímto účelem v různých podmínkách, opakovaně v průběhu vegetačního období. Ačkoliv analyzovaná data z 17. 9. 2014 byla pořízena v termínu optimálním pro vizualizaci DS (srážkové, teplotní podmínky, stav snímkaného povrchu) nelze pouze na základě této jedné sady dat s konečnou platností posoudit potenciál HS dat pro identifikaci DS a jejich možné využití.
- Větší praktickou aplikaci a využívání HS dat asi nelze, zejména z důvodů vysokých finančních nároků, nároků na vlastní zpracování a interpretaci dat, i s ohledem na míru „přidané hodnoty“ těchto dat v porovnání s RGB snímky, momentálně očekávat.

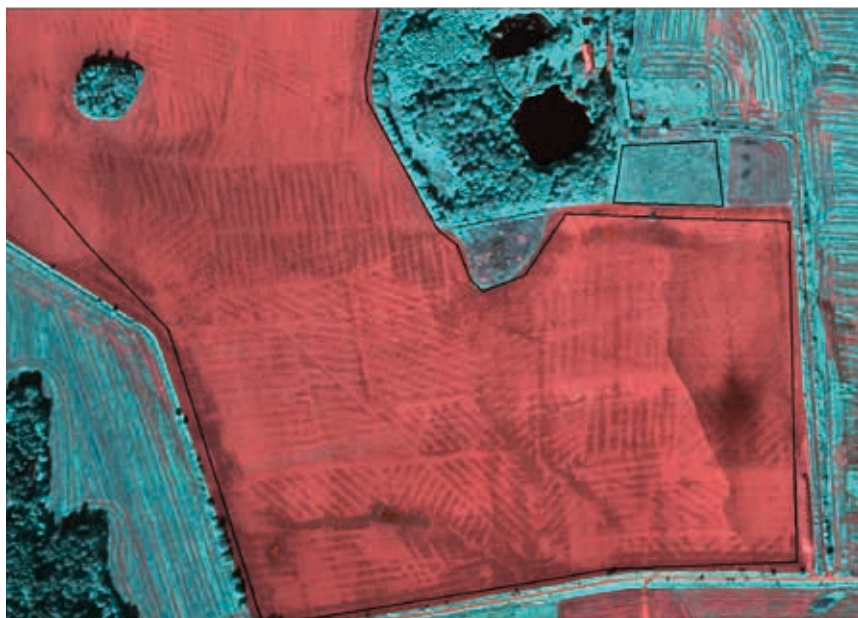
Potenciál hyperspektrálních dat pro účely identifikace drenážních systémů

Pro hyperspektrální data je možno dosáhnout vyššího kontrastu mezi povrchy v linii drénu a mimo ní (okolní rostlý terén), což usnadňuje jejich vizuální identifikaci ve srovnání s LMS, nelze však hovořit o výrazném rozšíření možností detekce. V některých krajních případech mohou být hyperspektrální data průkaznější ve srovnání s LMS. Stále však platí, že nejzásadnější vliv na možnost detekce DS z leteckých dat má aktuální stav povrchu.

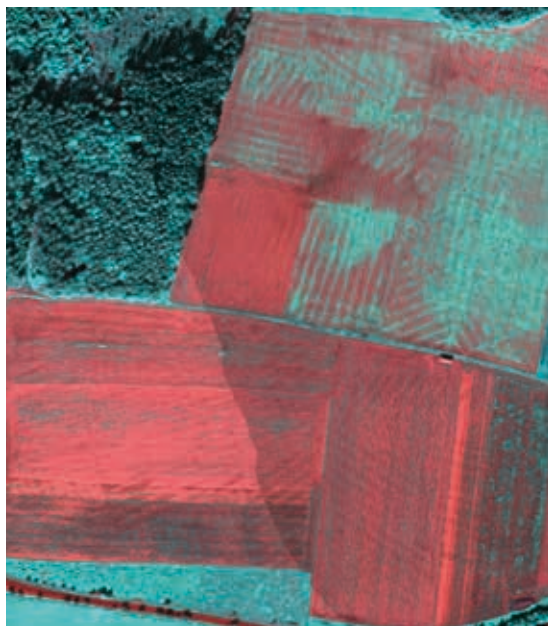
Vzhledem k charakteru spektrální odrazivosti povrchů v linii drénu a mimo ní je zbytečné usilovat o vysoké spektrální rozlišení. Srovnatelných výsledků jako pro současnou datovou sadu (48 kanálů) by bylo možno dosáhnout i s nižším spektrálním rozlišením. I prostorové rozlišení 50 cm se jeví jako dostatečné pro detekci DS. Obdobných výsledků by pravděpodobně mohlo být dosaženo i s nižším rozlišením.

Je však třeba si uvědomit, že v této studii byla porovnáována data pořízená ve zhruba stejném spektrálním rozsahu. Hyperspektrální data z CASI senzoru mají „pouze“ mnohonásobně vyšší spektrální rozlišení. Bohužel nebyla pro tuto studii k dispozici archivní hyperspektrální data ze střední infračervené a termální oblasti, která rovněž obsahují spektrální oblasti citlivé na detekci vody. Vzhledem k tomu, že DS zásadně ovlivňují hydrologické podmínky daného povrchu, mohla by hyperspektrální kampaň ve větším spektrálním rozsahu (viditelné, blízké a střední infračervené, termální) ukázat výraznější výsledky. I pro tento typ dat je stěžejní termín a podmínky při snímkování pro dosažení co nejvyššího efektu identifikace DS.

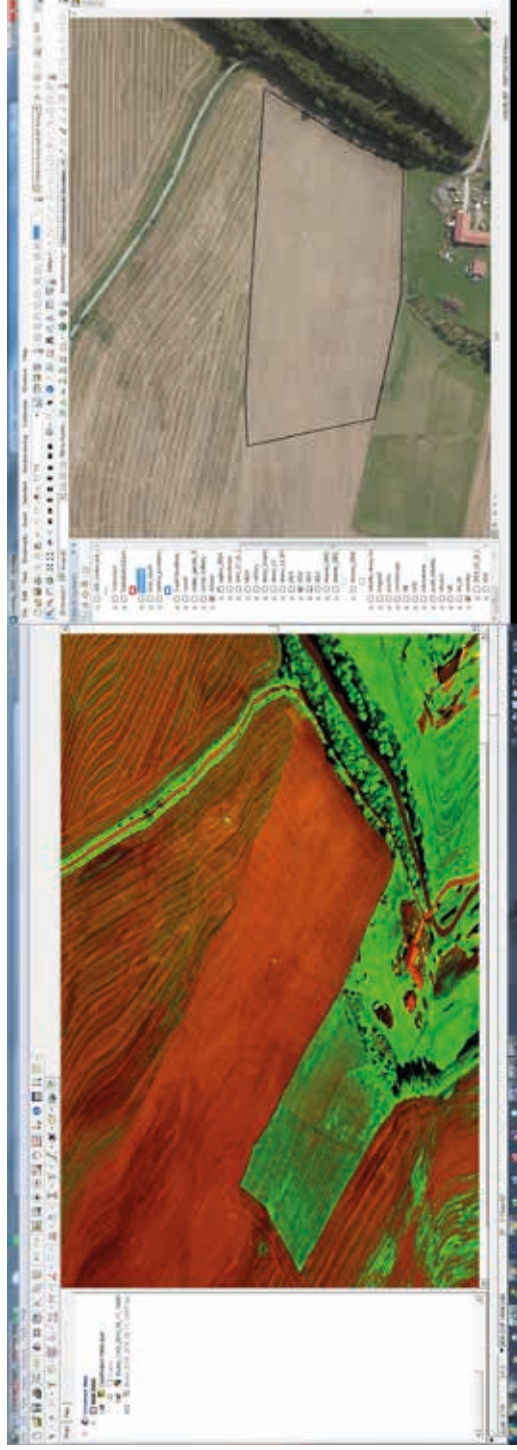
Ukázky různých kombinací spektrálních pásem na různých typech povrchu viz Obr. 5.1 – 5.7



Obr. 5.1 – ukázka vizualizovaného DS na hyperspektrálních datech (spektrální rozlišení 15 nm, prostorové 50 cm/px, band: 21, 31, 35) ze současného snímkování 17. 9. 2014 (viz obr 51) – povrch orná holá půda a ttp (rozsah identifikovaných DS ohraničen černou linií)



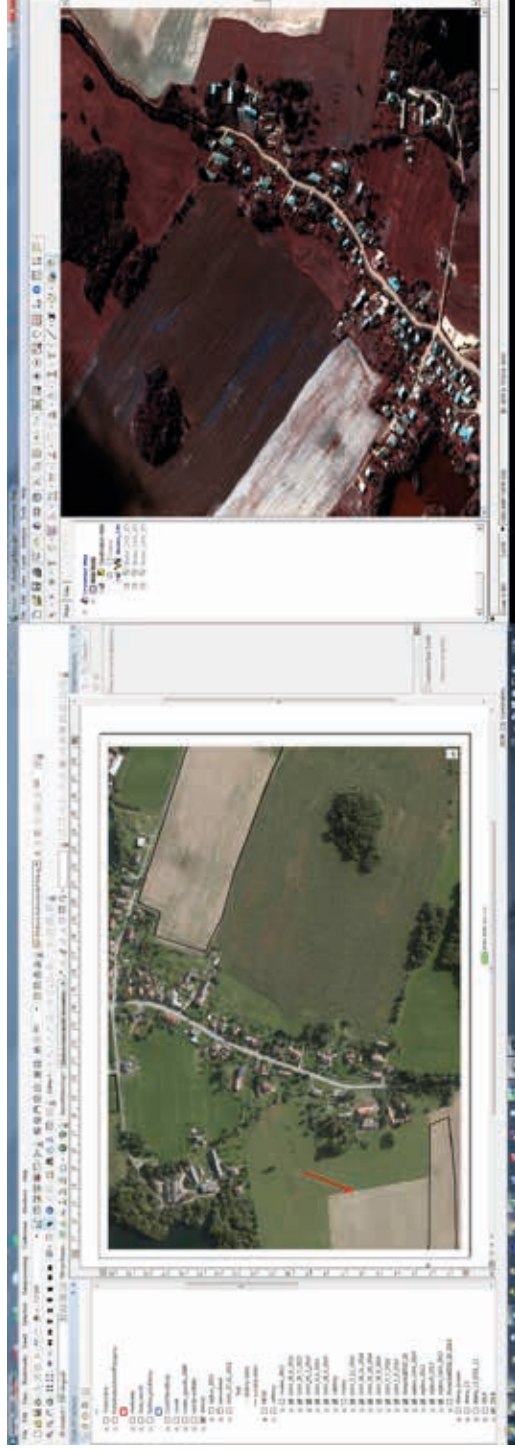
Obr. 5.2 – dtto 5.1 – vizualizace DS na různých typech snímkaného povrchu, 17. 9. 2014, stejné spektrální a prostorové rozlišení i kombinace kanálů



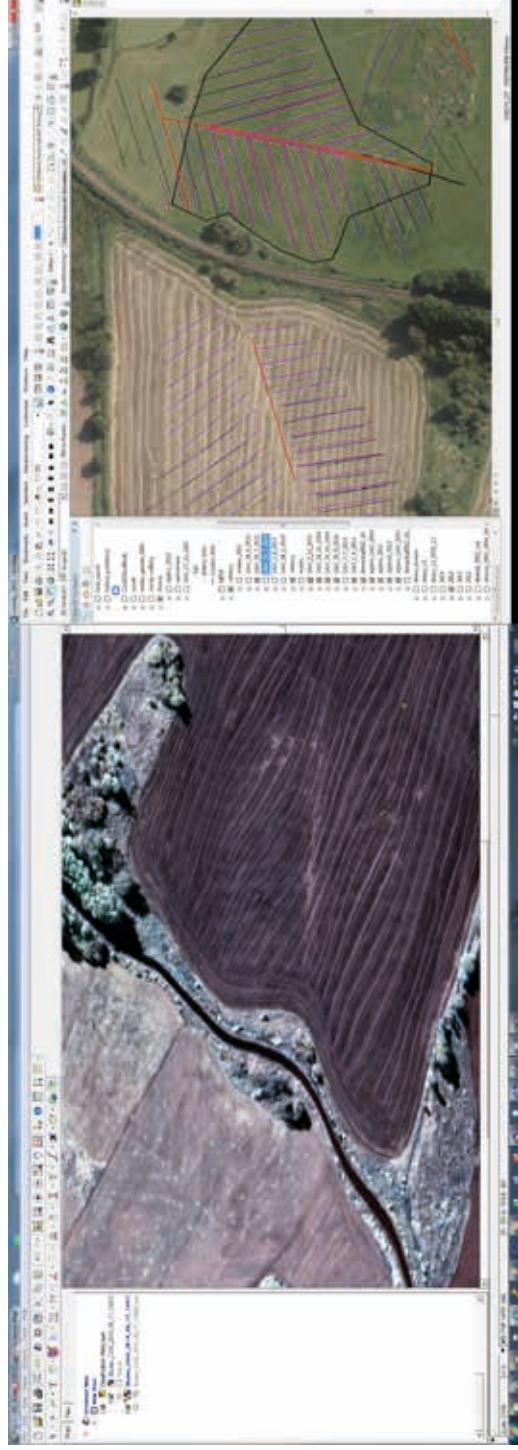
Obr. 5.3 – ukázka vizualizace DS na hyperspektrálních datech (spektrální rozlišení 15 nm, prostorové 50 cm/px, band: 21, 31, 35) ze souběžného snímování 17. 9. 2014 v porovnání s vizualizovaným DS na snímku RGB (zakřivení HS snímku je způsobeno tím, že se jedná data bez korekcí)



Obr. 5.4 – dtto 5.3, band: 14, 18, 24, ukázka SW rozhraní při analýze HS dat



Obr.5.5 – dttto 5.4, ukázka SW rozhraní pro práci s ortofoty (levá obrazovka) a HS daty (pravá obrazovka) s ukázkami vizualizovaných DS na obou typech dat



Obr. 5.6 – dttto 5.5, band: 27, 37, 47, s vektorizovanými liniemi drénů pro doložení jednoznačnosti vizualizace DS na HS datech

Session Configuration						Add Layer	
Description:						Add Layer	
Channel	Ref	Green	Blue	Input Channels	Output Channels	Image Channels	
1	☒	☒	☒			Channel1	1 370.885nm +/- 7.190nm (wave 182-288) (col) 48
2	☒	☒	☒			Channel2	2 384.942nm +/- 7.127nm (wave 177-282) (col) 47
3	☒	☒	☒			Channel3	3 399.192nm +/- 7.123nm (wave 171-278) (col) 46
4	☒	☒	☒			Channel4	4 413.436nm +/- 7.120nm (wave 165-273) (col) 45
5	☒	☒	☒			Channel5	5 427.678nm +/- 7.117nm (wave 159-268) (col) 44
6	☒	☒	☒			Channel6	6 441.908nm +/- 7.113nm (wave 153-263) (col) 43
7	☒	☒	☒			Channel7	7 456.131nm +/- 7.112nm (wave 147-258) (col) 42
8	☒	☒	☒			Channel8	8 470.355nm +/- 7.109nm (wave 141-246) (col) 41
9	☒	☒	☒			Channel9	9 484.588nm +/- 7.107nm (wave 135-243) (col) 40
10	☒	☒	☒			Channel10	10 498.781nm +/- 7.105nm (wave 129-234) (col) 39
11	☒	☒	☒			Channel11	11 512.993nm +/- 7.103nm (wave 123-229) (col) 38
12	☒	☒	☒			Channel12	12 527.196nm +/- 7.101nm (wave 117-222) (col) 37
13	☒	☒	☒			Channel13	13 541.398nm +/- 7.100nm (wave 111-218) (col) 36
14	☒	☒	☒			Channel14	14 555.599nm +/- 7.098nm (wave 105-210) (col) 35
15	☒	☒	☒			Channel15	15 569.788nm +/- 7.097nm (wave 99-204) (col) 34
16	☒	☒	☒			Channel16	16 583.961nm +/- 7.096nm (wave 93-195) (col) 33
17	☒	☒	☒			Channel17	17 598.171nm +/- 7.095nm (wave 87-182) (col) 32
18	☒	☒	☒			Channel18	18 612.363nm +/- 7.094nm (wave 81-168) (col) 31
19	☒	☒	☒			Channel19	19 626.547nm +/- 7.093nm (wave 75-160) (col) 30
20	☒	☒	☒			Channel20	20 640.723nm +/- 7.092nm (wave 69-154) (col) 29
21	☒	☒	☒			Channel21	21 654.915nm +/- 7.092nm (wave 63-148) (col) 28
22	☒	☒	☒			Channel22	22 669.104nm +/- 7.091nm (wave 57-141) (col) 27
23	☒	☒	☒			Channel23	23 683.288nm +/- 7.091nm (wave 51-135) (col) 26
24	☒	☒	☒			Channel24	24 697.471nm +/- 7.091nm (wave 45-130) (col) 25
25	☒	☒	☒			Channel25	25 711.655nm +/- 7.090nm (wave 39-124) (col) 24
26	☒	☒	☒			Channel26	26 725.841nm +/- 7.090nm (wave 33-118) (col) 23
27	☒	☒	☒			Channel27	27 740.027nm +/- 7.090nm (wave 27-112) (col) 22
28	☒	☒	☒			Channel28	28 754.213nm +/- 7.090nm (wave 21-106) (col) 21
29	☒	☒	☒			Channel29	29 768.400nm +/- 7.089nm (wave 15-100) (col) 20
30	☒	☒	☒			Channel30	30 782.586nm +/- 7.090nm (wave 9-94) (col) 19
31	☒	☒	☒			Channel31	31 796.793nm +/- 7.090nm (wave 3-88) (col) 18
32	☒	☒	☒			Channel32	32 810.997nm +/- 7.090nm (wave 37-82) (col) 17
33	☒	☒	☒			Channel33	33 825.185nm +/- 7.101nm (wave 31-76) (col) 16
34	☒	☒	☒			Channel34	34 839.388nm +/- 7.102nm (wave 25-70) (col) 15
35	☒	☒	☒			Channel35	35 853.598nm +/- 7.104nm (wave 19-64) (col) 14
36	☒	☒	☒			Channel36	36 867.806nm +/- 7.106nm (wave 13-58) (col) 13
37	☒	☒	☒			Channel37	37 882.021nm +/- 7.108nm (wave 7-52) (col) 12
38	☒	☒	☒			Channel38	38 896.240nm +/- 7.111nm (wave 1-46) (col) 11
39	☒	☒	☒			Channel39	39 910.464nm +/- 7.113nm (wave 55-40) (col) 10
40	☒	☒	☒			Channel40	40 924.693nm +/- 7.116nm (wave 49-34) (col) 9
41	☒	☒	☒			Channel41	41 938.925nm +/- 7.119nm (wave 43-28) (col) 8
42	☒	☒	☒			Channel42	42 953.169nm +/- 7.122nm (wave 37-22) (col) 7
43	☒	☒	☒			Channel43	43 967.416nm +/- 7.125nm (wave 31-16) (col) 6
44	☒	☒	☒			Channel44	44 981.665nm +/- 7.128nm (wave 25-10) (col) 5
45	☒	☒	☒			Channel45	45 995.916nm +/- 7.132nm (wave 19-4) (col) 4
46	☒	☒	☒			Channel46	46 1010.197nm +/- 7.136nm (wave 13-2) (col) 3
47	☒	☒	☒			Channel47	47 1024.472nm +/- 7.139nm (wave 7-12) (col) 2
48	☒	☒	☒			Channel48	48 1038.755nm +/- 7.143nm (wave 1-6) (col) 1

Obr. 5.7 – tabulka kanálů (bands) pořízených HS dat s jejich spektrálním rozsahem

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Byla testována možnost použití indexu NDVI pro identifikaci drenážních systémů a pro zjištění případných rozdílů v projevu vycházejícího z fytoindikačního principu rozvíjené metody v závislosti na druhu plodiny, jejího stavu a její fenofázi v době snímkování. Hypotéza pro testování vegetačního indexu v souvislosti s projevem drenáží byla, zda je možné, že by drenáž, resp. drenážní rýha, mohla v sobě v důsledku promývání půdního profilu a hydraulického principu fungování drenážní rýhy, kumulovat látky (zejména organické látky, případně chemické např. pesticidy), které by mohly mít vliv na změny buněčné struktury, případně na obsah fotosyntetizujících barviv vegetace v míře, kterou nelze v daný okamžik zachytit změnou barvy, ale která by se projevila právě změnou odrazivosti v pásmu zvýšené odrazivosti mezi 0,7 μm a 1,3 μm , související s morfologickou strukturou listů. Případně, zda by mohl být pomocí tohoto indexu průkazný jiný obsah sušiny porostu, resp. vody v porostu nad drenážní rýhou a mimo ní.

Pro zpracování byly vybrány snímky s plochami identifikované drenáže na různých typech porostu a s různým projevem dle hodnocené klasifikace.

Výstup byl dávkově automaticky zpracován v software ERDAS IMAGINE 2013. K výrobě výsledného produktu byly použity RGBI snímky (lze použít také CIR snímky), protože k NDVI analýze je třeba použít red a near-infrared channels podle následujícího vzorce:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Pro výpočet NDVI byly vybrány snímky částí lokalit na základě předchozí identifikace drenáží (opakovaná identifikace, specifika porostu atd.) nebo naopak s plochami, kde se doposud nepodařilo na žádném pořízeném snímku drenážní systém identifikovat. Takto podmíněn byl výběr pro všechny lokality. Dále se při výběru vycházelo z detailního průzkumu na vybraných PB (opakované snímkování, různé typy záznamu, pozemní průzkum atd.).

Ukázky projevu na zdrojovém snímku (nejčastěji používaný typ snímku RGB) a na snímku NDVI viz Obr. 5.8.

Pro všechny lokality shodně platí, že na snímcích NDVI nebyl identifikován projev drenážního systému, který by na zdrojovém snímku chyběl, na porostech ttp nebo porostech na orné půdě. Opakovaně a prakticky na všech



Obr. 5.8 – ukázka snímku vegetačního indexu NDVI s vizualizovaným projevem DS na travním porostu v porovnání s projevem na ortu RGB

lokalitách byl zaznamenán opačný jev, kdy projev identifikovaný na zdrojovém snímku RGB nebylo možné identifikovat na snímku NDVI. V některých případech tento projev sice zaznamenán byl, ovšem v horší kvalitě a menším plošném rozsahu. Z vyhodnocení vyplývá, že případy chybějícího projevu na snímcích NDVI se týkají „horších“ kategorií identifikovaného projevu, tzn. třídy 4 a 5 – neúplný systém, zřetelný omezeně nebo velmi omezeně. Projev vizualizovaný na snímcích NDVI vyžaduje vyšší kvalitu vizualizovaného projevu (třída 1 – 3).

Typ projevu na zdrojových snímcích byl všech klasifikovaných tříd (0 – 4), na snímcích NDVI byl zaznamenán odpovídající typ projevu vyplývající se spektrálního chování a způsobu výpočtu indexu NDVI. V jednom případě je plastický projev na snímku RGB vizualizován jako světlý a částečně tmavý projev. Plastický projev na porostu ttp je zde viditelně světlejší, takže je v tomto případě odlišitelný nejen svou plastičností, ale i barevným kontrastem, čemuž odpovídá zaznamenaný projev na snímku NDVI. Plastický projev na porostu tritikále na snímku NDVI již zaznamenaný nebyl. Z této skutečnosti nelze zcela přesně odvodit, jak zásadní složka hledané informace je odseparována použitím RED a NIR kanálu a jak přesně rozdíly vizualizace na obou typech snímků interpretovat.

Dále byly zaznamenány případy, kdy projev identifikovaný na snímku RGB nelze identifikovat na snímku NDVI. Tyto případy jsou doloženy na kulturách pěstovaných na orné půdě. Není možné vysledovat závislost mezi druhem plodiny a identifikovaným projevem (opakovaně např. u pšenice ozimé bylo dosaženo shody v projevu na obou typech snímků, ale prakticky ve stejném počtu případů této shody dosaženo nebylo).

V této souvislosti nebylo vysledováno žádné společné pravidlo projevu, resp. chybějícího projevu pro stejný druh plodiny (např. pšenice ozimé, tritikále). V některých případech nebyl projev drenážního systému na zdrojovém snímku zjištělný na snímku NDVI. Naproti tomu nenastal případ, že by se podařilo na snímku NDVI identifikovat projev drenážního systému, který by nebyl identifikovatelný na zdrojovém snímku. Vlastní projev byl prakticky ve všech případech horší kvality (zřetelnost, kontrast) než na zdrojovém snímku.

Ačkoliv byly snímky NDVI zpracovány pro různé lokality, byl použit jeden časový horizont bez možnosti porovnání dalších snímků NDVI jiné časové řady a většího počtu. Hypotézu, na základě které bylo použití NDVI snímků testováno, tak není na základě pouze tohoto vyhodnocení možné potvrdit. Z testovaných dat nebyla zjištěna zásadní nová vrstva informace, kterou by snímky NDVI prokazatelně pro účely řešení přispívaly ke zpřesnění hledaných kritérií vizualizace.

Příloha 6 – Deník konzultací

Pořadí	Deník konzultací 2015				Jméno konzultanta: Lenka Tlapáková			
	Datum	Jméno/název tazatele	Kontakt telefon/email	Forma konzultace	Obsahové zaměření konzultace			
					Odborné téma	Časový rozsah	Inovace*	Časový rozsah
1.	13.4.	p.Hromek - Šlapanice	737601675	Telefonická, osobní	Identifikace drenáží – problémy, opravy	4h	Využití DPZ, resp. RPAS	4h
2.	21.4.	p.Kolka	774225511	emailová	Identifikace drenáží – problémy, opravy	2h	Využití DPZ, resp. RPAS	2h
3.	27.5.	MORAS Moravany	moras@tiscali.cz	Telefonická, emailová	Identifikace drenáží – problémy, opravy	2h	Využití DPZ, resp. RPAS	2h
4.	28.5.	Zastupitelstvo Kolín – p.Mistr		emailová	Povodňová opatření, KPÚ	2h	Využití DPZ, resp. RPAS	2h
5.	8.6.	SPÚ Blansko		Osobní, telefonická, emailová	Identifikace drenáží, podklad pro KoPÚ	8h	Využití DPZ, resp. RPAS	8h
6.	červenec	ZD Zderaz, ing. Třasák	606640566	Osobní	Poklady k drenážnímu odvodnění v souvislosti s plánovanou stavbou poldru	8h	Využití DPZ, resp. RPAS, archivních LMS, archivní dokumentace	8h
7.	14.9.	Ageris		emailová	Identifikace drenáží, podklad pro KoPÚ	2h	Využití DPZ, resp. RPAS	2h
8.	říjen	GRID a spol. a.s. + SPU Chrudim	jonova@grid.cz	Emailová, telefonická	Podklady k odvodnění do projektu KPÚ	V řádech dní	Využití DPZ, resp. RPAS, archivních LMS, archivní dokumentace	V řádech dní
9.	opakované	Instav Hlinsko, a.s.	469 311 847	Osobní, emailová	Identifikace drenáží při stavební činnosti – vodo hospodářské stavby	V řádec h dní	Využití DPZ, resp. RPAS, archivních LMS	V řádec h dní

*Definice inovace: nový nebo významně zlepšený produkt, postup, technologie s ohledem na jejich charakteristiky nebo zamýšlené užití. Technologie, produkty nebo procesy musí být tedy minimálně pro podnik nové (nebo podstatně zdokonalené). To zahrnuje významná zlepšení technických vlastností, komponentů a materiálů, software, uživatelské vstřícnosti nebo jiných funkčních charakteristik.

Pořadí	Deník konzultací 2016				Jméno konzultanta: Lenka Tlapáková			
	Datum	Jméno/název tazatele	Kontakt telefon/email	Forma konzultace	Obsahové zaměření konzultace			
					Odborné téma	Časový rozsah	Inovace*	Časový rozsah
1.	22.2.	Lucie Teplá	luc.tepla@hotmail.cz	Telefonická, osobní	Identifikace drenáží, podklady k drenážnímu odvodnění v souvislosti se záměrem výstavby rybníku, mokřadu	4h	Využití DPZ, resp. RPAS	4h
2.	9.3.	ZD Kokory, Ing. Jakubec	agro@zdkokory.cz	email	Podklady k melioracím, informace – kontakt, zdroj	2h	Využití DPZ, resp. RPAS	2h
3.	16.3.	Tomáš Fajmon	Tomas.Fajmon@seznam.cz	Email, telefonicky	Polohově správné podklady k DS – špatná zkušenost se zákresy v LPIS – požadavek zpřesnění v LPIS – zanést DS zjištěné z DPZ do LPIS	6h	Využití DPZ, resp. RPAS	6h
4.	6.4.	SOLICITE s.r.o.	prchal@solicate.cz	Email, telefonicky	Podklady o odvodnění do projektu vodovodu, dostupnost podkladů DPZ na veřejném LPIS	6h	Využití DPZ, revize LPIS	6h
5.	11.4.	Pí.Vojtěchová	721671153	Email, telefonicky	Podklady o odvodnění – zpetřhrané drenáže výstavbou vodovodu, z toho permanentně zamokřeno cca 400m2, vývěr vod	12h	Absence informací pro vlastníky pozemku a POZ, není kam se obrátit, nulové možnosti řešení – pouze DPZ	12h

6.	15.6.	MěÚ Lovosice, odbor ŽP	416571133	Email, telefonicky	Chybějící podklady o odvodnění, nakládání s odvodněno u plochou, zamokřování sousedních pozemků	6h	Využití DPZ, revize LPIS	6h
7.	28.6.	Ing. Aleš Ježek, Ph.D. — autorizovaný inženýr v oboru pozemní stavby a statika a dynamika staveb	Vrcha 287, Chrudim 775 647 713 ajezeck@yaho o.com	email	Ověření skutečného umístění melioračního kanálu na pozemku k výstavbě RD (původně ZPF)	2h	Využití DPZ, doložení nepřesností ve stávajících evidencích meliorací (DIBAVOD, eagri, SPU...)	2h
8.	11.10.	p. Novák	Dobkovičky	telefonicky	Konzultace oprav DS po jejich porušení nevhodným zemědělským management em	30min	Zajištění podkladů o umístění stavby odvodnění	30min
9.	12.10.	Ing. Kaplan	Šindlar, s.r.o.	Osobní, email, telefonicky	Zajištění podkladů o plošném zemědělském odvodnění pro zpracování projektu revitalizace Martinického potoka, resp. poldru Kutřín	8h	Využití DPZ, doložení nepřesností ve stávajících evidencích meliorací. Uplatnění archiválií atd.	8h
10.	16.11.	p. Jaško	721930543	telefonicky	Konzultace přívodu cizích vod (resp. kanalizace) do drenážních systémů – legislativa, správcovství, podklady	30 min	Možnosti získání aktuálních podkladů o umístění stavby na pozemcích různých vlastníků	20 min

*Definice inovace: nový nebo významně zlepšený produkt, postup, technologie s ohledem na jejich charakteristiky nebo zamýšlené užití. Technologie, produkty nebo procesy musí být tedy minimálně pro podnik nové (nebo podstatně zdokonalené). To zahrnuje významná zlepšení technických vlastností, komponentů a materiálů, software, uživatelské vstřícnosti nebo jiných funkčních charakteristik.

Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti

autoři: RNDr. Lenka Tlapáková Ph.D. / Ing. Milan Čmelík /

RNDr. Jiří Žaloudík, CSc. / Bc. Jakub Karas

návrh obálky: Upvision s.r.o.

sazba a typografie: Karolína Bendová

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

počet stran: 214

vytiskl: Powerprint s.r.o., Brandejsovo nám. 1219/1, 185 00 Praha 6 - Suchbátka

distribuce: Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav, www.vumop.cz

Praha, prosinec 2016, vydání první

ISBN 978-80-87361-58-0