

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

Diplomová práce

**Hodnocení změn funkčnosti drenážních systémů orných
půd Vysočiny na základě obrazové analýzy časových řad
multispektrálních satelitních snímků**

Vedoucí diplomové práce: doc. Mgr. Ing. František Zemek, Ph.D.

Autor: Bc. Jan Štefl

České Budějovice, duben 2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan ŠTEFL**
Osobní číslo: **Z12714**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Hodnocení změn funkčnosti drenážních systémů orných půd Vysočiny na základě obrazové analýzy časových řad multispektrálních satelitních a leteckých snímků**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V současné době je jen výjimečně znám aktuální stav funkčnosti drenážních systémů, které byly budovány v druhé polovině 20. stol. na více než 1 mil. ha zemědělských půd ČR.

Hlavním cílem práce je prostorová identifikace periodicky zamokřovaných orných půd regionu Vysočina a ověření rozsahu a stavu funkčnosti melioračních zásahů, pokud byly v zamokřených územích dříve provedeny.

V první fázi řešení bude provedena na základě analýzy vrstev GIS (výškopis, BPEJ, mapa ploch odvodnění) prostorová typologie provedených melioračních zásahů. Identifikace zamokření bude řešena na základě obrazové analýzy časových řad multispektrálních satelitních dat Landsat a ASTER.

V druhé fázi bude na základě výsledků obou analýz proveden výběr několika lokalit s melioračními opatřeními. Terénními šetřeními bude zdokumentován jejich aktuální stav. Součástí výstupů bude mapová dokumentace vytvořená z výsledků prostorových analýz satelitních a GIS dat.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **60 stran textu**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


**Introduction to Remote Sensing. Fifth Edition. By James B. Campbell and
Randolph H. Wynne, The Guilford Press, 2011**
IDRISI Selva manuals
Spatial Analyst ArcInfo manuals

Vedoucí diplomové práce: **doc. Mgr. Ing. František Zemek, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: **4. března 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan


L.S.


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi s mojí prací pomáhali. Jmenovitě pak Ing. Petru Lechnerovi za pomoc při získání podkladů a Ing. Václavu Bystřickému Ph.D. za rady ohledně statistického zpracování. Dále bych chtěl poděkovat doc. Mgr. Ing. Františku Zemkovi, Ph.D. za veškerou pomoc při tvorbě této práce.

Abstrakt

V ČR bylo odvodněno 1 078 000 ha zemědělské půdy. Drenážní systémy, nacházející se na těchto plochách, jsou dnes na konci své životnosti, čemuž přispěla i nedostatečná údržba těchto systémů.

Tato práce se zabývá hodnocením změn funkčnosti drenážních systémů orných půd Vysočiny. Na zkoumaném území Kraje Vysočina (mimo okresu Pelhřimov) byly náhodně vybrány testovací plochy, kde drenážní systémy zabírají 25 – 75% výměry půdního bloku a na nichž byla provedena analýza pomocí vegetačních a vlhkostních indexů. Jako podkladové materiály pro vegetační a vlhkostní indexy posloužily snímky ze satelitů Landsat. Cílem bylo zjistit, zda se liší vitalita vegetace a vlhkostní index půdy v části pozemku s drenážním systémem a bez drenážního systému.

klíčová slova: půdní vlhkost, drenážní systém, Landsat

Abstract

In Czechoslovakia 1 078 000 ha of agricultural land were drained. At present, the drain systems located in these areas are at the end of their lifetime because of unsatisfactory maintenance of these systems.

This project deals with evaluation of changes in functionality of the drain systems used in arable land in Vysočina. In examined territory of the region Vysočina (except the district Pelhřimov) there were accidentally chosen testing spaces where the drain systems fill 25 -75% of surface area and where the analysis of vegetative factors and humidity was done. As a source for the vegetative factors and humidity, there were used satellite photographs Landsat. The aim was to discover whether the vitality of vegetation and humidity in the part of land with the drain systems and without the drain systems differ.

Key words: humidity, drain system, Landsat

OBSAH

1. Úvod	8
2. Cíl práce	8
3. Teoretická východiska	9
3.1 Historie melioračních zásahů	9
3.2 Vliv zamokření na půdu	10
3.3 Znaký zamokření půd	10
3.4 Příčiny zamokření půd	11
3.5 Technická opatření pro odvodnění půd	11
3.6 Druhy odvodnění	11
3.6.1 Příkopové odvodnění	11
3.6.2 Drenážní systémy	12
3.6.2.1 Ojedinelá (sporadická) drenáž	12
3.6.2.2 Plošná systematická drenáž	13
3.6.2.2.1 Drenážní šachty	13
3.6.2.2.2 Problémy drenážních systémů	14
3.6.2.2.2.1 Příčiny poruch drenážních systémů	14
3.6.2.2.2.2 Odolnost drenážního potrubí proti mrazu	14
3.6.2.2.2.3 Čištění drenážních sítí	14
3.6.2.2.2.4 Údržba a stav drenážních systémů v ČR	15
3.6.2.2.2.4.1 Drenážní systémy bez údržby	15
3.7 Spektrální vlastnosti vody	16
3.7.1 Vlhkostní poměry půd	17
3.8 Satelity Landsat	17
3.9 Použité indexy	19
3.9.1 NDVI	20
3.9.2 Topografický vlhkostní index (Topographic Wetness Index, TWI) ..	22
3.9.3 Vlhkostní stresový index (Moisture stress index, MSI)	22
3.9.4 Analýza hlavních komponent (Principal Component Analysis, PCA)	23
3.10 Použitý software	23
3.10.1 ESRI ArcInfo	23
3.10.2 Statistica	24
4. Metodika	25
4.1 Získání družicových dat	25

4.2	ArcMap	27
4.2.1	Vstupní data – BPEJ, drenáže, LPIS	27
4.2.2	Příprava testovacích ploch	29
4.2.3	Převod DEM do S-JTSK	31
4.2.4	Rozdělení podle nadmořských výšek	32
4.2.5	PCA	32
4.2.6	Výběr testovacích ploch	33
4.2.7	Úprava testovacích ploch	38
4.2.8	Výpočty	40
4.2.8.1	Svažitost a TWI	40
4.2.8.2	NDVI a MSI	41
4.2.9	Export použitých indexů za každou testovací plochu	42
4.2.10	Převod vegetačních a vlhkostních indexů do textových souborů ...	43
4.3	Úprava souborů pro program Statistica	44
4.3.1	Úprava textových souborů	44
4.3.2	Převod do souborů aplikace Microsoft Excel	44
4.4	Statistické zpracování dat v programu Statistica	45
5.	Výsledky	46
6.	Diskuze	61
6.1	Terénní šetření	64
7.	Závěr	68
8.	Seznam použitých zdrojů	69
9.	Přílohy	72
9.1	Schéma pracovního postupu	72
9.2	Ukázka ASCII souboru vytvořeného programem ArcGIS	73
9.3	Výsledky statistického zpracování jednoho bloku orné půdy74 a jednoho indexu	74
9.4	Ukázka barevné syntézy prvních tří kanálů PCA analýzy z roku 1992 ..	75
9.5	Ukázka rastru indexu NDVI z roku 1992	76
9.6	Ukázka rastru indexu MSI z roku 1992	77
9.7	Ukázka rastru indexu TWI z roku 1992	78
9.8	Fotodokumentace a letecké snímky vybraných půdních bloků	79
9.8.1	Půdní blok č. 1990	79
9.8.2	Půdní blok č. 1904	82

9.8.3 Půdní blok č. 1832	85
9.8.4 Půdní blok č. 1224	88
9.8.5 Půdní blok č. 1013	91
9.8.6 Půdní blok č. 943	94
9.8.7 Půdní blok č. 1035	97

1. Úvod

V dnešní době se začíná čím dál více projevovat nefunkčnost drenážních systémů na blocích orných půd, které byly budovány od šedesátých let minulého století na území tehdejší ČSSR. Přibližně 30 % těchto odvodňovacích zařízení je buď poškozeno nebo nefunkční. Uživatel pozemku s nefunkčním odvodněním tento problém neřeší do té doby, než mu znemožní hospodaření na pozemku. Tato práce se zabývá hodnocením změn funkčnosti těchto odvodňovacích prvků v části Kraje Vysočina, a to v okresech Jihlava, Třebíč, Havlíčkův Brod a Žďár nad Sázavou, na základě spektrálních charakteristik vegetace.

2. Cíl práce

Hlavním cílem práce je prostorová identifikace potenciálně zamokřovaných orných půd regionu Vysočina a ověření rozsahu a stavu funkčnosti melioračních zásahů, pokud byly v zamokřených územích dříve provedeny.

V první fázi řešení je provedena na základě analýzy vrstev GIS (výškopis, BPEJ, mapa ploch odvodnění) prostorová typologie provedených melioračních zásahů. Identifikace zamokření je řešena na základě obrazové analýzy časové řady multispektrálních satelitních dat Landsat. Na základě výsledků analýzy je proveden výběr několika lokalit s melioračními opatřeními a terénními šetřeními je zdokumentován jejich aktuální stav. Součástí výstupů je mapová dokumentace vytvořená z výsledků prostorových analýz satelitních dat, GIS dat a historických ortofotomap z roku 1952.

3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

3.1 Historie melioračních zásahů

Počátky meliorací jsou datovány do 4. tisíciletí před naším letopočtem, kdy v Egyptě byly stavěny hráze pro zadržení vody, která poté byla využívána k závlahám zemědělských pozemků. Na našem území jsou problémy opačného charakteru než v Egyptě, na území ČR byla snaha půdu spíše odvodnit než zavlažovat.

První historické záznamy o odvodnění pocházejí z 10. století, kdy probíhalo vysušování bažin s cílem získat zemědělskou půdu. Voda byla svedena do místa s nejnižší nadmořskou výškou. Na těchto místech vznikaly první rybníky. Tento způsob odvodnění zaznamenal rozkvět ve 14. a 15. století, kdy byly na rozkaz Karla IV. zakládány rybníky kvůli ochraně před povodněmi. Svedením vody do nově vybudovaných rybníků bylo umožněno zemědělské využívání dříve zamokřené půdy. Prudký rozvoj odvodnění půdy nastal v 14 až 16. století, kdy byly zakládány rybníky především na Třeboňsku a Českobudějovicku. Tyto oblasti byly dosud zemědělsky nevyužitelné, nacházely se zde především močály a lesní porosty. Přebytečná voda byla z těchto území svedena otevřenými příkopy do nových rybníků vybudovaných v neodtokových oblastech. Tyto rybníky byly propojeny Zlatou stokou, která kromě napájení rybníků byla i odvodňovacím recipientem rozsáhlého území (Votruba, 1980). Budování rybníků a umělých kanálů mělo za úkol i ochranu před povodněmi. V této době byla vybudována i Nová řeka, která odvádí část vody z řeky Lužnice do Nežárky a chrání rybník Rožmberk před velkými přítoky vody za povodní. V 17. a 18. století pokračovalo odvodňování zemědělských ploch. Dříve zakládali vlastníci zamokřených pozemků tzv. vodní družstva a melioraci si platili sami, avšak v roce 1884 vznikl meliorační zákon a byla vložena státní podpora do melioračních opatření. K velkému rozmachu odvodňovacích prací došlo po roce 1900 až do první světové války, další velký rozvoj drenážních prací byl ve 30. letech. Druhá světová válka způsobila stagnaci melioračních prací a zase až koncem padesátých let nastává jejich prudký vývoj (Sanetrník, Filip, 1991).

K roku 1991 bylo na území ČSFR odvodněno celkem 1 501 000 ha zemědělských ploch, oproti tomu bylo 489 000 ha bylo zavlažováno.

3.2 Vliv zamokření na půdu

Zamokření velmi poškozují půdu. Vlivem zamokření se zaplňují póry, původně vyplněné půdním vzduchem, vodou. Na takových půdách se nedaří kulturním plodinám a převažují zde vlhkomilná společenstva. Výsledkem zamokření je degradace půdy a vytváření méně hodnotných půdních typů. O povaze a vlastnostech těchto typů rozhoduje, uplatňuje-li se nadbytek vody v půdotvorném procesu automorfním nebo hydromorfním (Sedlák, 1981). V půdách poté může nastat některý z půdotvorných procesů:

Ilimerizace – proces charakterizován přesunem minerálních koloidů a jílovitých částic z povrchu půdy do spodních vrstev půdního horizontu. V důsledku toho vzniká eluviální horizont při povrchu půdy, ochuzený o jílovité částice, a iluviální horizont, který je o tyto částice obohacený.

Podzolizace – funguje na stejném principu jako ilimerizace s tím rozdílem, že kromě přesunu jílovitých a koloidních částic jsou přesouvány i soli železa, hliníku a manganu a humusové kyseliny do spodních vrstev půdního profilu. Výsledkem jsou málo úrodné podzolové půdy.

Glejový proces – vzniká při vysokém stavu hladiny podzemní vody a jeho kolísáním, kdy se nad úroveň vodní hladiny vytvoří glejový horizont. Tento glejový horizont je za sucha tvrdý a za mokra mazlavý.

Bažinný proces – vzniká při vysoké hladině podzemní vody, kdy hladina podzemní vody stoupá až na povrch pozemku, nebo když je území dlouhodobě zaplaveno vodou. Výsledkem tohoto procesu jsou prakticky nepoužitelné půdy, protože v těchto půdách nemají zemědělské kulturní plodiny vhodné podmínky pro pěstování a ustupují ve prospěch mokřadních společenstev.

3.3 Znaky zamokření zemědělských půd

Orientačně lze posuzovat zamokření podle vnějších znaků na porostu nebo na půdě. Na zamokřeném pozemku má porost nezdravé zbarvení, kdy barva listů přechází ze sytě zelené na zelenožlutou barvu. Při vyšších stupních zamokření pak kulturní porost nahrazují porosty typicky vlhkomilné a mokřadní. Na půdě se zamokření projevuje tmavou barvou půdního povrchu, někdy i kalužemi vody vyskytujícími se na pozemku. Tyto jevy jsou vidět zejména zjara po tání sněhu. Na zamokřených místech také později taje sníh. Zemědělcům na zamokřených pozemcích dělá problémy obtížné zpracování půdy.

3.4 Příčiny zamokření

Příčiny zamokření lze rozdělit do 4 skupin – zamokření vnějšími vodami (cizí voda přitéká na pozemek), zamokření vysoko položenou hladinou podzemní vody, srážkami zadržovanými nepropustnými vrstvami a zamokření vodou v půdách silně poutanou a v těžko pohyblivé formě.

3.5 Technická opatření pro odvodnění půd

U druhu zamokření vnějšími vodami se odvodnění řeší vybudováním obvodových záchytných drénů při vodonosném podloží. Jako zásyp drénů se používá filtrační materiál (štěrk, písek, kamenivo). Pokud je v níže položených místech pozemku hladina podzemní vody napjatá, tak se odvodnění řeší výstavbou systematické trubkové drenáže.

Pokud je příčinou zamokření vysoko položená hladina podzemní vody spočívá odvodnění ve výstavbě systematické trubkové drenáže tak, aby hladina podzemní vody po úpravě odvodněním byly ve výšce 60 – 80 cm pod úrovní terénu.

U zamokření atmosférickými srážkami se pro odvodnění používá trubková drenáž o velkých rozchodech spojená s hloubkovým kypřením nebo krtčí drenáží.

U zamokření ulehlých půd je odvodnění obtížné. Trubková drenáž je sama o sobě málo účinná a musí se kombinovat s nakypřením půdy a dalšími chemickými a biologickými opatřeními.

3.6 Druhy odvodnění

3.6.1 Příkopové odvodnění

Příkopové odvodnění se používalo v minulosti v místech, kde příkopy nebyly překážkou v užívání pozemků. Příkopové odvodnění bylo navrhováno v místech, kde povrchová voda stagnuje na povrchu území a nepropustná vrstva je nízko pod povrchem a v místech s velmi malým sklonem pozemku, kde by docházelo k zanášení drénů. V neposlední řadě se používalo u velmi lehkých půd a na pozemcích ve svahu, kde příkopy plnily i protierozní funkci. Příkopový systém se dělí stejně jako drenážní systém na příkopy sběrné a příkopy svodné. Sběrné příkopy sbírají vodu z mezilehlých pruhů území a svodné příkopy sbírají vodu ze sběrných příkopů a odvádějí ji do odvodňovacích kanálů nebo do recipientu. Dno příkopů se umísťuje do takové výšky, aby umožňovalo zaústění sběrných příkopů i drenážních

systemů. Oproti drenážním systémům mají příkopy možnost odvést velké množství vody ve velmi krátkém čase. Mezi nevýhody se řadí zábor užitné plochy odvodňovaného pozemku v rozmezí 8 – 20% v závislosti na rozchodu příkopů. Při použití příkopového odvodnění je dále nutné budovat mostky, propustky a další technická zařízení umožňující obhospodařování pozemků. Příkopy vyžadují neustálou péči, což obnáší kosení trávy, kácení náletových dřevin a čištění příkopů od sedimentů, které výrazně snižují průtočnou plochu příkopu.

3.6.2 Drenážní systémy

Výhodnější způsob odvodnění je odvodnění drenáží. Drenáž se používá k zachycení a odvedení přebytečné podzemní vody z území. Nejpoužívanější způsob podzemního odvodnění je horizontální trubková drenáž složená z drénů položených rovnoběžně s povrchem odvodňovaného území. Pro odvodnění souvisle zamokřené plochy se používá drenáž plošná (systematická), pro odvodnění menších, ojediněle zamokřených ploch a pro odvedení vody z pramenných vývěřů a terénních depresí drenáž ojedinělá (sporadická), jež může tvořit i nepravidelnou drenážní síť (Holý, 1985).

Základním prvkem drenáže je drén, který sbírá a odvádí vodu ze zamokřeného území. Drén je tvořen z plastových nebo hliněných trubek, které byly zakládány do hloubky alespoň 80 cm pod povrch pozemku (kvůli možnému poškození mrazem) a ve sklonu 2 – 4%. Voda se do drénů dostává v místech spojů drenážních trubek a odtéká samospádem pryč z odvodňovaného území. Jako obsyp drénů se používaly materiály s vysokou propustností. V místech s půdami malé únosnosti se používaly kamenné drény nebo dřevěné drény v různém provedení. Další možností ve výstavbě drénů je krtčí drenáž, která se provádí strojně bezvýkopovou technikou.

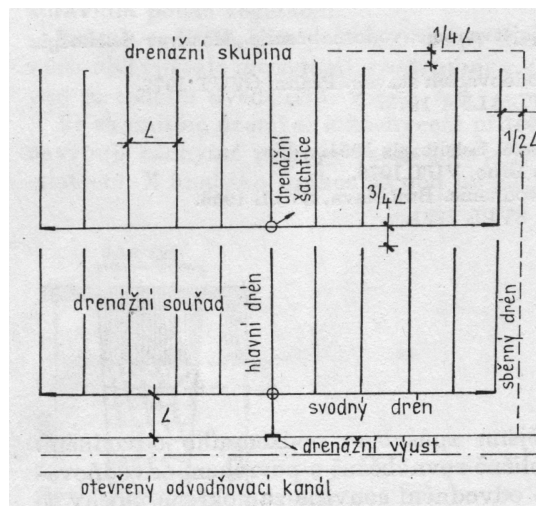
3.6.2.1 Ojedinělá (sporadická) drenáž

Sporadická drenáž se buduje v případech lokálního zamokření. Jde o prohlubně na pozemku bez povrchového odtoku, pramenné vývěry, přítok cizí podzemní vody nebo průsak vody z vodního toku nebo vodní nádrže. Sporadická drenáž může tvořit i nepravidelnou drenážní síť.

3.6.2.2 Plošná systematická drenáž

Plošná (systematická) drenáž se skládá ze sběrných a svodných drénů. Sběrné drény jímají přebytečnou vodu z půdy a předávají ji drénům svodným, které ji odvádějí do recipientu. Souběžné řady svodných drénů, které ústí do společného svodného drénu se nazývají drenážní souřad. Jeden nebo několik drenážních souřadů, z nichž se voda odvádí k společné drenážní výusti, vytváří drenážní skupinu (Sedlák, 1981) (viz obr. 1).

Svodné drény se umisťují do nejnižších poloh odvodňovaného území. Svodné drény se přerušují kontrolními šachticemi. Svodný drén se vyúsťuje do odvodňovacího příkopu nebo kanálu tak, aby dno výustní trubky bylo nejméně 0,20 m nad setrvalým stavem vody, popř. 0,20 m nade dnem příkopu nebo kanálu povětšinou suchého. Je-li dno odvodňovacího kanálu odstupňováno, umisťují se drenážní výusti pod stupně (Jůva, 1964).



Holý (1985)

Obr. 1
Schéma drenážní skupiny.

3.6.2.2.1 Drenážní šachtice

Drenážní šachtice umožňují soutok několika svodných drénů, kontrolu funkce drenáže, překonání výškových terénních rozdílů a údržbu drenáže. Drenážní šachtice se navrhují v trasách sběrných drénů po max. 400 m, v trasách svodných drénů ve vzdálenosti maximálně 200 m a v místech, kde svodný drén mění svůj směr. Drenážní šachtice taktéž vyskytují v místech napojení několika svodných drénů. Šachtice se používají ke kontrole funkčnosti drenážních systémů. Šachtic se též užívá k zachycování splavenin unášených drenážní vodou a konečně se jimi oddělují z průběžné trasy svodných drénů úseky křižující železnici, silnici nebo vodní tok (Jůva, 1957). Drenážní šachtice mají nejčastěji kruhový tvar o průměru 80 až 100 cm. Dno šachtice se nachází nejméně 20 cm pod úrovní výtoku přitékající vody. V každé šachtici se nachází kaliště, kde se usazují splaveniny, které s sebou unáší drenážní voda. Drény přivádějící vodu do šachtice vyčnívají směrem do šachtice cca

5 cm. Odpadní drén(y) se nachází v úrovni výšky hladiny kaliště. Zakrytí šachtice tvoří betonové nebo kamenné desky.

3.6.2.2.2 Problémy drenážních systémů

3.6.2.2.2.1 Příčiny poruch drenážních systémů

Poruchy konstrukčního řešení prvků mohou být zapříčiněny:

- nedostatečnou údržbou a neprovedením nutných oprav (zanášení příkopů, drénů a šachtic)
- vnějším poškozením odvodňovacího prvku (jinou stavební činností – například liniovou stavbou, zemědělskou činností – např. poškození šachtic najetím traktoru, nadměrnou hloubkou orby, zavezením odpadu, poškození drenážní výustě při strojním čištění recipientu atd.)
- nevhodnou volbou koncepce stavby (projektového řešení) a nevhodnou realizací stavby (způsobu provedení – pokud se závada neprojevila již v rámci záruky)
- ukončenou životností odvodňovacího prvku (zborcení stěn drénu apod.)
- intenzitou a dlouhodobostí působení vnějších negativních vlivů a rizikovostí oblasti výstavby (svážná a poddolovaná území, k zanášení náchylné půdy, zarůstání kořeny, vysoký obsah dvojmocného železa v půdě atd.)

(Kulhavý, 2006).

3.6.2.2.2.2 Odolnost drenážního potrubí proti mrazu

Mrazuvzdornost drenážního potrubí je určena kvalitou hlíny, z níž jsou drenážní trubky vyrobeny. Trubka z kvalitní hlíny může být vypálena při vysoké teplotě, takže se pak stává odolnou proti mrazu, neboť získává „skelný“ povrch a vlivem toho nedochází k absorpci vody. Obsahují-li hlíny určité množství písku, pak jejich odolnost proti mrazu nastává při vysokém nasycení vodou a nízké teplotě. Trubky z měkkých hlín vykazují nízkou odolnost proti mrazu a mohou být využity jen při větších hloubkách založení drénů (více než 0,6m) (Kudrna, 1987).

3.6.2.2.2.3 Čištění drenážních sítí

Nejčastější příčinou nefunkčnosti drenážních systémů je zarůstání drenážních trubek kořeny, zanášení splaveninami (hrozí především v systémech s příliš malým

spádem drénů pod 1%) a mechanické poškození jednotlivých trubek. Může se vyskytnout i posun trubky, a tím pádem se rázem sníží průtočnost celého drenážního systému.

V případě poškození drenážní trubky je nutné část potrubí vykopat a trubku nahradit novou. Při zarůstání drenážního potrubí kořeny rostlin se čištění provádí způsobem, že z jedné drenážní šachtice se provleče ocelové lano do sousední šachtice a kroucením se na něj navinou kořeny prorůstající do drenáže. Lano se poté vytáhne traktorem. Pro odstranění sedimentů z drenážních systémů byl v tehdejší ČSR vyvinut hydročistič. Hlavice hydročističe obsahuje trysky, kterými se přivádí tlaková voda a tato voda rozmělnuje sedimentované částice, které jsou následně v podobě kalu odváděny z drenáží. Charakteristikou hydročističů je relativně malá výkonnost (150 m za hodinu), značná spotřeba vody a vysoká energetická náročnost.

3.6.2.2.2.4 Údržba a stav drenážních systémů v ČR

Celková plocha drenážních systémů v České republice je 1 078 000 hektarů. Jejich technický stav je z větší části zanedbaný, ba přímo žalostný. Již v roce 1976 vyžadovalo 64 tisíc ha drenážních systémů nutnou rekonstrukci a dalších 267 tisíc ha přesáhlo stanovenou životnost. Nedostatečná údržba nebo vůbec žádná údržba je hlavní příčinou snížení životnosti drenážních systémů na 15 až 20 let místo plánovaných 40let, ale možných 60 a více let (Kokoška, 1986). Dnes jsou běžné popraskané betonové šachtice, víka šachtic jsou rozlámaná a spadlá dovnitř šachtice nebo chybí a samotné šachtice jsou mnohdy zanesené sedimenty z drenážních vod.

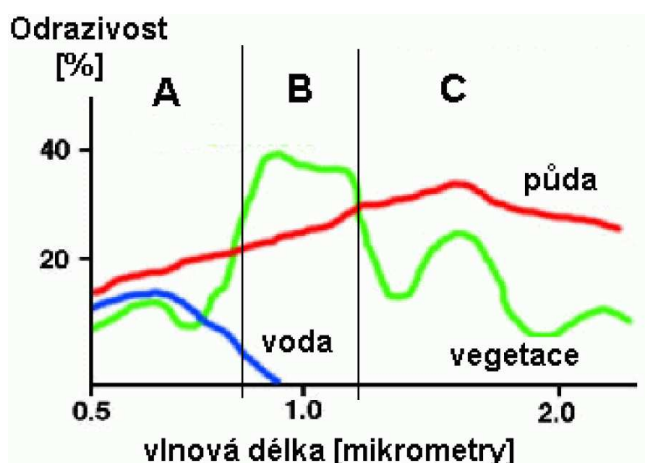
3.6.2.2.2.4.1 Drenážní systémy bez údržby

Drenáže a odvodňovací systémy bez odpovídající údržby stárnou, potrubí zarůstá nebo je zanášeno zeminou nebo železitým okrem, konce trubek vystavené mrazu se rozpadají, šachtice se také zanášeny, nadzemní šachtice se sesouvají, (i např. po nárazech zemědělských strojů) a rozpadají, drenážní výusti a jejich opevnění se rozpadají vlivem břehové eroze a zvětrávání stavebních materiálů, jsou zanášeny splaveninami a zarůstají. Ucpané drény a šachtice způsobují vývěry vody, která pak buď odtéká po povrchu a způsobuje další erozi (typicky např. v okolí drenážních šachtic, ale nejenom tam) nebo se hromadí v bezodtokých místech a dává vzniknout novým mokřadům (Kulhavý, 2006).

3.7 Spektrální vlastnosti vody

Podstata dálkového průzkumu Země spočívá v možnosti snímání elektromagnetického záření, které odrážejí různé materiály a hmoty, nacházející se na zemském povrchu. Když sluneční světlo osvítí objekty na zemském povrchu, některé vlnové délky spektra jsou absorbovány a jiné vlnové délky se odrážejí, popřípadě po absorpci dochází k vyzařování v jiných vlnových délkách.

Toto odražené záření je možno nasnímat multispektrálními nebo hyperspektrálními scannery, umístěnými v letadlech nebo na družicích. Odrážecí a vyzařovací schopnosti látek bývají v různých částech elektromagnetického spektra rozdílné (obrázek 2). Většina druhů povrchů má na snímcích z různé části spektra jiný odstín šedi podle toho, jaké množství dopadajícího záření odrazí. Voda je charakteristická svými spektrálními vlastnostmi, které jsou dosti odlišné od jiných látek, vyskytujících se na zemském povrchu (půda, skály, vegetace, antropogenní útvary aj.). Toho lze využít při identifikaci vodních objektů na zemském povrchu.



Obr. 2

Odraživost materiálů vyskytujících se na Zemském povrchu.

(převzato z http://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky_dpz/DPZ_03_spektralni_chovani.pdf)

Obecně lze říci, že s rostoucí vlnovou délkou odrazivost vody klesá. V blízké infračervené a infračervené oblasti lze velmi dobře pozorovat útvary povrchové vody. Zatímco odrazivost vegetace prudce stoupá (tj. na černobílých snímcích bude znázorněna světlou barvou), tak naopak odrazivost vody dosahuje svého minima, a tudíž je velmi dobře rozpoznatelná.

3.7.1 Vlhkostní poměry půd

Z hlediska dálkového průzkumu Země je nutné u vlhkostních poměrů půd rozlišovat mezi vlhkostí povrchovou (přesycení povrchové vrstvy půdy vodou a vodou na povrchu půdy) a vlhkost půdy v celém půdním profilu. Celkové vlhkostní poměry půd jsou charakterizovány především množstvím půdní vláhy (v absolutních či relativních hodnotách), hloubkou hladiny podzemní vody a vodním režimem půd (Tlapáková, 2013). Právě tato hladina podzemní vody je drenážními systémy uměle snížena. Vlhkost půdy je také určena umístěním konkrétního pozemku a orografii terénu. Je přirozené, že v místech terénních depresí bude zpravidla větší půdní vlhkost než na vrcholcích kopců. Dále o půdní vlhkosti rozhoduje svažitost a expozice konkrétního pozemku. Pozemky s expozicí na sever mají nižší teplotu než pozemky s jižní expozicí a tudíž jejich vlhkost se musí odlišovat. Dobře je to vidět na jaře, kdy pozemky s expozicí na jih jsou holé, kdežto pozemky s expozicí na sever ještě pokrývá vrstva sněhové pokrývky. Potencionální vlhkostní poměry půd lze určit na základě digitálního modelu terénu pomocí topografického vlhkostního indexu (TWI), nebo z multispektrálních snímků metodami vegetačních a vlhkostních indexů. Jako nejvhodnější indikátor u míst, kde není možnost snímkovat holou půdu, je vegetační kryt. Využito je přitom zákonitých vazeb vegetace (stavu a druhové skladby) na množství a kvalitu, fyziologickou dostupnost a změny vody v půdě (Tlapáková, 2013).

3.8 Satelity Landsat

V práci byly použity multispektrální satelitní snímky z družic Landsat. Počátky programu Landsat sahají do roku 1965, kdy NASA (National Aeronautics and Space Administration) začala připravovat vypuštění první družice. První satelit Landsat byl vypuštěn v roce 1972. Tento satelit nesl 2 senzory – BRV (Return Beam Vidicon) a MSS (Multispectral Scanner). Do první generace satelitů Landsat se řadí družice Landsat 1, Landsat 2 a Landsat 3. V roce 1982 byla vypuštěna družice Landsat 4, která byla vybavena novým senzorem TM (Thematic Mapper) a nedlouho po ní v roce 1984 byla vypuštěna družice Landsat 5, která fungovala do roku 2013. Start družice Landsat 6 se nezdařil a v roce 1993 byla vypuštěna družice Landsat 7, vybavená senzorem ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Tento senzor se v podstatě shoduje se senzorem TM s rozdílem, že poskytuje i panchromatický

snímek. V roce 2013 byla vypuštěna družice Landsat 8, která je vybavena senzory OLI (Operational Land Imager) a TIRS (Thermal Infrared Sensor). Snímky z družice Landsat se skládají ze 4 kanálů (Landsat 1 – Landsat 4), 7 kanálů (Landsat 5), 8 kanálů (Landsat 7) nebo 11 kanálů (Landsat 8). V práci jsou použity snímky ze satelitů Landsat 5 a Landsat 7.

Snímky ze senzoru Landsat Thematic Mapper (TM) se skládají ze 7 spektrálních pásem s prostorovým rozlišením 30 metrů pro pásma 1 – 5 a 7. Pásmo 6 je nasnímano v prostorovém rozlišení 120 metrů a převzorkováno na rozlišení 60 m/pixel (snímky do 25. 2. 2010) nebo 30 m/ pixel (snímky od 25. 2. 2010). Jeden snímek zobrazuje plochu 106 x 114 mil (cca 170 x 183 km).

Thematic Mapper (TM)	Landsat 4-5	Vlnová délka (μm)	Rozlišení (m)
	Pásmo 1 - modré	0.45-0.52	30
	Pásmo 2 - zelené	0.52-0.60	30
	Pásmo 3 - červené	0.63-0.69	30
	Pásmo 4 – blízko infračervené	0.76-0.90	30
	Pásmo 5 - krátkovlnné infračervené	1.55-1.75	30
	Pásmo 6 - infračervené tepelné	10.40-12.50	120 (60, 30)
	Pásmo 7 - krátkovlnné infračervené	2.08-2.35	30

Snímky ze senzoru Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) se skládají z 8 kanálů s prostorovým rozlišením 30 metrů pro pásma 1 – 5 a 7. Pásmo 6 je nasnímano v prostorovém rozlišení 60 metrů a převzorkováno na rozlišení 30 m/pixel (snímky od 25. 2. 2010). Snímky do 25. 2. 2010 mají rozlišení 60 m/ pixel.

Pásmo 8 (viditelné panchromatické) je nasnímáno s rozlišením 15 metrů. Jeden snímek zobrazuje plochu 106 x 114 mil (cca 170 x 183 km).

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Landsat 7	Vlnová délka (μm)	Rozlišení (m)
	Pásmo 1 - modré	0.45-0.52	30
	Pásmo 2 - zelené	0.52-0.60	30
	Pásmo 3 - červené	0.63-0.69	30
	Pásmo 4 – blízko infračervené	0.77-0.90	30
	Pásmo 5 - krátkovlnné infračervené	1.55-1.75	30
	Pásmo 6 - infračervené tepelné	10.40-12.50	60 (30)
	Pásmo 7 - krátkovlnné infračervené	2.09-2.35	30
	Pásmo 8 - panchromatické	0.52-0.90	15

3.9 Použité indexy

Pro mapování vegetace se používá především tzv. vegetačních indexů, kterých lze za určitých předpokladů využít i k určování kvantitativních ukazatelů, jako je množství (hmotnost) biomasy v ploše pixelu (Dobrovolný, 2001).

Vegetační indexy využívají různé kombinace multispektrálních družicových dat k vytvoření jednopásmového obrazu, reprezentujícího přítomnost vegetace nebo vegetační vitalitu. Nízké hodnoty indexu indikují špatný zdravotní stav vegetace, zatím co vysoké hodnoty indikují výborný zdravotní stav vegetace.

Vegetace má charakteristické příznaky spektrální odezvy, projevující se silným pohlcováním energie modrého a červeného oboru viditelné části spektra, slabým odrazem záření zelené oboru viditelné části spektra (proto vnímáme vegetaci

jako zelenou) a velice silným odrazem energie blízkého infračerveného oboru. Tyto charakteristiky spektrální odrazivosti jsou důvodem, proč při výpočtu mnoha vegetačních indexů se využívá červené a blízké infračervené pásmo (Peňáz, 2008).

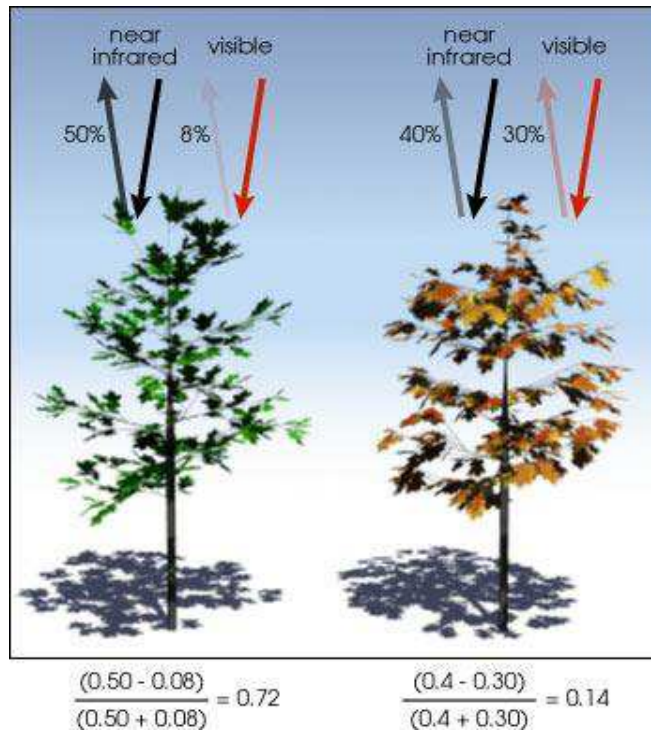
Existuje velké množství algoritmů pro výpočet vegetačních indexů, ve většině případů jsou však funkčně ekvivalentní. Indexy lze rozdělit do dvou velkých skupin:

Poměrové indexy dávají do vztahu jednoduchým nebo normalizovaným poměrem odrazivost povrchů v červené viditelné a blízké infračervené části spektra

Ortogonální indexy jsou lineární kombinací původních pásem multispektrálního obrazu (Dobrovolný, 2001).

3.9.1 Normalizovaný rozdílový vegetační index (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

NDVI je založen na principu pohlcování a odrazu určitých vlnových délek spektra listy rostlin. Pigment na listech rostlin (chlorofyl) silně adsorbuje viditelné světlo pro použití ve fotosyntéze, hlavně v modré a červené části spektra. Na druhé straně struktura buněk v listech silně odráží blízké infračervené světlo. Čím více živá rostlina zelených listů má, tím více je ovlivněno pohlcování a odrazivost těchto vlnových délek. Vegetace, která je nasnímaná ve viditelné části spektra je velmi tmavá (záření pohlcuje), zatímco tatáž vegetace nasnímaná v oblasti blízké infračervené je světlejší (záření odráží). Obecně lze říci, že pokud vegetace odráží více v oblasti blízké infračervenému záření než ve viditelných vlnových délkách, tak je pravděpodobné, že vegetace v daném pixelu bude hustá (např. les). Pokud je v daném pixelu velmi malý rozdíl mezi zářením odraženým ve viditelné části spektra a v blízké infračervené části spektra, pak je pravděpodobné, že se jedná o rozptýlenou nebo nezdravou vegetaci.



Obr. 3

Rozdíl v NDVI mezi zdravou a strádající rostlinou.

(převzato z :

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php)

Hodnota NDVI se počítá podle vzorce

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

kde NIR je hodnota konkrétního pixelu nasnímaného v blízké infračervené oblasti spektra

RED je hodnota odpovídajícího pixelu v červené oblasti spektra

Index NDVI nabývá hodnot od -1 do 1. V místech kde se vyskytuje zdravá vegetace bude index NDVI nabývat vysokých hodnot (0,8 – 0,9), zatímco na půdě bez vegetace se hodnoty budou pohybovat kolem nuly (holá půda odráží podobné množství záření v červené i blízko infračervené oblasti spektra).

Samotný NDVI nic neříká o vlhkostních poměrech půdy. Vlhkostní poměry lze zjistit jako odchylku od dlouhodobého průměru NDVI. Pokud je u trvalé vegetace hodnota odchylky od dlouhodobého průměru záporná, lze usuzovat horší zdravotní

stav vegetace nebo vodní stres vegetace. Pokud se odchylka pohybuje v kladných číslech, znamená to dostatek vláhy.

3.9.2 Topografický vlhkostní index (Topographic Wetness Index, TWI)

Topografický vlhkostní index TWI prezentovali Beven a Kirkby v roce 1979. Jeho podstatou je, že topografie (především svažítost pozemků) určuje pohyb vody v území. Existuje určitý vliv místní topografie na hydrologické procesy v území a pomocí TWI lze usuzovat prostorové rozložení půdní vlhkosti a nasycení povrchových vrstev půdy vodou. TWI se vypočítává ze svažítosti a je tedy závislý na digitálním modelu terénu. Index popisuje tendenci k akumulaci vody v každém místě na pozemku a sklon pro gravitační síly pro pohyb vody směrem dolů po svahu. Základní myšlenkou je, že všechny vody z pixelu proudí do jednoho sousedního pixelu, který má nejnižší nadmořskou výšku ze všech sousedních pixelů. Mokrě plochy mohou vzniknout buď na velkých rovinatých plochách, odkud voda nemůže odtéct nebo v údolnicích, zatímco sušší oblasti se nacházejí na kratších příkrých svazích.

Hodnota TWI se počítá podle vzorce:

$$TWI = \ln \frac{A}{tg \alpha}$$

kde A je kumulativní součet plochy, ze které voda odtéká do jednoho bodu
 α je svažítost (úhel sklonu) pozemku v tomto bodě

3.9.3 Vlhkostní stresový index (Moisture stress index, MSI)

Vlhkostní stresový index je založený na měření odrazivosti v pásmech, ve kterých jsou rostliny citlivé na obsah vody v listech. Vlhkostní stresový index se z kanálů Landsat počítá pomocí vzorce:

$$MSI = \frac{MidIR}{NIR}$$

kde: MidIR je hodnota konkrétního pixelu nasnímaného ve střední infračervené oblasti (7 kanál multispektrálního snímku družice Landsat)

NIR je hodnota odpovídajícího pixelu nasnímaného v blízké infračervené oblasti

Vlhkostní stresový index má převrácené hodnoty oproti jiným indexům, tj. vyšší hodnoty MSI znamenají nižší obsah vody a vyšší vodní stres.

3.9.4 Analýza hlavních komponent (Principal Component Analysis, PCA)

Analýza hlavních komponent slouží k dekorelaci dat. Často je používána ke snížení dimenze dat s co nejmenší ztrátou informace. PCA je také někdy označována jako Hotellingova transformace nebo Karhunen-Loèveho transformace.

Metoda PCA provádí analýzu v sadě hlavních obrazových pásem. Tato metoda se používá pro kompresi dat nebo pro odstranění šumu a je užitečná i při analýze časových řad snímků. Analýza je možná buď v T-módu nebo S-módu. T-mód zachází s každým časovým úsekem nebo skupinou jako s proměnnou. Jednotlivé snímky jsou považovány za variabilní pozorování. Oproti tomu S-mód předpokládá jako proměnnou pozici každého pixelu.

3.10 Použitý software

3.10.1 ESRI ArcInfo

Mezi nejpoužívanější GIS softwary se řadí i ArcInfo od společnosti ESRI. Kalifornská firma ESRI, Inc. (Environmental System Reseach Institute) je producentem jednoho z předních vektorově orientovaného GISu umožňujícího i základní operace s rastry a zpracování trojrozměrných dat – systému ARC/INFO. Byl prvním GISem využívající ve svých počátcích jako první výhod minipočítačů. Je velmi používaný pro aplikace v geovědních disciplínách. Systém pracuje s daty ve formátu databázového systému dBase IV, pomocí kterého je možno spravovat databázové informace prvků tematických vrstev (Voženílek, 2000). ARC/INFO je systém pro práci s operačními systémy UNIX nebo Windows. Skládá se z následujících nadstavbových modulů: 3D Analyst, ArcScan, Geostatistical Analyst,

Maplex, Network Analyst, Publisher, Schematics, Spatial Analyst, Tracking Analyst. Všechny nadstavby se nacházejí v balíku nástrojů ArcToolbox.

V práci byly použity tyto nadstavby:

3D Analyst – obsahuje nástroje pro modelování povrchů a 3D vizualizace terénu

Spatial Analyst – obsahuje nástroje pro prostorové analýzy s rastrovými a vektorovými daty

3.10.2 Statistica

Program Statistica byl vyvinut americkou společností StatSoft. První verze tohoto programu se datují do roku 1984, kdy vzniklo partnerství univerzitních profesorů a vědců, kteří potřebovali analyzovat data z vlastního výzkumu. První verze programu, nazvaná PsychoStat byla vyvinuta v roce 1984. Název Statistica se začal používat v roce 1991. V roce 2013 vyšla zatím poslední verze tohoto programu – Statistica 12. Program umožňuje provádět různé statistické analýzy a testy nad soubory dat. Vstupní data lze importovat ze souborů vytvořených aplikací Microsoft Excel.

4. Metodika

4.1 Získání družicových dat

V práci byly použity družicové snímky ze satelitů Landsat 5 TM a Landsat 7 ETM+. Tyto snímky jsou k dispozici zdarma ke stažení. Na internetových stránkách provozovatele těchto družic, kterým je americká organizace United States Geological Survey (USGS), je k dispozici internetový prohlížeč nasnímaných satelitních snímků. Prostřednictvím dvou webových aplikací Glovis (<http://glovis.usgs.gov>) a EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>) je možno si satelitní snímky prohlédnout a stáhnout. Pro stažení je třeba se nejprve zaregistrovat na stránkách příslušného prohlížeče. Při registraci se vyplňují obvyklé údaje, jako je jméno, adresa, telefon a e-mail, ale i údaje o tom, na co budou data použita a zda uživatel není na seznamu hledaných osob. Po úspěšném zaregistrování je možno se přihlásit do jedné z výše uvedených webových aplikací a prohlížet a stahovat data. Pro prohlížení a stažení dat byla zvolena aplikace EarthExplorer. Po úspěšném načtení portálového rozhraní je v levé části obrazovky nabídka hledání. Zde je na výběr buď hledání pomocí adresy, metodou patch/row (tj. řádek a sloupec v kladu satelitních snímků) nebo pomocí vrstvy v GISu. U poslední jmenované možnosti je třeba si dát pozor na správný souřadnicový systém, ve kterém je vybírací vrstva. Nejjednodušší je hledat podle adresy a tento postup byl proveden při získání satelitních dat k vypracování této práce. Do řádku Adress-Place bylo vepsáno požadované místo, město zhruba uprostřed požadovaného území (pro práci byla zvolena Jihlava). V dalším kroku bylo určeno od kdy do kdy se snímky mají hledat (tj. rozmezí roků, mezi kterými hledat a konkrétní měsíce v rocích). Následujícím krokem byl výběr satelitů, ze kterých byla data požadována. Pro práci byly zvoleny snímky ze satelitů Landsat 5 TM a Landsat 7 ETM+ (časová řada snímků je dostatečně dlouhá). Poté byla nastavena maximální oblačnost a údaj, zda byl snímek vyfotografován ve dne nebo v noci. Toto nastavení je nutné zopakovat pro každý typ dat zvlášť (pokud jsou potřeba snímky z více satelitů, např. zde použitých Landsat 5 TM a Landsat 7 ETM+, tak je třeba toto nastavení zopakovat u obou družic). V posledním kroku ze zobrazí nabídka snímků vyhledaných podle předem zadaných kritérií. Tato nabídka je opět pro každý satelit zvlášť. Snímky, které byly uznány za vhodné pro stažení a použití v práci byly objednány stisknutím ikony nákupního košíku, nacházející se u příslušných snímků. Poté je nutno přejít do košíku a objednávku dvakrát potvrdit a

odeslat. Během několika minut přijde na e-mail, který jsme zadali při registraci potvrzení o přijetí objednávky na satelitní data. Následuje proces vyhledávání a vystavování dat na internet. Tato operace trvá přibližně 3 pracovní dny. Po úspěšném nalezení objednaných dat a jejich vystavení přijde e-mail s odkazem na webovou stránku, kde je možné si data stáhnout. Na stránce v odkazu je třeba se přihlásit uživatelským jménem a heslem jako při objednávce dat. Po úspěšném přihlášení je již možno data stahovat. Doba vystavení dat je 14 dní. Po uplynutí této doby opět přijde e-mail, že období pro stažení uplynulo a že data byla smazána.

Při výběru snímků byl zejména kladen důraz na bezoblačné snímky. Snímky použité v práci mají buď nulový nebo minimální pokryv oblačností. Pro práci byly uznány za vhodné a staženy následující snímky:

LT51900261984234XXX09 ze dne 21.8.1984
LT51900261986175XXX02 ze dne 24.6.1986
LT51900261987162XXX02 ze dne 11.6.1987
LT51900261991173XXX02 ze dne 22.6.1991
LT51900261992216AAA02 ze dne 3.8.1992
LT51900261994213XXX03 ze dne 1.8.1994
LE71900262000254EDC00 ze dne 10.9.2000
LE71900262001304SGS00 ze dne 31.10.2001
LE71900262002243SGS00 ze dne 13.8.2002
LT51900262003270MTI01 ze dne 27.9.2003
LT51900262004161KIS00 ze dne 9.6.2004
LT51900262006198KIS02 ze dne 17.7.2006
LT51900262007217MOR00 ze dne 5.8.2007
LT51900262009270MOR00 ze dne 27.9.2009

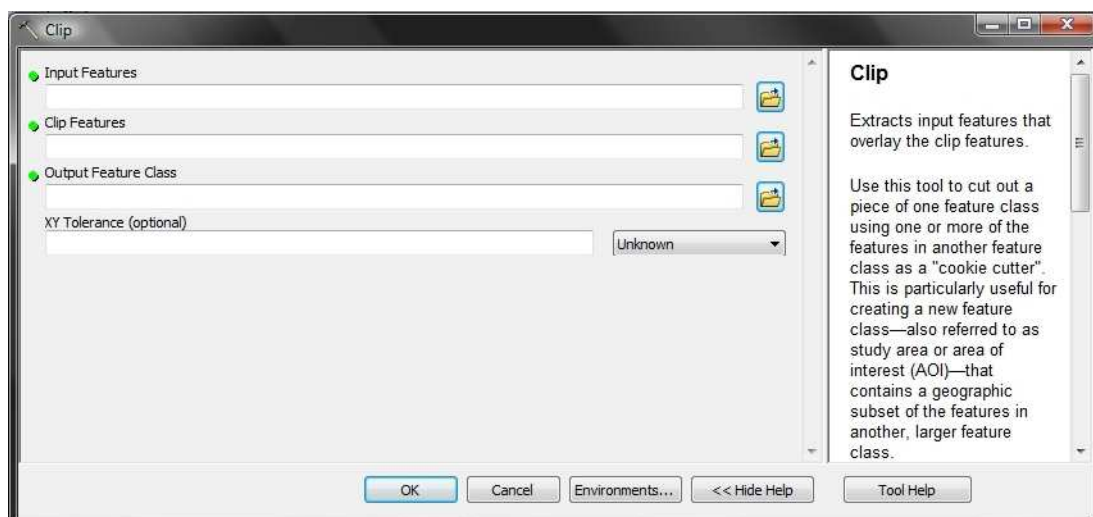
4.2 ArcMap

Veškeré operace s mapovými podklady byly zpracovány v programu ArcMap, který je jednou ze součástí softwarového balíku ArcGIS.

4.2.1 Vstupní data – BPEJ, drenáže, LPIS

Jako vstupní vektorová data posloužily vrstvy zájmového území Kraje Vysočina (mimo okresu Pelhřimov), drenážních systémů, BPEJ a registr využití zemědělské půdy LPIS.

Vrstvy drenážních systémů a BPEJ byly nejprve oříznuty vrstvou zájmového území. Všechny vrstvy (vrstva drenážních systémů, vrstva BPEJ a vrstva ohraničující zájmové území) byly otevřeny v programu ArcMap. Pro oříznutí vektorových vrstev jinou vektorovou vrstvou je v ArcMapu k dispozici nástroj Clip. Nástroj Clip je součástí balíku ArcToolbox, který je nadstavbou programu ArcMap. Okno ArcToolbox lze vyvolat stisknutím příslušné ikony na panelu nástrojů.

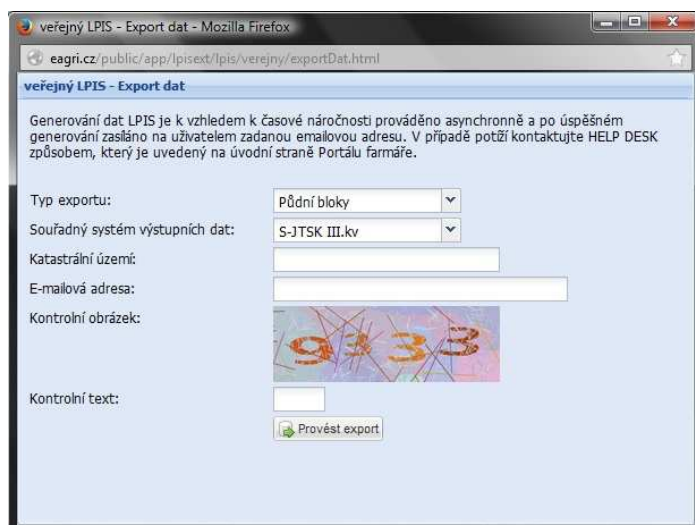


Obr. 4
Okno nástroje Clip.

Jako vstupní prvky byly zadány vrstvy BPEJ a drenážních systémů a jako řezací prvek byla zvolena vrstva zájmového území.

Pro zjištění využití půdy, které je třeba pro určení orných půd posloužil veřejný registr půdy LPIS. Vrstvy veřejného registru půdy LPIS jsou k dispozici volně ke stažení na stránkách www.lpis.cz, spravovanými ministerstvem zemědělství. Tento portál umožňuje export dat na uživatelem zadanou e-mailovou

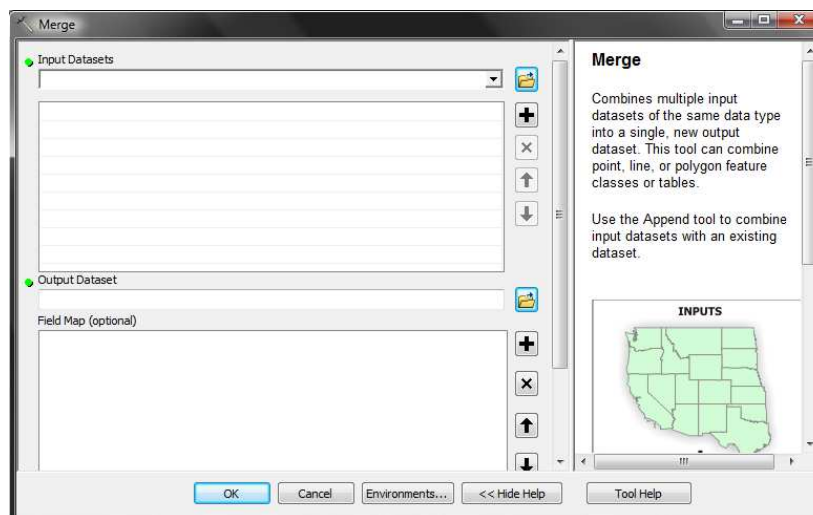
adresu. V dialogovém okně (obrázek 5) je třeba zadat katastrální území (název nebo kód), požadovaný souřadnicový systém a e-mailovou adresu uživatele.



Obr. 5
Dialogové okno exportu dat z LPISu.

Seznam katastrálních území i s jejich číselnými kódy je k dispozici na stránkách <http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/Digitalizace-a-vedeni-katastralnich-map/Digitalizace-katastralnich-map/Informace-o-katastralnich-uzemich.aspx>, kde jsou katastrální území rozdělena podle krajů a podle příslušného katastrálního pracoviště. V práci jsou použity všechny katastrální území Kraje Vysočina mimo katastrálních území spadajících pod katastrální pracoviště Pelhřimov. Data z LPISu přijdou jako soubor .zip na zadaný e-mail, ovšem s nesprávnou příponou. Po stažení z e-mailové schránky je nutné před extrahováním změnit příponu všech souborů na .zip (původně .%7aip). Soubory .zip zaslané LPISem obsahují textový dokument a vrstvu půdních bloků na zadaném katastrálním území. Vrstva je ve formátu .shp určená přímo pro ArcMap. V textovém dokumentu jsou informace o provedených aktualizacích vrstvy a informace o kódech používaných v atributové tabulce příslušné vrstvy.

Všechny vrstvy LPIS byly extrahovány a otevřeny v programu ArcMap. Pro sloučení všech vrstev (každému katastrálnímu území reprezentuje jedna samostatná vrstva) je v ArcToolboxu k dispozici nástroj Merge.

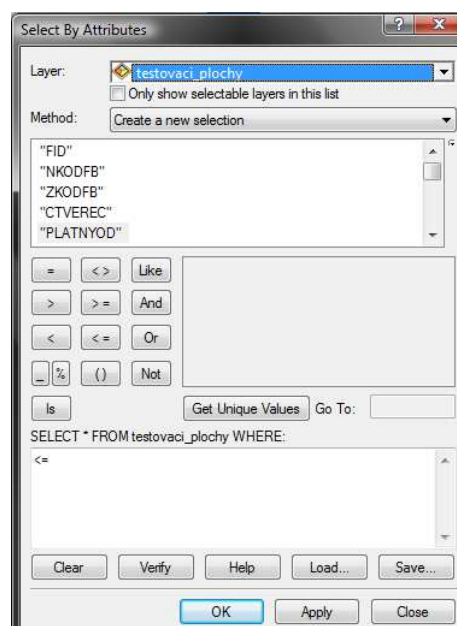


Obr. 6
Okno nástroje Merge.

V dialogovém okně je nutno navolit které vrstvy se mají sloučit do jedné a výstupní vrstva, která bude obsahovat sloučené vrstvy.

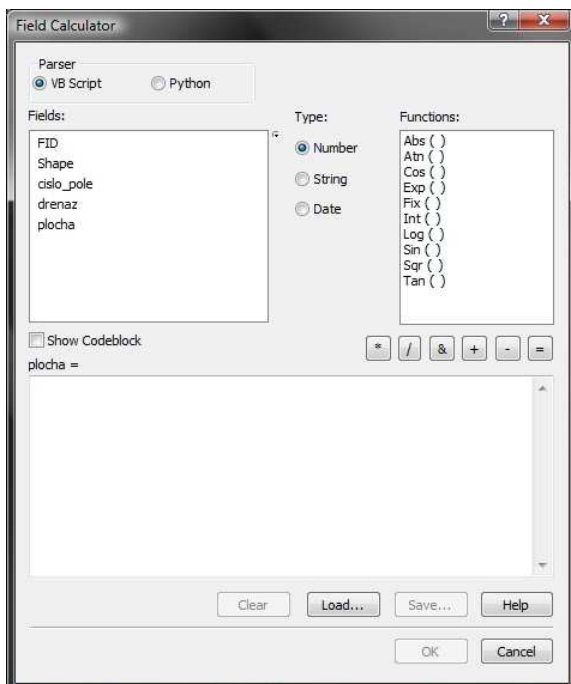
4.2.2 Příprava testovacích ploch

Z vrstvy obsahující celé zájmové území je třeba vybrat jen ty plochy, kde se nachází orná půda. Pomocí nástroje Select by Attributes (obrázek 7) byly vybrány plochy, které v atributové tabulce ve sloupci KULTURA obsahují číslo 2 (tj. orná půda). Zde byla zadána výběrová vrstva (LPIS), sloupec atributové tabulky, na jehož základě se výběr provedl a hodnota, která má být součástí výběru. Vybrané plochy byly exportovány příkazem Data → Export Data. Vznikla nová vrstva, která obsahuje pouze půdní bloky vedené jako orná půda. V atributové tabulce vrstvy obsahující ornou půdu byl vytvořen



Obr. 7
Okno nástroje Select by Attributes.

nový sloupec „číslo pole“, který jednoznačně identifikuje každý konkrétní blok orné půdy v průběhu dalšího zpracování. Číslování půdních bloků bylo provedeno pomocí funkce Field Calculator (obr. 8), přes kterou se provádí výpočty v atributové tabulce.



Obr. 8
Field Calculator.

Do kolonky vzorce pro výpočet vepsáno [FID] +1, což znamená, že každý půdní blok má jedinečné číslo, kterým je určen. Dále byla pro každý půdní blok vypočítána plocha. Vzhledem k prostorovému rozlišení snímků z Landsat 30 m/pixel byly vybrány ty půdní bloky, které zabírají plochu minimálně 20 hektarů. Nástrojem Calculate Geometry byla u všech ploch vypočtena výměra. Následně byly pomocí nástroje Select by Attributes vybrány ty bloky orné půdy, které mají výměru minimálně 20 ha. Tyto vybrané půdní bloky byly uloženy jako nová vrstva.

Ve vrstvě drenážních systémů byl obdobným způsobem jako u čísla polí každému polygonu přiřazen atribut 1 do nově vytvořeného sloupce drenáž. Dále bylo nutné spojit vrstvu drenáží a vrstvu orné půdy.

Pomocí nástroje Union byly obě dosavadní vrstvy (vrstva orné půdy nad 20 ha a vrstva drenáží) spojeny do jedné. Tato nová vrstva obsahovala všechny prvky z obou sloučených vrstev. Z této vrstvy dále byly odstraněny všechny polygony, které mají atribut drenáže 1 a zároveň nemají číslo pole (jedná se o plochy, které obsahují drenážní systémy, ale nenacházejí se na půdních blocích orné půdy větších než 20 ha). Postup výběru a odstranění těchto ploch byl proveden pomocí nástroje Select by Attributes, kdy nejprve byly vybrány polygony, které mají atribut drenáže 1 a poté byly z tohoto výběru vybrány polygony, které mají číslo pole 0. Tato vrstva byla dále rozdělena na 2 vrstvy. Jedna z nich obsahovala všechny polygony, které mají atribut drenáže a druhá vrstva obsahovala všechny polygony, které tento atribut nemají. V každé vrstvě bylo provedeno sloučení pomocí nástroje Dissolve podle

atributů čísla pole. U všech polygonů v obou nově vytvořených vrstvách byla vypočtena plocha.

Dále bylo nutné zjistit, na kterých blocích orné půdy zabírá drenážní systém 25 – 75% z celkové výměry půdního bloku. Cílem práce je porovnat, jestli se liší vlhkost a zdravotní stav vegetace v části bloku s drenážními systémy a bez nich. Aby bylo možno tyto údaje porovnat, tak je třeba mít dostatečný počet pixelů v každé ploše, reprezentující stav s drenážním systémem a bez něj. Blok orné půdy o výměře 20 ha obsahuje cca 220 pixelů, z toho 25% odpovídá 55 pixelům. Výběr vhodných kandidátů, aspirujících na testovací plochy, byl proveden pomocí spojení dvou atributových tabulek a výpočetních operací v nich. Atributové tabulky vrstev drenáží a „nedrenáží“ byly spojeny v jednu pomocí nástroje JOIN a pod maskou každého bloku orné půdy (atribut číslo pole) byl proveden následující výpočet:

$$\% \text{ _ } DR = \frac{\textit{plocha _ } DR}{\textit{plocha _ } pole + \textit{plocha _ } DR} * 100\%$$

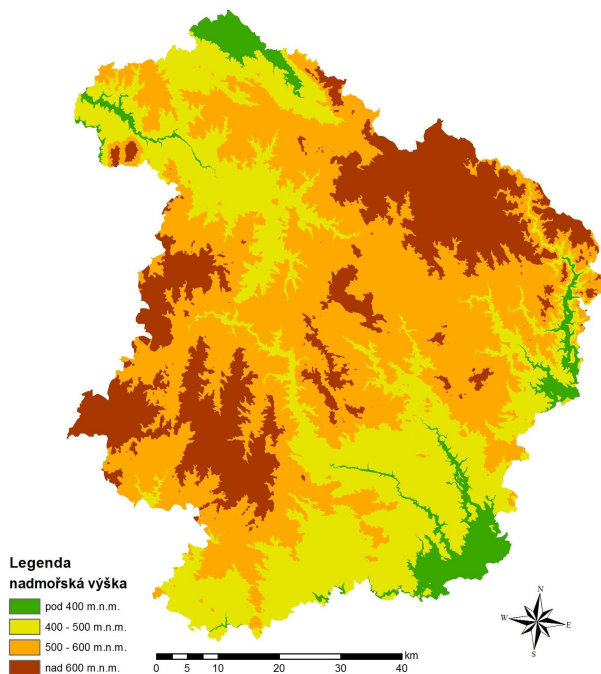
Z výsledků tohoto výpočtu byly následně nástrojem Select by Attributes vybrány ty polygony, u kterých dosahuje procentuální zastoupení drenáží 25 – 75%. Nejprve byly vybrány polygony nad 25% a poté byly z tohoto výběru vybrány ty polygony, které mají procentuální zastoupení menší než 75%. Tímto postupem vznikla vrstva vhodných kandidátů na zařazení do analýzy funkčnosti drenážních systémů.

4.2.3 Převod DEM do S-JTSK

Polygony vhodné do analýzy byly rozděleny podle nadmořských výšek. Výškopis byl k dispozici ve formě digitálního modelu terénu. Vzhledem k tomu, že všechna rastrová data (digitální model terénu a satelitní snímky Landsat) byly v referenčním systému WGS 84 a na území České republiky je běžně používaným systémem systém S-JTSK, byla tato data převedena do referenčního systému S-JTSK. Převod mezi referenčními systémy umožňuje nástroj Project Raster. Jako vstupní prvek byl zvolen Digitální model terénu. ArcMap automaticky přiřadí k tomuto vstupnímu rastru referenční systém, ve kterém vstupní rastr je. Dále je třeba navolit výstupní referenční systém, techniku převzorkování (nejbližší sused, bilineární a kubická interpolece) a výstupní adresář, kam mají být data uložena.

4.2.4 Rozdělení podle nadmořských výšek

Digitální model terénu byl nástrojem Reclassify překlasifikován do 4 tříd. První třída obsahuje nadmořské výšky pod 400 m.n.m., druhá třída 400 – 500 m.n.m., třetí třída 500 – 600 m.n.m. a čtvrtá třída nad 600 m.n.m. Tento



Obr. 9

Překlasifikovaný digitální model terénu.

překlasifikovaný rastr (obr. 9) byl převeden do vektorové podoby nástrojem Raster to polygon. Jako vstupní prvek posloužil překlasifikovaný rastr, nové polygony byly utvořeny na základě hodnot pixelů v překlasifikovaném rastru. Vznikly tedy 4 polygony rozdělené podle nadmořské výšky. Těmito polygony byly ořezány (nástrojem Clip) vrstvy kandidátů na testovací plochy. Polygony kandidující na testovací plochy byly rozděleny

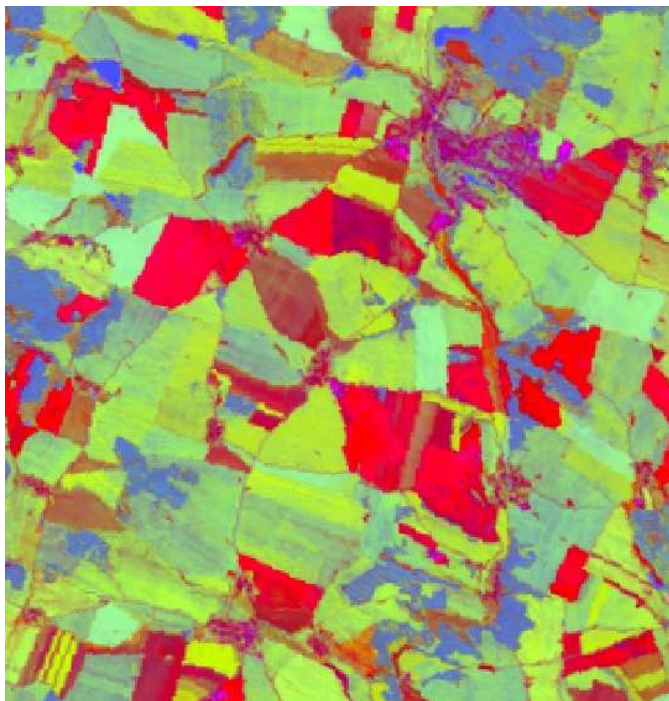
podle nadmořské výšky a z každé skupiny byl vybrán úměrný počet testovacích ploch.

nadmořská výška	počet kandidátů	vybrané testovací plochy
pod 400 m.n.m.	64	2
400 – 500 m.n.m.	583	14
500 – 600 m.n.m.	750	15
nad 600 m.n.m.	187	7

4.2.5 PCA

Ze získaných satelitních snímků byla nejprve provedena PCA analýza a její barevná syntéza z prvních třech kanálů. Aby PCA analýza byla použitelná pro vizuální interpretaci a okolí mimo testovací plochy nenarušovalo výsledky analýzy, byly nejprve všechny rastrové snímky přibližně ořezány územím, ve kterém se nacházejí testovací plochy. Samotná PCA analýza byla provedena v programu

ArcMap nástrojem Principal Components, který provede PCA analýzu všech pásem a jako výstup vytvoří centrované matice a barevnou syntézu z prvních třech kanálů. Tímto vznikly rastry, na jejichž základě proběhl vizuální výběr testovacích ploch. Ukázka barevné syntézy prvních tří kanálů PCA analýzy je na obrázku 10.



*Obr. 10
Barevná syntéza prvních tří kanálů PCA analýzy.*

4.2.6 Výběr testovacích ploch

Výběr testovacích ploch proběhl na základě PCA analýzy. Podle PCA analýzy bylo určeno (podle barvy), jestli je na vybraném půdním bloku stejná kultura. Půdní bloky, které se jevíly v určitých letech, jako homogenní byly vybrány do testovacích ploch. Kandidáti na testovací plochy byly dříve rozděleny na skupiny podle nadmořské výšky. Z každé skupiny byl náhodně vybrán určitý počet testovacích ploch tak, aby testovací plochy byly pokud možno rovnoměrně rozloženy po celém zkoumaném území. Následující tabulky (Tab. 1 – Tab. 10) obsahují výčet testovacích ploch a zda byla kultura rostoucí na testovací ploše v daném roce homogenní.

nadmořská výška pod 400 m.n.m.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	1984	1986	1987	1991	1992	1994	2000
297	ano	ano	ano	ano	ne	ano	ano
2418	ne	ne	ne	ne	ano	ne	ne

Tab. 1

Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce pod 400 m.n.m. v letech 1984 až 2000.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2009
297	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ne
2418	ano	ano	ano	ne	ne	ano	ano

Tab. 2

Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce pod 400 m.n.m. v letech 2001 až 2009.

nadmořská výška od 400 m.n.m. do 500 m.n.m.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	1984	1986	1987	1991	1992	1994	2000
1762	ano	ne	ano	ano	ano	ne	ano
1759	ne	ne	ano	ano	ano	ne	ano
1840	ano	ne	ne	ne	ano	ne	ano
1847	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
1767	ano	ano	ano	ne	ano	ano	ne
1479	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ne
1340	ne	ne	ne	ano	ano	ano	ne
1215	ne	ano	ano	ano	ano	ne	ano
1013	ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano
579	ne	ano	ano	ano	ano	ne	ne

Tab. 3

Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce 400 - 500 m.n.m. v letech 1984 až 2000.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	1984	1986	1987	1991	1992	1994	2000
657	ne	ano	ne	ne	ano	ano	ano
399	ano	ano	ano	ano	ne	ano	ano
572	ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano
547	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Tab. 4

Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce

400 - 500 m.n.m. v letech 1984 až 2000.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2009
1762	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ano
1759	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
1840	ne	ne	ano	ne	ne	ne	ne
1847	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano
1767	ne	ne	ano	ne	ne	ano	ano
1479	ano	ne	ano	ne	ne	ano	ano
1340	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano
1215	ano	ne	ne	ne	ne	ano	ano
1013	ano	ne	ne	ne	ne	ano	ano
579	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ne
657	ano	ne	ne	ano	ne	ne	ano
399	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ne
572	ano	ne	ano	ne	ne	ne	ne
547	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano

Tab. 5

Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce

400 - 500 m.n.m. v letech 2001 až 2009.

nadmořská výška od 500 m.n.m. do 600 m.n.m.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	1984	1986	1987	1991	1992	1994	2000
1035	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ne
852	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ne
943	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano
946	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano
1224	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
681	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ano
1323	ano	ano	ano	ne	ano	ano	ano
1410	ano	ne	ano	ano	ne	ne	ne
4	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
14	ne	ne	ano	ne	ne	ne	ano
22	ne	ne	ano	ano	ne	ano	ano
804	ano	ano	ano	ano	ne	ne	ano
287	ne	ne	ne	ne	ano	ne	ano
247	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano
1904	ne	ne	ano	ne	ano	ano	ano

Tab. 6

*Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce
500 - 600 m.n.m. v letech 1984 až 2000.*

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2009
1035	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
852	ne	ne	ne	ano	ne	ne	ano
943	ano	ne	ne	ne	ne	ano	ano
946	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ano
1224	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
681	ano	ne	ne	ano	ne	ne	ano

Tab. 7

*Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce
500 - 600 m.n.m. v letech 2001 až 2009.*

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2009
1323	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ne
1410	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano
4	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
14	ne	ne	ne	ano	ano	ano	ne
22	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ne
804	ano	ne	ne	ano	ne	ano	ano
287	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
247	ano	ne	ne	ano	ne	ano	ano
1904	ano	ano	ano	ne	ano	ano	ano

Tab. 8

*Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce
500 - 600 m.n.m. v letech 2001 až 2009.*

nadmořská výška nad 600 m.n.m.

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	1984	1986	1987	1991	1992	1994	2000
1832	ano	ano	ne	ano	ne	ne	ano
1990	ano	ano	ano	ne	ne	ne	ano
2774	ano	ano	ne	ne	ne	ne	ano
1174	ne	ano	ano	ano	ano	ne	ano
2232	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano
2224	ano	ano	ano	ne	ano	ano	ano
2113	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne

Tab. 9

*Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce
nad 600 m.n.m. v letech 1984 až 2000.*

Číslo půdního bloku	homogenní kultura v roce						
	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2009
1832	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
1990	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
2774	ano	ano	ano	ne	ne	ano	ano
1174	ano	ne	ne	ano	ano	ano	ano
2232	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ano
2224	ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano
2113	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ano

Tab. 10

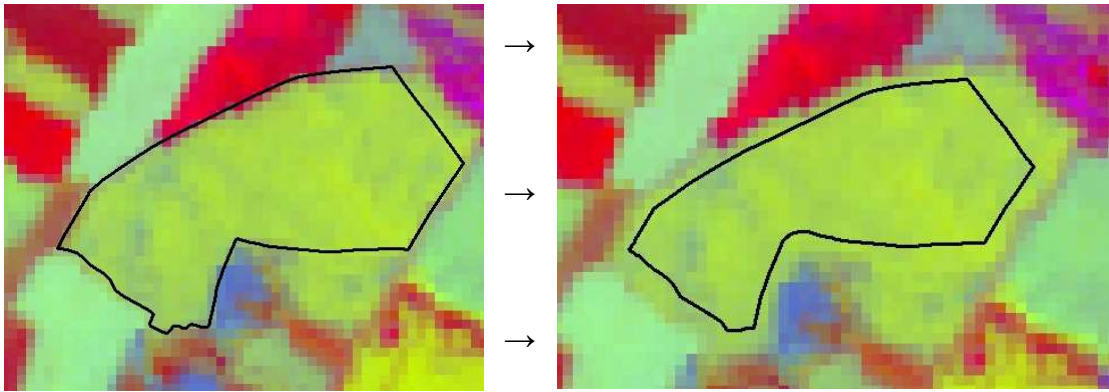
Homogenita kultur pěstovaných na půdních blocích v nadmořské výšce nad 600 m.n.m. v letech 2001 až 2009.

V letech, kdy se na konkrétní testovací ploše jevila kultura jako homogenní, byla provedena analýza normalizovaného vegetačního indexu (NDVI) a vlhkostního stresového indexu (MSI).

4.2.7 Úprava testovacích ploch

Polygony testovacích ploch bylo třeba dodatečně upravit. Vzhledem k tomu, že prostorové rozlišení satelitů Landsat je 30 metrů, tak okraje testovacích ploch jsou poznamenány vlivy okolních půdních bloků. Na půdních blocích sousedících s testovacími plochami je zpravidla pěstována jiná kultura. Odlišnost kultur znamená i odlišné nároky na vlhkost a odlišnou „zelenost“ vegetace. Proto bylo potřeba zmenšit testovací plochy o tyto okraje, aby testovací plochy neobsahovaly tyto okraje a výsledky následných analýz nebyly zkreslené.

Existují 2 možnosti, jak odstranit okraje testovacích ploch. První z možností je použití nástroje Buffer (nárazníková zóna), kdy vznikne nový polygon s okraji posunutými o zadanou vzdálenost (obr. 11).

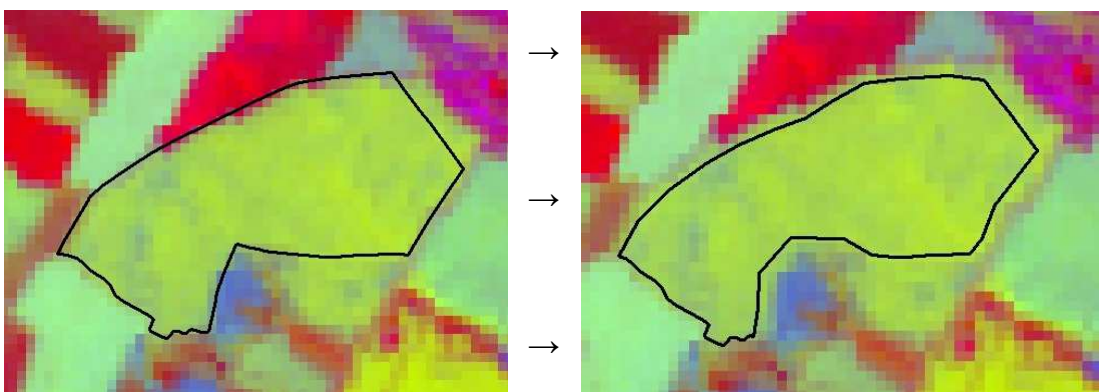


Obr. 11

Ukázka úpravy testovacích ploch - odstranění vlivů okolních ploch nástrojem Buffer.

Tento nástroj lze použít na zvětšování i zmenšování polygonů. Jeho výhodou je rychlost, se kterou daný polygon změní. Mezi nevýhody se řadí především skutečnost, že nový polygon, který tímto nástrojem vznikne nepřevezme atributy polygonu, ze kterého byl vytvořen (vznikne jako nový polygon bez dat v atributové tabulce). Tato chybějící data je nutno do atributové tabulky zadat manuálně.

Druhou možností je manuální editace testovacích ploch, kdy různým odřezáváním a editací lomových bodů polygonu upravujeme jeho tvar (obr. 12). Tato možnost je náročná na manuální práci a vyžaduje zkušenosti s editací již vytvořeného polygonu. Hlavní výhodou manuální editace je, že nevzniká žádný nový objekt (polygon), a tudíž upravený polygon má nadále atributová data původního polygonu. Vzhledem k množství dat v atributové tabulce byla zvolena tato možnost.



Obr. 12

Ukázka úpravy testovacích ploch - odstranění vlivů okolních ploch manuální editací.

Každý blok orné půdy byl exportován do samostatné vrstvy. Tato operace byla nezbytná pro další postup práce. Jednotlivé půdní bloky byly nejprve vybrány

nástrojem Select by Attributes a poté pomocí příkazu Export Data uloženy jako samostatná vrstva. Je každému bloku orné půdy, zařazenému mezi testovací plochy, byly vytvořeny 2 vrstvy, a to vrstva obsahující drenážní systémy a vrstva bez těchto systémů. V každé takto vytvořené vrstvě byl právě 1 polygon.

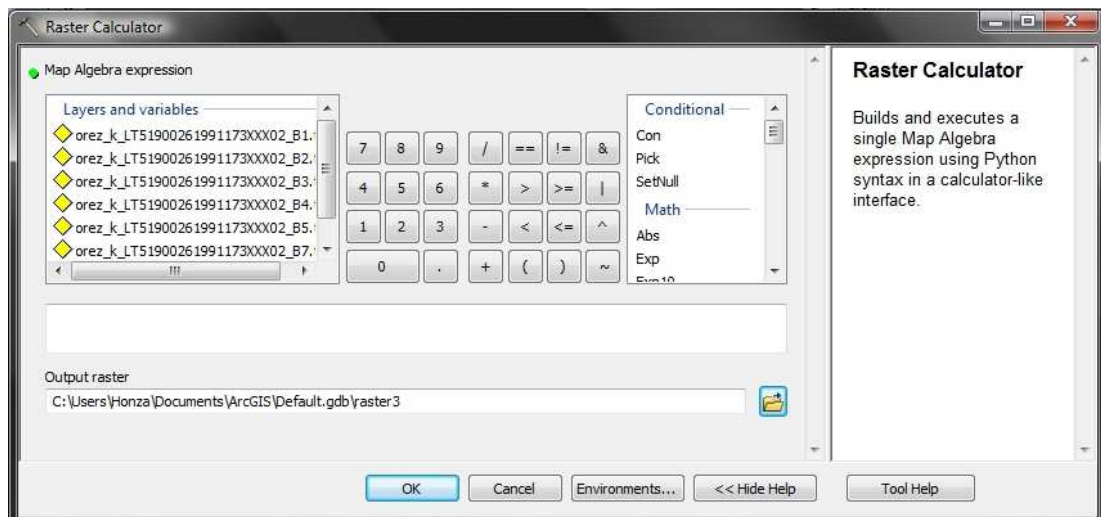
4.2.8 Výpočty

4.2.8.1 Výpočet svažitosti a topografického vlhkostního indexu (TWI)

Rozdíly ve vlhkosti na jednom půdním bloku nemusí být nutně způsobeny nefunkčností drenážních systémů. Vlhkost pozemků určuje i reliéf terénu a jeho svažitost. Bylo by nesprávné tvrdit, že na určitém půdním bloku je nefunkční drenážní systém, když rozdíly ve vlhkosti a stavu vegetace mohou být způsobeny i jinými faktory. Jako příklad lze uvést půdní blok, který je ve svahu. I když na tomto půdním bloku nebyly provedeny žádné meliorační zásahy, bude se lišit vlhkost v horní a dolní části pozemku.

Pro výpočet topografického vlhkostního indexu je nejprve třeba mít vypočtenou svažitost. Pro výpočet svažitosti je v ArcMapu k dispozici nástroj Slope. Jako vstupní prvky požaduje digitální model terénu. Dále je třeba nastavit, zda má být svažitost vypočtena ve stupních nebo v procentech a výstupní adresář, kam má být nová vrstva svažitosti uložena. Pro účely výpočtu topografického vlhkostního indexu byla vypočtena ve stupních.

Hodnota parametru A do výpočtu topografického vegetačního indexu byla vypočtena nástrojem Flow Accumulation. Jako vstupní prvek do nástroje Flow Accumulation slouží rastr, který určuje, kterým směrem teče voda po terénu. Výpočet směru toku vody po terénu je možný nástrojem Flow Direction. Jako vstupní prvek do nástroje Flow Direction slouží digitální model terénu. Vstupním prvkem do nástroje Flow Accumulation je výstupní rastr z nástroje Flow Direction. Nástroj Flow Accumulation vypočte ke každému pixelu plochu, ze které odtéká voda právě do tohoto místa. Na výstupu z nástroje Flow Accumulation lze pouhým okem vidět potenciaální hydrologickou síť. Vlastní výpočet topografického vlhkostního indexu byl proveden v nástroji Raster Calculator (obr. 13). Tento nástroj umožňuje provádět matematické a logické operace s rastrovými soubory. Výstupem je vždy nový rastrový soubor.



Obr. 13
Nástroj Raster Calculator.

Do nástroje Raster Calculator byl vložen vzorec pro výpočet topografického vlhkostního indexu, kde za hodnotu A byl brán rastr Flow Accumulation a za hodnotu α byl brán rastr svažitosti. Výsledný vzorec vypadal takto:

$$\text{Ln}(\text{Float}(\text{"Flow_acc"}) / \text{Tan}(\text{Float}(\text{"svazitost"})))$$

Výraz Float ve vzorci pro Raster Calculator před názvem vstupního rastru zaručuje, že hodnoty jednotlivých pixelů ve vstupních rastrech budou brány jako desetinná čísla a program si je nezaokrouhlí na celá čísla. Zaokrouhlením vstupních dat na celá čísla by byl celý výstup znehodnocen a nebyl by přesný. Vypočtený topografický vlhkostní index byl uložen jako nová vrstva.

4.2.8.2 Výpočet normalizovaného vegetačního indexu a vlhkostního stresového indexu

Výpočty obou těchto indexů byly provedeny také v nástroji Raster Calculator. Do Raster Calculatoru byl vložen vzorec příslušného indexu. Normalizovaný vegetační index a vlhkostní stresový index byly vypočteny pro každý rok zvlášť.

Vzorec normalizovaného vegetačního indexu byl do Raster Calculatoru zadán takto:

$$(\text{Float}(\text{"band4"}) - \text{Float}(\text{"band3"})) / (\text{Float}(\text{"band4"}) + \text{Float}(\text{"band3"}))$$

Použití výrazu Float má stejný důvod jako v případě výpočtu topografického vlhkostního indexu.

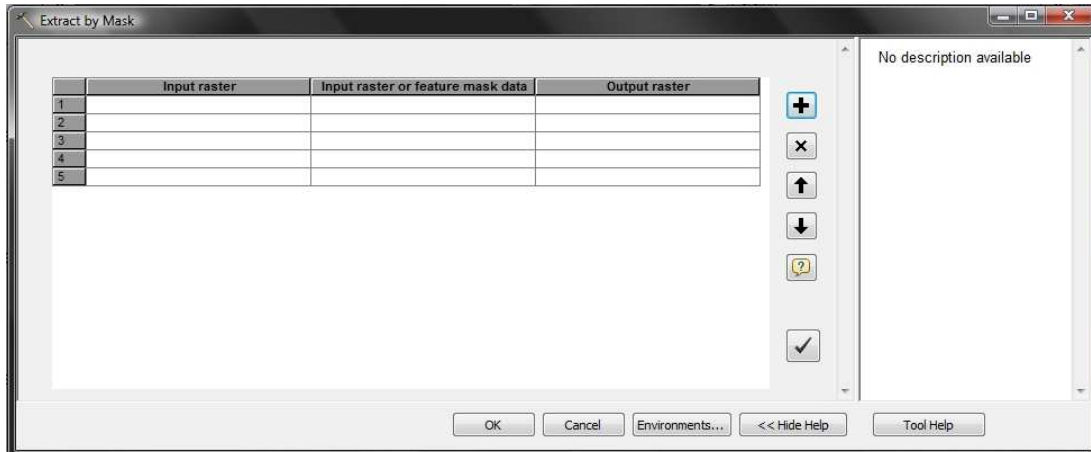
Vzorec vlhkostního stresového indexu byl zadán takto:

`(Float("band7")) / (Float("band4"))`

Opět bylo použito výrazu Float kvůli zachování desetinných čísel ve vstupu.

4.2.9 Export vypočtených vegetačních a vlhkostních indexů za každou testovací plochu

Vzhledem k tomu, že všechny indexy byly vypočteny na přibližnou plochu zájmového území, bylo nutné tyto indexy ořezat testovacími plochami. Pro každý blok orné půdy, rok a index byly vytvořeny 2 rastrové soubory, které obsahují hodnoty indexu, které přímo zasahují do testovací plochy. Tento ořez byl proveden nástrojem Extract by Mask, resp. jeho dávkovou variantou (obr. 14).



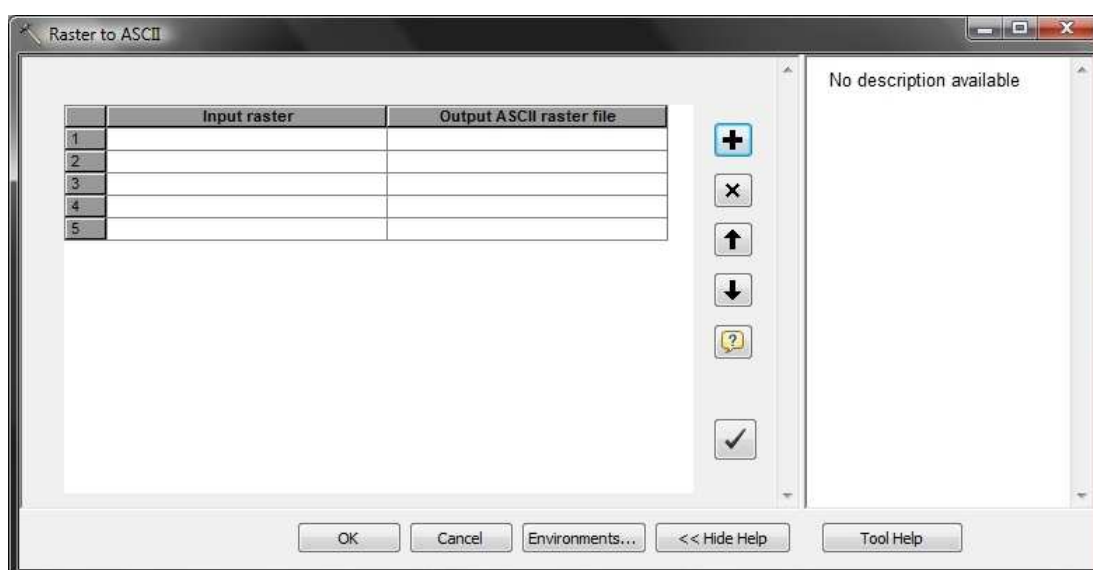
Obr. 14
Okno dávkového vstupu dat do nástroje Extract by Mask.

Jako vstupní data nástroj požaduje rastrový soubor, který má být ořezán a vektorovou vrstvou nebo rastrový soubor, která/ý bude sloužit jako maska, pod kterou ořezání proběhne. Výhodou dávkového vstupu je, že není třeba před každou operací nástroj znovu spouštět. Při použití dávkového vstupu se vloží všechny vstupní prvky najednou a taktéž všechny výstupní prvky se zadají před spuštěním tohoto nástroje.

Všechny zadané výstupní prvky se vytvoří automaticky bez nutnosti spouštět tento nástroj pro každý prvek zvlášť.

4.2.10 Převod vegetačních a vlhkostních indexů do textových souborů

Hodnoty jednotlivých pixelů, které byly získány ořezáním rastrů reprezentujících vegetační a vlhkostní indexy byly převedeny do textové/číselné podoby, aby bylo možné statistické zpracování těchto hodnot. Každý pixel má určitou hodnotu, a tu bylo třeba pro výsledky práce statisticky zpracovat. Převod byl proveden nástrojem Raster to ASCII, resp. jeho modifikací s dávkovým vstupem (obr. 15).



Obr. 15
Okno dávkového vstupu dat do nástroje Raster to ASCII.

Jako vstupní prvky byly zadány rastrové soubory, vzniklé ořezáním vegetačních a vlhkostních indexů. Výstupní prvky byly vytvořeny ve formátu .txt, který bylo nutno dále upravit. Syrový textový soubor vytvořený ArcMapem nelze statisticky zpracovat kvůli přítomnosti hlavičky v každém souboru a hodnotám, které byly zapsány do textového souboru místo prázdných hodnot (tj. na místech, kde původní rastrový soubor nemá žádná data). Tím práce v programu ArcMap skončily a dále již tento program nebyl používán. Ukázka textového souboru vytvořeného programem ArcMap se nachází v přílohách.

4.3 Úprava souborů pro program Statistica

4.3.1 Úprava textových souborů

Textové soubory vytvořené ArcMapem nelze použít do statistického zpracování přímo. Pro editaci textových souborů byl zvolen program Notepad++, který je k dispozici volně ke stažení. Ze souborů vytvořených programem ArcMap bylo nutné odstranit hlavičku, znaky reprezentující místa bez dat a konce řádků. Tuto proceduru lze provést i v programu Microsoft Word. Program Notepad++ má oproti Microsoft Word tu výhodu, že umožňuje editaci více otevřených souborů současně. Nejprve byly vymazány hlavičky u všech souborů. V hlavičce se nacházely informace o počtu řádků a sloupců v daném rastru, souřadnice rohu rastru, velikost pixelu a znaky nacházející se na místě, kde nejsou data (vzhledem k tomu, že rastrový soubor je převeden do matice, tak „prázdným“ pixelům byla přiřazena hodnota nevyskytující se nikde v rastru). Postup hledání a nahrazování znaků se neliší od postupu v MS Word. Nejprve byly manuálně odstraněny hlavičky všech souborů. Příkazem najít a nahradit byly nejprve odstraněny konce řádků (reprezentovány znaky „\r\n“) a poté i prázdné hodnoty reprezentované znaky „-9999“. Všechny tyto znaky byly odstraněny. Výsledkem byly textové soubory čísel umístěné v jednom řádku a oddělené mezerami.

4.3.2 Převod do souborů aplikace Microsoft Excel

Program Microsoft Excel je schopen přečíst a zpracovávat textové soubory ve formátu .txt. Podmínkou načtení těchto souborů je otevírat je přímo z programu Microsoft Excel a ne přímo z adresáře, kde jsou umístěny. Po otevření těchto souborů v Excelu je třeba zadat, jak jsou data vzájemně od sebe oddělena a čím (mezera, tabulátor atd.). Všechny textové soubory byly otevřeny v programu Microsoft Excel a jako oddělovač byla zvolena mezera. Tímto postupem byly převedeny všechny upravené textové soubory do formátu .xls. Dále byly tyto hodnoty transponovány a sloučeny do jednoho souboru za každý blok orné půdy a index, který tyto hodnoty reprezentují. Takto připravená data posloužila pro analýzu v programu Statistica.

4.4 Statistické zpracování dat v programu Statistica

Vyhodnocení rozdílů mezi vegetačními indexy na meliorovaných plochách a plochách bez úprav bylo provedeno v programu Statistica. Zde byl proveden T-test pro nezávislé vzorky dle proměnných. Jedná se o nepárový T-test (jde o porovnání hodnot vegetačních a vlhkostních indexů na vydrénovaných plochách a plochách, kde drenáž provedena nebyla). Hladina významnosti α byla zvolena 0,05. Jako vstupní data posloužily hodnoty pixelů na částech bloků orné půdy, kde drenáž provedena nebyla, a na částech půdních bloků, kde drenáž provedena byla. T-test byl počítán za každý blok orné půdy, rok a index zvlášť. Vstupní data připravená v předešlém kroku byla importována do programu Statistica a byl proveden t-test nad těmito daty. V případech, kdy bylo zjištěno, že test je statisticky nevěrohodný byl proveden T-test se samostatnými odhady rozptylů. Nulovou hypotézou byl zvolen výrok: Není rozdíl mezi hodnotami vegetačních a vlhkostních indexů na jednom bloku orné půdy.

5. Výsledky

V programu Statistica byl proveden t-test nad hodnotami pixelů získaných v předešlých krocích. T-test byl proveden pro každý blok orné půdy, index a rok zvlášť. U nevěrohodných testů (z důvodu nehomogenního rozptylu testovaných dat) byl proveden t-test se samostatnými odhady rozptylů. Nulovou hypotézou (H_0) byl zvolen výrok: Není rozdíl mezi hodnotami vegetačních a vlhkostních indexů na jednom bloku orné půdy, alternativní hypotéza (H_A) znamenala výrok: Je rozdíl mezi hodnotami vegetačních a vlhkostních indexů na jednom bloku orné půdy. Vzhledem k tomu, že satelitní snímky zasahují do vegetačního i nevegetačního období některých zemědělských plodin, byl proveden odhad, kdy se na bloku orné půdy vegetace vyskytuje. Pokud přesahoval index NDVI hodnotu 0,5, bylo určeno, že na půdním bloku se nachází plně zapojená vegetace. Pokud se hodnota indexu NDVI pohybovala v rozmezí 0,1 – 0,5, bylo určeno, že se na půdním bloku nachází slabě zapojená vegetace. Hodnota indexu NDVI pod 0,1 znamenala, že půdní blok je bez vegetace. U každého půdního bloku bylo určeno, zda je statisticky významný rozdíl v hodnotách indexů mezi částí s drenážními systémy a bez nich. Pokud statisticky významný rozdíl je, zda je průměrná hodnota daného indexu vyšší na části s drenážními systémy nebo bez nich. Pokud vychází při porovnání hodnot do určitého data jev A (např. že hodnota daného indexu je vyšší v části s drenážními systémy než v části bez nich) a od tohoto data jev B (např. že hodnota daného indexu je vyšší v části bez drenážních systémů než v části s nimi), pak lze usuzovat, že došlo ke změně funkčnosti drenážního systému.

U každého bloku orné půdy byly vybrány do analýzy ty roky, kdy se na tomto půdním bloku nacházel porost. Termíny bez porostu byly vyloučeny.

Pokud došlo obratu (statisticky prokázanému rozdílu v průměrech daného indexu mezi částí půdního bloku bez drenážních systémů a s nimi a zároveň došlo ke změně znaménka nerovnosti mezi těmito průměry) minimálně ve 3 termínech jdoucích po sobě, byla usuzována změna funkčnosti drenážního systému na daném půdním bloku orné půdy.

Půdní bloky do 400 m.n.m.

V kategorii půdních bloků do 400 metrů nadmořské výšky byly vybrány 2 testovací plochy, a to půdní bloky č. 297 a 2418.

Půdní blok č. 297

Na půdním bloku č. 279 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1994, 2000, 2001 a 2004. Z kódu BPEJ byla určena hlavní půdní jednotka (HPJ): 29, 50. Obě HPJ se nacházejí v části drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI, NDVI a TWI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu by měla být větší vlhkost v části s drenážním systémem. To se nepotvrdilo, z čehož lze usuzovat, že drenážní systém je funkční a smazává vlhkostní rozdíly, dané topografickým vlhkostním indexem.

Půdní blok č. 2418

Na půdním bloku č. 2418 v průběhu let, kdy se vizuálně kultura jeví jako homogenní, byl porost pouze v roce 2009. Z kódu BPEJ byly určeny hlavní půdní jednotky (HPJ): 10, 14, 21, 32. Všechny HPJ se nacházejí v části s drenážním systémem i v části bez tohoto systému. V roce 2009 nebyl zaznamenán statisticky prokazatelný rozdíl v hodnotách použitých indexů na části s drenážním systémem a bez tohoto systému. Mezi částí s drenážním systémem a bez drenážního systému není rozdíl v hodnotě topografického vlhkostního indexu.

Půdní bloky od 400 do 500 m.n.m.

V kategorii půdních bloků mezi 400 a 500 metry nadmořské výšky bylo vybráno 14 testovacích ploch, a to půdní bloky č. 399, 547, 572, 579, 657, 1013, 1215, 1340, 1479, 1759, 1762, 1767, 1840 a 1847.

Půdní blok č. 399

Na půdním bloku č. 399 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1994, 2001 a 2006. Z kódu BPEJ byla určena hlavní půdní jednotka (HPJ): 29. Tato HPJ se nacházejí v části s drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI a NDVI na části s drenážním systémem a bez něho. Vyjma roku 1987, kdy byl nadprůměrný úhrn

srážek, je průměrná hodnota indexu MSI vyšší na části bez drenážního systému a průměrná hodnota indexu NDVI na části s drenážním systémem. V roce 1987 je tomu naopak. Lze vypočítat vyšší vlhkostní stres na části bez drenážního systému. Tato skutečnost může být způsobena vyšší svažitostí v těchto místech, kdy voda odtud odtéče do níže položených míst pozemku.

Půdní blok č. 547

Na půdním bloku č. 547 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1992, 1994, 2000, 204, 2006, 2007 a 2009. Z kódu BPEJ určeny hlavní půdní jednotky (HPJ): 29, 50. Tyto HPJ se nacházejí v části s drenážním systémem i v části bez nich. Jsou patrné rozdíly v hodnotách MSI a NDVI. Ve většině případů je průměrná hodnota indexu MSI vyšší na části bez drenážního systému a průměrná hodnota indexu NDVI na části s drenážním systémem. Lze vypočítat vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu by měla být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. To se potvrdilo.

Půdní blok č. 572

Na půdním bloku č. 572 se nacházel porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991 a 1992. Z kódu BPEJ byla určena HPJ 29, která se nachází na části bez drenážního systému i s ním. Z rozborů vyplývá, že mimo roku 1984, byl vyšší vlhkostní stres zaznamenán na části bez drenážních systémů (průměrná hodnota indexu MSI je vyšší na těchto místech). Průměrná hodnota indexu NDVI byla ve většině případů vyšší na části s drenážním systémem. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a bez něj. V části bez drenážního systému je vyšší svažitost. Tím může být způsoben vyšší vlhkostní stres v těchto místech.

Půdní blok č. 579

Na půdním bloku č. 579 se nacházel homogenní porost v letech 1986, 1987, 1991, 1992, 2004, 2006 a 2007. Na půdním bloku se nacházejí HPJ 29 a 50. Obě tyto HPJ se vyskytují v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. Ve většině případů je průměrná hodnota indexu MSI vyšší na části s drenážním systémem. V průměrné hodnotě indexu NDVI není statisticky významný rozdíl. Podle topografického vlhkostního indexu by měla být vyšší vlhkost na části bez drenážního

systemu. Zde je také vyšší svažitost. Vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému tak může být dán reliéfem terénu.

Půdní blok č. 657

Na půdním bloku č. 657 se nacházel homogenní porost v letech 1986, 1992, 1994, 2000, 2004 a 2009. Na celém půdním bloku se vyskytuje jedna HPJ 29. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem i v části bez tohoto systémem. V polovině případů není statisticky prokázán rozdíl ve vlhkostním indexu MSI. Ve dvou případech je vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému. Průměrná hodnota indexu NDVI je ve většině případů vyšší na části s drenážním systémem. Přítomnost drenáže zde má pozitivní vliv na pěstované plodiny.

Půdní blok č. 1013

Na půdním bloku 1013 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1992, 2007 a 2009. Na tomto půdním bloku se nachází HPJ 29, 47, 50 a 68. Všechny HPJ se nachází v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a bez něho. Je patrný zlom v průměrech hodnot indexů NDVI a MSI mezi lety 1991 a 1992. Do roku 1991 byla hodnota indexu MSI vyšší na části bez drenážního systému a hodnota indexu NDVI na části s drenážním systémem. Tato skutečnost může být dána vyšší svažitostí v části bez drenážního systému. Počínaje rokem 1992 došlo ke změně, kdy průměrná hodnota indexu MSI je ve většině případů vyšší na části s drenážním systémem což může znamenat zásah do drenážního systému. Od této doby je vyšší vlhkostní stres pro rostliny zde pěstované. V průměrné hodnotě indexu NDVI od roku 1992 není rozdíl mezi částí s drenážním systémem a bez drenážního systému.

Půdní blok č. 1215

Na půdním bloku č. 1215 byl homogenní porost v letech 1986, 1987, 1991, 2001, 2007 a 2009. Na tomto půdním bloku se nachází HPJ 29 a 74. Obě tyto HPJ se vyskytují v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. Ve většině případů je vyšší průměrná hodnota indexu MSI na části bez drenážního systému. Průměrná hodnota indexu NDVI byla vyšší na části s drenážním systémem. Podle

topografického vlhkostního indexu by měla být vyšší vlhkost v části bez drenážního systému. To se nepotvrdilo (ve většině případů byl nižší vlhkostní stres v části s drenážním systémem). To může znamenat nefunkčnost drenážního systému, kdy místo toho, aby pozemek odvodňoval, ho zamokřuje. Průměrné hodnoty indexu NDVI jsou vyšší v části s drenážním systémem než v části bez něho, což vypovídá o lepším zdravotním stavu rostlin na této části pozemku. Nefunkčnost drenážního systému prozatím není na škodu rostlin pěstovaných na té části půdního bloku, která obsahuje drenážní systém.

Půdní blok č. 1340

Na půdním bloku č. 1340 se vyskytoval homogenní porost v letech 1991, 1992, 1994, 2003, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na celém půdním bloku se vyskytuje pouze jedna HPJ, a to 29. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI, NDVI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a v části bez tohoto systému.

Půdní blok č. 1479

Na půdním bloku č. 1479 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 1991, 1992, 1994, 2001, 2003, 2007 a 2009. Na půdním bloku se nacházejí HPJ 32, 37 a 50. Všechny HPJ jsou přítomny v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. V porovnání průměrných hodnot indexu MSI je patrný obrat v roce 1994. Podle indexu TWI by měla být větší vlhkost v části s drenážním systémem. Výsledky porovnání průměrných hodnot indexu MSI ale hovoří o vyšším vlhkostním stresu po roce 1994 v této části půdního bloku. Může to být způsobeno opravou drenážního systému v roce 1994. Ve většině případů jsou průměrné hodnoty indexu NDVI vyšší na části bez drenážního systému, což znamená vyšší vitalitu vegetace právě v části bez drenážního systému.

Půdní blok č. 1759

Na půdním bloku č. 1759 se nacházel homogenní porost v letech 1987, 1991, 1992, 2000, 2004 a 2006. Nachází se zde HPJ 12, 29 a 64. Všechny HPJ se nachází

v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. Podle indexu TWI by měla být větší vlhkost v části bez drenážního systému. To se nepotvrdilo. Ve všech případech byl podle indexu MSI vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. Porovnání průměrných hodnot indexu NDVI vypovídá o pravděpodobné změně funkčnosti drenážního systému po roce 1992. Do roku 1992 byl index NDVI vyšší na části s drenážním systémem, ovšem po tomto roce není rozdíl mezi částí s drenážním systémem a bez něho. Možná příčina této změny je částečné zhoršení funkčnosti drenážního systému po roce 1992.

Půdní blok č. 1762

Na půdním bloku č. 1762 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1987, 1991, 2001, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na tomto půdním bloku se vyskytují HPJ 29, 37, 50 a 64. Všechny HPJ se vyskytují v obou částech pozemku, jak v části s drenážním systémem, tak i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. To se nepotvrdilo. Podle indexu MSI bylo zjištěno, že ve většině případů je vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. Drenážní systém je tedy plně funkční. Z porovnání průměrných hodnot indexu NDVI vyplývá, že vegetace s vyšší vitalitou se nachází na části bez drenážního systému. Drenážní systém je zde až příliš účinný.

Půdní blok č. 1767

Na půdním bloku 1767 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1994 a 2009. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 12, 32 a 47. Všechny HPJ se nachází v části bez drenážního systému i v části s tímto systémem. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI a NDVI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a bez něho. To se potvrdilo, z čehož lze usuzovat, že drenážní systém zde prakticky nemá význam.

Půdní blok č. 1840

Na půdním bloku č. 1840 se vyskytoval homogenní porost pouze v roce 1984. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí

s drenážním systémem a bez něho. Průměrná hodnota indexu MSI je vyšší v části s drenážním systémem, což vypovídá o vyšším vlhkostním stresu pro rostliny v této části bloku orné půdy. Průměrná hodnota indexu NDVI je vyšší v části bez drenážního systému. To znamená, že rostliny na části s drenážním systémem strádají. Drenážní systém byl po výstavbě snad až příliš účinný. Otázkou je, jaká je jeho funkčnost dnes.

Půdní blok č. 1847

Na půdním bloku č. 1847 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1987, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 11, 12, 37 a 67. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. To se nepotvrdilo. Porovnáním průměrných hodnot indexu MSI vykazuje část s drenážním systémem v polovině případů vyšší vlhkostní stres než část bez tohoto systému. V druhé polovině případů není statisticky významný rozdíl mezi částí s drenážním systémem a bez drenážního systému. Hodnoty indexu NDVI jsou ve většině případů vyšší na části bez drenážního systému. Drenážní systém je plně funkční, resp. odvádí více vody, než je třeba.

Půdní bloky od 500 do 600 m.n.m.

V kategorii půdních bloků mezi 500 a 600 metry nadmořské výšky bylo vybráno 15 testovacích ploch, a to půdní bloky č. 4, 14, 22, 247, 287, 681, 804, 852, 943, 946, 1035, 1224, 1323, 1410 a 1904.

Půdní blok č. 4

Na půdním bloku č. 4 byl homogenní porost v letech 1986, 1987, 1991, 1992, 1994, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 29 a 50. Obě HPJ se nachází v části drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a bez něho. Podle indexu MSI vyšlo ve většině případů najevo, že vyšší vlhkostní stres je v části s drenážním systémem. Hodnoty indexu NDVI jsou ve většině případů vyšší na části bez drenážního systému, což znamená vyšší vitalitu vegetace na této části bloku orné půdy. Drenážní systém se jeví jako plně funkční, možná až příliš, než by bylo vhodné.

Půdní blok č. 14

Na půdním bloku č. 14 se nacházel homogenní porost v letech 2000, 2004 a 2006. Na půdním bloku se nacházejí HPJ 29 a 50. Obě HPJ se nachází v části s drenážním systémem i v části bez něho. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Porovnáním průměrných hodnot indexů NDVI a MSI bylo zjištěno, že ve všech termínech není statisticky významný rozdíl v hodnotách indexů mezi částí s drenážním systémem a bez něho. V tomto případě je drenážní systém zbytečný a pravděpodobně bez vody.

Půdní blok č. 22

Na půdním bloku č. 22 se vyskytoval homogenní porost v letech 1987, 1991, 1994, 2000, 2006 a 2007. Na tomto půdním bloku se vyskytují HPJ 29 a 34. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Po porovnání průměrných hodnot indexu MSI je zřejmé, že vyšší vlhkost je v části s drenážním systémem. Porovnání průměrných hodnot indexu NDVI ukazuje, že rostliny mají vyšší vitalitu právě na drenážním systému. Je možné, že drenážní systém je z části nefunkční, ovšem na rostliny to zatím nemá negativní vliv, ba naopak.

Půdní blok č. 247

Na půdním bloku č. 247 byl homogenní porost v letech 2004, 2007 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 29 a 50. Obě tyto HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a bez něho. Porovnáním průměrných hodnot indexu MSI bylo zjištěno, že vyšší vlhkostní stres je v místě bez drenážního systému. Index NDVI vypovídá o lepším zdravotním stavu vegetace na části s drenážním systémem. Je možné, že drenážní systém je z části nefunkční, ovšem na rostliny to zatím nemá negativní vliv, ba naopak.

Půdní blok č. 287

Na půdním bloku č. 287 se nacházel homogenní porost v letech 1992, 2001, 2003, 2006, 2007 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 29 a 34. HPJ 29 se nachází pouze v části s drenážním systémem, HPJ 34 se nachází v části drenážním systémem i v

části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez něho. Podle indexu MSI je patrný vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému. Hodnoty indexu NDVI značí, že vegetace s vyšší vitalitou se nachází na části s drenážním systémem. Na tuto skutečnost může mít vliv odlišná hlavní půdní jednotka, která se v části bez drenážního systému nevyskytuje. Menší vlhkost půdy na části bez drenážního systému lze vysvětlit vyšší svažitostí v těchto místech.

Půdní blok č. 681

Na půdním bloku č. 681 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1991, 1992, 1994, 2000, 2004 a 2009. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 29 a 47. Obě HPJ se vyskytují v části bez drenážního systému i v části s drenážním systémem. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI, NDVI a TWI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez tohoto systému. Drenážní systém zde pravděpodobně neplní svou funkci a je nejspíše bez vody.

Půdní blok č. 804

Na půdním bloku č. 804 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 2000, 2001, 2004, 2007 a 2009. Na půdním bloku se nalézá HPJ 29, která se vyskytuje v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI, NDVI a TWI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez drenážního systému. Drenážní systém zde pravděpodobně neplní svou funkci a je nejspíše bez vody.

Půdní blok č. 852

Na půdním bloku č. 852 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1987, 1991, 1992, 1994, 2004 a 2009. Nachází se zde HPJ 32, 47 a 50. Všechny HPJ se nachází v části drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Je patrný zlom v hodnotách vegetačního indexu NDVI a vlhkostního indexu MSI v roce 1992. Do roku 1992 byl vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému a větší vitalita vegetace v části s drenážním systémem. To může být způsobeno vyšší svažitostí v části půdního bloku bez drenážního systému. Po roce 1992 nastala změna a od tohoto roku není statisticky prokazatelný rozdíl mezi průměry těchto indexů na obou částech bloku orné půdy. Může to být způsobeno zásahem do drenážního systému.

Půdní blok č. 943

Na půdním bloku č. 943 se nacházel homogenní porost pouze v roce 2009. Na tomto půdním bloku se vyskytují HPJ 29 a 37. Obě HPJ ne nacházejí v části bez drenážního systému i v části s drenážním systémem. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. V roce 2009 byl podle indexu MSI vyšší vlhkostní stres na části s drenážním systémem. Vitalita vegetace byla, podle indexu NDVI, vyšší v části bez drenážního systému. Z toho lze usuzovat, že drenážní systém je plně funkční.

Půdní blok č. 946

Na půdním bloku č. 946 se nacházel homogenní porost v letech 1987, 1991, 1992, 1994, 2000, 2001, 2004, 2006 a 2009. Na tomto půdním bloku se nacházejí HPJ 29, 37, 50 a 64. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Porovnáním průměrů indexu MSI vyšlo najevo, že v nadpoloviční většině případů není rozdíl ve vlhkostním stresu rostlin na daném půdním bloku mezi částí s drenážním systémem a částí bez tohoto systému. V letech 1994, 2000 a 2006 byl vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému. Vyšší vlhkostní stres v části bez drenážního systému si lze vysvětlit vyšší svažitostí v těchto místech. V hodnotě indexu NDVI není v 6 případech z 8 statisticky významný rozdíl. V letech 2000 a 2004 je zde pozorována vyšší vitalita vegetace.

Půdní blok č. 1035

Na půdním bloku č. 1035 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1992 a 1994. Nachází se zde HPJ 29, 40 a 47. Všechny HPJ se nachází v části drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Hodnoty vlhkostního stresu rostlin, určené pomocí indexu MSI, této skutečnosti odpovídají až na rok 1986, kdy vyšel vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. V polovině případů je ve vitalitě porostu patrný rozdíl ve prospěch části půdního bloku bez drenážního systému. V ostatních případech nevyšel statisticky významný rozdíl. Drenážní systém je zde zřejmě bez vody.

Půdní blok č. 1224

Na půdním bloku č. 1224 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1991, 1992, 1994, 2001, 2003, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na půdním bloku se nachází HPJ 34, 37 a 50. HPJ 34 a 37 se nachází pouze v části drenážním systémem, HPJ 50 se nachází v části drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. V hodnotách průměrů indexu MSI v průběhu let není patrný zlom. Hodnoty průměrů jsou sice statisticky významné, ale střídá se vyšší vlhkostní stres rostlin na ploše s drenážním systémem a ploše bez drenážních systémů. V porovnání hodnot průměrů indexu NDVI je patrný zlom v roce 1994. Do tohoto roku byla vyšší vitalita vegetace v části půdního bloku s drenážním systémem. Po roce 1994 není statisticky významný rozdíl ve vitalitě porostu na drénované ploše a ploše bez drenážních systémů. Z toho lze usuzovat jistý posun ve funkčnosti drenážního systému.

Půdní blok č. 1323

Na půdním bloku č. 1323 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1992, 2002, 2004, 2006 a 2007. Na půdním bloku se nachází HPJ 29, 32 a 38. Všechny HPJ se nachází v části drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. Tato vlastnost je patrná až po roce 1992. Do roku 1992 byl, podle indexu MSI, vyšší vlhkostní stres rostlin v části s drenážním systémem. Podle indexu NDVI byla v této době vyšší vitalita vegetace na ploše bez drenážního

systemu. Drenážní systém do roku 1992 byl zřejmě funkční. Po roce 1992 nastal obrat v hodnotách indexů NDVI a MSI. Od tohoto roku vychází nižší vlhkostní stres a vyšší vitalita vegetace v části s drenážním systémem. Z toho vyplývá, že po roce 1992 došlo ke změně funkčnosti drenážního systému. Tato změna má prozatím pozitivní vliv na pěstované plodiny.

Půdní blok č. 1410

Na půdním bloku č. 1410 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1987, 1991, 2001, 2006, 2007 a 2009. Nacházejí se zde HPJ 29, 47, 50 a 68. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Podle hodnot indexu MSI je vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. Ve většině případů je, podle indexu NDVI, vitalita porostu vyšší na části bez drenážního systému. Drenážní systém je zde pravděpodobně zbytečný, ale funkční.

Půdní blok č. 1904

Na půdním bloku č.1904 se nacházel homogenní porost v letech 1987, 1994, 2001, 2003, 2006 a 2007. Na celém půdním bloku se nachází HPJ 29, a to v části s drenážním systémem i v části bez něho. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Výsledky porovnání hodnot průměrů indexů MSI a NDVI tomuto odpovídají. Ve většině případů není statisticky prokazatelný rozdíl ve vlhkostním stresu rostlin ani v jejich vitalitě. Drenážní systém je pravděpodobně bez vody.

Půdní bloky nad 600 m.n.m.

V kategorii půdních bloků nad 600 metrů nadmořské výšky bylo vybráno 7 testovacích ploch, a to půdní bloky č.1174, 1832, 1990, 2113, 2224, 2232 a 2774.

Půdní blok č. 1174

Na půdním bloku č. 1174 se nacházel homogenní porost v letech 1986, 1987, 1991, 1992, 2001, 2006 a 2009. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 29, 37 a 64. Všechny HPJ se nachází v části s drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Výsledky porovnání hodnot

průměrů indexů MSI a NDVI tomuto odpovídají. Ve většině případů není statisticky prokazatelný rozdíl ve vlhkostním stresu rostlin ani v jejich vitalitě. Drenážní systém je pravděpodobně bez vody nebo funguje jen příležitostně v době po velkých srážkách.

Půdní blok č. 1832

Na půdním bloku č. 1832 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 1991, 2001, 2002, 2004 a 2006. Na půdním bloku se vyskytují HPJ 29, 37 a 47. HPJ 37 se nachází v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému, HPJ 29 se nachází pouze v části s drenážním systémem a HPJ 47 se nachází pouze v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. V porovnání hodnot indexů MSI a NDVI je patrný zlom v roce 2002. Do roku 2002 byl podle indexu MSI vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. V této době byla vyšší vitalita vegetace v části bez drenážního systému. Od roku 2002 nastal obrat a vyšší vlhkostní stres je pozorován v části bez drenážního systému a vyšší vitalita vegetace je pozorována v části s drenážním systémem. Od tohoto roku je drenážní systém pravděpodobně částečně nefunkční, což zatím nemá na vegetaci záporný vliv.

Půdní blok č. 1990

Na půdním bloku č. 1990 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 2001, 2004, 2006, 2007 a 2009. Nachází se zde HPJ 29, 37, 46 a 68. Všechny HPJ se nachází v části s drenážním systémem i v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. Toto potvrzuje porovnání průměrů indexu MSI, kde je patrný vlhkostní stres v části bez drenážního systému. Zároveň to ukazuje na nefunkčnost drenážního systému. Z hodnot indexu NDVI lze vyčíst, že ve většině případů není rozdíl ve vitalitě vegetace v části s drenážním systémem a bez něho.

Půdní blok č. 2113

Na půdním bloku č. 2113 se nacházel homogenní porost v letech 2004, 2006, 2007 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 34 a 50. Obě HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu

není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Výsledky analýz indexů MSI a NDVI prokazují účinnost drenážního systému. Podle indexu MSI byl ve většině případů vyšší vlhkostní stres na části s drenážním systémem. Oproti tomu vitalita porostu je vyšší na části půdního bloku bez drenážního systému.

Půdní blok č. 2224

Na půdním bloku č. 2224 se nacházel homogenní porost v letech 1984, 1986, 1987, 1992, 1994, 2004, 2006 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 34, 37 a 50. Všechny HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Všechny HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. Toto se ovšem neprokázalo, protože podle indexu MSI není v 5 případech rozdíl mezi vlhkostním stresem rostlin. Ve 3 případech vyšel vyšší vlhkostní stres na části s drenážním systémem. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexu NDVI avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota indexu NDVI byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem větší nebo menší než hodnota v části bez tohoto systému. Z provedených analýz lze usuzovat, že drenážní systém je funkční.

Půdní blok č. 2232

Na půdním bloku č. 2232 se nacházel homogenní porost v letech 1987, 1991, 1992, 1994, 2000, 2004, 2006, 2007 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 34 a 50. Obě HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Podle topografického vlhkostního indexu není rozdíl ve vlhkosti mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI, NDVI a TWI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez těchto systémů. Drenážní systém je pravděpodobně bez vody nebo funguje jen příležitostně v době po velkých srážkách.

Půdní blok č. 2774

Na půdním bloku č. 2774 se vyskytoval homogenní porost v letech 1984, 1986, 2001, 2007 a 2009. Vyskytují se zde HPJ 29, 50 a 64. Všechny HPJ se vyskytují v části s drenážním systémem i v části bez drenážního systému. Jsou zde patrné rozdíly v průměrech hodnot indexů MSI a NDVI, avšak tyto rozdíly se velmi často mění, tj. není patrné, že by hodnota některého indexu byla v celém sledovaném období v části půdního bloku s drenážním systémem byla větší nebo menší než hodnota stejného indexu v části bez tohoto systému. Podle topografického vlhkostního indexu má být vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. To se nepotvrdilo, z čehož lze usuzovat, že drenážní systém je funkční a smazává vlhkostní rozdíly, dané topografickým vlhkostním indexem.

6. Diskuse

Na 38 vybraných půdních blocích proběhla analýza, zda je statisticky významný rozdíl v průměrech indexů MSI, NDVI, TWI a svažitosti. Analýza probíhala na časové řadě snímků, obsahujících roky 1984, 1986, 1987, 1991, 1992, 1994, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007 a 2009. Na základě PCA analýzy bylo vizuálně určeno, ve kterých letech se na každém bloku orné půdy nachází homogenní kultura. Poté byly z termínů, kdy se kultura jevila jako homogenní odstraněny ty roky, kdy se na daných půdních blocích nenacházel žádný porost. Jako ukazatel přítomnosti porostu posloužil index NDVI, kdy byla jako zlomová brána hodnota 0,1. Pokud se hodnota indexu NDVI pohybovala nad touto hranicí, tak bylo určeno, že na bloku orné půdy porost je. V opačném případě byl daný termín vyloučen z analýzy. Hodnota indexu NDVI, určující porost na bloku orné půdy, je určena záměrně nízko vzhledem k tomu, že různé kulturní plodiny mají v průběhu vegetačního období rozdílné nároky na vlhkost (např. obiloviny).

Na 10 blocích orné půdy se má podle topografického vlhkostního indexu vyskytovat vyšší vlhkost půdy v části s drenážním systémem. Jde o půdní bloky č. 297, 547, 1215, 1479, 1762, 1847, 1323, 1990, 2224 a 2774. Tyto půdní bloky mají své zástupce ve všech kategoriích nadmořských výšek. Na 2 půdních blocích má být podle topografického vlhkostního indexu vyšší vlhkost půdy v částech bez drenážních systémů. Jde o půdní bloky č. 579 a 1759, oba z kategorie nadmořské výšky 400 – 500 m.n.m. Na ostatních půdních blocích není podle topografického vlhkostního indexu rozdíl ve vlhkosti mezi částmi s drenážními systémy a částmi bez drenážních systémů.

Na 8 půdních blocích (č. 297, 1340, 1767, 681, 804, 1224, 2232 a 2774) nelze určit, zda je vyšší vodní stres nebo vyšší vitalita vegetace na části s drenážními systémy nebo části bez drenážních systémů. Průměry indexů MSI a NDVI jsou sice statisticky rozdílné v části s drenážními systémy a bez nich, ale z porovnání průměrů vyplývá, že vitalita porostu i vlhkostní stres rostlin se rok od roku mění a nelze, s výjimkou 2 půdních bloků určit, zda je drenážní systém funkční. Ve 2 zmiňovaných případech, a to půdních blocích č. 297 a 2774, lze říci, že drenážní systém je funkční. Podle topografického vlhkostního indexu by zde měla být vyšší vlhkost v částech s drenážními systémy, což není pravda.

Na 8 půdních blocích se jeví vyšší vitalita vegetace na částech půdních bloků s drenážními systémy a zároveň částech bez drenážních systémů je vyšší vodní stres

rostlin. Ve 2 případech, a to půdních blocích č. 547 a 1215, toto zjištění odpovídá topografickému vlhkostnímu indexu, podle kterého je vyšší vlhkost půdy na částech s drenážními systémy. Oba půdní bloky se nachází v nadmořské výšce 400 – 500 m.n.m. V ostatních 6 případech (půdní bloky č. 399, 572, 657, 22, 247 a 287) není rozdíl v topografickém vlhkostním indexu mezi drénovanými a nedrénovanými částmi, ale vyšší vodní stres je zaznamenán v části bez drenážních systémů. Z porovnání průměrných hodnot indexu NDVI vyplývá, že vegetace s vyšší vitalitou se nachází na částech s drenážními systémy. Drenážní systémy v těchto místech patrně zadržují vodu v období sucha, kterou rostliny následně využívají. Z toho lze usuzovat na částečnou nefunkčnost těchto systémů.

Na 7 půdních blocích (č. 1762, 1840, 1847, 4, 943, 1410 a 2113) se jeví vyšší vitalita vegetace na částech půdních bloků bez drenážních systémů. Vyšší vodní stres rostlin je zaznamenán v částech s drenážními systémy. Podle topografického vlhkostního indexu se ve vlhkosti půdy, mimo půdních bloků č. 1762 a 1847, nejeví rozdíly v částech s drenážními systémy a bez nich. Na půdních blocích č. 1762 a 1847 se podle topografického vlhkostního indexu má vykytovat vyšší vlhkost v části s drenážními systémy. Toto se nepotvrdilo. Drenážní systémy na všech 7 půdních blocích jsou plně funkční.

Na 5 půdních blocích nejsou statisticky prokazatelné rozdíly mezi vitalitou vegetace a vlhkostním stresem rostlin na částech s drenážními systémy a bez nich. Jde o půdní bloky č. 14, 1035, 1904, 1174 a 2418. Půdní blok č. 1174 se nachází v nadmořské výšce nad 600 m.n.m., půdní blok č. 2418 se nachází v nadmořské výšce pod 400 m.n.m. a ostatní půdní bloky se nacházejí v nadmořské výšce 500 – 600 m.n.m. Podle topografického vlhkostního indexu na těchto půdních blocích není rozdíl ve vlhkosti v částech s drenážními systémy a bez nich. Drenážní systémy jsou zde vybudovány zcela zbytečně.

V 7 případech došlo k obrátu v porovnání hodnot průměrů alespoň u jednoho z indexů MSI nebo NDVI. Tento obrat je patrný z porovnání průměrných hodnot těchto indexů, pokud je v nich statisticky věrohodný rozdíl. Jde o půdní bloky č. 1013, 1479, 852, 946, 1323, 1832 a 1759. Na půdních blocích č. 1323 a 1832 došlo k obrácení znaménka nerovnosti u porovnání hodnot průměrů indexů MSI a NDVI. Do určité doby byl vyšší vodní stres a nižší vitalita vegetace v částech s drenážními systémy, od zlomového okamžiku je tomu naopak. U půdního bloku č. 946 byla pozorována změna ze stavu, kdy není rozdíl mezi částí s drenáží a částí bez drenáže

na stav, kdy je vyšší vlhkostní stres na části bez drenáže a vyšší vitalita vegetace na části s drenážními systémy. Tato změna může znamenat částečnou nefunkčnost drenážních systémů od určité doby. Na půdních blocích č. 1013 a 1497 proběhla změna jako v předešlém případě, ale opačná. Do určité doby byl vyšší vlhkostní stres v částech bez drenážních systémů a od této doby byl vyšší vodní stres v části s těmito systémy. Zde patrný obrat může být způsoben opravou nebo rekonstrukcí drenážního systému na těchto blocích orné půdy.

U půdního bloku č. 852 došlo také ke zlomu v porovnání průměrných hodnot indexů MSI a NDVI. Dříve byl v části bez drenážního systému vyšší vlhkostní stres a nižší vitalita vegetace. Po roce 1992 nejsou tyto rozdíly patrné.

U půdních bloků č. 1990, 2224 a 579 nejsou patrné rozdíly v hodnotách průměru indexu NDVI jednotlivých částí půdních bloků. Na půdním bloku č. 1990 je v celém časovém horizontu vyšší vodní stres na části bez drenážního systému. Na půdním bloku č. 579 je ve všech letech vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. Tento drenážní systém pravděpodobně funguje. Na půdním bloku č. 2224 má být podle topografického vlhkostního indexu vyšší vlhkost v části s drenážním systémem. Podle indexu MSI není statisticky věrohodný rozdíl ve vlhkostním stresu na tomto půdním bloku. Index NDVI říká, že rozdíl ve vitalitě taktéž není. Drenážní systém je zde pravděpodobně funkční.

Je zde patrná jistá závislost vlhkostního stresového indexu MSI a vegetačního indexu NDVI. Ve 22 případech z 38 řešených půdních bloků byl vypočítán vztah: Když je například hodnota indexu MSI vyšší / nižší (vyšší / nižší vlhkostní stres) v částech půdních bloků s drenážními systémy, než v částech bez drenážních systémů, pak je hodnota indexu NDVI v částech s drenážními systémy nižší / vyšší (menší vitalita vegetace) než v částech bez drenážních systémů. V 14 případech, kdy nelze jednoznačně určit, ve které části je vyšší vodní stres, nelze jednoznačně určit i v jakých částech je vyšší vitalita vegetace. Ve zbylých 2 případech se tato závislost neprokázala. Závislost mezi topografickým vlhkostním indexem a vlhkostním stresovým indexem nebo normalizovaným diferenčním vegetačním indexem se neprojevila.

Neprojevila se závislost funkčnosti drenážních systémů na hlavní půdní jednotce. Na půdních blocích, na kterých se vyskytuje shodná HPJ, byla prokázána

jak funkčnost, tak i částečná nefunkčnost drenážních systémů. Také vliv nadmořské výšky na funkčnost drenážních systémů se neprojevil. Ve stejné kategorii nadmořské výšky se vyskytují jak funkční drenážní systémy, tak i částečně nefunkční nebo bez vlivu na vlhkostní stres a vitalitu rostlin.

6.1 Terénní šetření

Dne 14. 4. 2014 proběhlo terénní šetření na půdních blocích č. 1990, 1904, 1762, 1832, 1224, 1215, 1013, 579, 657, 943, 946, 852 a 1035. Na půdních blocích č. 1990, 579, 657 a 1035 se nenacházela v době šetření žádná kulturní plodina. Tyto půdní bloky byly zřejmě připraveny pro plodiny s pozdějším datem výsevu nebo sadby.

Podle analýzy se satelitních snímků Landsat bylo zjištěno, že na půdním bloku č. 1990 má být vyšší vodní stres na části s drenážním systémem. V průběhu terénního šetření byly nalezeno lokální zamokření v místě, kde se nachází drenážní systémy. Na historickém leteckém snímku z roku 1952 je patrná polní cesta vedoucí zhruba středem půdního bloku v místě terénní deprese, která se zde dnes nevyskytuje. V tomto místě se projevují znaky zamokření. Toto zamokření může být způsobeno zhutněním půdy v místě bývalé polní cesty. Na obě strany od této polní cesty se vyskytovalo zhruba 70 malých polí. Dnes celou plochu tvoří jeden blok orné půdy. Na historickém snímku nejsou patrné stopy zamokření. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie zamokření v místě terénní deprese je v přílohách.

Na půdním bloku č. 1904 se v době šetření nacházel homogenní porost ozimé obiloviny. Podle indexů TWI, MSI a NDVI není rozdíl ve vlhkosti, vitalitě porostu nebo vlhkostním stresu na celém půdním bloku. Vizuálním pohledem nebyly patrné změny ve vitalitě nebo ve vlhkosti půdy. Na historickém leteckém snímku z roku 1952 je patrná polní cesta, vedoucí zhruba středem půdního bloku. Z této cesty se do dnešních dob dochovala pouze malá část, umožňující přístup k zahradě rodinného domu. Tento půdní blok byl v roce 1952 rozdělen na 40 menších polí. Na historickém snímku nejsou patrné stopy zamokření. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie půdního bloku je v přílohách.

Na půdním bloku č. 1762 se nacházel v době šetření porost ozimé obiloviny. Vizuálním pohledem nebyl zaznamenán rozdíl ve vitalitě vegetace v části s drenážním systémem a bez něho. Drenážní šachtice byly vyčištěné a protékala jimi

voda. Podle analýz ze snímků Landsat by měla být vyšší vitalita vegetace v části bez drenážního systému. Na historickém leteckém snímku z roku 1952 je patrná polní cesta umožňující přístup na cca 20 polí, které se zde vyskytovaly. Na tomto snímku je patrný zatravněný pás v místě údolnice, kterým pravděpodobně tekla voda z nedalekého rybníka při vyšším stavu vody. Tento zatravněný pás je dnes již zrušený. Na jeho části je vybudován příkop, do kterého ústí voda z drenážních systémů. Průběh tohoto pásu lze poznat i ze současného leteckého snímku. Současný letecký snímek a historický letecký snímek z roku 1952 je v přílohách.

Na půdním bloku č. 1832 se v době šetření nacházel porost řepky olejky. Nebyl shledán rozdíl ve vitalitě porostu nebo ve vlhkosti půdy mezi částmi s drenážním systémem a bez drenážního systému. Dle provedených analýz by se měla projevit vyšší vitalita porostu na části s drenážním systémem. V roce 1952 tento půdní blok protínaly 3 polní cesty, umožňující přístup k cca 20 polím, nacházejícím se na tomto půdním bloku. Z historického leteckého snímku není patrné zamokření. Drenážní systém je zde zřejmě zbytečný. To potvrzuje i fakt, že v drenážních šachticích se voda nevyskytovala. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie porostu je v přílohách.

Na půdním bloku č. 1224 se v době šetření nacházel porost ozimé obiloviny. V provedených analýzách nebyl zjištěn rozdíl ve vitalitě porostu a vlhkostním stresu na celém bloku orné půdy. Na historickém leteckém snímku z roku 1952 jsou patrné 2 polní cesty, které půdní blok rozdělují na 4 části. V údolnici, nacházející se na půdním bloku, se v roce 1952 nacházel remízek. V tomto místě bylo zjištěno zamokření, což se projevilo na vitalitě porostu. Na tomto místě se nachází drenážní systém, avšak zřejmě částečně nefunkční. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie zamokření je v přílohách.

Na půdním bloku č. 1215 byla zasetá jarní obilovina. Podle historického leteckého snímku přes tento půdní blok v roce 1952 vedla polní cesta, umožňující přístup k celkem 7 polím. Z historického snímku není patrné zamokření půdy. Vizuálním pohledem nebyl shledán rozdíl ve vlhkosti půdy mezi částí s drenážním systémem a částí bez něho. Toto zjištění neodpovídá výsledkům analýz, kdy by měla být vyšší vitalita vegetace v části s drenážními systémy.

Na půdním bloku č. 1013 se nacházel vzrostlý porost ozimé obiloviny, který vizuálně nejevil rozdíly ve vitalitě. Dle satelitních snímků Landsat by neměl být rozdíl ve vitalitě porostu. V roce 1952 se na tomto půdním bloku nacházelo cca 30

polí. Z historického (ani současného) leteckého snímku není patrné zamokření. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie porostu je v přílohách.

Na půdním bloku č. 579 se v době návštěvy nacházela orná půda. Z historického leteckého snímku vyplývá, že v roce 1952 se zde nacházela polní cesta, vedoucí zhruba středem půdního bloku. V roce 1952 byl tento půdní blok rozdělen do 9 menších polí. Na historickém leteckém snímku nejsou patrné projevy zamokření. Pohledem nebyly pozorovány rozdíly ve vlhkosti půdy mezi částí s drenážním systémem a částí bez drenážního systému. Dle analýz provedených ze satelitních snímků Landsat by měl být vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem.

Na půdním bloku č. 943 byl v době terénního šetření porost ozimé obiloviny. Porovnáním hodnot indexů MSI a NDVI by měl být vyšší vlhkostní stres v části s drenážním systémem. Podle historického leteckého snímku z roku 1952 se zde nacházela polní cesta. V této době se zde nacházelo přibližně 20 polí. Terénní deprese na jižním okraji půdního bloku byla obdělávaná a nejevila známky zamokření, jak je tomu dnes. V tomto místě se nachází i drenážní systém. Je možné, že je nefunkční. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie zamokření je v přílohách.

Na půdním bloku č. 946 byl v době terénního šetření porost ozimé obiloviny. Tento půdní blok sousedí s půdním blokem č. 943. Z historických leteckých snímků z roku 1952 lze vyčíst, že zhruba středem půdního bloku po vrstevnici vedla polní cesta. Nacházelo se zde přibližně 15 polí. V roce 1952 nejsou patrné známky zamokření. Dle satelitních snímků Landsat by neměl být rozdíl ve vitalitě porostu. Vizuálním pohledem nebyly zjištěny rozdíly ve vitalitě vegetace.

Na půdním bloku č. 852 byl v době terénního šetření porost ozimé obiloviny. V hodnotách indexů TWI, MSI a NDVI nejsou patrné rozdíly mezi částmi s drenáží a bez ní. Na historickém snímku z roku 1952 lze vidět 2 polní cesty, křižující se zhruba uprostřed půdního bloku. Tyto polní cesty sloužily pro přístup k přibližně 20 polím, nacházejících se na tomto půdním bloku. Na historickém i současném leteckém snímku není patrné zamokření. Vizuálním pohledem nebyly zjištěny rozdíly ve vitalitě vegetace.

Na půdním bloku č. 1035 se v době terénního šetření porost nenacházel. Ve výsledcích analýz nevyšel rozdíl mezi drénovanou a nedrénovanou částí tohoto bloku

orné půdy. Vizually bylo patrné lokální zamokření půdy v místě terénních deprese. Toto zamokření je patrné i na historickém leteckém snímku z roku 1952. V roce 1952 bylo toto zamokření většího rozsahu, než je dnes. Usuzuji, že drenážní systém je funkční. Současný letecký snímek, historický letecký snímek z roku 1952 a fotografie zamokření je v přílohách.

7. Závěr

Ze 38 testovacích ploch se projevila změna ve funkčnosti u 7 ploch, což odpovídá 18%. Při vyhodnocování byl brán zřetel na množství srážek v období před snímkováním (v letech 1987, 1991, 2002 a 2004 byl zaznamenán nadprůměrný úhrn srážek, v ostatních letech podprůměrný), na rozdíly ve svažitosti půdních bloků a na topografický vlhkostní index. Vzhledem k prostorovému rozlišení použitých satelitních snímků byly identifikovány pouze ty drenážní systémy, které jsou nefunkční ve větším rozsahu. Lokální poruchy drenážních systémů, které se hojně vyskytují a způsobují problémy při obdělávání, nejsou vzhledem k prostorovému rozlišení použitých satelitních snímků zřetelné. Pro identifikaci lokálních poruch drenážních systémů je nutné použít snímky s větším prostorovým rozlišením, nejlépe letecké.

8. Seznam použitých zdrojů

1. Allen, D. W.; et al. *GIS Tutorial II: Spatial Analysis Workbook*, 2st ed.; ESRI Press: Redlands, 2011.
2. Beran, J. *Metodika 7/1991 Rekonstrukce drenážních sítí (směrnice)*, 1st ed.; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: Praha, 1991.
3. Born, B. Komplexnost řešení velkoplošných odvodňovacích systémů. In *Agromelio 76*, Odvodňování zemědělských půd v podmínkách pokrokové organizace půdního fondu; 1976.
4. Bretfeld, Z. Příčiny poruch funkce podrobného odvodnění. In *Poruchy a vady odvodňovacích zařízení*; 1986.
5. Bukovský, J.; et al. Situační a výhledová zpráva PŮDA, 2012. Situační a výhledová zpráva PŮDA.
eagri.cz/public/web/file/181775/Zprava_Puda_kniha_web__1_.pdf (accessed April 13, 2014).
6. Campbell, J. B. *Introduction to Remote Sensing*, 5th ed.; The Guilford Press: New York, 2011.
7. Dobrovolný, P. DPZ_03_spektralni_chovani.
https://is.muni.cz/www/680/7404989/prednasky_dpz/ (accessed March 15, 2014).
8. Dobrovolný, P. Mapování vegetace s využitím družicových snímků, 2001. Vegetace. http://www.sci.muni.cz/~dobro/zemsky_povrch_vegetace.html (accessed April 15, 2014).
9. Doubrava, P.; et al. *Metody dálkového průzkumu v projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst*, 1st ed.; Cenia: Praha, 2011.
10. Dvořák, P. Požadavky na účinnost drenážních systémů. In *Agromelio 76*, Odvodňování zemědělských půd v podmínkách pokrokové organizace půdního fondu; 1976.
11. Eastman, J. R. *IDRISI Selva Manual*, 17th ed. [CD-ROM]; Clark University, January 2012. (accessed March 15, 2014).
12. Gaja, P. Analýza půdní vlhkosti a charakteristik sucha prostředky DPZ. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 2013.
13. Gorr, L. W.; Kurland, K. S.; et al. *GIS Tutorial I: Basic Workbook*, 4st ed.; ESRI Press: Redlands, 2011.

14. Haas, J. Soil moisture modelling using TWI and satellite imagery in the Stockholm region. Master's of Science Thesis, School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH) 100 44 Stockholm, Sweden, March 2010.
15. Holý, M. *Odvodňovací stavby*, 1st ed.; Nakladatelství technické literatury: Praha, 1985.
16. Jůva, K. *Odvodňování půdy*, 1st ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1957.
17. Jůva, K.; et al. *Technický průvodce Vodohospodářské meliorace odvodnění - závlaha*, 1st ed.; Státní nakladatelství technické literatury: Praha, 1964.
18. Keranen, K.; Kolvoord, R.; et al. *Using GIS. Making spatial decisions*, 2nd ed.; ESRI Press: Redlands, 2012.
19. Kokoška, J. Klasifikace poruch a vad odvodňovacích zařízení a způsob jejich odstranění. In *Poruchy a vady odvodňovacích zařízení*; 1986.
20. (kolektiv autorů) *Water managment for irrigation and drainage*, 1st ed.; American Society of Civil Engineers: Reno, 1977.
21. Kudrna, K. *Využití melioračních soustav*, 1st ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1987.
22. Kulhavý, Z.; et al. *Redakčně upravená závěrečná zpráva výzkumného projektu Racionalizace využívání, údržby a oprav odvodňovacích staveb.*, 1st ed.; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd: Praha, 2006.
23. Kulhavý, Z.; et al. *Zemědělské odvodnění drenáží. Racionalizace využívání, údržby a oprav*, 1st ed.; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd: Praha, 2007.
24. Lhotský, J.; Pasák, V. *50 let Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha*, 1st ed.; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd: Praha, 2004.
25. Longley, P. A.; Batty, M.; et al. *Advanced Spatial Analysis: The CASA Book for GIS*, 1st ed.; ESRI: Redlands, 2003.
26. Maguire, D. J.; et al. *GIS, Spatial Analysis and Modeling*, 1st ed.; ESRI Press: Redlands, 2005.
27. Mitchell, A.; et al. *The ESRI Guide to GIS Analysis*, 1st ed.; Enviromental Systems Research Institute: Redlands, 1999.
28. Ormsby; et al. *Getting to know ArcGIS*, 3rd ed.; ESRI Press: Redlands, 2010.

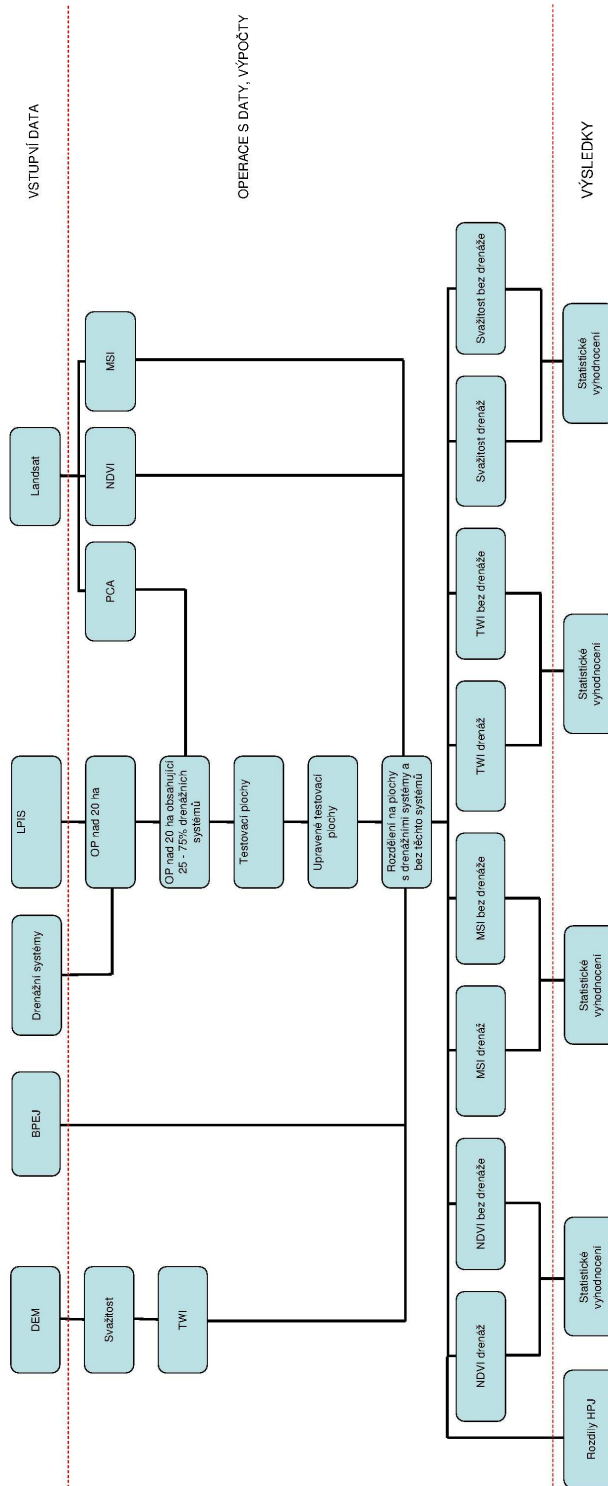
29. Peňaz, T. Vegetační analýza v aridním prostředí, 2008. Vegetation Analysis. http://gisak.vsb.cz/~pen63/DPZ/Vegetation_Analysis.pdf (accessed April 15, 2014).
30. Sanetník, J.; Filip, J. *Meliorace*, 1st ed.; Vysoká škola zemědělská: Brno, 1991.
31. Sedlák, L. *Meliorace*, 1st ed.; Státní pedagogické nakladatelství: Praha, 1981.
32. Sojka, J. Nakypřená zóna nad bezvýkopově položeným drénem a některé její změny. In *Agromelio 76*, Odvodňování zemědělských půd v podmínkách pokrokové organizace půdního fondu; 1976.
33. Svobodová, V. *Principles for Designing Drainage at high iron status of soils and waters*, 1st ed.; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd: Praha, 1980.
34. Štibinger, J.; Kulhavý, Z.; et al. *Úpravy vodního režimu půd odvodněním*, 1st ed.; Česká zemědělská univerzita, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd: Praha, 2010.
35. Švihla, V. Příspěvek k problematice účinnosti drenážních systémů na málopropustných „těžkých“ půdách. In *Agromelio 76*, Odvodňování zemědělských půd v podmínkách pokrokové organizace půdního fondu; 1976.
36. Tlapáková, L., *Redakčně upravená zpráva o řešení projektu QJ1220052 v roce 2013 Využití dálkového průzkumu Země pro identifikaci a vymezení funkcí drenážních systémů* [CD-ROM]; (accessed March 15, 2014).
37. Votruba, J. Úloha meliorací v zemědělské soustavě ČSSR. In *AGROMELIO '80*; 1980.
38. Voženílek, V., *Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty*, 1st ed.; Univerzita Palackého: Olomouc, 2000.

Další použité zdroje

39. Landsat. <http://landsat.usgs.gov/> (accessed March 15, 2014).
40. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). Measuring Vegetation (NDVI & EVI): Feature Articles. http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php (accessed March 15, 2014).

9. Přílohy

9.1 Schéma pracovního postupu



9.2 Ukázka ASCII souboru vytvořeného programem ArcGIS

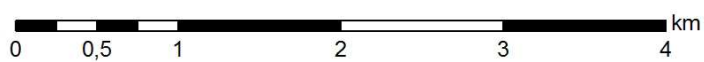
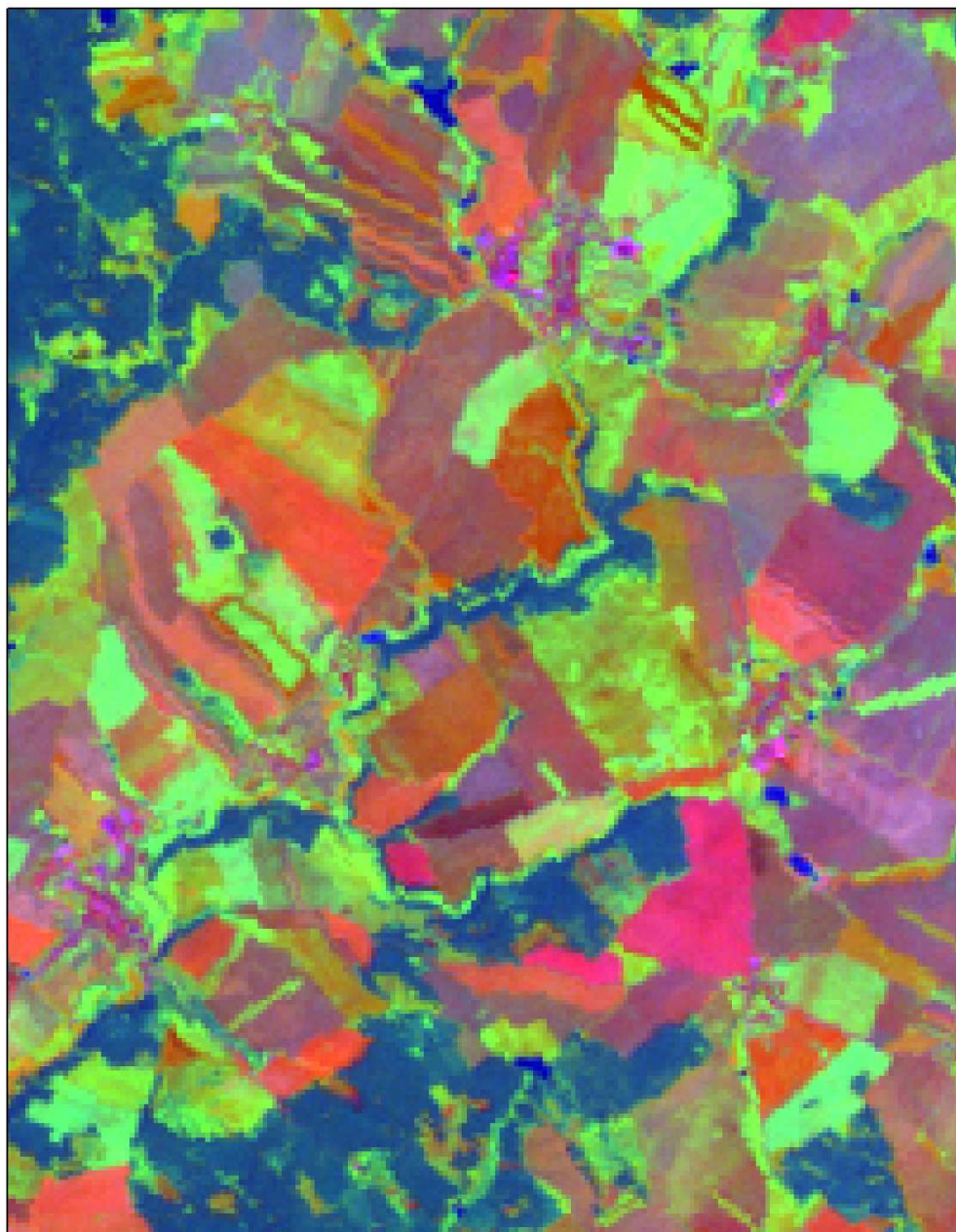
```
ncols          19
nrows          9
xllcorner      -655857,78515672
yllcorner      -1131935,0024598
cellsize       30
NODATA_value   -9999
-9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
0,8409091 0,8314607 0,8241758
-9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
0,872093 0,875 0,875 0,819149
-9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
0,8941177 0,862069 0,9090909 0,9042553
-9999 -9999 -9999 0,902439 0,8928571 0,8780488 0,8915663 0,8795181 0,8875 0,8875 0,9135802
0,8809524 0,9166667 0,8888889 0,8902439 0,8809524 0,8352941 0,8863636 -9999
-9999 0,8536586 0,8875 0,9012346 0,8554217 0,8809524 0,8823529 0,9156626 0,8902439 0,8902439
0,8823529 0,8705882 0,8705882 0,8470588 0,872093 0,8522727 0,8876405 0,8105263 -9999
0,8117647 0,8452381 0,8795181 0,8915663 0,8705882 0,8333333 0,8571429 0,9156626 0,8658537
0,8795181 0,8705882 0,8352941 0,8255814 0,8588235 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
0,8505747 0,8588235 0,8588235 0,8809524 0,9166667 0,8823529 0,872093 0,9058824 0,8915663
0,8823529 0,9195402 0,8390805 0,8045977 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
0,8470588 0,8571429 0,8690476 0,8809524 0,8809524 0,8823529 0,8505747 0,862069 0,902439 0,8372093
0,8636364 0,8275862 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
-9999 -9999 -9999 -9999 -9999 0,8588235 0,862069 0,8505747 0,8390805 -9999 -9999 -9999 -9999 -
9999 -9999 -9999 -9999 -9999 -9999
```

9.3 Výsledky statistického zpracování jednoho bloku orné půdy a jednoho indexu

pole č. 4
T-test pro nezávislé vzorky (4. msj) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky

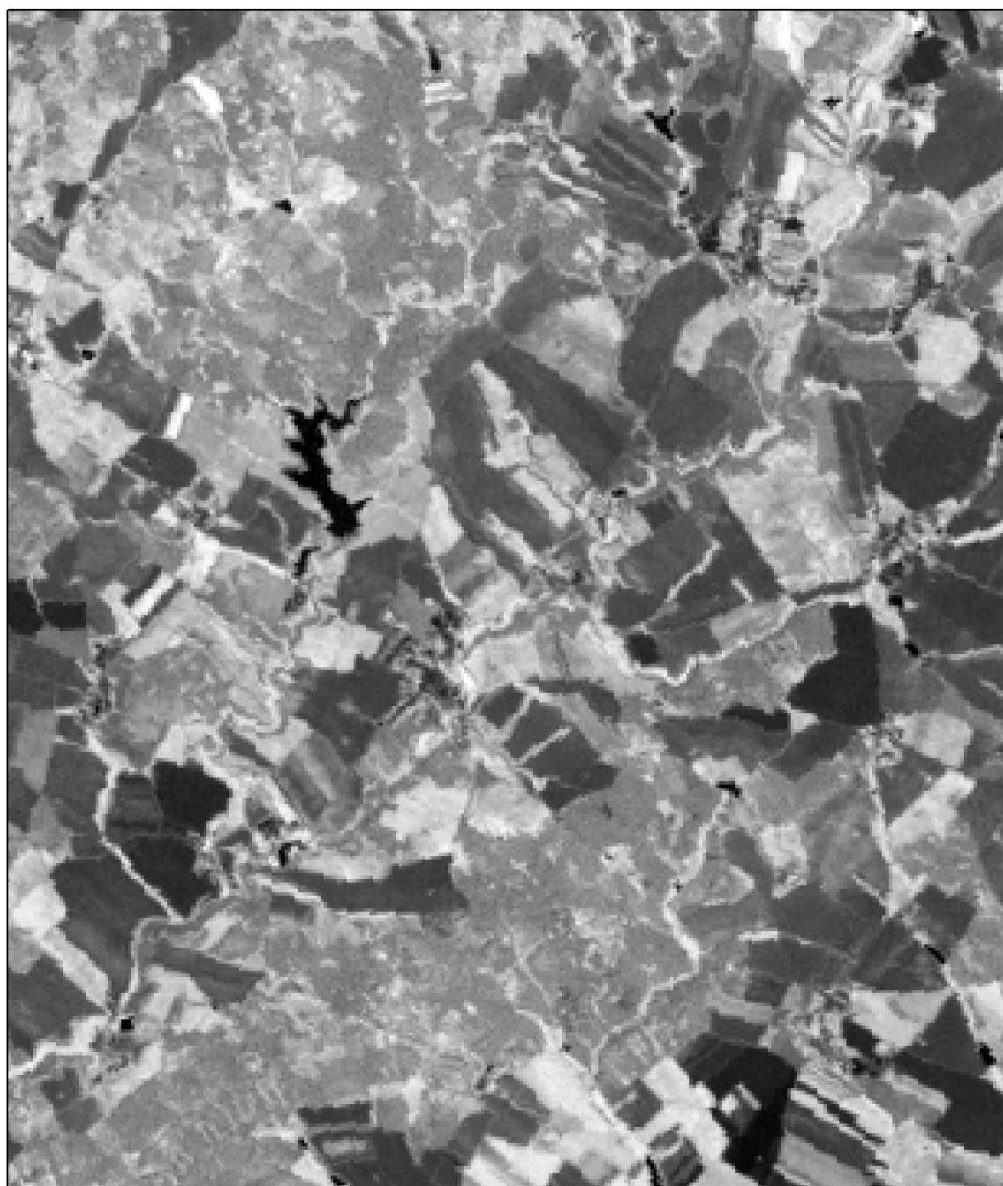
rok	Průměr (pole)	Průměr (drenáž)	Hodnota t	sv	p	t samost. (odh.rozp.)	sv	p (oboustr.)	Poč.plat. (skup. 1)	Poč.plat. (skup. 2)	Sm.odch. (pole)	Sm.odch. (drenáž)	F-poměr (Rozptyly)	p (Rozptyly)
1984	0,153625	0,155921	-0,444911	197	0,656872	-0,420046	129,2596	0,675149	75	124	0,040346	0,031852	1,604380	0,020435
1986	0,758561	0,761328	-0,919832	197	0,358786	-0,785630	94,53757	0,434049	75	124	0,028610	0,013597	4,427545	0,000000
1987	0,697390	0,654194	2,971802	197	0,003329	3,511641	184,0265	0,000560	75	124	0,052949	0,118858	5,038988	0,000000
1991	0,672107	0,681691	-1,94135	197	0,053642	-1,75868	112,9733	0,081340	75	124	0,042037	0,027591	2,321251	0,000035
1992	0,460212	0,461841	-0,323680	197	0,746524	-0,361494	196,8623	0,718118	75	124	0,024331	0,039256	2,602970	0,000015
1994	0,344908	0,299142	6,302272	197	0,000000	7,469854	182,4632	0,000000	75	124	0,025936	0,059518	5,266094	0,000000
2000	0,060931	0,086654	-3,79133	197	0,000199	-4,34038	195,1413	0,000023	75	124	0,029411	0,054085	3,381634	0,000000
2001	-0,056807	-0,052907	-0,806043	197	0,421190	-0,961979	178,6536	0,337360	75	124	0,016488	0,039868	5,846758	0,000000
2002														
2003	0,045501	0,050225	-2,13594	197	0,033919	-2,25924	182,8431	0,025049	75	124	0,012938	0,016294	1,586018	0,032040
2004	0,549865	0,575349	-6,03080	197	0,000000	-5,78978	136,6566	0,000000	75	124	0,031834	0,026960	1,394273	0,103255
2006	0,544195	0,545446	-0,234595	197	0,814767	-0,261591	196,7712	0,793910	75	124	0,025949	0,041540	2,562753	0,000020
2007	0,121070	0,109268	2,354073	197	0,019553	2,035491	97,96102	0,044502	75	124	0,046636	0,023935	3,796487	0,000000
2009	0,514676	0,531246	-2,51604	197	0,012666	-2,23905	106,8320	0,027225	75	124	0,058054	0,034909	2,765681	0,000001

9.4 Ukázka barevné syntézy prvních tří kanálů PCA analýzy z roku 1992



9.5 Ukázka rastru indexu NDVI z roku 1992

Vyšší hodnota znamená vyšší vitalitu vegetace.



Legenda



9.6 Ukázka rastru indexu MSI z roku 1992

Vyšší hodnota znamená vyšší vlhkostní stres.

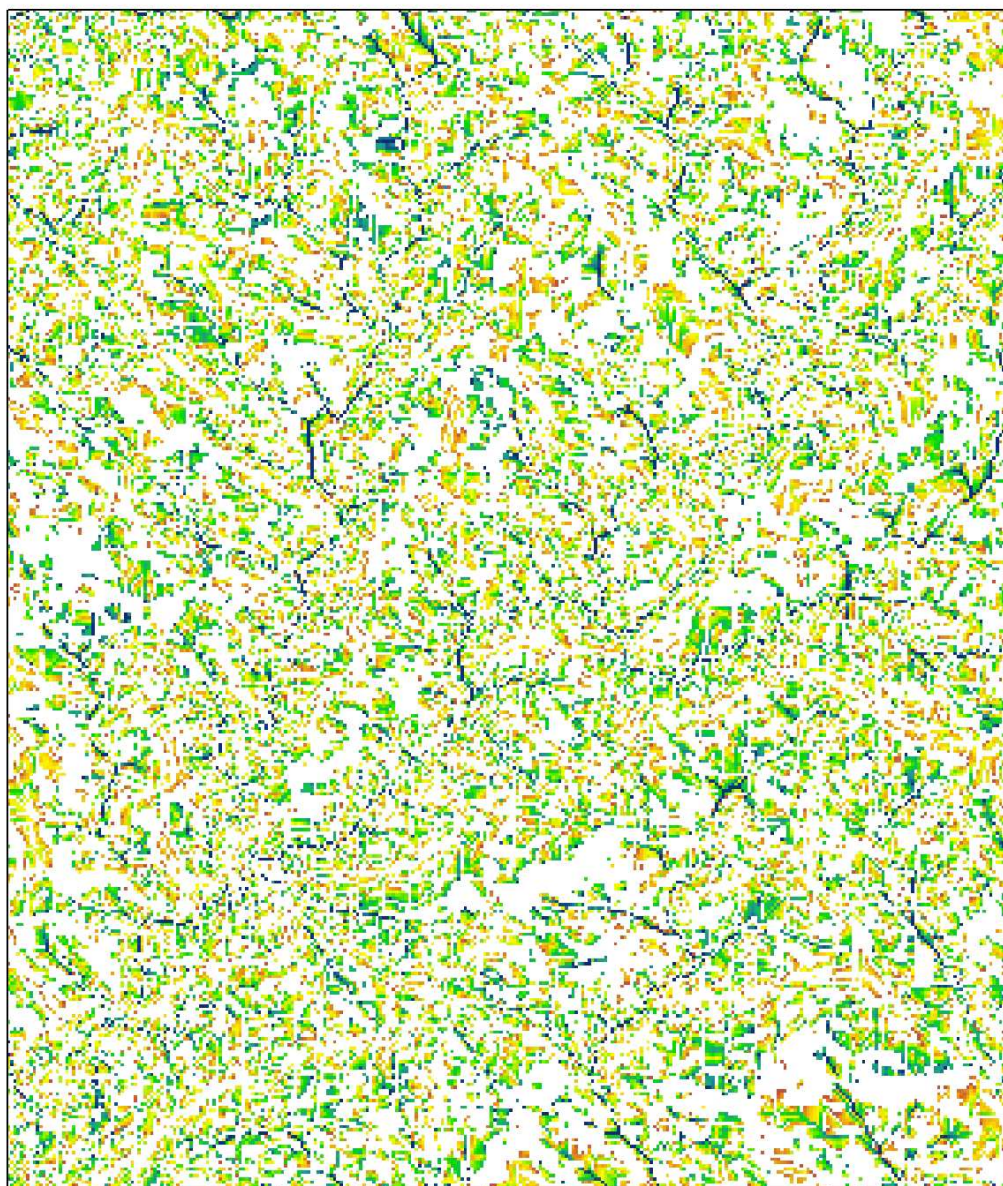


Legenda

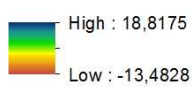


9.7 Ukázka rastru indexu TWI z roku 1992

Vyšší hodnota znamená vyšší vlhkost.

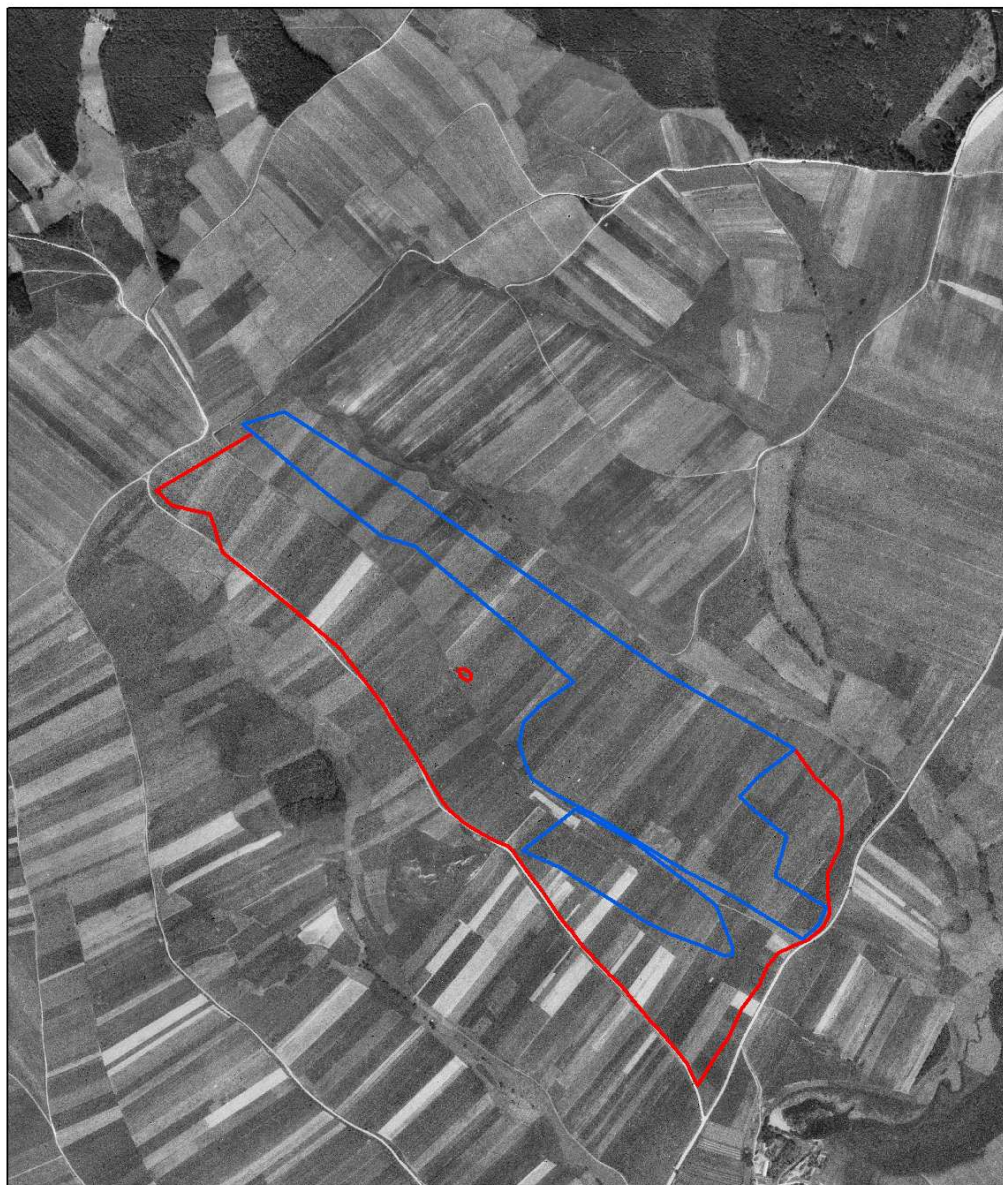


Legenda





9.8 Fotodokumentace a letecké snímky vybraných půdních bloků

9.8.1 Půdní blok č. 1990



Legenda



-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Historický letecký snímek půdního bloku č. 1990 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Současný letecký snímek půdního bloku č. 1990.





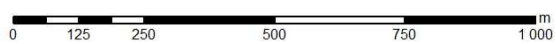
Fotografie zamokření půdního bloku č. 1990.

9.8.2 Půdní blok č. 1904



Legenda



-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Historický letecký snímek půdního bloku č. 1904 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému

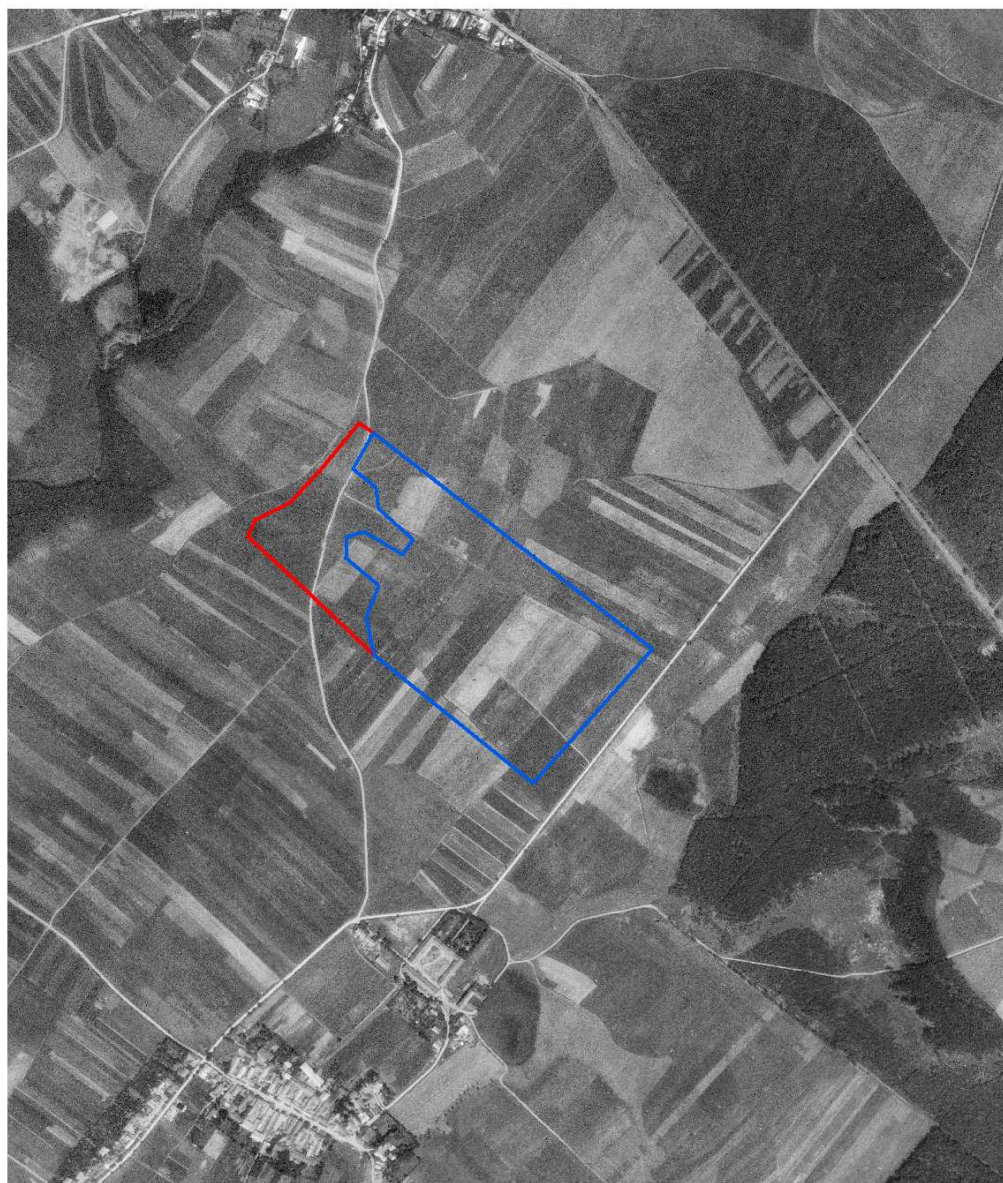


Současný letecký snímek půdního bloku č. 1904.





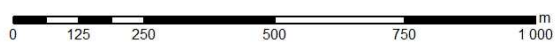
Fotografie porostu půdního bloku č. 1904.

9.8.3 Půdní blok č. 1832

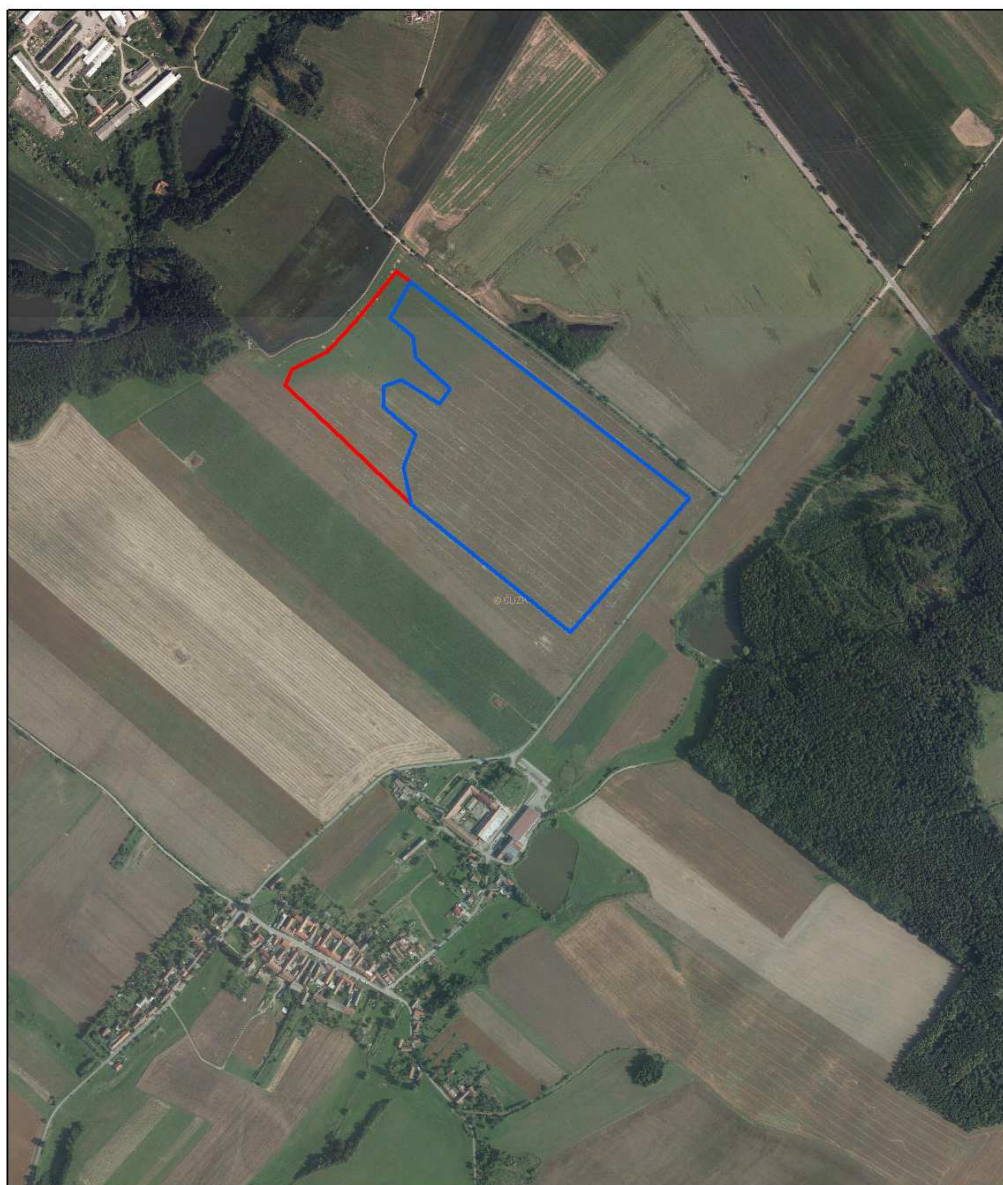


Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Historický letecký snímek půdního bloku č. 1832 z roku 1952.



Legenda

- části půdního bloku s drenážním systémem
- části půdního bloku bez drenážního systému



Současný letecký snímek půdního bloku č. 1832.





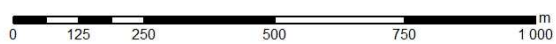
Fotografie porostu půdního bloku č. 1832.

9.8.4 Půdní blok č. 1224

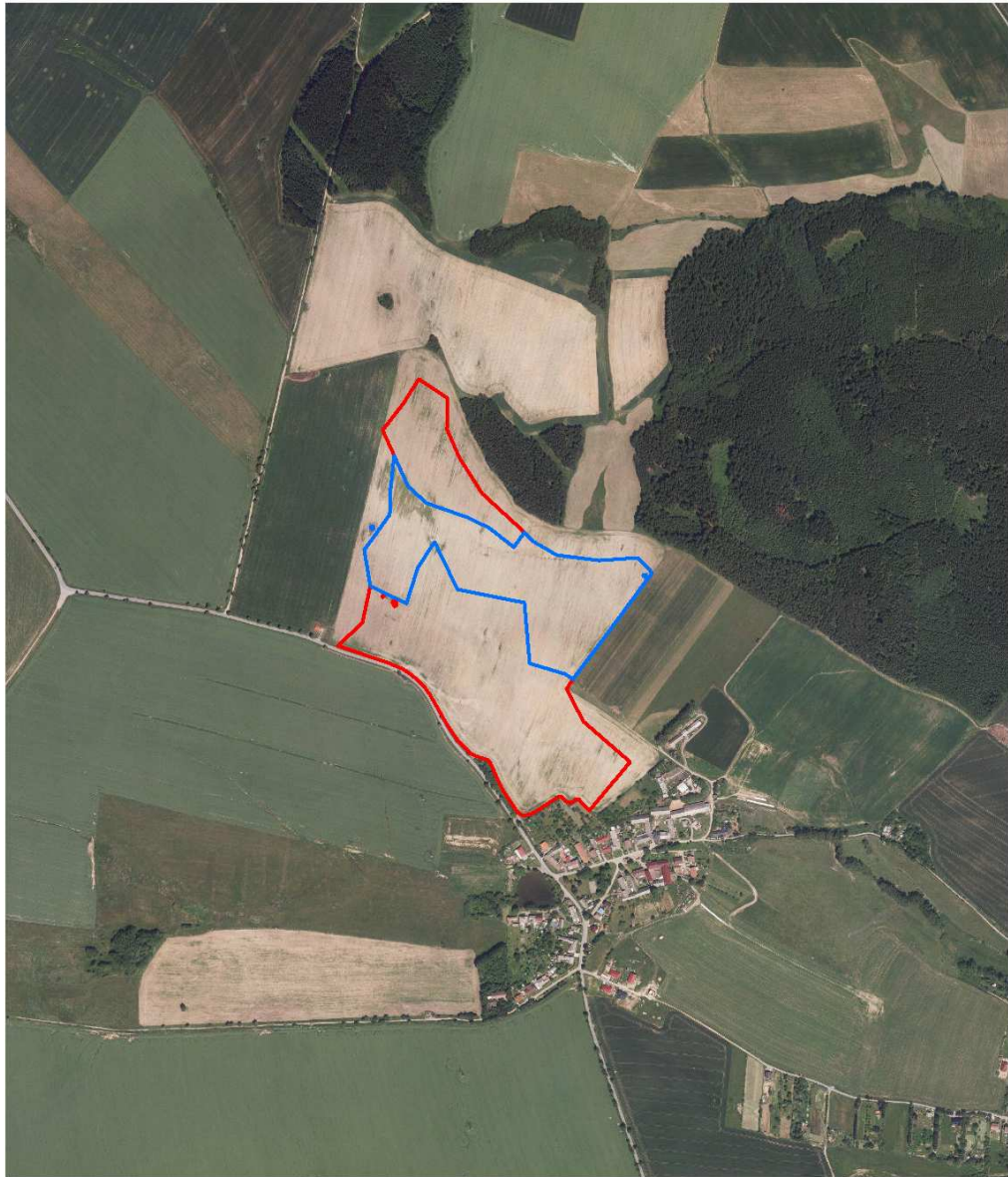


Legenda



-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Historický letecký snímek půdního bloku č. 1224 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému

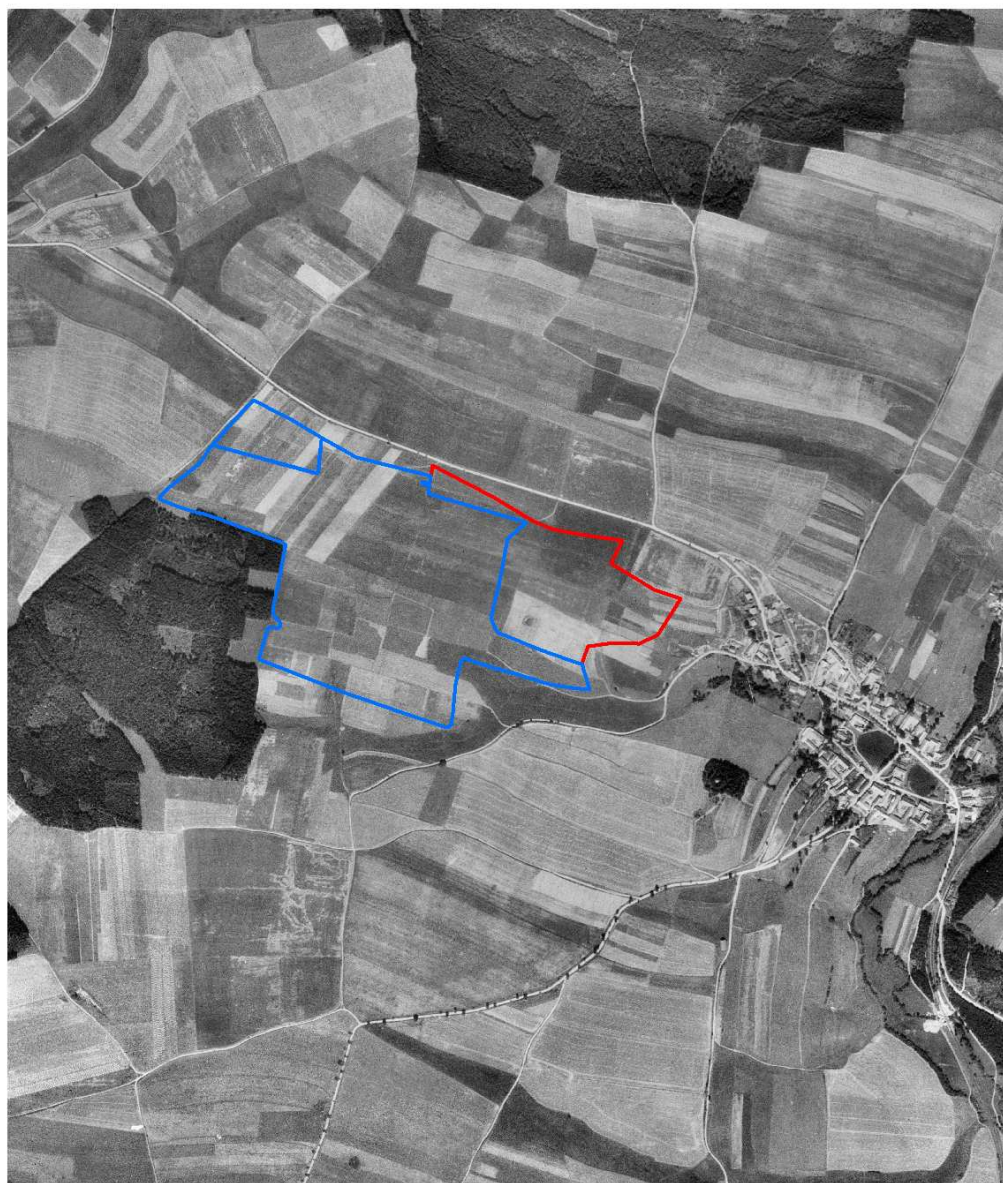


Současný letecký snímek půdního bloku č. 1224.





Fotografie zamokření a porostu půdního bloku č. 1224.

9.8.5 Půdní blok č. 1013

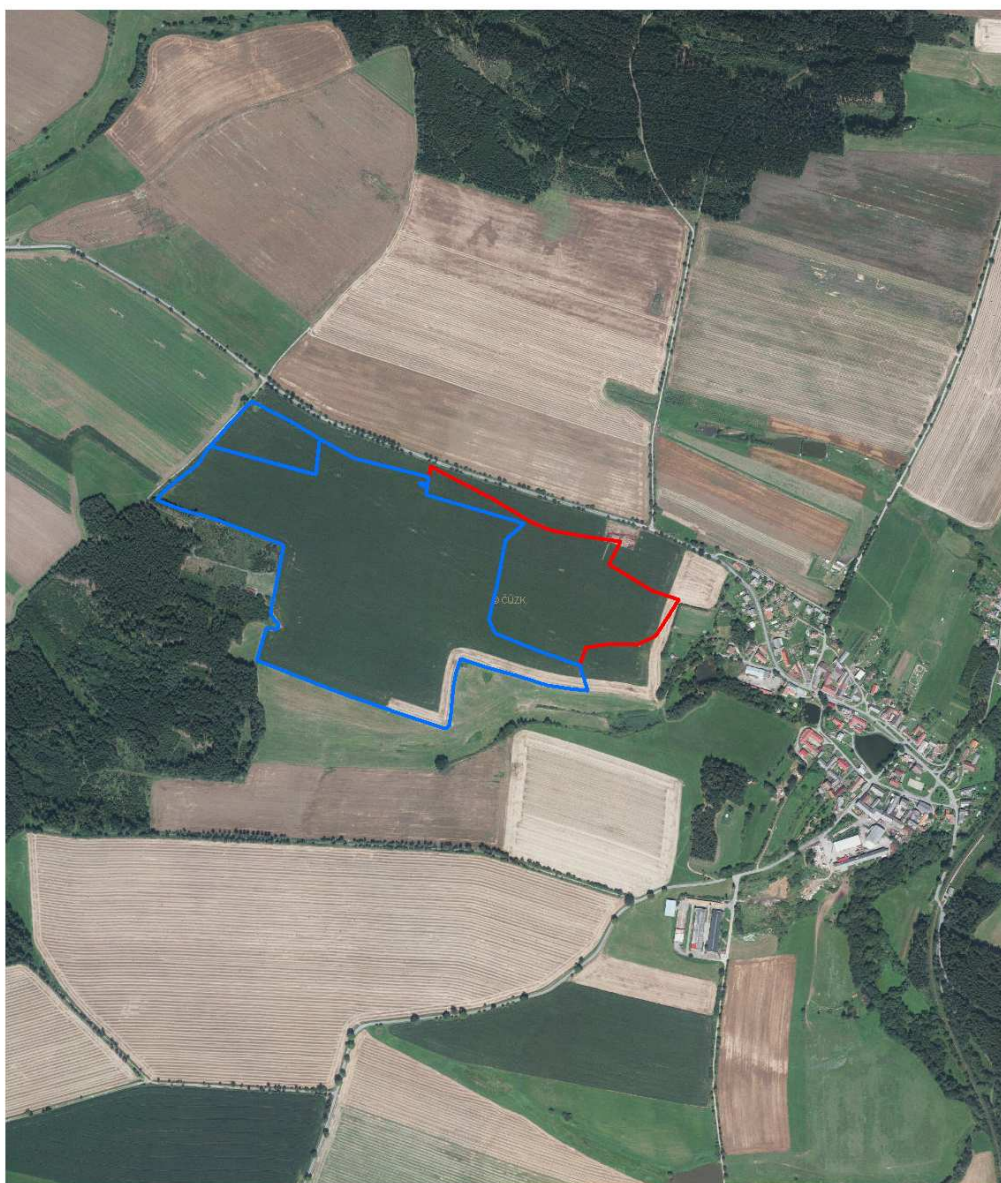


Legenda



-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému

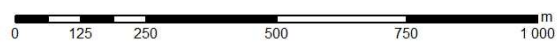


Historický letecký snímek půdního bloku č. 1013 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému

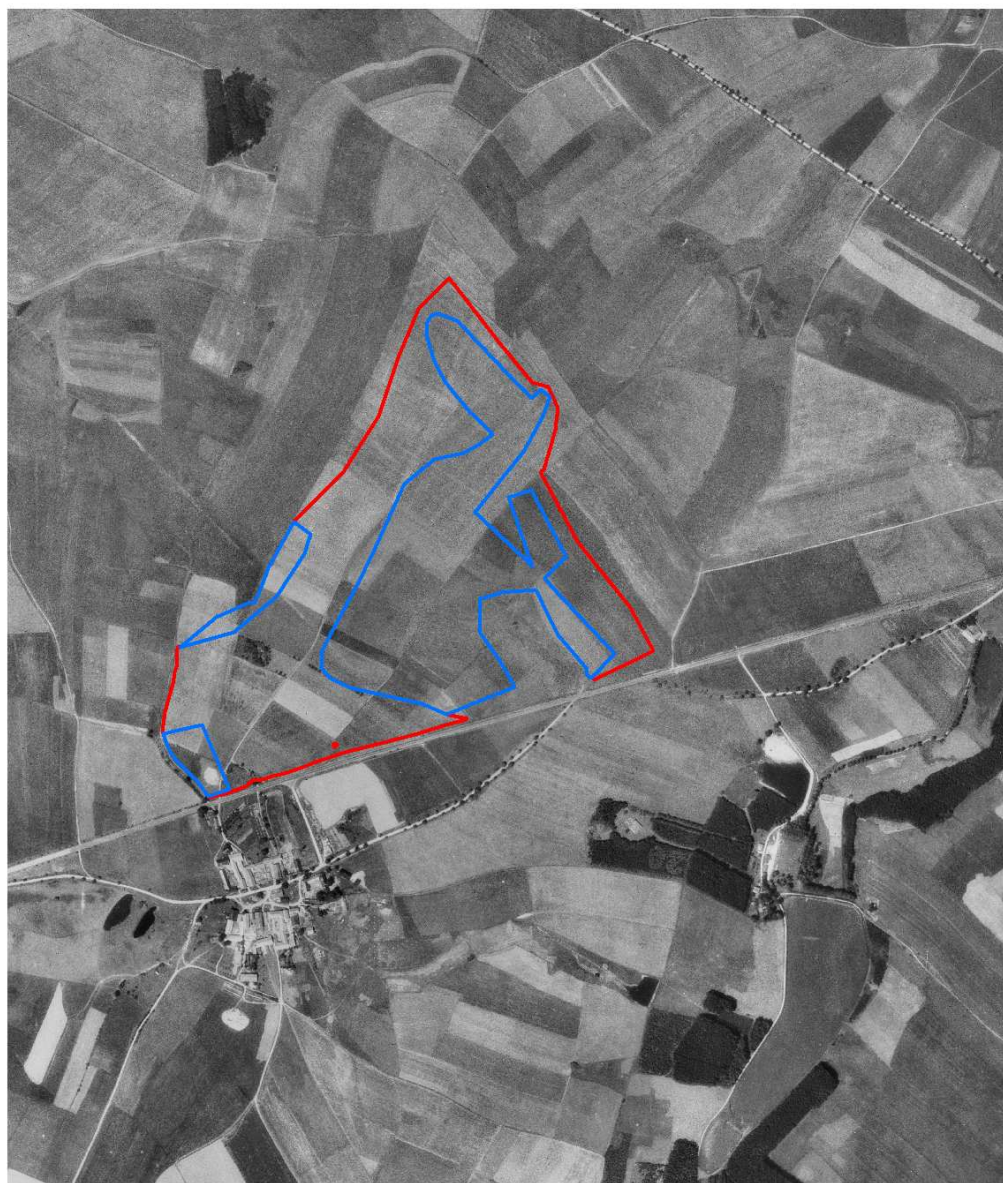


Současný letecký snímek půdního bloku č. 1013.





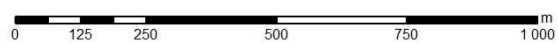
Fotografie porostu půdního bloku č. 1013.

9.8.6 Půdní blok č. 943



Legenda



-  části půdního bloku s drenážním systémem
-  části půdního bloku bez drenážního systému

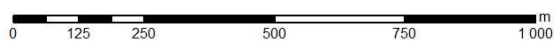


Historický letecký snímek půdního bloku č. 943 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému

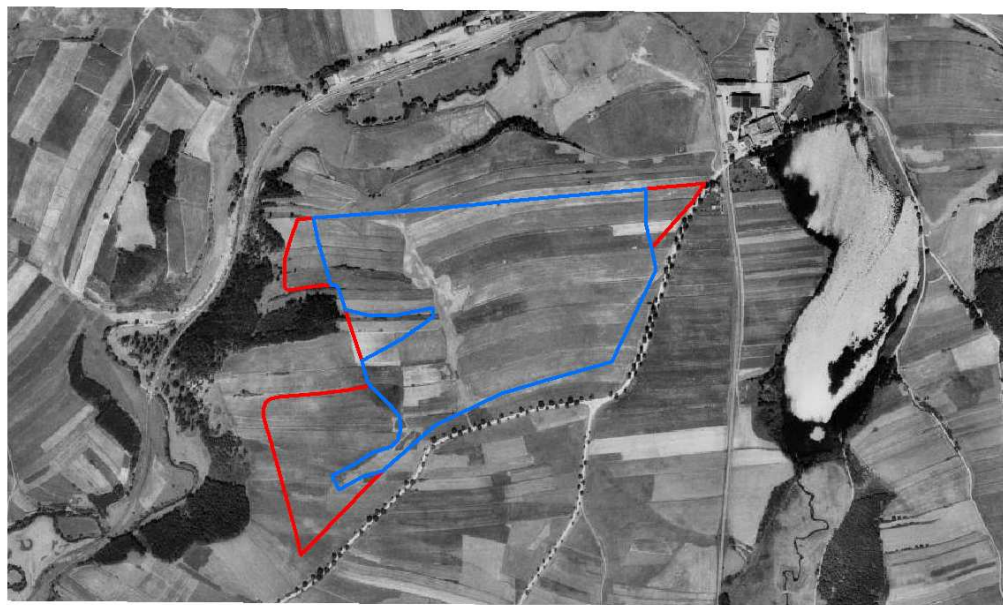


Současný letecký snímek půdního bloku č. 943.





Fotografie zamokření půdního bloku č. 943.

9.8.7 Půdní blok č. 1035

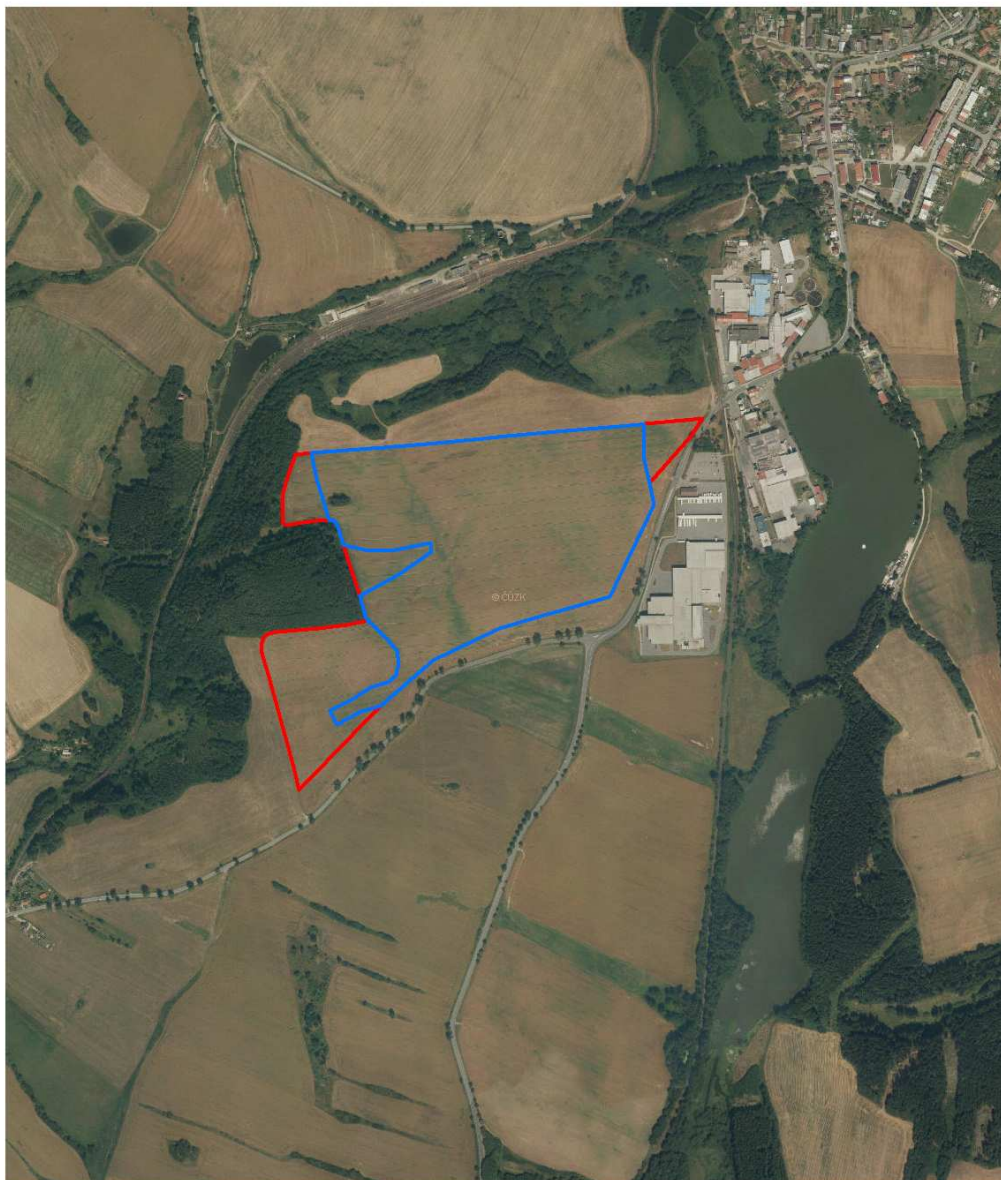


Legenda



-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Historický letecký snímek půdního bloku č. 1035 z roku 1952.



Legenda

-  částí půdního bloku s drenážním systémem
-  částí půdního bloku bez drenážního systému



Současný letecký snímek půdního bloku č. 1035.



Fotografie místa půdního bloku č. 1035, kde bylo v roce 1952 patrné zamokření.



Fotografie zamokření půdního bloku č. 1035.