



Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí  
Katedra biotechnických úprav krajiny

## **Využití metod UAV a DPZ v oblasti životního prostředí**

### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Bakalant: Matěj Hlavsa

2019

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matěj Hlavsa

Územní technická a správní služba

Název práce

**Využití metod UAV a DPZ v oblasti životního prostředí**

Název anglicky

**Using of UAV and DPZ method in environment**

---

### Cíle práce

1. Rešerše metod monitoringu vybraných půdních vlastností na základě spektrální odrazivosti pomocí UAV a DPZ.
2. Popsat možnosti výše uvedených metod pro oblast životního prostředí.

### Metodika

Student provede rešerši metod monitoringu vybraných půdních vlastností na základě spektrální odrazivosti pomocí UAV a DPZ. Podrobně se zaměří na potenciál těchto metod pro oblast životního prostředí.

## **Doporučený rozsah práce**

40 stran

## **Klíčová slova**

UAV, spektrální indexy, multispektrální senzor, DPZ

---

## **Doporučené zdroje informací**

- Martínek K., Kopačková V., Štych P., Bravený L. (2007): GIS a DPZ v geologických vědách v prostředí ArcGIS a jeho extenzí. CITT, Praha.  
<http://web.natur.cuni.cz/ugp/main/staff/martinek/FTP/GISaDPZvGeol2007.pdf>
- Oki K., Yasuoka Y. (2005): Mapping the annual potential total nitrogen load in the river basins of Japan with remotely sensed imagery. Remote Sensing of Environment 112: 3091-3098
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. (1997): Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook No. 703, Washington D.C., USDA-ARS.
- Romken MJM. 1983. The soil erodibility factor: a perspective. Soil Erosion and Conservation 10: 445–461
- Vopravil J., Janeček M., Tipl M. (2007) Revised soil erodibility K-factor for soils in the Czech Republic. Soil & Water Res. 2(1): 1-9.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook No. 537, Washington D.C., USDA.
- zdroje z WOS
- 

## **Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2019

---

PROHLÁŠENÍ:

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně, pod vedením Ing. Jana Vopravila, Ph.D.“ „Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal“.

„Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém“.

V Praze 09.04.2019

.....

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D. za odborné rady a vynaložený čas při tvorbě méj bakalářské práce. Rovněž bych tímto chtěl poděkovat rodině za podporu během celého studia.

V Praze 09.04.2019

.....

### **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá popsáním funkcí a kategorizací UAV a UAS, pomocí kterých se provádí dálkový průzkum Země. Na vybraných studiích či metodik je vysvětleno a popsáno, jakými UAS a pomocí té které metody je v současné době prováděn dálkový průzkum Země.

Přínosem této práce je rešerše možných metod DPZ, která poslouží jako možný zdroj informací pro jiné práce.

Klíčová slova: UAV, spektrální indexy, multispektrální senzor, DPZ

### **Abstract**

The bachelor thesis deals with the description of functions and categorization of UAV and UAS by means of which remote sensing is performed. The selected studies or methodologies explained and described which UASs and methods are currently being used for remote sensing.

The benefit of this work is a search of possible remote sensing methods, which will serve as a possible source of information for other works.

Keywords: UAV, spectral indexes, multispectral sensor, remote sensing

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
1.1.	Cíle práce .....	10
<b>2.</b>	<b>Historie UAV a UAS</b> .....	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>Základní charakteristika a historie</b> .....	<b>12</b>
3.1.	Základní charakteristika půdy .....	12
3.2.	Základní charakteristika eroze .....	13
3.3.	Historie .....	13
<b>4.</b>	<b>UAV</b> .....	<b>14</b>
4.1.	Multikoptéry a bezpilotní letouny.....	16
4.1.1.	Multikoptéry .....	16
4.1.2.	Bezpilotní letouny.....	17
4.2.	Česká a mezinárodní legislativa .....	17
<b>5.</b>	<b>UAS</b> .....	<b>19</b>
5.1.	LiDAR senzor .....	19
5.1.1.	LiDAR data .....	20
<b>6.</b>	<b>DPZ – Dálkový průzkum Země</b> .....	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>GIS</b> .....	<b>21</b>
7.1.	Oblasti využití .....	22
7.1.1.	Ochrana přírody .....	22
7.1.2.	Přírodní zdroje.....	22
<b>7.2.</b>	<b>Vektorová data</b> .....	<b>23</b>
7.3.	Rastrová data .....	23
<b>8.</b>	<b>Využití bezpilotních snímkovacích technologií v přírodních vědách</b> .....	<b>23</b>
<b>9.</b>	<b>Precizní zemědělství a monitoring půdy</b> .....	<b>24</b>
9.1.	Výnosové mapy.....	27
9.2.	Hodnocení poškození porostu .....	27
9.3.	Aplikace dusíkatých hnojiv .....	28
9.4.	Mapování vegetace .....	28

9.5.	Monitoring erozního poškození půd .....	29
9.5.1.	Podle rychlosti .....	30
9.5.2.	Podle činitele .....	30
9.5.3.	Podle místa působení .....	31
9.5.4.	Zábor půd – Soil sealing .....	32
9.6.	Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ.....	32
<b>10.</b>	<b>Využití DPZ v monitoringu krajiny .....</b>	<b>36</b>
10.1.	Historie nauky o krajině ve světě .....	36
10.2.	Historie nauky o krajině v ČR, potažmo ČSR .....	36
10.3.	Současnost.....	36
10.3.1.	Deskriptivní směr.....	37
10.3.2.	Dynamický směr.....	37
10.4.	Projektování územních systémů ekologické stability .....	37
10.5.	Postup tvorby návrhu ES zájmového území .....	39
<b>11.</b>	<b>Sběr a zpracování snímků .....</b>	<b>42</b>
<b>11.1.</b>	<b>Fotogrammetrie.....</b>	<b>42</b>
<b>12.</b>	<b>Vybrané případové studie využití UAS v praxi.....</b>	<b>42</b>
<b>12.1.</b>	<b>Modelace terénu a jeho využití.....</b>	<b>42</b>
12.2.	Posouzení změn na ostrově v Karibiku po hurikánu z dat DPZ.....	43
12.3.	Monitorování chemických parametrů povrchových důlních vod z hyperspektrálních obrazových dat .....	43
<b>13.</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>44</b>
<b>14.</b>	<b>Závěr a přínos práce .....</b>	<b>45</b>
<b>15.</b>	<b>Přehled literatury, použitých zdrojů a obrázků .....</b>	<b>46</b>
<b>15.1.</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>46</b>
15.2.	Tabulky.....	50
15.3.	Obrázky .....	51
15.4.	Grafy.....	55



## Vysvětlení pojmů

UAV – Unmanned Aerial Vehicle – Bezpilotní letouny

GPS – Global Position System – Globální navigační systém

GLONASS – Globálnaja Navigacionnaja Sistěma – Globální navigační systém

GNSS – Global Navigation Satellite System

ÚCL – Úřad pro civilní letectví

UAS – Unmanned Aerial System – Bezpilotní letecké systémy

LiDAR – Light Detection And Ranging

DPZ – Dálkový průzkum Země

GIS – Geoinformační systém

EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay System

CZEPOS – Síť pevných GNSS referenčních stanic

VRS – virtuální referenční systém

iLPIS – GIS pro evidenci využití zemědělské půdy (pro zemědělce)

pLPIS – GIS pro evidenci využití zemědělské půdy (pro veřejnost)

NDVI – Normalizovaný vegetační index

LAI – Leaf Area Index – Index listové plochy

USLE – Univerzální rovnice ztráty půdy

SWIR – Krátkovlnné infračervené spektrum

VNIR – Viditelné a blízké infračervené spektrum

ÚSES – Územní systém ekologické stability

SFP – Structure from motion (fotogrammetrická zobrazovací technika)

## 1. Úvod

V mé práci se budu zabírat bezpilotními systémy jako celky a také bezpilotními letouny. Tento druh letounů se donedávna využíval především ve vojenských sférách jako průzkumné zařízení nebo také při vojenských cvičení jako terč pro různé vojenské systémy jako jsou např. naváděné rakety. Současně se drony využívají v komerční sféře, kde pomáhají v odvětví, která donedávna musela užívat letadel či vrtulníků případně jiných letounů s lidskou posádkou, což bylo samozřejmě velmi nákladné. V dnešní době došlo k masivnímu nasycení trhu s bezpilotními prostředky, což způsobuje masivní pokles cen těchto zařízení. Díky tomuto jsou UAV (Unmanned Aerial Vehicle) užívány nejen pro podnikatelské účely, ale také stále více pro zábavu. Dron by mohl být v budoucnu užíván nejen pro mapování terénu (zemského povrchu) nebo pro další vojenské účely, ale díky rychlému pokroku by se mohl používat v dalších odvětvích, které dnes touto technologií nedisponují.

Mimo tuto problematiku, ve které se budu snažit popsat funkci, druhy, historii atp. bezpilotních prostředků, se budu dále zabývat také segmenty (obory), ve kterých se této technologii užívá. První zmínky o bezpilotních letounech sahají již do dob po konci první světové války. Dnešním bezpilotním zařízením byly velice vzdálené také díky tomu, že nebyly určeny pro mapování území, jelikož nebyly vyvinuté ostatní technologie s tímto úzce spjaté, jako fotoaparáty či videokamery. Tento prostředek dlouhou historii, jeho vývoj trvá téměř 100 let. V současné době je využíván např. při: vytváření pasportů ve městech a obcích, těžba nerostných surovin – vytváření digitálních modelů terénu, použití v precizním zemědělství, snímkování v IR spektru (infračerveném spektru) a termovizní snímkování – skládek, lesnictví, geotechnika apod., krajinářství, archeologie a ochrana památek, projektování pozemkových úprav, hydrologie a mnoho dalších.

### 1.1. Cíle práce

Cílem této práce je shromáždit a zformulovat komplexní informace o UAV, UAS, DPZ a nastínit jejich možné využití. Součástí bude rozdělení podle různých kategorií, kterých je ovšem mnoho, a proto zde bude popsáno několik pohledů na kategorizaci, nikoli však všechny, protože je to téměř nemožné. Následně zde budou popsány různorodé studie s ohledem na ochranu přírody, ve kterých se tyto systémy využívají. Nakonec budou vyhodnoceny veškeré studie a bude také v závěru nastíněno, kam by se problematika UAV a DPZ mohla vyvíjet.

## 2. Historie UAV a UAS

Jako první, kdo začal vyvíjet a také provedl první testy dálkově řízených letounů, se kromě dalších považují dva státy, které byly účastníky první světové války, a to Velká Británie a Spojené státy americké. Jejich první prototypy však nebyly použity pro

průzkum či  
fotografování,  
ale sloužily  
nejprve jako  
terče pro  
vojenský  
návčik  
naváděných  
střel anebo byly  
užívány jako  
nosiče bomb.



Obr. 1 Queen Bee

Velká Británie používala jako terč pro návčiky dvouplošník Tiger Moth, který přestavěla na bezpilotní letoun Queen Bee (Visingr L., 2010).

Na rozdíl od britské armády, Američané již v tuto dobu používali zmenšený model vyráběný společností Radioplane company. Radioplane OQ-2 se podobal i dnešním UAV díky svým malým rozměrům. I tento letoun sloužil pouze jako cvičný terč (Military factory, 2018). Během druhé světové války se bezpilotní letouny využívaly jako „létající bomby“.

Příkladem je americký dálkově řízený letoun Aphrodite, což byl dálkově ovládaný bombardér s výbušninami (Visingr L., 2013). Tyto letouny byly použity i v Korejské válce. První tzv. „válkou bezpilotních letounů“ byla válka ve Vietnamu, kde Američané použili průzkumné bezpilotní letouny typu Ryan.



Obr. 2 Radioplane OQ-2

V 60. letech 20. století se začaly bezpilotní letouny užívat k průzkumu oblasti, ovšem stále především pro vojenské účely. V České republice vyvíjel vlastní bezpilotní

letoun Vojenský technický ústav letectva a protivzdušné obrany v Praze. Ten vyvinul bezpilotní průzkumný letoun Sojka III, který se užíval od roku 2000 do 2010 kdy byl vyřazen z provozu. Sloužil



zejména pro monitoring v reálném čase (Karas J. a Tichý T., 2016).

Obr. 3 Sojka III

Největší rozmach a rychlost vývoje komerčních dronů nastal během posledních 20 let, ve kterých došlo ke značnému posunu vývoje mj. navigačních systémů. Jeden z dosud nejzásadnějších pokroků bylo uvolnění globálního polohovacího systému GPS (Global Positioning System) ze striktně vojenského užití do komerčního. Další navigační systémy, které napomáhají k urychlení vývoje jsou například GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema) z Ruska, či evropský alternativní koordinační systém Galileo, který bude dosavadní nejpřesnější navigační systém na světě (Karas J. a Tichý T., 2016).

### 3. Základní charakteristika a historie

#### 3.1. Základní charakteristika půdy

Půda je základní prvek pro získání obživy pro nejen lidskou, ale celou populaci na Zemi. Po celá staletí se půda užívala způsobem, který nejlépe vyrovnával dva důležité faktory, a to zajistit ekonomickou udržitelnost a zároveň zvyšovat výnosnost půdy vlivem neustále se zvyšující populace. V dnešní době se díky používání nejrůznějších pesticidů, herbicidů a ostatních polutantů půda neustále degraduje, snižuje se její kvalita (Dusíková T., 2012).

### 3.2. Základní charakteristika eroze

Další příčinou degradace půdy je eroze, ke které dochází díky intenzifikaci zemědělství a také změnami klimatu. Ty se projevují mj. tím, že namísto toho, aby se dešťové srážky rozložily do menších, ale častějších spadů, prodlužuje se doba, ve kterých spadne minimum dešťových srážek a ty se poté shlukují do přivalových dešťů. V dnešní době dochází k tomu, že přichází častěji přivalové deště s velkým množstvím srážek za krátkou časovou jednotku. Díky těmto dešťům dochází k vodní erozi a tím pádem k odnosu důležitých živin z půdy, která se poté stává ještě náchylnější k erozi. Dalším druhem degradace je větrná eroze. Ta vzniká na velkých plochách bez lesů, remízků či jiných krajinných prvků. Tyto krajinné prvky dokáží vítr zpomalit či ho rozmělnit, a tak snížit dopad na půdu. Kvůli kácení těchto krajinných elementů a zvětšování zemědělských ploch tak dochází k tomu, že větrné poryvy nemají o co zpomalovat svoji rychlost a půdní frakce se větrem odnáší (Dusíková T., 2012).

Faktorů, které umocňují erozi je mnoho. Následující, půdu ovlivňující faktory jsou, dle mého názoru, jedny z nejdůležitějších.

**Klima** je pravděpodobně největší silou, která ovlivňuje mocnost dopadu eroze na krajinu. Faktor klimatu zahrnuje sezónní variabilitu, což zapříčiňuje odnos sedimentů v době tání sněhu (následně povodně) větrem nebo například hurikánem (Everes J. a kol., 2018).

**Topografie**, tvar povrchových prvků v krajině, může přispět k tomu, jaký má tato oblast dopad na erozi. Záplavové údolní oblasti tvořené především zeminou jsou mnohem náchylnější k erozi nežli vodní kanál tvořený skalami, ve kterém eroze může trvat několik desítek let (Everes J. a kol., 2018).

**Vegetace** může zpomalit vliv eroze na půdu. Kořeny rostlin přilnou k půdním a horninovým částicím, a tak brání k jejich odnosu během dešťových srážek nebo silných poryvů větrů. Stromy, keře a další rostliny mohou dokonce omezit dopad takových přírodních událostí, jako jsou například sesuvy půdy. Dobrým příkladem je neustále se zvětšující území pouští a polopouští. Tento jev se také nazývá desertifikace (Everes J. a kol., 2018).

### 3.3. Historie

První zmínky o cíleném vyžívání půdy k získávání surovin jsou z období nejméně před 10 000 lety v době neolitu. V průběhu času se začaly využívat novější technologie obhospodařování ornice, které dovolily intenzivnější využívání této komodity. Jako první jsou jednoduché systémy hospodaření, mezi něž patří žďárový,

záplavový či stepní systém. Později se z těchto primitivních metod vyvinuly sofistikovanější úhorové systémy jako např. trojpolní hospodaření, ze kterého se nakonec vyvinulo střídavé hospodaření, které spočívá ve vzniku osevních postupů. Tento způsob umožňuje exploataci půdy a zároveň zlepšuje regeneraci půdních vlastností. Dnešní doba ovšem neustále zvyšuje nároky na množství vyprodukovaných potravin vlivem neustále rostoucího počtu obyvatel na planetě. Tento fakt způsobuje, že zemědělské půdy nemají dostatečný čas pro regeneraci, a tak dochází k neustálé degradaci. Tomuto jevu také napomáhá zvyšující se používání polutantů ať organických či anorganických (Ing. David Bečka, Ph.D., 2017).

#### 4. UAV

UAV – z anglického Unmanned Aerial Vehicle.

Jedná se o bezpilotní letecký prostředek (bez lidské posádky) nazývaný mnohdy také jako dron. Jednotlivé typy UAV se označují podle počtu vrtulí. Může se jednat o kvadrokoptéry, hexakoptéry a oktakoptéry, další druhy mohou být např. helikoptéra či vzducholoď. Dron je ovládán dálkovým ovladačem pomocí složitějších dynamických autonomních systémů nebo je schopen samostatného letu, který je předem naprogramován v počítači. Tento způsob používá tzv. letový plán (Myslivcová V. a Moravcová J., 2017).

Další definice dle autorů Jakuba Karase a Tomáše Tichého v knize Drony zní takto: *„Bezpilotní letecké prostředky, známé také jako drony (z anglického „drone“), jsou letecké prostředky bez posádky na palubě, které jsou ovládány manuálně na dálku nebo mohou létat automaticky dle předem nadefinovaných letových plánů nebo pomocí složitějších dynamických autonomních systémů.“* (Karas J. a Tichý J., 2016).

Tento druh letounů se dnes nejčastěji používá pro inspekci, dohled, mapování nebo také pro 3D modeling krajiny. UAV jsou považovány za nízkonákladovou metodu monitorování, alternativu ke klasickému monitorování pomocí letadel či vrtulníků s lidskou posádkou (Nex F., Remondino F., 2014).

UAV lze rozdělit podle mnoha kategorií. Úplně první a zásadní rozdělení je, zda bude dron používán tzv. „pro zábavu“ anebo bude určen pro komerční / profesionální použití. Je to z toho důvodu, že UAV určené pro zábavu zpravidla ovládá jedna osoba, kdežto dron pro profesionály ovládá po letové stránce pilot a operátor ovládá pohyb kamerového systému nezávisle na pilotovi. Další možné dělení je podle způsobu použití (průzkumný, bojový, vědecký, komerční, civilní, sportovní), hmotnosti, podle

typu pohonu (bez pohonu, s pohonem), podle charakteristik, jako je doletová vzdálenost, nejvyšší dosažitelná rychlost, maximální letová výška. Důležitým faktorem je také nosnost a neméně důležitá je cena. Zvláštní dělení je poté sledováno u vojenských bezpilotních letounů (Karas J. a Tichý J., 2016).

V následující sekci se budu snažit o rozdělení dronů z mnoha hledisek a přehledně to vyobrazit.

### Rozdělení podle:

#### zaměření:

- běžní uživatelé
- pokročilí uživatelé
- profesionálové

#### typu:

- multikoptéry
- letouny

#### pohonu:

- elektrický
- spalovací

#### způsobu ovládní:

- manuální
- automatické
- kombinované
- autonomní

Označení	Kategorie	Dolet (km)	Výdrž (hod)	Hmotnost (kg)
μ	Mikro	<10	1	<5
Mini	Mini	<10	<2	<30
CR	Close Range	10-30	2-4	25-150
SR	Short Range	30-70	3-6	50-250
MR	Medium Range	70-200	6-10	15-500
MRE	MR Endurance	>500	10-18	500-1500
LADP	Low Alt. Deep penetration	>250	0,5-1	250-2500
LALE	Low Alt. Long penetration	>500	>24	15-25
MALE	Medium Alt. Long penetration	500-750	24-48	1500
HALA	High Alt. Long penetration	>250	24-48	2500-5000
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle	400	2	10000

Tab. 1 Rozdělení UAV dle velikosti, délky doletu, doby výdrže a hmotnosti

## 4.1. Multikoptéry a bezpilotní letouny

Rozdělení UAV na multikoptéry a bezpilotní letouny je, dle mého názoru, důležité už z toho důvodu, že první zmiňovaný disponuje několika vrtulemi koncipovanými podobně jako klasicky pilotovaný vrtulník, kdežto bezpilotní letoun má klasická křídla, která vytváří potřebný vztlak (Karas J. a Tichý J., 2016).

### 4.1.1. Multikoptéry

Multikoptéry jsou vrtulníky s kolmým vzletem i přistáním. Tento způsob stoupaní či klesání umožňuje daný počet vrtulí a s nimi nejčastěji spjatými elektromotory. Tyto UAV se obvykle rozdělují právě podle počtu motorů a vrtulí. Nejčastějšími typy jsou: kvadrokoptéry se čtyřmi vrtulemi, hexakoptéry se šesti vrtulemi a oktokoptéry s osmi vrtulemi. Větší počet vrtulí se užívá z důvodu zlepšení bezpečnosti letu a také k usnadnění vzletů a především přistání. Obecně totiž platí, že čím více vrtulí či motorů, tím větší výkon a s tím spjatá ovladatelnost a stabilita (Karas J. a Tichý J., 2016).



*Obr. 4 Kvadrokoptéra Vulcan Harrier Industrial*

Výhodou multikoptér je, že je lze využít jak k manuálnímu letu, tak i k automatickému letu, který je předem naprogramovaný. K tomuto způsobu létání je nutné vytvořit v počítačovém programu tzv. letový plán. Další výhodou multikoptér oproti bezpilotním letounům je kolmý vzlet a přistání. To umožňuje operovat s těmito drony takřka kdekoli a mají tak výhodu v univerzálnosti použití oproti bezpilotním letounům, které pro provedení přistání i vzletu potřebují několikanásobně větší prostor. Technika, kterou mohou nést pod tělem je ovladatelná, a to až ve všech třech osách. To umožňuje sledovat oblast nezávisle na směru letu (Karas J. a Tichý J., 2016).

Nevýhodou multikoptér je výdrž ve vzduchu, která je mnohem kratší na rozdíl od bezpilotních letounů. Je to způsobeno vyšší hmotností a také náročnějším pohybem ve vzduchu (Karas J. a Tichý J., 2016).



#### **4.1.2. Bezpilotní letouny**

Tento typ UAV ze své historie více odpovídá názvu dron, protože svým tvarem a určením vychází z vojenských dronů. Bepilotní letouny jsou využívány pouze pro mapování a monitoring větších oblastí, čehož multikoptéra není většinou schopna z důvodu kratší doby letu. Kamera či jiné senzory jsou v těle upevněny zpravidla fixně. Rozdělení bezpilotních letounů se liší podle způsobu vzletu. Prvním způsobem je vzlet z odpalovací rampy a druhým vrh z ruky (Karas J. a Tichý J., 2016).

Způsob vzletu pomocí odpalovací rampy funguje na principu napětí v nataženém laně, které je upevněno na letadle. Dálkovou spouští se letoun odpálí a vymrští z rampy. Jakmile letoun opustí rampu, ihned se zapne elektromotor, který již dokáže nabrat požadovanou rychlost. Naopak při vzletu z ruky má bezpilotní letoun již motor zapnutý, protože není v lidských silách vyvinout takovou sílu, které je schopna odpalovací rampa (Karas J. a Tichý J., 2016).

Jak již bylo naznačeno u multikoptér, bezpilotní letadla létají automaticky podle letových plánů. Ty se vytváří ve speciálním programu jako jsou například MAVinci, Mission Planner nebo eMotion.

Nevýhody se shledávají v nutnosti většího prostranství pro přistání letounu. Automatické přistávání vyžaduje v krajních případech až stovky metrů nezarostlých lokalit bez překážek, které by přistání mohly ohrozit a letoun i data znehodnotit. Letouny, které umožňují manuální přistání, jsou schopny tento manévr provést na mnohem menších plochách, které jsou velké cca 40 m. To naopak už přispívá k větší konkurenceschopnosti vůči multikoptérám (Karas J. a Tichý J., 2016).

#### **4.2. Česká a mezinárodní legislativa**

Legislativu na národní úrovni řeší ústav pro civilní letectví (ÚCL), konkrétně zákon č.49/1997 Sb., o civilním letectví. Od roku 2012 bezpilotní systémy řeší komplexně tzv. Doplněk X. Ten dělí uživatele do dvou kategorií. První skupinou jsou tzv. „hobby piloti“, kteří létají rekreačně. Pokud provozovatel spadá do této kategorie a zároveň vlastní multikoptéru s hmotností do 0,91 kg, nemusí tento bezpilotní letoun disponovat tzv. Fail-safe systémem. Pokud ovšem vlastní multikoptéru, která tuto hmotnost přesahuje, musí tuto technologii mít. Fail-safe systém umožňuje multikoptéře, při vybití baterií, ztráty signálu (kontaktu) s operátorem, či jiné poruše bezpečně samočinně přistát. Další nutností stroje s hmotností nad 0,91 kg je opatřit jej ID

štítkem. Ten musí obsahovat registrační značku dronu, jméno vlastníka či název organizace a kontakt například v podobě telefonního čísla. Štítek by měl být z nehořlavého materiálu umístěný na viditelném místě (Novák J.A., 2017)

V tabulce č. 2 jsou znázorněné nutnosti pro provozování bezpilotních letounů. Je zde popsáno, zda provozovatel musí vlastnit například povolení k létání, zda dron musí být pojištěn, a to vše v závislosti na hmotnosti a účelu použití.

ř.	maximální hmotnost	< 0,91 kg		0,91 kg a < 7 kg		7 – 20 kg		> 20 kg		bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota
		rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	
1	evidence letadla	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
2	evidence pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
3	praktický a teoretický test pilota	ne	ne	ne	ne	ne	ano	ano	ano	ano
4	povolení k létání	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
5	oprávnění k provádění LP a LČPVP	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze
6	označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. Značka	ne / ne	ano / ne	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ano
7	min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150
8	pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč)	ne / 0,25	dle nař. č. 785/2004	ne / 1	dle nař. č. 785/2004	ne/3	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004		dle nař. č. 785/2004
9	dozor	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano	ano	ne
10	„failsafe“ systém	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Tab. 2 Požadavky k UAV dle hmotnostního rozdělení

Z této tabulky vyplývá, že pokud osoba vlastní bezpilotní letoun, který využívá pouze rekreačně a zároveň jeho hmotnost nepřekročí 0,91 kg, není nutné žádné oprávnění, či mít například uzavřené pojištění. Naopak na druhém konci tabulky, mimo bezpilotního letadla provozovaného mimo dohled pilota, UAV s hmotností vyšší než 20 kg musí splňovat všech deset bodů s požadavky.

	Bez křídla	Stavitelné křídlo	Pevné křídlo	Rotační křídlo (vrtule)
Bez pohonu	Balón	Rogalo	Větroň	
		Paraglidle		
S pohonem	Vzducholoď	Motorový paraglide	Letadlo	Vrtulník
				Dron

Tab. 3 Kategorizace UAV dle pohonu a typu křídel

V tabulce č. 3 je zjednodušeně znázorněno, jak se mohou UAV dělit podle toho, zda mají či nemají pohon a následně podle druhů křídel či křidélek.

## 5. UAS

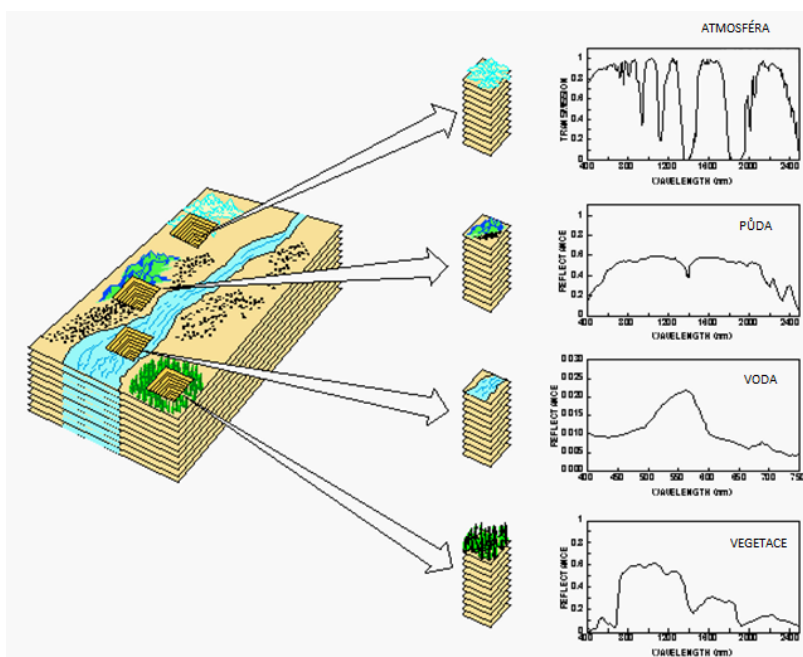
Kategorii s názvem Unmanned Aerial Systems, v doslovném překladu Bezpilotní letecký systém, lze třídit podle několika kritérií. V této kapitole se zaměříme na rozčlenění těchto systémů do jednotlivých skupin, které budou posléze vysvětleny. Celý systém zahrnuje nejen bezpilotní letouny, helikoptéry či jiné UAV, ale součástí jsou i inerciální měřicí jednotky jako např. LiDAR (Light Detection And Ranging) senzory, přístroje pro práci se signálem GNSS, počítač, software na zpracování dat (snímků), dálkové ovládací zařízení, digitální fotoaparát či videokameru (Stuchlík R., 2015).

### 5.1. LiDAR senzor

LiDAR je zkratka z anglického „Ligt Detection And Ranging“, což se do češtiny volně překládá jako metoda dálkového měření vzdáleností pomocí laserového paprsku, který se odráží od snímaného objektu do senzoru. Funguje na principu měření za jakou dobu se emitovaný paprsek světla vrátí zpět do senzoru. Spolu s tímto údajem radar zaznamená polohu zjištěného bodu pomocí např. GPS systému pomocí GNSS (Global NaviGate Satellite System) přijímače (LiDAR-UK, 2018).

### 5.1.1. LiDAR data

V praxi se často používá UAS s multispektrální kamerou. Díky této technologii lze například v dřevařském průmyslu pomocí tohoto snímání zkoumat a vyhodnocovat kvalitu lesního porostu, druhovou skladbu, výšky stromů, hustotu



Obr. 5 spektrální křivka v závislosti na materiálu

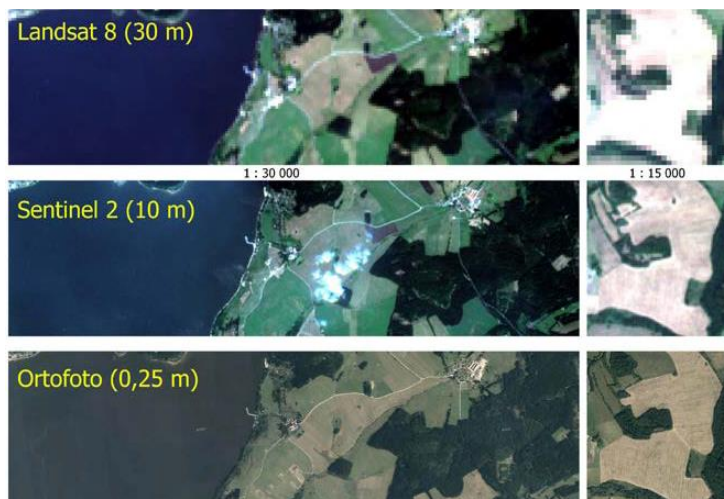
zalesnění a z těchto dat poté vyhodnotit kdy, jakou technologií atp. je vhodné les kácet nebo provést jakékoli ochranné práce. Dalším příkladem je těžařský průmysl. Zde pomocí UAV s LiDAR senzorem technici zaměřují množství těžařského materiálu a dále sledují vývoj a plánují postup těžby (Vojáček A., 2017).

## 6. DPZ – Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země je způsob, který umožňuje získat informace o předmětech na zemském reliéfu bez jakéhokoli kontaktu s ním. DPZ zahrnuje několik způsobů práce s daty. Konkrétně to je získání informací z pořízených dat, jejich zpracování, analýza těchto dat a v neposlední řadě vizualizace a následná interpretace. Základem DPZ je měření množství odraženého nebo vyzařovaného elektromagnetického záření. Každá látka na Zemi má odlišnou odrazivost. Díky tomuto jevu, je možné zjistit o jaký materiál (látku) se jedná. Díky této fyzikální vlastnosti je tedy snadné zjistit, zda se v daném měření jedná o řeku či jezero anebo o pole či les díky právě různé odrazivosti materiálů (viz. Obr. č. 3).

Oblastí, kde se dá tato technologie použít nebo se již používá, je mnoho a další oblasti neustále přibývají. Spadají sem přírodní vědy jako je meteorologie, hydrologie, geologie a pedologie, problematika land use a land cover, zemědělství a lesnictví, ale

také monitoring vegetací, dopravy a infrastruktury, urbanizmus, územní plánování a další. Metoda DPZ se používá v případech, kdy je nutné zmapovat velké oblasti daného území nebo oblasti se špatným přístupem pro klasický monitoring. Dalším výhodou je možnost zcela zautomatizovat celý proces monitorování, díky čemuž je možné snáze provádět dlouhodobé, kontinuální měření jedné oblasti (kolektiv copernicus, 2016).



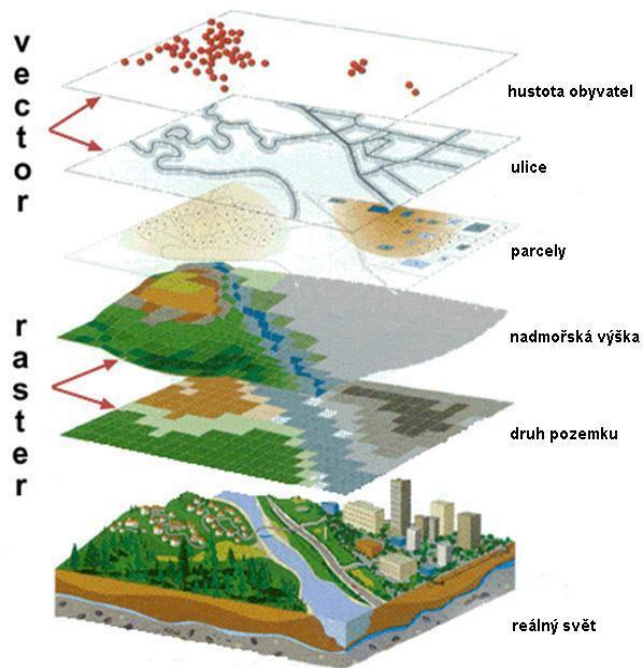
Obr. 23 porovnání rozlišení snímků z různých zdrojů

Pokud je požadována kvalitní analýza, je nutné také zajistit snímky s vysokým rozlišením. Jsou zde k porovnání tři mapové podklady, kde první je pořízen z družice Landsat 8 s přesností 30 m, následuje Sentinel 2 s 10 m přesností a nakonec Ortofoto snímek s přesností 0,25 m.

## 7. GIS

GIS je zkratka pro Geoinformační systém, který umožňuje ukládat, spravovat a analyzovat prostorová data. Slouží k různorodým analýzám získaných dat. Pracuje se vzájemně propojenými grafickými a popisnými informacemi. Definice dle společnosti ESRI, vlastníci software ArcMap zní takto: „GIS je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů navržených pro efektivní získávání, ukládání, úpravu, správu, analýzu a zobrazování všech geografických informací.” Pomocí GIS je možné provádět specifickou vizualizaci a geografické mapové znázornění, což právě odlišuje geoinformační systém od jiných informačních systémů. Stává se tak nepostradatelným nástrojem pro provedení různých úkonů,

jelikož mj. šetří náklady. GIS se skládá z potřebných hardware komponent jako jsou počítačové komponenty (základní deska, procesor, grafické karty atp.), vstupní zařízení (např. GPS senzor) a výstupní zařízení (tiskárny) a serverové sítě (Musil M., 2012). V neposlední řadě je nutný software. Mezi nejpoužívanější GIS počítačové programy patří ArcGIS od ESRI, QGIS či PostGIS.



Obr. 6 nastínění zobrazování vektorových a rastrových dat

## 7.1. Oblasti využití

Velké uplatnění má GIS v oblasti veřejné správy. Používají je úřady napříč celým světem. Jednotlivá ministerstva a centrální instituce jako jsou Český statistický úřad, Ředitelství silnic a dálnic, Agentury ochrany přírody a krajiny a v neposlední řadě obecní úřady k ochraně přírody nebo k vyhledávání přírodních zdrojů (Musil M., 2012).

### 7.1.1. Ochrana přírody

Ochrana přírody je historicky první kategorie, ve které byl geoinformační systém použit. Používá se pro analýzy množství srážek, erozi půd, pro analýzu pořízených snímků a naměřených dat o krajině jakožto celku, k evidenci migrujících živočichů, modelování přírodních jevů, predikci postupu přírodních katastrof apod. (Musil M., 2012).

### 7.1.2. Přírodní zdroje

V této oblasti GIS pomáhá např. v zemědělství pro monitoring škůdců, zmapování a určení území náchylného k erozi, dávkování jak hnojiv, tak i pesticidů, herbicidů a jiných postřiků. Rovněž napomáhá ke zmapování nových oblastí pro těžbu surovin nebo v lesnictví pro analýzy zdravotní kondice stromů (Musil M., 2012).

Další oblasti, ve kterých se GIS dnes využívá – Doprava, Obrana, Inženýrské sítě, zdravotnictví, kartografie, vzdělávání (Rapant P., 2006).

## **7.2. Vektorová data**

Vektorová grafika je způsob zobrazení, který je složen z přesně definovaných útvarů, jako jsou body, přímky a křivky. Tyto údaje mají přesnou polohu danou souřadnicemi. Díky těmto vlastnostmi je možné obrázek přibližovat a oddalovat bez ztráty kvality. V geoinformačním systému se lze setkat s body (sídla), liniemi (řeky, silnice), plochami (lesní plochy, zastavěná území, vodní plochy).

## **7.3. Rastrová data**

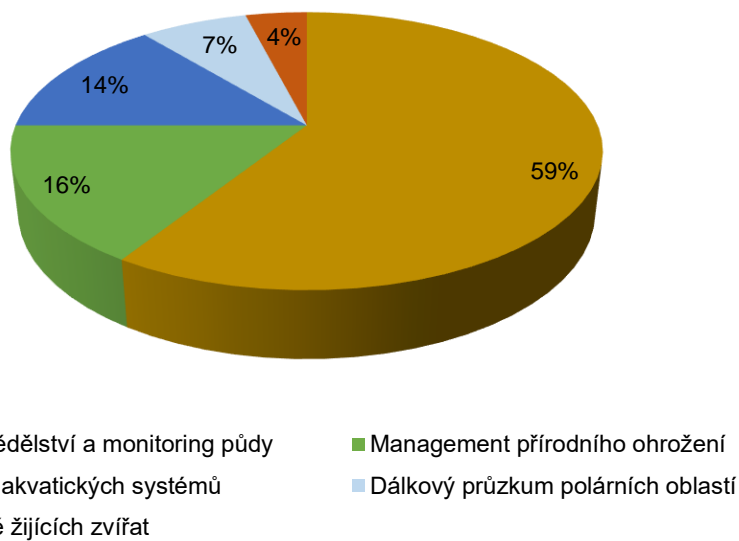
Opakem vektoru v zobrazování grafiky je rastr. V tomto případě je obrázek složen z jednotlivých pixelů. Kvalita takovýchto obrázků, je dána rozlišením. Nevýhoda je taková, že po přiblížení obrázku se docílí ke zhoršení kvality grafiky.

## **8. Využití bezpilotních snímkovacích technologií v přírodních vědách**

Bezpilotní letouny se pro fotogrammetrické průzkumy využívají nejčastěji na plochách od 1 do 10 km<sup>2</sup>. Tento rozsah ploch se častokrát považuje za hranici mezi pozemními průzkumy a leteckou fotogrammetrií. Pro území těchto velikostí je pozemní mapování obvykle příliš časově náročné a finančně neefektivní. Hustota zmapovaných bodů v pozemních průzkumech je výrazně nižší než údaje shromážděné z UAS. Další výhodou UAS je následné vytvoření digitálního modelu terénu, ze kterého lze vyčíst mnoho informací s celkově vyšší přesností (Vacková T., 2016).

Samotné využití UAS pro snímkování Zemského povrchu je ve světě hojně využíváno v přírodních vědách, konkrétně ve fyzicko – geologických vědách. V následujícím grafu jsou procentuálně znázorněny skupiny disciplín, které UAV používají po celém světě.

## Využití UAV v přírodních vědách



Graf 1 využití UAV v přírodních vědách

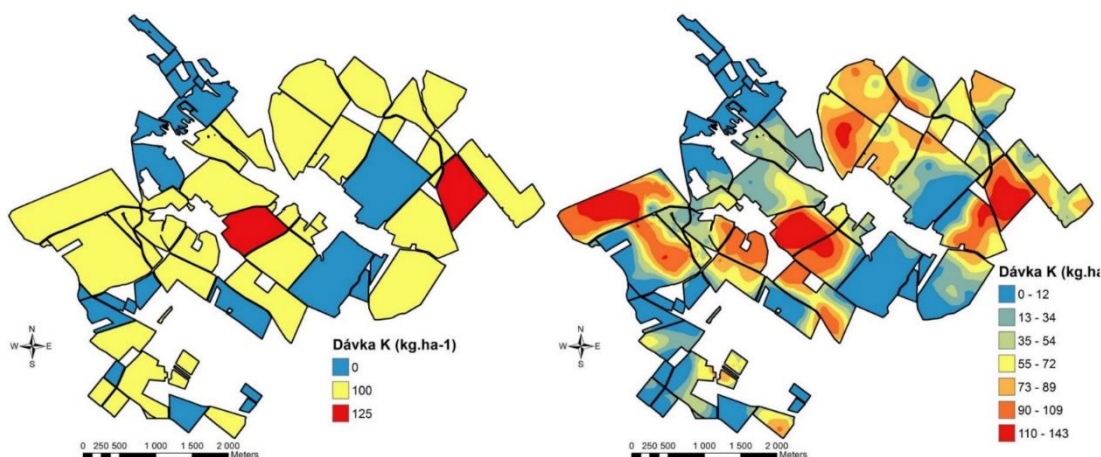
Vzhledem k zjištěným hodnotám ve využití UAV v environmentálních vědách (podle M. Shahbazia a kol.) se budu zabývat největší skupinou v tomto grafu, a sice přesným zemědělstvím a monitoringu půdy, který má 59% zastoupení. Druhou složkou, kterou popíši bude problematika krajiny jako celku. Ta je v odborné české literatuře často zmiňovaná, a proto bude do práce také zakomponována.

### 9. Precizní zemědělství a monitoring půdy

Základy precizního zemědělství v omezené a velmi primitivní míře sahají stovky let do historie. Předkové si uvědomovali, že jejich pozemky, které využívali pro zemědělství nemají vždy vyrovnané výnosy plodin po celém pozemku. Věděli také, v jakém místě je pole úrodnější a kde naopak není výhodné plodinu zasévat nebo jakým způsobem jsou schopni zvýšit výnosy. Tyto informace si poté generačně předávali. Díky intenzifikaci zemědělství a zvětšování polností a také kvůli politickým změnám došlo k vzniku zemědělských podniků hospodařících na rozsáhlých územích, kde k zachování tohoto přístupu zemědělství chyběl nejen zmiňovaný generační vztah k půdě, ale v nemalé míře také technické možnosti. Získání informací o tom, jak správně a rozdílně ošetřovat menší či větší části polností bylo v dřívějších dobách takřka nemožné. Vzniku precizního zemědělství napomohly až možnosti provádět identifikaci a lokalizaci rozdílností. Úspěšnému obhospodařování



pozemků napomohl velký rozvoj výpočetní techniky a vývoj globálního navigačního satelitního systému (GNSS). Globální navigační satelitní systémy jsou nezbytným prvkem pro přesné určení polohy na zemském povrchu, protože všechny informace s vazbou na prostorovou variabilitu musí mít přiřazeny souřadnice v souřadném systému. Určení vzdálenosti minimálně od čtyř družic umožňuje stanovit polohu přijímače v prostoru s přesností v řádech několika metrů. Vyšší přesnost lze dosáhnout pomocí dalších technologií, které provádí korekci přes satelitní systémy (EGNOS, Omnistar), pozemní referenční stanice (CZEPOS) anebo virtuální referenční systémy (VRS). Zmiňovaná nutnost zvýšené přesnosti se užívá například při tzv. kultivaci plodin naslepo. Zpracování prostorových dat probíhá v geografických informačních systémech (GIS). Jedná se o počítačové programy, které umožňují provádět sběr, zpracování a analýzy dvou základních typů dat, a to vektorů a rastrů. Vektorová data a rastrová data v tomto případě vyjadřují záznamy pojezdů zemědělské techniky, vymezení hranic pozemků, výnosové mapy nebo mapy znázorňující zásobenost půdy živinami. V zemědělství to jsou iLPIS pro farmáře a pLPIS pro veřejnost (Lukas V., 2009).



Obr. 7 rozdíl mezi lokálně cíleným hospodařením a precizním zemědělstvím

Na levé straně obrázku č. 7 je zobrazeno tradiční hospodaření, kde každý pozemek je považován jako homogenní plocha, které je přiřazena průměrná dávka, v tomto případě draselnatých hmot. Naopak na pravé straně lze sledovat, že dávkování draselnatých hmot je přizpůsobeno požadavkům té, které ploše pozemku.

Precizní zemědělství je dnes rozšířené po celém světě. Využíváno je zejména ve vyspělých státech Evropské Unie jako jsou Nizozemsko, Německo, Velká Británie či Dánsko. Nejhojněji je tato technologie dnes užívána ve Spojených státech amerických. Důležitost a reálnou použitelnost představuje fakt, že ve Švýcarsku vznikla dceřiná firma společnosti Parrot Group, která se zabývá vývojem UAS

používaných nejen, ale přesto primárně, pro mapování a potřeby precizního zemědělství. Další mimoevropskou společností je např. Precision Hawk se sídlem ve Spojených státech Amerických (Fialová K., 2017).

Metody distančního monitoringu zemědělských půd a polních plodin se dnes velmi dynamicky vyvíjí, a to zejména díky dostupnosti dat a jejich pokročilým rozborům. Základním principem metod distančního monitoringu je využití schopnosti zemského povrchu odrážet, pohlcovat a vyzařovat elektromagnetické sluneční záření. Množství sluneční energie odražené z jednotlivých typů povrchů (půda, vegetace, vodní plochy, zástavba atd.) je obvykle vyjádřeno jako procentuální poměr záření, která dopadla a odrazila se z jednotlivých povrchů zpět do prostoru (do senzoru). Hodnota odrazivosti každého objektu v teoretickém rozmezí 0–100 % nabývá své jedinečné hodnoty pro každou část elektromagnetického spektra zvlášť. Pro monitoring zemědělských plodin se využívají jak snímky ve člověkem viditelné části spektra, tak multispektrální nebo i hyperspektrální snímky, díky kterým je možné zjistit informace o objektech jako např. detekci minerálů. Snímky ve viditelné části spektra jsou využívány např. k stanovení hranic zemědělských pozemků nebo hranic mezi jednotlivými parcelami pěstovaných plodin, k zjištění výměry parcel nebo k předběžnému odhadu výnosnosti. Získávání těchto informací vychází z několika snímků s velmi vysokým rozlišením a ze statistických metod. Analýza senzorem zaznamenaných údajů odrazivosti je založena na konstrukci tzv. spektrálních křivek odrazivosti. Srovnání hodnot spektrálních křivek v celé škále vlnových délek umožňuje identifikovat například typ povrchu nebo jeho specifické vlastnosti. V oboru precizního zemědělství se spektrální křivky odrazivosti používají především ke zjišťování úrodnosti půdy a produkce zemědělských plodin, mimo to ale také ke sledování zdravotního stavu a míry fyzického poškození plodin a k monitorování důsledků agrotechnických zásahů na zemědělských pozemcích. U kulturních plodin se tato metoda uplatňuje například pro obiloviny, brambory, řepku olejku, kukuřici či cukrovou řepu (Pechanec V. a kol., 2015).

### **Přínosy precizního zemědělství:**

Na prvním místě jsou přínosy **ekonomické**, následují **environmentální** a další. Ekonomické přínosy spočívají především v racionálním hospodaření s materiálovými vstupy. Další jsou environmentální přínosy, které vedou k tomu, že šetrné hospodaření v krajině méně zatěžuje životní prostředí. Mezi vedlejší přínosy patří

např. také ty, které jsou spojené s pečlivějším dohledem nad mechanizací (Lukas V. a kol., 2015).

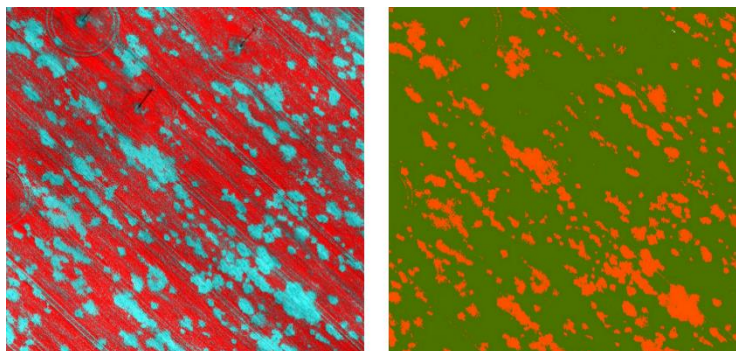
### 9.1. Výnosové mapy

Důležitým kritériem k posuzování stavu míst na pozemcích je výnos či konkrétněji výnosová mapa, která vyobrazuje půdní potenciál. Samotná výnosová mapa ovšem nestačí jako jediný zdroj informací. Tyto mapy je nutné doplnit např. o mapy zásoby živin, půdní reakce, druhy půd, výskytu chorob a škůdců nebo zhutnění půdy. Výnosové mapové zobrazení graficky popisuje celkovou úroveň po přepočtení výnosu absolutního na relativní výnos (Kavka M. a kol., 1998). Z jednotlivých map vytvořených během roku se vytvoří tzv. normalizované výnosové mapy, kde se data upraví tak, že se odstraní odlehlé nebo chybné hodnoty, popřípadě se zde zohlední význam vlhkosti zrna a pomocí interpolace se vytvoří rastrové mapy, které vyjadřují výnos v absolutních jednotkách. Jako poslední krok je zprůměrování map z jednotlivých let a vytvoří se výnosová mapa vyjadřující delší časové období (Fialová K., 2017).

### 9.2. Hodnocení poškození porostu

Díky vysokému prostorovému rozlišení a vysoké flexibilitě je DPZ hojně využíván pro monitoring poškození porostu nejrůznějších příčin. Na následujícím snímku

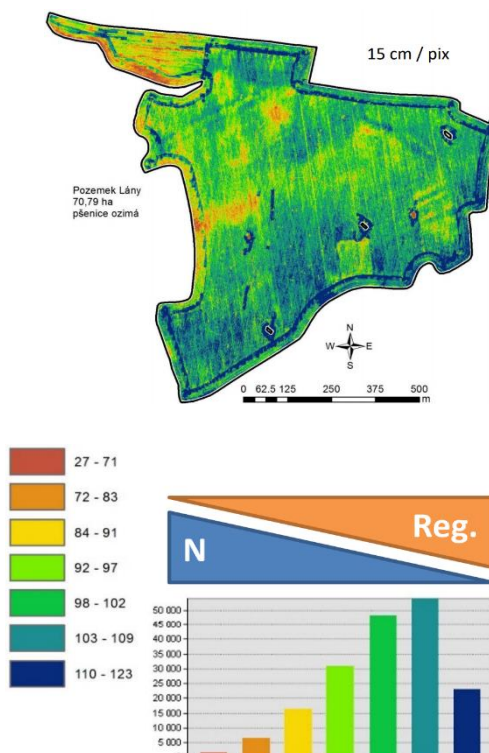
je zobrazeno hodnocení pozemku o rozloze 81 ha. Zde došlo k poškození řepky hlodavci. Na základě takto provedeného snímku je možné přesně stanovit plochy, na kterých došlo



Obr. 8 znázornění poškození porostu hlodavci

právě k poškození a pomocí analýzy obrazu vyhodnotit, že v tomto případě se jednalo o poškození přibližně 25 % pozemku.

### 9.3. Aplikace dusíkatých hnojiv



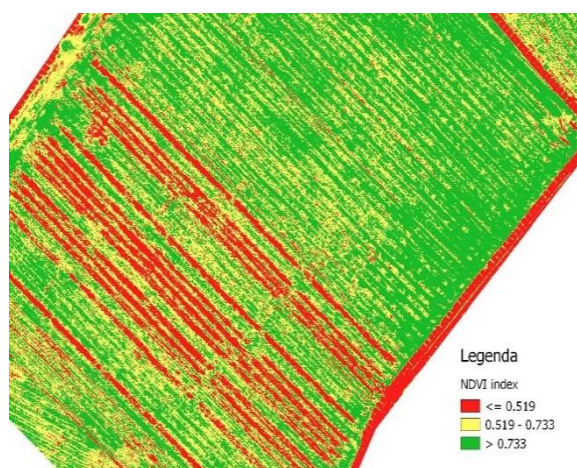
Obr. 9 hodnocení použití dusíkatých hnojiv

Dalším možným použitím DPZ pomocí bezpilotního monitoringu je hodnocení stavu porostu pro aplikaci dusíkatých hnojiv. Na snímku je pozemek o výměře 70 ha, který jednoznačně ukazuje dvakrát přesetý porost (tmavé okrajové linie) a současně je zde porost, který je v horší kondici. Na základě klasifikace tohoto snímku do různých tříd je možné definovat porost, který je v lepší či horší kondici, díky čemuž se provede aplikace dusíkatých hnojiv. V grafickém zobrazení je zřejmé, že pro porost v horší kvalitě, je nutné větší dávka hnojiva (modré trojúhelníkové zobrazení), ale současně je zde řešena aplikace regulátoru růstu, kde pro horší porost je použita nulová dávka a pro bujný

porost je dávka zvýšena (oranžové trojúhelníkové zobrazení).

### 9.4. Mapování vegetace

Při monitorování vegetace se používá tzv. normalizovaný vegetační index (NDVI). Ten spočívá v tom, že nejsvětlejší plochy v krajině vykazují oblasti s nejbohatším pokryvem oblasti vegetací. Vyšší hodnoty tohoto indexu také představují lesní porosty. V rámci lesů lze také odlišit světlejší tóny listnatých lesů a naopak tmavší plochy listnatých lesů (kol. copernicus, 2016). Díky indexové multispektrální mapě lze například zjistit, kde je vegetace vystavena stresu. Typická mapa prostřednictvím NDVI indexu označí jako červená místa taková, na kterých vegetace trpí a jako zelená místa, kde se jí daří. V neposlední řadě žlutá místa označují hodnoty mezi předešlými

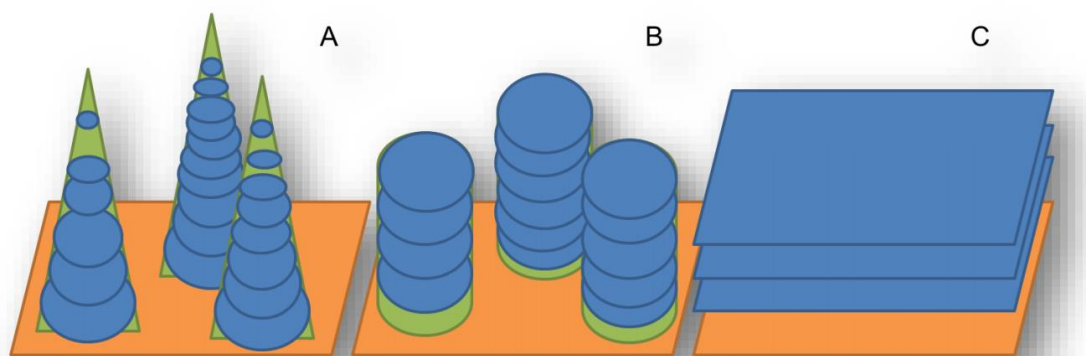


Obr. 10 mapa znázorňující NDVI index

například zjistit, kde je vegetace vystavena stresu. Typická mapa prostřednictvím NDVI indexu označí jako červená místa taková, na kterých vegetace trpí a jako zelená místa, kde se jí daří. V neposlední řadě žlutá místa označují hodnoty mezi předešlými

dvěma hodnotami. Příčiny mohou být různého důvodu, např. nedostatek vláhy či živin, plísňe nebo škůdci.

Vegetaci lze monitorovat například z pohledu obsahu chlorofylu a vody v rostlinách. Díky těmto údajům je možné zjistit zdravotní stav vegetace. Parametr, který tyto informace obsahuje se nazývá Leaf Area Index (LAI). Tento index určuje listovou plochu k celkovému povrchu půdy ve vytyčeném území. Je to důležitý parametr, který je vyžadován při vytváření mnoha ekologických a klimatických modelů (Pokorný R., 2015).



Obr. 11 schematické zobrazení indexu listové plochy

Na schématickém obrázku č. 11 (modře je plocha pokrytá listím, hnědá je plocha porostu) můžeme vidět, že díky LAI jsou vědci schopni stanovit listoví jak na celkové ploše porostu (C), tak i pro jednotlivé stromy (A a B).

## 9.5. Monitoring erozního poškození půd

Půda je neobnovitelný přírodní zdroj a v podmínkách mírného pásma vzniká jeden centimetr půdy stovky let. Plní mnoho důležitých funkcí jak pro člověka, tak pro ekosystém jako takový. Mezi tyto funkce (některé budou následně ve zkratce vysvětleny) patří např. infiltrace vody, filtrace, zadržování a akumulace, ukládání živin či transportní funkce (Vopravil J., 2018).

### Infiltrace vody

Na planetě existuje pouze jedno množství vody, které cirkuluje. K tomu, aby se voda dostala do kolektorů a studní, je nutnost projít přes půdu. Tento jev se nazývá infiltrace neboli vsak vody. Pokud je půda utužená, voda nemůže prostoupit, a tedy odtéká dále do nižších poloh (Vopravil J., 2018).



## **Filtrace vody**

Voda, která se vypařuje a dostane se do mraků, je již znečištěna výpary z automobilů, herbicidy, pesticidy a jinými polutanty. Poté, když se v podobě dešťů nebo kyselých dešťů dostane zpět na půdu, prostupuje skrze ni, tím se filtruje a opět dostává do kolektorů (Vopravil J., 2018).

## **Zadržování vody**

Půda je schopna akumulovat, zadržovat vodu pomocí kapilárních sil. Díky nim voda dokáže vodu zadržet a posléze distribuovat rostlinám, stromům nebo živočichům. Kvalitní půda o rozloze 1 ha dokáže zadržet až 3 500 m<sup>3</sup> vody (Vopravil J., 2018).

Jak již bylo zmíněno na začátku mé bakalářské práce, vlivem klimatických změn dochází mj. k tomu, že namísto dlouhotrvajících dešťů s pozvolným průběhem spadu vodních kapek, je stále více příválových dešťů, které se projevují právě naopak. Srážky dle univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) se považují za erozně nebezpečné tehdy, když jejich úhrn překročí 12,5 mm nebo intenzita 6.25 mm za 15 min (Novotný I. A kol., 2017). Díky tomuto jevu pak dochází k erozi půd, a to zejména vodní erozi. Samotnou erozi rozumíme proces, při kterém je půda odstraňována (odnášena) ze zemského povrchu působením vody či větru.

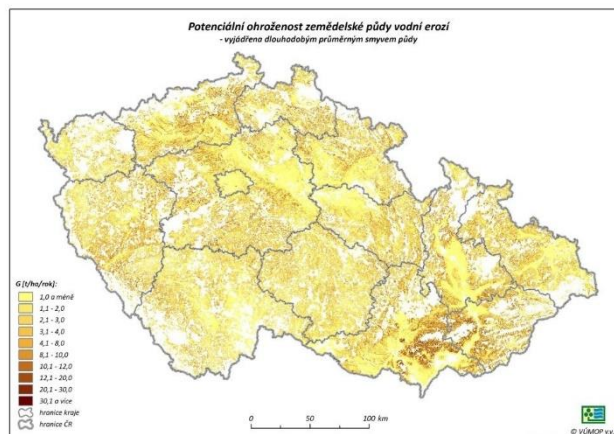
### **9.5.1. Podle rychlosti**

Tzv. přirozená eroze probíhá cca. 450 mil. let. Tedy od doby, kdy vytvořily první půdu původní suchozemské rostliny. Přirozenou rychlostí eroze půdy se rozumí ten fakt, že je srovnatelná s rychlostí tvorby půdy, tímto se oba procesy dostávají do rovnováhy (Favis Mortlock D., 2017). Naproti tomuto jevu je zrychlená eroze zapříčiňující degradaci půdy všude tam, kde člověk přeměnil přirozený ekosystém pro své potřeby, především pak pro zemědělství (Hosnedl P., 2007).

### **9.5.2. Podle činitele**

V České republice se setkáváme se třemi hlavními erozními činiteli. Těmito činiteli jsou voda, sníh a vítr. **Vodní eroze** ohrožuje více než 50 % výměry orné půdy v rámci

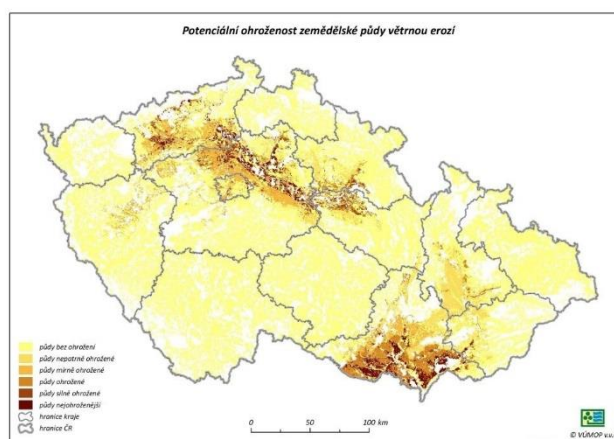
ČR. Na území České republiky jsou půdní bloky největší v celé Evropě kvůli intenzifikaci zemědělské výroby v minulosti. Byly také rozorány hydrografické a krajinné prvky, které erozi zpomalovaly, a tak se tento problém ještě zveličil. Tyto prvky představovaly např. meze, zatravněné údolnice, polní cesty,



Obr. 12 mapa vodní eroze v ČR

rozptýlená zeleň. Další vliv na vodní erozi je sklonitost terénu v kombinaci s délkou pozemku po spádnicí, dále také vegetační pokryv, náchylnost samotné půdy k erozi a již řešené srážky. Přes 80 % všech erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v období od června do srpna. Proto je v tomto období důležitý pokryv půdy vegetací (Podhrázský A., 2017).

Pojmem **větrná eroze** je myšleno rozrušování půdního povrchu mechanickou silou větru (abraze), odnos půdních částic (deflace) a jejich ukládání na jiném místě (akumulace) (Podhrázský A., 2017). Větrná eroze způsobuje degradaci půdy díky čemuž následně dochází k poškození rostlin,



Obr. 13 mapa větrné eroze v ČR

znečištění ovzduší, zvyšování skeletovitosti půdy. Proti větrné erozi se dá odolávat různými způsoby. Například udržováním dostatečné vlhkosti půdy, při kultivaci použít techniku, která půdu nerozprašuje, ale tvoří hroudy, výsadbou trvalých lesních porostů (tzv. ochranné lesní pásy neboli větrolamy) (Teorie Mendelu).

### 9.5.3. Podle místa působení

Erozi podle místa působení dělíme do dvou kategorií. Těmito efekty jsou on-site efekt a off-site efekt. První zmiňovaný on-site efekt definuje přímé ovlivnění stanoviště v místě dopadu srážek, resp. rozrušování povrchu půdy vodou a její odnos právě

vodou a větrem (Favis Mortlock D., 2017). Naopak off-site efekt se projevív tam, kde se odnesené částice usazují (Hosnedl P., 2007).

Na problematiku klimatických změn a s tím související eroze navazuje degradace půdy, která ohrožuje důležité funkce půdy. Degradace je ztráta či omezení schopnosti půdy plnit své přirozené funkce. Mezi hlavní degradační procesy v České republice patří zábor půdy, zmiňovaná vodní a větrná eroze, okyselování, ztráta organické hmoty, utužení nebo kontaminace.

#### 9.5.4. Zábor půd – Soil sealing

V České republice se jedná o jeden z největších rizik degradace půdy. Úbytek půdy na českém území je téměř 15 ha denně. K záboru půd dochází např. kvůli stavbě obytných zón, nákupních středisek nebo výstavby dálnic.



Obr. 14 zábor půdy v časovém horizontu 16 let k. ú. Klecany

Například na pražské periferii (Obr. č 14) zabírají obchodní plochy více než 100 ha zemědělské půdy, která je navíc v tomto případě jedna z nejurodnějších, a to černozem. Na snímcích je zřetelné, že během 16 let se na monitorovaném území vybuchovaly velké sklady (Vopravil J., 2018).

#### 9.6. Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ

Tato metodika byla vytvořena odborníky z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a Českého vysokého učení technického v Praze z důvodu toho, že neexistuje metodika, při které se provádív DPZ za použití nejmodernějších metod dálkového průzkumu Země při výzkumu erozního poškození půd. Doposud byly hodnoty erozní ohroženosti, ztráty půdy, transportu splavenin apod. určovány na základě metod většinou zastaralých, prakticky vždy ale bez dostatečných kalibračních dat. Hodnoty, které byly vypočítané určily zpravidla pouze potencionální území k výskytu eroze, nikoli však skutečné informace o degradaci půdy. „Záměrem bylo najít způsob, jak sledovat (vymezit a kvantifikovat) dlouhodobé působení eroze a



*zároveň vyvinout metodiku pro hodnocení a sledování aktuálních erozních událostí, ...“ (Žížala D. a kol., 2016).*

Tato metodika se zaměřuje na možné využití metod zpracování leteckých hyperspektrálních snímků a družicových multispektrálních snímků, doplněných o data z terénního měření a rozborů půdních vzorků pořízených na lokalitách zřetelně ovlivněných erozí. Autoři zde uvádějí, že dosavadní používání potenciálu DPZ jako metody pro výzkum eroze není zdaleka naplněn. Svoray & Atkinson, 2013 zmiňují např. otázku, v jakém rozsahu je možné použít hyperspektrální data, aby byla schopna poskytnout mapy půdních vlastností pro přesnější predikci odolnosti půdy vůči erozi. Právě hyperspektrální DPZ má vysoký potenciál jako metoda k hodnocení eroze půdy. Ovšem zatím tento potenciál není využit, ačkoli hyperspektrální DPZ má nízkou úroveň šumu a dostačující prostorové rozlišení a výborné spektrální charakteristiky.

Metodika se např. zabývá využitím hyperspektrálních a multispektrálních dat pro stanovení míry erozního poškození půd, využitím družicových dat velmi vysokého rozlišení a leteckých snímků pro mapování erozních jevů a porovnáním těchto dvou metod anebo přímým monitoringem a kvantifikací erozních jevů pomocí fotogrammetrie.

Já se zde pokusím popsat využití spektrálních dat pro stanovení míry erozního poškození půd, která definuje možnou metodu, jak stanovit míry erozního poškození půd. V rámci celého procesu zpracování a analýzy dat je nutné použití různých nástrojů a metod jako je základní komponent GIS pro pracování s prostorovými daty, nástroje pro zpracování dat DPZ, ale také metody statistické analýzy. Výsledkem jsou predikční modely, které jsou vytvořeny na základě spektrálních charakteristik půd získaných pomocí dálkového průzkumu Země. Z hlediska metod DPZ jsou vstupními proměnnými do takovýchto predikčních modelů spektrální obrazová data, ať už s daty z několika širokých pásem (multispektrální data), nebo s daty z široké řady spektrálních pásem (hyperspektrální data). Prakticky je známo, že pro úspěšnou a přesnou predikci různých půdních vlastností je vhodné použít podklady s co nejlepším prostorovým, spektrálním i radiometrickým rozlišením. Hyperspektrální senzory jsou nyní většinou využívány buď na pilotních nebo bezpilotních leteckých nosičích, nicméně se začínají integrovat tyto senzory i na družice. Družicové hyperspektrální senzory pracující i s pásmo SWIR, ty jsou však zatím pouze v experimentálním testování. Naopak družice operující s pásmem VNIR se používají např. pro aplikace na vegetaci. Právě pomocí hyperspektrálních senzorů lze pořídit data, která jsou skenována skrze široký pás spektra (VNIR-LWIR)

ve vysokém spektrálním rozlišení a také ve vysokém prostorovém rozlišení. To umožňuje detailně analyzovat spektrální příznaky různých materiálů. Zmíněné podklady lze uplatnit při výzkumu půdních vlastností, čímž je možné je využít pro mapování erozních tvarů reliéfů, případně vymezení erozně ovlivněných ploch. Zmiňované prostorové rozlišení závisí na použitém zdroji, který data získává. Senzory připevněné na UAV mají obecně lepší rozlišení nežli satelitní senzory. Oproti tomu letecká data bývají více deformovaná (zkreslená) z důvodu různé geometrie snímání a zorným úhlem senzoru.

Proces získávání hyperspektrálních dat má své předpoklady pro správné a nezkrácené výsledky. V metodice je to kategorizován do čtyřech skupin.

#### **a. Stav pozemku**

Sledované území by mělo být holá suchá půda, nejlépe kultivovaná před setím. Důvodem je mj. fakt, že přítomnost vegetace či rostlinných zbytků na povrchu, dále zvýšená vlhkost a drsnost povrchu napomáhá k ovlivnění spektrální informace a potlačení spektrálních prvků půdy, což vede ke zhoršení (zkreslení) predikční schopnosti.

#### **b. Sluneční svit**

Pro získání co nejkvalitnějších dat je nutné co největší sluneční záření, protože intenzita slunečního záření ovlivňuje přítomnost šumu v datech a následně opět predikční schopnost na základě těchto dat.

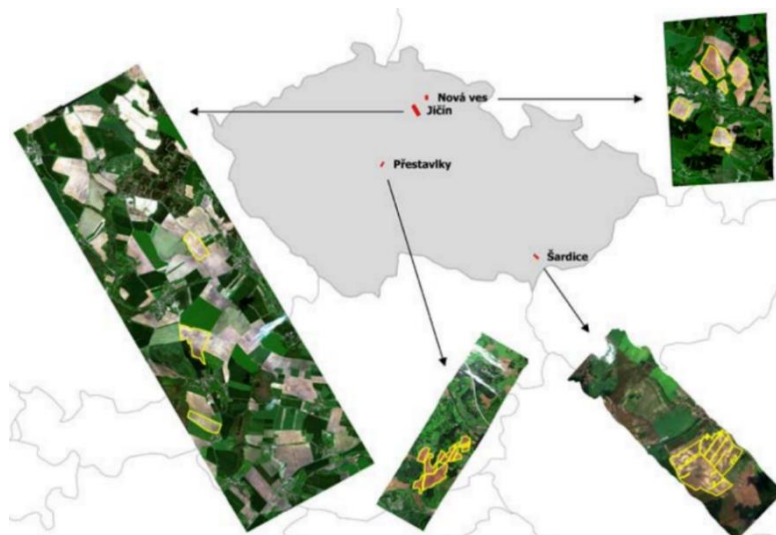
#### **c. Atmosférické podmínky**

Nutnou atmosférickou podmínkou je stav bez oblačnosti jak nízké, tak i vysoké. Z logiky věci je zřejmé, že oblačnost v optických datech překrývá sledovaný povrch nebo ho částečně zastíňuje, čímž je ovlivněna možnost zpracování.

#### **d. Ochranné zóny leteckého provozu**

Dalším a posledním problematickým bodem je umístění sledovaných lokalit v řízených oblastech letového provozu, které mohou zcela znemožnit uskutečnění pořizování dat (např. v ochranných zónách letišť) nebo pro jejich monitoring je nutné s několikadenním předstihem zažádat o povolení k letu v oblasti s podobným omezením.

Jako modelový případ byla testována přesnost a použitelnost hyperspektrálních dat v regionech s různým typem půdních substrátů na nejčastěji se vyskytujících půdních typech na zemědělských půdách v ČR.



Obr. 15 lokalizace testovacích lokalit a pozice hyperspektrálních snímků

Cílem bylo ohodnocení různých metod úpravy a zpracování spektrálních dat a jejich přesnosti pro stanovení plošné variability půdních vlastností ve vztahu k erozním procesům.

Vybrané lokality jsou následující – Přestavky (pseudogleje, kambizem), Šardice (černozem), Nová Ves (kambizem) a Jičín (hnědozem, luvizem). Data byla získávána senzory CASI-1500 a SASI- 600. První zmiňovaný pracuje ve spektrální oblasti VNIR kdežto SASI- 600 v SWIR.

## Výsledky

Analýzy získaných dat ukázaly, že letecká hyperspektrální data jsou vhodným zdrojem dat jak pro určení množství půdních vlastností svrchní vrstvy půdy, tak i pro monitoring a klasifikaci erozního poškození zemědělských pozemků. Z výsledků ovšem vyplývají i omezení leteckých hyperspektrálních dat. Hlavní nutností pro úspěšnou využitelnost hyperspektrálních dat je vysoká kvalita jejich pořízení a analýza. Jak bylo vymezeno na začátku je nutná určitá připravenost půdy s ohledem zejména na drsnost a vlhkost povrchu včetně vegetace. Prezentovaný přístup může být prováděn pouze na holé půdě.

Výsledky také ukázaly, že aplikace těchto metod je vhodnější v oblastech s méně variabilními půdními podmínkami. V tomto kontextu je metoda velice perspektivní pro mapování vlivu eroze zejména ve sprašových oblastech na černozemích, hnědozemích či luvizemích. V případě nestejnorodých oblastí je nutné pořízení většího množství pozemních referenčních dat, což zpravidla výzkum prodraží.

Celkově ovšem s ohledem na to, jak mladou disciplínou vyhodnocení hyperspektrálních dat je, je již nyní jasné, že se jedná o velice perspektivní metodu, kterou lze přinést prospěšné informace a data, která pomohou jak zemědělcům, tak i mohou sloužit pro účely ochrany půdy jako takové (Žížala D. a kol., 2016).

## **10. Využití DPZ v monitoringu krajiny**

### **10.1. Historie nauky o krajině ve světě**

Nauka o krajině jako věda vznikla kvůli tomu, že neexistoval žádný vědní obor, který by spojoval dílčí vědy studující územní aspekty složek přírody a později i společnosti. K zásadnímu impulzu chápání krajiny jako celku, který vypovídá o tom, že rozmanité vlastnosti přírody neexistují nezávisle, ale že existují v pestrých souvislostech a závislostech na sebe došlo již při středověkých a novověkých zámořských plavbách Evropanů. V první souhrnné práci s názvem "Souhrnná geografie" (Geographia Generalis, 1650) autora Bernhardta Vareniuse, který popsal planetu jako zeměvodní s prolínajícími se živly. Za velké zakladatele nové nauky se považují L. S. Berg (Nauka o landšaftě, 1915) S. Passarge (Landschaftskunde, 1919 reprint 1929) a C. Troll (Landschaftssökologie, 1939). Hlavní příspěvek ke vzniku geografické nauky o krajině jako ucelené vědní disciplíně v evropském prostoru přinesly ruské, tehdy sovětské, slovenské, polské a německé krajinářské školy (Kolejka J., 2013).

### **10.2. Historie nauky o krajině v ČR, potažmo ČSR**

Díky tomu, že tehdejší Československo patřilo v Rakousko – Uhersku mezi nejvyspělejší části bývalého království, zde vznikl další podnět k posílení zájmu o hospodářský růst. To mj. zapříčinilo vymezení přírodních krajin prof. Karlem Kořistkou. Toto vymezení mělo respektovat orografické, geologické, agronomické nebo klimatické poměry. Díky této komplexnosti bylo toto vymezení neobvyklé jak v Československu, potažmo Rakousko – Uhersku, ale i ve světovém měřítku. Období 90. let a dále je charakterizováno digitalizací zpracování dat o krajině. V této době, je spíše pozornost zaměřena na problematiku land use s ohledem na inovace v hospodářském tlaku na krajiny, ale také s ohledem na ekonomicko – politické změny v České republice (Kolejka J., 2013).

### **10.3. Současnost**

Současnou nauku o krajině lze definovat jako vědecký směr, který propojuje studium složení, stavby, vlastností a procesů Země do jednotného celku krajinné sféry Země,

kteřá je životním prostředím člověka a ostatních organismů. Hlavním úkolem nauky o krajině je studium změn krajinné sféry Země a jejích segmentů (krajinných prvků), které jsou pod vlivem přírodního a antropogenního působení, jejich ochrana, racionální využití s cílem zabezpečení současné a budoucích generací produktivní prostředí. Subjekty antropogenního působení jsou chápány produkty lidských aktivit, jako jsou vybudované umělé objekty (domy, podniky, sklady atp.) a také různé formy využití ploch. Geoekologický prostor je takový prostor, ve kterém působí a žije člověk, který jej pak přetváří a hodlá jej využívat i v budoucnu. Předmětem studia nauky o krajině (geoekologie) jsou tedy změny v krajině a krajinných jednotkách, které vznikly díky lidské činnosti. K tomuto předmětu patří také vlastnosti, vztahy a vazby mezi jednotlivými subjekty a objekty ve sféře spolupůsobení člověka a prostředí (Kolejka J., 2013).

Moderní nauka o krajině zahrnuje několik dalších dílčích disciplín. Podle orientace krajinářského výzkumu jsou rozlišovány následující základní směry nauky o krajině.

### **10.3.1. Deskriptivní směr**

Toto, spíše statické zaměření zahrnuje:

- Inventarizační nauku o krajině zaměřenou na studium struktury a systémového uspořádání krajinných prvků. Spadá sem např. mapování jednotlivých krajinných kompozic.
- Vzdělávání odborné i široké veřejnosti v této disciplíně.

### **10.3.2. Dynamický směr**

Na časově proměnlivou stránku krajiny se zaměřuje:

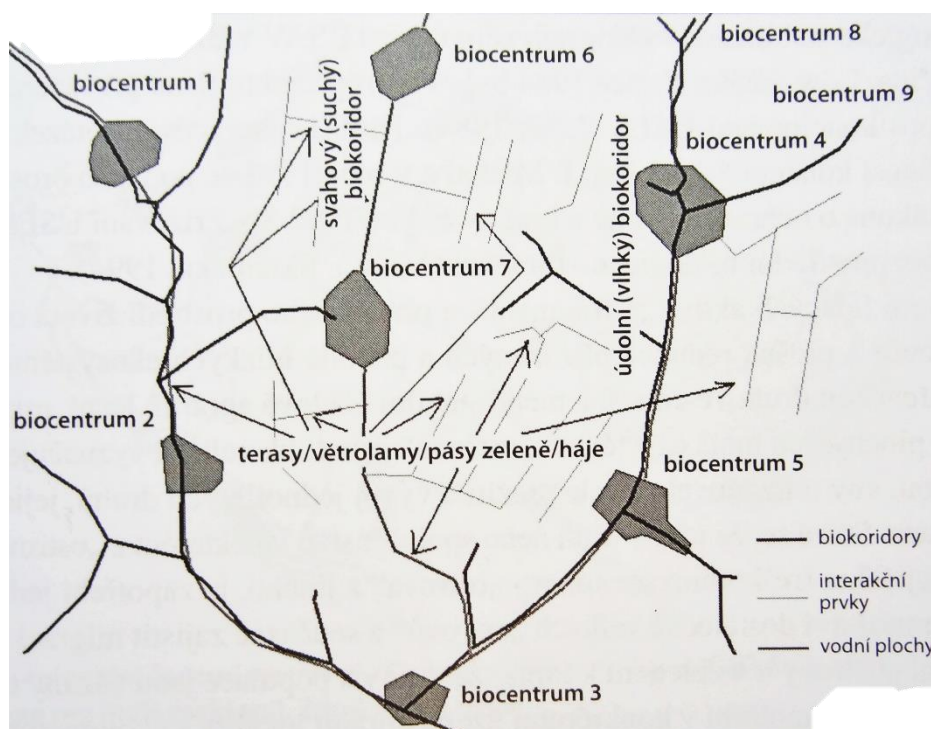
- Historická nauka o krajině zprostředkující historický vývoj krajinářských názorů a vznik krajinářské základny.
- Dynamická nauka o krajině, která studuje změny v krajině v průběhu času a analyzuje sebezáchovné a vývojové procesy krajiny.

## **10.4. Projektování územních systémů ekologické stability**

Jak již bylo sděleno, krajina je životním prostředím jak člověka, tak i ostatních organismů v něm žijících. Dále ji tvoří jednotlivé složky jako je voda, vzduch, energie, geologický podklad, půda, biota). V krajině jsou nedílnou součástí i samotné výtvořy člověka. Jednou z důležitých vlastností krajiny je ekologická stabilita. Nekontrolovaný přístup člověka dávající přednost krátkodobého zisku před perspektivou ohrozil neobnovitelné i obnovitelné přírodní zdroje. Důležitým procesem je tak ekologická

stabilizace území. Součástí tohoto procesu je samozřejmě ekologizace hospodářství, ale podstatnou součástí je budování územních systémů ekologické stability (ÚSES).

Územní systém ekologické stability vytváří síť ekologicky významných segmentů v krajině. Jedná se tedy o soubor přirozených a pozměněných (přírodě blízkých) ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Tento soubor zahrnuje biocentra, biokoridory a interakční prvky. Ty interakční prvky mají různý biogeografický význam v závislosti na úloze, kterou v té, které krajině plní (Kolejka J., 2013).



Obr. 16 schéma kompozice územního systému ekologické stability

ÚSES slouží k zachování biodiverzity v krajině, uchování unikátních krajinných fenoménů či k podpoře mnohostranného funkčního využití krajiny. Nutností pro ekologickou stabilitu je tzv. kostra ekologické stability. Tu tvoří jednotlivé významné segmenty krajiny. Jde o relativně stabilní plochy, které využívají různá společenstva a jsou tak druhově bohatší než okolí. Mezi takovéto ekostabilizační prvky patří lesy, trvalé stromové, keřové či bylinné porosty, vodní objekty, remízky, staré ovocné sady. V České republice není úroveň ÚSES dostačující. Aby byla dosažena a udržována ekologická stabilita a rovnováha v krajině obecně platí předpoklad, že je nutné dostatečné množství interaktivních ploch s přirozenými nebo přírodě blízkými společenstvy (Kolejka J., 2013).

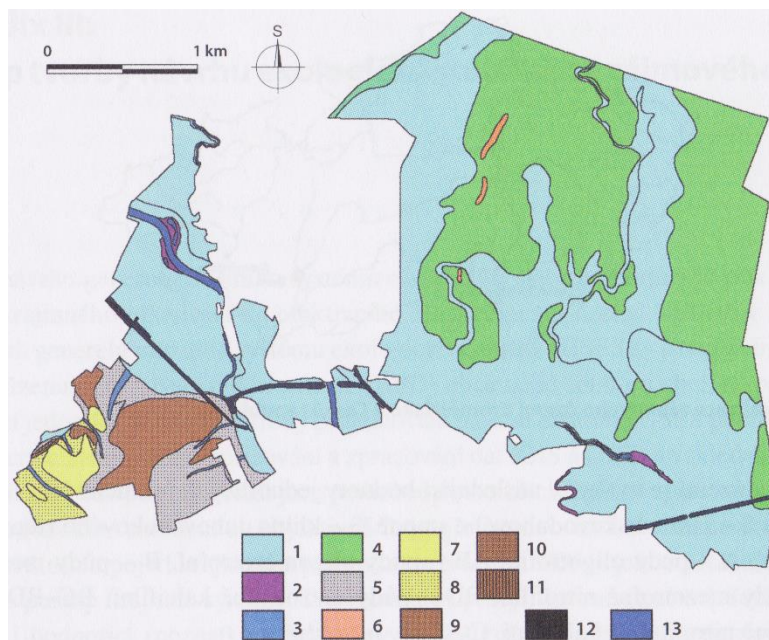
## 10.5. Postup tvorby návrhu ES zájmového území

Nyní zde bude nastíněn postup celé realizace tvorby ekologické stability zájmového území nebo tvorba ÚSES dle Kolečky J., 2013.

1. Krok – Identifikace přírodní krajinné struktury zájmového území je východiskem dalšího postupu.

Modelové území zaujímá nezalesněnou a nezastavěnou nivu řeky Moravy nad Kroměříží. Zde bylo na základě podkladů o půdách, geologické stavbě, sklonitosti terénu, vlhkostních poměrech, klimatu a potenciálním vegetačním krytu identifikováno 36 typů přírodních homogenních jednotek. Příklad jedné homogenní jednotky – 2-BC-3-0-K. 1. proměnná označuje souřadnice, 2. trojice půdy, 3. vlhkostní poměry, 4. sklonitost reliéfu, 5. geologický substrát.

Výsledkem 1. kroku je poté mapa představující skupiny typů přírodních geosystémů zájmového území Kroměřížska.



Obr. 17 typy přírodních geosystémů v ZÚ Kroměřížsko

Vysvětlivky – geosystémy 1- nivy; 2- zanesených slepých ramen; 3- neprotékaných údolních den; 4- náplavových kuželů a teras; 5- úpatí a svahovin; 6- dun vátých písků; 7- sprašových plošin; 8- sprašových svahů; 9- plošin na flyši; 10- antropogenní navážky; 11- vodní plochy.

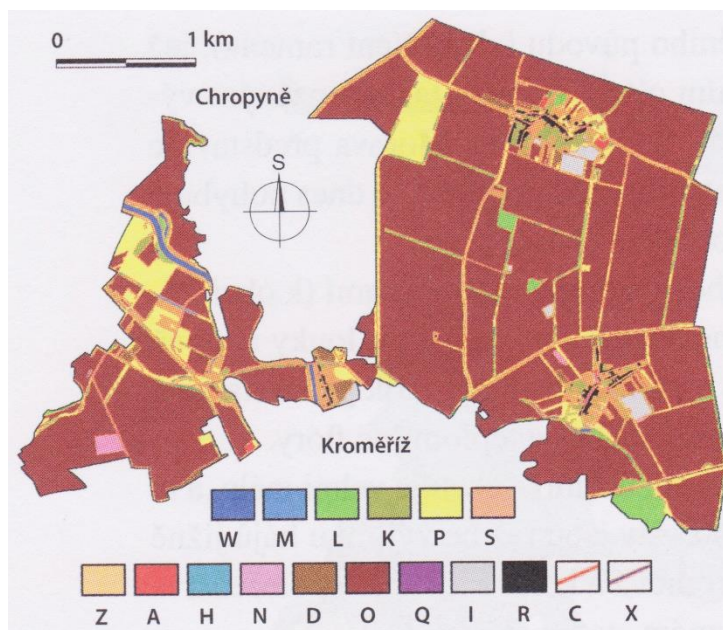
2. Krok – V tomto kroku navazuje zjištění současné krajinné struktury vycházející z mapování aktuálního využití krajiny.

Ze studie území vyplývá, že zájmové území je poměrně intenzivně přeměněno a využíváno člověkem. Lesy se nacházejí spíše v nivě řeky Moravy či na údolních svazích přítoku Moravy.



Zástavba je reprezentována především obcemi se soustředěnou zástavbou kolem návsi. Mimo intravilány jsou četné rekreační objekty podél Malé Bečvy a následně se napojují na Kroměřížskou předměstskou zástavbu. Zástavba je také čtne doprovázena zahradami.

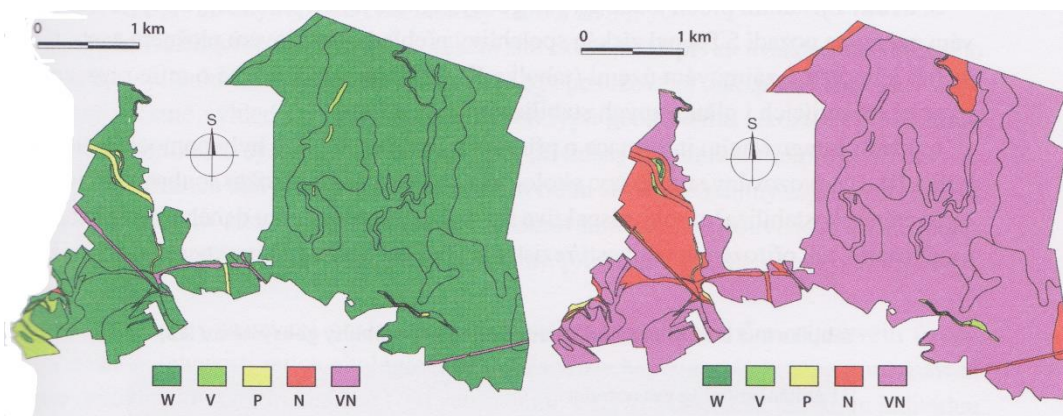
Využití krajiny zájmového území prošlo velkými změnami. Především se z četných malých parcel staly velkoplošné parcely pro hospodaření. Ovšem nelze ze studie jednoznačně tvrdit, že došlo k úbytku stabilizačních prvků, protože již před velkoplošnými pozemky zde bylo málo trvale rozptýlené zeleně.



Obr. 18 současné využití ploch v ZÚ Kroměřížsko

Vysvětlivky – R- obytná zóna; I- výrobní zástavba; C- silnice; X- železnice; Q- skládky; O- orná půda; D- drobná drážba; Z- zahrady; A- sportoviště; N- nevyužívané plochy; H- hřbitovy; S- ovocné sady; P- louky a pastviny; K- keře; L- lesy; M- mokřady; W- vodní plochy.

V krocích 3 až 5 se následně vytvořily mapy přírodní stability, funkční stability, ekologické stability.

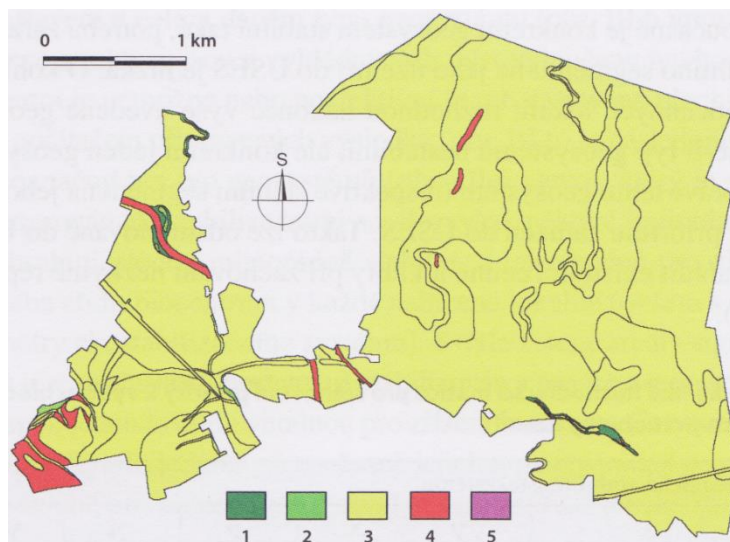


Obr. 19 přírodní stabilita (PS) (vlevo) a funkční stabilita (FS) (vpravo)

Vysvětlivky – VV- velmi vysoká; V- vysoká; P- průměrná; N- nízká; VN- velmi nízká

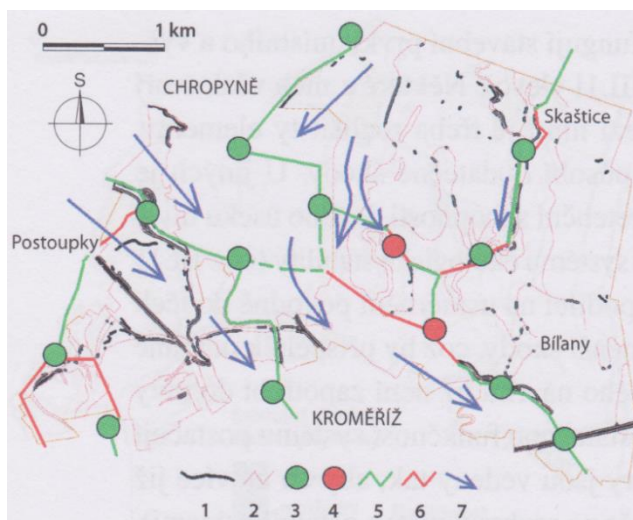
V tomto případě posledním zmiňovaným výstupem pro ucelené vytvoření generelu místní ekologické stability (ÚSES) je tzv. stupeň ekologické stability. Následující mapové informace byli odvozeny z mapy funkční stability.

6. krok – V tomto, předposledním kroku, se provedl celkový výkres přírodních prvků, které na území existují a které je zapotřebí dobudovat pro zvýšení ekologické stability řešeného území. Spolu s těmito prvky je do ÚSES plánu zakomponován i pravděpodobný směr povodňové vlny.



Obr. 20 stupeň ekologické stability (ES) geosystémů Kroměřížska

Další možné pokračování takového projektu je např. provedení testování bariérového účinku navržených elementů ÚSES tzv. rozlivovým modelem na bázi uložených dat v databázi GIS (Kolejka J., 2013). ÚSES je zatím nejlépe propracovanou součástí územní dokumentace o budoucnosti přírodních



Obr. 21 generel ÚSES

složek prostředí. Nutno podotknout, že Česká republika je v tomto ohledu výjimečnou v celosvětovém měřítku (IS Středočeského kraje, 2018).

## **11. Sběr a zpracování snímků**

### **11.1. Fotogrammetrie**

Slovo fotogrammetrie je složeno ze tří řeckých slov, a to: photos, gramma a metron. Tato slova v překladu znamenají světlo, záznam a měřit. Z toho tedy vyplývá, že fotogrammetrie se bude zabývat měřením fotografických snímků (MENDELU, 2014). či lze fotogrammetrii definovat tak, že odborníci spojují fotografické obrazy s daty zaznamenanými a měřenými z elektromagnetické energie a dalších zdrojů. Výsledky nabízejí informace o objektech a vlastnostech prostředí, které nelze získat z jediného zdroje (Křížová A., 2014).

Pomocí fotogrammetrických softwarů (AgisoftPhotoscan, Pix4D nebo CapturingReality) se pořízené snímky zpracovávají do jednotného výsledného ortofota v požadovaném rozlišení. Výsledek fotogrammetrie však nemusí vždy být pouze ortofoto. Mezi další možné výstupy patří digitální model povrchu tzv. DMP, model lokality ve 3D zobrazení, vizualizace terénu, profil terénu, vrstevnicové mapy a další. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, pro nejjednodušší a také nejpřesnější práci, se pro samotný let UAS vytváří letový plán. Jeden z možných postupů tvorby je takový, že v softwaru vyznačíme oblast, kterou chceme zmapovat a software již spočítá jakým směrem bude dron létat, jak hustou síť vytvoří, kde let začne a kde proces ukončí (Křížová A., 2014).

## **12. Vybrané případové studie využití UAS v praxi**

### **12.1. Modelace terénu a jeho využití**

Studie s anglickým názvem „Ultra-fine grain landscape-scale quantification of dryland vegetation structure with drone-acquired structure-from-motion photogrammetry“ v češtině „Ultra jemné měřítko kvantifikace množství suchozemského vegetačního pokryvu pomocí fotogrammetrie získané pomocí dronů“. Tato studie probíhala v sedmi odlišných oblastech v chráněném území Sevilleta National Wildlife Refuge v Novém Mexiku. Cílem bylo pomocí dronů nasnímat velmi podrobná data o daném území a s pomocí 3D modelů sestavených tzv. SFM (structure from motion) fotogrammetrií sestavit modely, které by ukazovaly strukturu daných oblastí a potažmo tedy i z dat vyčíst jejich funkce. Jelikož se jedná o velmi dynamický systém poměrně rychle se měnící v čase, nebyly jiné metody zkoumání tak přesné. Právě

díky UAV, které poskytly během krátké doby velmi podrobné informace, bylo možno rychle a levně sestavit přesné modely (s přesností na 1cm<sup>2</sup>) (Cunliffea, a kol., 2016).

## **12.2. Posouzení změn na ostrově v Karibiku po hurikánu z dat DPZ**

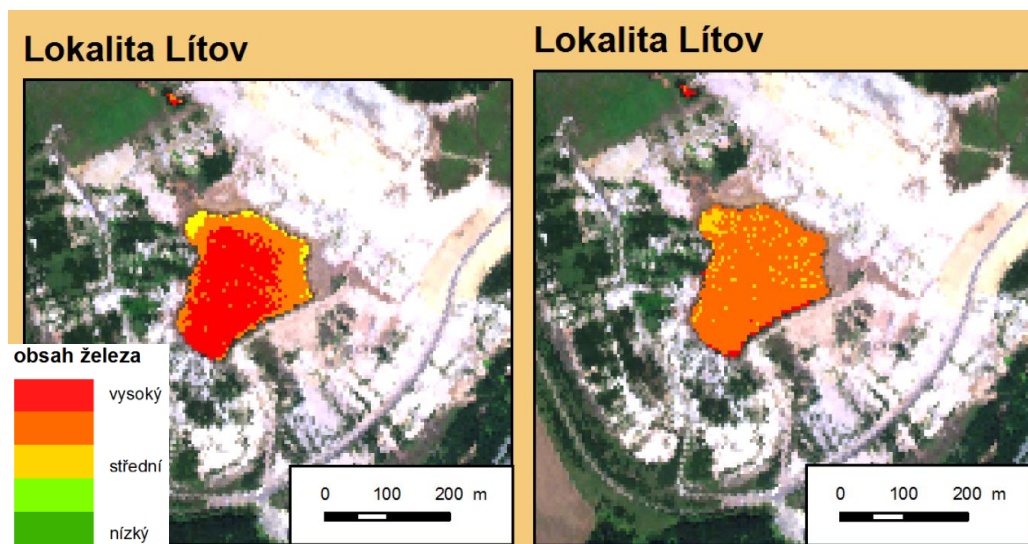
V této diplomové práci autor zpracovával pokrytí území ostrova Svatý Martin před hurikánem Irma a po něm. Z přiložené tabulky s výsledky je jednoznačně patrné, že zastoupení jednotlivých tříd je odlišné v době před a po hurikánu. Zkoumané třídy byly lesy, lesostepi, pole s vyšším procentem vegetace, pole bez vegetace, horniny, asfalt, budovy, voda a písek.

Výsledkem této práce bylo zhodnocení jak metody DPZ, tak samotných změn zastoupení jednotlivých tříd. Autor zhodnotil, že rozlišovací schopnost nekomerčních družicových dat není příliš vysoká. Práci dále ztížily atmosférické podmínky po hurikánu. I přes tato omezení však bylo zjištěno, že došlo ke zmenšení území lesostepi, vegetace a polí, a to primárně ve východní části ostrova, odkud také putoval hurikán Irma. V samotném závěru bylo jednoznačně rozhodnuto, že z analyzovaných dat, získaných metodou DPZ, hurikán Irma poškodil značnou část flóry ostrova a způsobil hospodářské újmy (Maybrodskyy O., 2018).

## **12.3. Monitorování chemických parametrů povrchových důlních vod z hyperspektrálních obrazových dat**

V této diplomové práci bylo autorkou řešeno území důlní těžby v Sokolovské hnědouhelné pánvi a monitorování chemických parametrů vod v této oblasti. Byl využit empirický přístup a také metoda spectral unmixing. Na základě provedených prací vyšlo, že pro zjištění obsahu železa vyjdou lepší výsledky pro použitý index sklonu (ve vlnových délkách 455nm a 573nm). Pro suspenzi naopak vychází lépe metoda spectral unmixing. Autorka se domnívá, že tomu tak je díky lépe identifikovatelnému spektrálnímu projevu suspenze ve vodě oproti zmiňovanému železu (Hladíková L., 2012).





Obr. 22 porovnání zjištění obsahu Fe pomocí empirického indexu (vlevo) a spectral unmixing (vpravo)

Z grafického výstupu vyplývá, že pomocí metody empirického indexu byla zjištěna vysoká koncentrace železa, kdežto metoda spectral unmixing toto nepotvrdila.

### 13. Diskuze

V monitorování povrchu Země se v dnešní době používá několika metod. V mé práci jsou zastoupeny dvě metody, a to DPZ pomocí UAV či UAS a družicové DPZ. Pomocí UAV a UAS se v dnešní době monitorují spíše menší až středně velké oblasti. Výhodou této technologie je možné osazení těla např. dronu různými záznamovými zařízeními jako jsou LiDARy, multi či hyperspektrální senzory, klasické zrcadlové fotoaparáty nebo videokamery. Tím samozřejmě dochází ke zlevnění této technologie, protože je jednoduše univerzálnější pro různé použití v praxi. Další nespornou výhodou tohoto monitoringu je vysoké rozlišení nasnímaných informací (dat). Tento fakt je velmi důležitý pro následnou přesnou analýzu území, jak bylo řešeno v práci v kapitole o monitoringu poškození plodin hlodavci, které zapříčiňuje snížení výnosnosti. Oproti tomu, jednou z největších nevýhod UAV a UAS je velmi omezený dolet na tzv. jedno nabití akumulátoru, jenž nezdědka bývá do 30 minut. Částečně omezující jsou také povětrnostní podmínky, které, dle mého názoru, omezují družicový monitoring. Naopak u družicové metody se domnívám, že existuje několik nevýhod. Jsou to poměrně nízká rozlišení obrazových materiálů, a to především u volně dostupných družicových dat. Tzn. pokud bude nutné použít kvalitní materiál bude třeba tento materiál zakoupit. Další nevýhodou jsou povětrnostní

podmínky. Ty velmi omezují kvalitu snímků, a to především tehdy, kdy je zvýšená oblačnost. Jako výhodu považují snazší nepřetržité snímkování. Dálkové průzkumy Země jsou dnes již nedílnou součástí ochrany přírody. Jsou vhodné pro komplexní zhodnocení stavu krajiny, monitorování přírodních katastrof, zkoumání vztahů přírody a biocenózy. Výhoda DPZ oproti klasickému pozemnímu průzkumu Země spočívá v jednodušším a rychlejším sběru dat, a to i v nepřístupných oblastech.

#### **14. Závěr a přínos práce**

Použití bezpilotních letounů je v současné době velmi oblíbený a hojně užívaný způsob pro sběr dat o krajině na středně velkých plochách. Na menších plochách se stále ještě setkáváme s pozemním průzkumem, a naopak na velkých plochách se užívá klasických letadel či vrtulníků, a to především z důvodu omezeného doletu UAS. Neoddiskovatelnou předností těchto systémů je tvorba výstupových map, např. pohledových fotografií, mračen bodů a následná práce s těmito daty, tvorba digitálních modelů, 3D animací a mnoho dalších možností jak prezentovat nasbíraná data mj., pomocí geoinformačních systémů. Předností je také možnost osadit UAV různými záznamovými přístroji, které nejlépe zaznamenají krajinu podle potřeby zadavatele. Další velkou výhodou, na rozdíl od mapování krajiny pomocí klasických pilotovaných letadel, je nepoměr ceny těchto služeb.

V bakalářské práci jsem také popsal metodu používající družicové obrázky jako metodu dálkového průzkumu Země. Výhoda UAS oproti družicové technologii je taková, že nejsou tak velkým omezením povětrnostní podmínky a celkově počasí. Tím, že UAV létají v nízkých letových hladinách, nejsou ovlivňovány množstvím oblaků na nebi, které jsou naopak limitující pro právě družicovou metodu, nehledě na to, že opět jsou UAS levnější alternativou.

Cílem práce vzhledem k tomu, že literatury na téma využití dronů v oblasti životního prostředí je málo, bylo shromáždit příklady o využití UAS právě v tomto odvětví vědy. Jako jednu z mnoha oblastí, která by mohla být do budoucna rozvíjena, mimo to, že se bude využívat ve stále více odvětvích, je automatizování celkového procesu kontinuálního sběru dat. UAV by mohlo autonomně vzlétnout, posbírat data na předdefinované oblasti, následně tato data odeslat do serverů, kde je bude moci pracovník zanalyzovat. Tím by odpadl dnes nutný operátor UAV na každé provedené operaci. Dle mého názoru má tento způsob monitorování velký potenciál. Proto jsem se rozhodl věnovat právě této problematice a sepsat rešerši na toto téma, která může sloužit jako základní podklad pro další práci, jenž se bude zabývat drony a bezpilotními letouny a DPZ v monitoringu krajiny.

## 15. Přehled literatury, použitých zdrojů a obrázků

### 15.1. Literatura

**Myslívová V a Moravcová J., 2017.** MYSLÍVCOVÁ, Veronika a Jana MORAVCOVÁ. *Ukázka UAV v environmetálním výzkumu* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: [http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2017/sbornik/papers/gis201758514feda2ef1.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2017/sbornik/papers/gis201758514feda2ef1.pdf). Odborný článek. Západočeská univerzita v Plzni; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

**Geodézie Mendelu, 2014.** Mendelu. *Geodézie: Fotogrammetrie Základní pojmy, rozdělení, metody a využití* [online]. Brno, 2014 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/geodezie/geodezie1/fotogrammetrie.pdf>. Akademická prezentace. Mendelova univerzita v Brně.

**Nex F. a Remondino F., 2014.** NEX, Francesco a Fabio REMONDINO. UAV for 3D mapping applications. *Application Geomatics* [online]. 2014 (6), 1 [cit. 2019-02-15]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>. ISSN 1866-928X. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12518-013-0120-x#citeas>

**EVERES, J. a kol., 2018.** EVERES, Jeannie a Emdash EDITING, ed. Erosion. *National Geographic* [online]. 2018 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/erosion/>

**DUSÍKOVÁ, T., 2012.** DUSÍKOVÁ, Tereza. Ohrožení zemědělských půd erozí v katastrálním území Slatina [online]. Brno, 2012 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=2764;studium=57371;zp=33749;download\\_prace=1;lang=cz](https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=2764;studium=57371;zp=33749;download_prace=1;lang=cz). Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. František Toman, CSc.

**Visingr L., 2010.** VISINGR, Lukáš. Bezpilotní vzdušné prostředky. Armádní technický magazín [online]. 2010, 2006(10), 3 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [visingr.cz/web.org/stazeni/atm/uav.rtf](http://visingr.cz/web.org/stazeni/atm/uav.rtf)

**Military Factory, 2018.** Radioplane 0Q-2. Military Factory [online]. USA [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=331](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=331)

**KARAS J. a TICHÝ T., 2016.** KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. Drony. Brno: Computer Press, 2016, s. 10-39 [cit. 2019-02-26]. ISBN 978-80-251-4680-4.

**LiDAR UK, 2018.** How does LiDAR work. In: LiDAR-UK.com [online]. [www.LiDAR-UK.com](http://www.lidar-uk.com) [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://www.lidar-uk.com/how-lidar-works/>



**Vojáček A., 2017.** VOJÁČEK, Antonín. UAV 3D LiDAR i pro průmysl. Automatizace.hw.cz [online]. 2017, 1 [cit. 2019-02-28]. ISSN 1803-6392. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/o-nas-kontakty.html>

**kolektiv copernicus, 2016.** Dálkový průzkum Země. In: Geo/Copernicus v české republice [online]. www.copernicus.gov.cz, 2016 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/dalkovy-pruzkum-zeme>

**kol. copernicus, 2016.** Oblasti využití DPZ. In: Geo/Copernicus v české republice [online]. www.copernicus.gov.cz, 2016 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/oblasti-vyuziti-dpz>

**Pokorný R., 2015.** POKORNÝ, Radek. Stanovení indexu listové plochy v nesmíšených porostech lesních dřevin. Brno: Centrum výzkumu globální změny AV ČR, c2015. ISBN 978-80-87902-08-0.

**Visingr L., 2013.** VISINGR, Lukáš. Nato aktual. Nato aktual [online]. 2013, [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: [http://www.natoaktual.cz/bezpilotni-letadla-futuristicke-ale-kontroverzni-zbrane-pmy-na-analyzy.aspx?c=A130722\\_105735\\_na\\_analyzy\\_m02](http://www.natoaktual.cz/bezpilotni-letadla-futuristicke-ale-kontroverzni-zbrane-pmy-na-analyzy.aspx?c=A130722_105735_na_analyzy_m02)

**Křížová A., 2014.** KŘÍŽOVÁ, Andrea. UAV snímkování a jeho aplikace ve fyzické geografii [online]. Brno, 2014 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/390723/prif\\_b/Bakalarska\\_prace.pdf](https://is.muni.cz/th/390723/prif_b/Bakalarska_prace.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Monika Šulc Michalková, PhD. et PhD.

**Vacková T., 2016.** VACKOVÁ, Tereza. Využití UAV pro mapování a analýzu následků povodní [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120224876>. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.

**Svoray & Atkinson, 2013.** SVORAY, Tal a Peter M. ATKINSON. Geoinformatics and water-erosion processes. Elsevier [online]. 2013, 2012, 1-4 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.geog.bgu.ac.il/members/tal/pages/Journals.files/svoray%20and%20atkinson%202013.pdf>

**Lukas V., 2009.** LUKAS, Ing. Vojtěch. Metody hodnocení variability půdních podmínek jako podklad pro diferencované provádění pěstebních zásahů [online]. Brno, 2009 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=7;id=10573;studium=16093;zp=28294;download\\_prace=1](https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=7;id=10573;studium=16093;zp=28294;download_prace=1). Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně.

**Pechanec V. a kol., 2014.** PECHANEC, Vilém, Aleš VÁVRA a Ivo MACHAR. Využití UAV technologie pro získávání dat v precizním zemědělství na příkladu ploch s cukrovou řepou. Listy Cukrovarnické a Řepařské [online]. 2014, 2014(130), 162–165 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z:

[https://www.researchgate.net/publication/287293880\\_Using\\_of\\_the\\_UAV\\_technology\\_for\\_data\\_monitoring\\_in\\_precision\\_agriculture\\_with\\_example\\_of\\_sugar\\_beet](https://www.researchgate.net/publication/287293880_Using_of_the_UAV_technology_for_data_monitoring_in_precision_agriculture_with_example_of_sugar_beet)

**Fialová K., 2017.** FIALOVÁ, Kateřina. Využití bezpilotních leteckých prostředků v precizním zemědělství [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/92736>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Ing. Luboš Matějček, Ph.D.

**Kavka M. a kol., 1998.** KAVKA, DRSC., Prof. Ing. Miroslav, Ing. Bohuslav POŠAR, Doc. Ing. Adolf RYBKA, CSC. a Doc. Ing. Ladislav NOZDROVICKÝ, CSC. Princip precizního zemědělství: Možnosti využití systému precizního zemědělství v podmínkách ČR. Agris.cz [online]. 1998, [cit. 2019-03-04]. ISSN 1804-1930. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/126796>

**Lukas V. a kol., 2015.** LUKAS, Vojtěch a kol. Precizní zemědělství – nové postupy a technologie v rostlinné produkci. In: Rostlinolékaři [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.rostlinolekari.cz/sites/default/files/2017-11/Precizn%C3%AD%20zem%C4%9Bd%C4%9Bstv%C3%AD%20-%20nov%C3%A9%20postupy%20a%20technologie%20v%20rostlinn%C3%A9%20produkci.pdf>

**Vopravil J., 2018.** VOPRAVIL, PH.D., Ing. Jan. Význam půdy pro zadržení vody v krajině. In: YouTube, kanál: Národní zemědělské muzeum [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=esGvDLY\\_wKw&t=438s](https://www.youtube.com/watch?v=esGvDLY_wKw&t=438s)

**Neznámý autor, 2010.** AUTOR, Neznámý. Zábory půdy. In: Vítej na Zemi [online]. 2010 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: [http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=zabory\\_pudy&site=puda](http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=zabory_pudy&site=puda)

**Favis Mortlock D., 2007.** FAVIS MORTLOCK, Dr. David. What is Soil Erosion? In: The Soil Erosion Site [online]. Spojené Království, 2017, duben, 2017 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [http://soilerosion.net/what\\_is\\_erosion.html](http://soilerosion.net/what_is_erosion.html)

**Hosnedl P., 2007.** HOSNEDEL, Pavel. Vliv eroze na kvalitu půdy [online]. České Budějovice, 2007 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/8g7wcq/downloadPraceContent\\_adipldno\\_7518](https://theses.cz/id/8g7wcq/downloadPraceContent_adipldno_7518). Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Eva Semančíková.

**Novotný I. A kol., 2017.** NOVOTNÝ, Ing. Ivan a kolektiv. PŘÍRUČKA OCHRANY PROTI EROZI ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY [online]. 3. Praha: Ministerstvo zemědělství a VÚMOP, 2017 [cit. 2019-03-08]. ISBN 978-80-87361-67-2. Dostupné z:

[http://eaagri.cz/public/web/file/293635/MZE\\_prirucka\\_ochrany\\_proti\\_erozi\\_zemedelske\\_pudy\\_2017.pdf](http://eaagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedelske_pudy_2017.pdf)

**Podhrázský A., 2017.** PODHRÁZSKÝ, Adam. Hodnocení přírodních liniových prvků na okolní agrosystémy pomocí UAV a DPZ [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/lawo2/DP\\_Podhrazsky.pdf](https://is.muni.cz/th/lawo2/DP_Podhrazsky.pdf). Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Ing. Kateřina Tajovská, Ph.D.

**Ing. David Bečka, Ph.D., 2017.** Přednáška z předmětu Základy zemědělství. Praha, Česká zemědělská univerzita, 2017, [cit. 2019-02-19].

**Teorie Mendelu.** NEZNÁMÝ, Autor. Opatření proti větrné erozi [online]. Brno [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=52428;lang=cz](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52428;lang=cz). Studijní opora. Mendelova univerzita v Brně.

**Žížala D. a kol., 2016.** ŽÍŽALA, Daniel, Josef KRÁSA, Markéta BÁČOVÁ, Kateřina ZELENKOVÁ, Tomáš LABURDA a Ivan NOVOTNÝ. Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2016. ISBN 978-80-87361-63-4.

**Kolejka J., 2013.** KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

**Stuchlík R., 2015.** STUHLÍK, Radim. Získávání dat pomocí UAV a jejich využití v krizovém řízení [online]. Brno, 2015 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/qx0u7/Stuchlik\\_DP.pdf](https://is.muni.cz/th/qx0u7/Stuchlik_DP.pdf). Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Doc. RNDr. Petr Kubiček, CSc.

**IS Středočeského kraje, 2018.** Územní systém ekologické stability (ÚSES): JEDINEČNÉ ŘEŠENÍ. Středočeský kraj [online]. Praha [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.kr-stredocesky.cz/web/zivotni-prostredi/priroda-uses>

**Cunliffe M. A. a kol., 2016.** M. CUNLIFFE, Andrew, Richard E. BRAZIER a Karen ANDERSON. Ultra-fine grain landscape-scale quantification of dryland vegetation structure with drone-acquired structure-from-motion photogrammetry. Remote Sensing of Environment [online]. 2016, 130-140 [cit. 2019-03-18]. ISSN 0034-4257. Dostupné z: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0034425716302206?token=D5778BF49BFBE9AFD7A22FA7BF06E17A89213439881855B4283BA84222FB12A57544EEDDA64BB6011F8B10D25F256663>

**Maybrodskyy O., 2018.** MAYBRODSKY, Bc. Oleksiy. Posouzení změn na vybraném ostrově v Karibském moři po hurikánu v roce 2017 z dat dálkového průzkumu Země [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77626/F1-DP-2018-Maybrodskyy->

[Oleksiy-DP\\_maybrodskyy.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](#). Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Lena Halounová CSc.

**Rapant P., 2006.** RAPANT, Petr. Geoinformatika a geoinformační technologie. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut geoinformatiky, 2006. ISBN 80-248-1264-9.

**Musil M., 2012.** MUSIL, Miroslav. Srovnání organizace a aplikace GIS ve veřejné správě na příkladu krajů ČR [online]. Brno, 2012 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/zp/portal\\_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=45271;zp=34959;download\\_prace=1](https://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=45271;zp=34959;download_prace=1). Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce RNDr. Aleš Ruda, Ph.D.

**Novák J. A., 2017.** NOVÁK, Jan A. Doplněk X. DroneWeb [online]. [www.droneweb.cz](http://www.droneweb.cz), 2017 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/153-drony-pravidla-hmotnost-doplnek-x>

**Hladíková L., 2012.** HLADÍKOVÁ, Bc. Lenka. Monitorování chemických parametrů povrchových důlních vod z hyperspektrálních obrazových dat [online]. Praha, 2012 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zp/detail/119489/?lang=en>. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce RNDr. Lucie Kupková, Ph. D.

## 15.2. Tabulky

### Tab. 1

SCHWARZ, David. Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely. In: Perner's Contacts [online]. Ročník pátý, číslo III, počet stran 429, vychází 18.11.2010. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010, s. 300 [cit. 2019-02-25]. ISSN 1801-674X. Dostupné z: [http://pernerscontacts.upce.cz/PC\\_192010.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/PC_192010.pdf)

### Tab. 2

DOPLNĚK X – BEZPILOTNÍ SYSTÉMY. In: Letecká informační služba – Řízení letového provozu ČR, [online]. 2017, 16.11.2017 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

### Tab. 3

SLÁDEK, Ján. Bepilotné systémy vo fyzickej geografii. Biologie-Chemie-Zeměpis [online]. 2017, 2017(4), 1-17 [cit. 2019-02-28]. DOI: 10.14712/25337556.2017.4.1. ISSN 2533-7556. Dostupné z: <http://bichez.pedf.cuni.cz/archiv/article/43>

### **15.3. Obrázky**

#### **Obr. 1 Queen Bee**

Queen Bee. In: *Bae Systems: De Havilland's Classic biplane trainer and early pilotless 'drone'* [online]. Spojené Království, 2018 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <https://www.baesystems.com/en/heritage/de-havilland-tiger-moth---queen-bee>

#### **Obr. 2 Radioplane OQ-2**

Radioplane OQ-2. In: National Museum of the US Air Force [online]. USA: National Museum of the US Air Force, 2015, 20. července 2015 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/196292/radioplane-oq-2a/>

#### **Obr. 3 Sojka III**

Sojka III. In: Forum.valka.cz [online]. 2006 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://forum.valka.cz/topic/view/41677#162937>

#### **Obr. 4 Kvadroptéra Vulcan Harrier Industrial**

Vulcan Harrier Industrial. In: Vulcane UAV [online]. Spojené Království [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://vulcanuav.com/wp-content/uploads/2017/09/Inspector2-flir-3000.jpg>

#### **Obr. 5 spektrální křivka v závislosti na materiálu**

Spektrální křivka v závislosti na materiálu. In: Geo/Copernicus v české republice [online]. www.copernicus.gov.cz, 2016 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz>

#### **Obr. 6 nastínění zobrazování vektorových a rastrových dat**

Vektor a rastr zobrazení. In: Mapový portál města Plzně [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://mapy.plzen.eu/gis/o-gis/uvod-do-gis/>

### **Obr. 7 rozdíl mezi lokálně cíleným hospodařením a precizním zemědělstvím**

LUKAS, Vojtěch a kol. Precizní zemědělství – nové postupy a technologie v rostlinné produkci. In: Rostlinolékaři [online], 2. Brno: Mendelova univerzita v Brně [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.rostlinolekari.cz/sites/default/files/2017-11/Precizn%C3%AD%20zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD%20%20nov%C3%A9%20postupy%20a%20technologie%20v%20rostlinn%C3%A9%20produkci.pdf>

### **Obr. 8 znázornění poškození porostu hlodavci**

LUKAS, Vojtěch a kol. Bezpilotní monitoring poškození porostu. In: Rostlinolékaři [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <http://www.rostlinolekari.cz/sites/default/files/2017-11/Precizn%C3%AD%20zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD%20%20nov%C3%A9%20postupy%20a%20technologie%20v%20rostlinn%C3%A9%20produkci.pdf>

### **Obr. 9 hodnocení použití dusíkatých hnojiv**

LUKAS, Vojtěch a kol. Precizní zemědělství – nové postupy a technologie v rostlinné produkci. In: Rostlinolékaři [online], 37. Brno: Mendelova univerzita v Brně [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.rostlinolekari.cz/sites/default/files/2017-11/Precizn%C3%AD%20zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD%20%20nov%C3%A9%20postupy%20a%20technologie%20v%20rostlinn%C3%A9%20produkci.pdf>

### **Obr. 10 mapa znázorňující NDVI index**

Mapa – NDVI index. In: Easymap.cz [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.easymap.cz/precizni-zemedelstvi/>.

### **Obr. 11 schematické zobrazení listové plochy**

POKORNÝ, Radek. Stanovení indexu listové plochy v nesmíšených porostech lesních dřevin. Brno: Centrum výzkumu globální změny AV ČR, c2015. ISBN 978-80-87902-08-0.

### **Obr. 12 mapa vodní eroze v ČR**

Mapa vodní eroze. In: Encyklopedie RESTEP [online]. 2014 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://restep.vumop.cz/encyklopedie/index.php/Vodn%C3%AD\\_eroze](https://restep.vumop.cz/encyklopedie/index.php/Vodn%C3%AD_eroze)

### **Obr. 13 mapa větrné eroze v ČR**

Mapa větrné eroze. In: Encyklopedie RESTEP [online]. 2014 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: [https://restep.vumop.cz/encyklopedie/index.php/V%C4%9Btrn%C3%A1\\_eroze](https://restep.vumop.cz/encyklopedie/index.php/V%C4%9Btrn%C3%A1_eroze)

### **Obr. 14 zábor půdy v časovém horizontu 16 let k. ú. Klecany**

VOPRAVIL, PH.D., Ing. Jan. Zábor půdy v časovém horizontu 16 letk.ú. Klecany: Prezentace [online]. In: Praha: VÚMOP [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: [https://aa.ecn.cz/img\\_upload/5c056690afe4c19cfc7c7c1869565537/jan-vopravil\\_kvalita-orne-pudy-co-ji-ohrozuje.pdf](https://aa.ecn.cz/img_upload/5c056690afe4c19cfc7c7c1869565537/jan-vopravil_kvalita-orne-pudy-co-ji-ohrozuje.pdf)

### **Obr. 15 lokalizace testovacích lokalit a pozice hyperspektrálních snímků**

ŽÍŽALA, Daniel, Josef KRÁSA a kol. Lokalizace testovacích lokalit a pozice hyperspektrálních snímků [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i a České vysoké učení technické v Praze, 2016 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: [http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Projekty/monitoring%202016/VUMOP\\_MetodikaME\\_PP\\_kniha\\_komplet.pdf](http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Projekty/monitoring%202016/VUMOP_MetodikaME_PP_kniha_komplet.pdf)

### **Obr. 16 schéma kompozice územního systému ekologické stability**

KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině. 269. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

### **Obr. 17 typy přírodních geosystémů v ZÚ Kroměřížsko**

KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině, 334. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

### **Obr. 18 současné využití ploch v ZÚ Kroměřížsko**



KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině, 336. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

**Obr. 19 přírodní stabilita (PS) (vlevo) a funkční stabilita (FS) (vpravo)**

KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině, 337. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

**Obr. 20 Stupeň ekologické stability (ES) geosystémů Kroměřížska**

KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině, 339. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

**Obr. 21 generel ÚSES**

KOLEJKA, Jaromír. Nauka o krajině, 346. Praha: Nakladatelství Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2201-1.

**Obr. 22 porovnání zjištění obsahu Fe pomocí empirického indexu (vlevo) a spectral unmixing (vpravo)**

HLADÍKOVÁ, Bc. Lenka. Monitorování chemických parametrů povrchových důlních vod z hyperspektrálních obrazových dat [online]. Praha, 2012 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/119489/?lang=en>. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce RNDr. Lucie Kupková, Ph. D.

**Obr. 23 porovnání rozlišení snímků z různých zdrojů**

ŽÍŽALA, Daniel, Josef KRÁSA a kolektiv. Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země [online]. 66. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v. a České vysoké učení technické v Praze, 2016 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/313676769\\_Monitoring\\_erozniho\\_poskozeni\\_pud\\_v\\_CR\\_nastroji\\_dalkoveho\\_pruzkumu\\_Zeme?enrichId=rgreq-fe954f9eb830f0165267c97ed556e8b1-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxMzY3Njc2OTtBUzo0NjE1ODYxODA2NDQ4NzRAMTQ4NzA2MjEyOTYxNw%3D%3D&el=1\\_x\\_3&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/313676769_Monitoring_erozniho_poskozeni_pud_v_CR_nastroji_dalkoveho_pruzkumu_Zeme?enrichId=rgreq-fe954f9eb830f0165267c97ed556e8b1-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxMzY3Njc2OTtBUzo0NjE1ODYxODA2NDQ4NzRAMTQ4NzA2MjEyOTYxNw%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf)

## **15.4. Grafy**

### **Graf č. 1**

SHAHBAZI, Mozhdeh, Jérôme THÉAU a Patrick MÉNARD. Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. *GIScience & Remote Sensing* [online]. 2014, 51(4), 339-365 [cit. 2019-03-04]. DOI: 10.1080/15481603.2014.926650. ISSN 1548-1603. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15481603.2014.926650>