

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití dronů v konkrétních podmínkách zemědělského podniku

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Kohout

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan KOHOUT**
Osobní číslo: **Z16281**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Využití dronů v konkrétních podmínkách zemědělského podniku**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je vyhodnocení dronů v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR a odpovědět na otázky:

1. Má tato technologie prokazatelný vliv na úsporu nákladů?
2. Má tato technologie vliv na výnos kulturní plodiny?

V práci se zaměřte na:

1. Sledování a vyhodnocení použití dronů.
2. Náklady na pořízení technologie a její návratnost.
3. Odpovědi na otázky z cílů této práce.
4. Zhodnocení výsledků a uvést závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie, grafy dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

GERHARDS R., SÖKEFELD M., KNUF D., KÜHBAUCH W. (1996): Kartierung und geostatistische Analyse der Unkrautverteilung in Zuckerrübenschlägen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Bekämpfung. Journal of Agronomy and Crop Science. Vol. 176, p. 259-266. Print ISSN: 0931-2250 Online ISSN: 1439-037X; HAMOUZ P., SOUKUP J., HOLEC, J. NOVÁKOVÁ K. (2004): Field-scale variability of weed distribution on arable land. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. Vol. XIX, 2004, p. 445 - 452. ISSN 1618-7938; KUNISCH M. (2002): Precision Farming in der Unkrautbekämpfung? Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. Vol. XVIII, p. 415-420. ISSN 1618-7938; LUKAS V. NEUDERT L. KŘEN J. (2010). Precizní zemědělství a jeho přínosy. Zemědělec, Profi Press Praha, 6. 8. 2010, ISSN 1211-3816; SOPOUŠEK V. (2011). Ověření práce navigačních systémů v zemědělství, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra Využití strojů, vedoucí doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Firemní literatura a propagační materiály.

Omezeně internetové zdroje:

<http://zemedelec.cz/tema-tydne/zemedelec-402014-precizni-zemedelstvi-a-jeho-koncepce/>

www.scholar.google.com

<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>

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

<http://www.phytosanitary.org/project.php?idp=62>

<http://cdesign.zive.cz/Clanky/Precizni-hospodareni/sc-3-a-20017/default.aspx>

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

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonin Dolan, Ph.D.

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: 18. ledna 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2018

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
tel. ústředna 1888, 370 02 Česká Budějovice

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. února 2018

Abstrakt

Práce se zabývá použitím a využitím dronu a to zejména v zemědělských podmínkách, kde jsou drony v posledních letech využívány čím dál tím častěji, především v kombinaci s precizním zemědělstvím a to díky velkému množství výhod, které tato technologie v současné době přináší a to nejen do zemědělského odvětví. V práci jsou uvedeny typy dronů, které se používají pro precizní zemědělství. Dále jsou zde popsány funkce využívaných dronů a jejich rozdělení podle nasazení v zemědělském podniku. V poslední řadě zde budou zodpovězeny otázky ohledně množství investic do této technologie a zhodnocení efektivnosti systémů.

Klíčová slova: technologie; precizní zemědělství; dron; systémy

Abstract

The thesis deals with the use and utilization of drones, especially in agricultural conditions, where the drones are used more and more frequently in recent years, especially in combination with precision farming, thanks to the great number of advantages that this technology currently brings, not only to agricultural sector. In the thesis there are types of drones that are used for precision agriculture. In addition, there are described the functions of drones used and their distribution according to their deployment on the farm. Finally, questions will be answered about the amount of investment in this technology and the assessment of the effectiveness of the systems

Keywords: technology; precision farming; dron; systems

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. za pomoc a konzultaci při vypracovávání mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Miroslavu Daňhelovi za poskytnutí pozemku, kde mohla být diplomová práce realizována. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Míkovi za poskytnutí dronu, nasnímání pozemku a zpracování snímků. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinovi Jandovi za pomoc při monitorování pozemku. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Jakubovi Polenskému za konzultace a rady ohledně vyhodnocování snímků a porovnávání snímků s výnosovou mapou pozemku.

Prohlášení autora, souhlas s uveřejněním práce

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne

.....

vlastnoruční podpis autora

Obsah

Úvod	9
1. Literární přehled	10
1.1 Co je precizní zemědělství	10
1.2 Základní technologie precizního zemědělství	12
1.3 Mapování stavu porostů	13
1.3.1 Tradiční metody sběru dat z pozemku	14
1.3.2 Bezkontaktní metody sběru dat z pozemku	15
1.3.3 Aplikační mapa	18
1.3.4 Výnosová mapa	20
1.4 Výhoda využití Dronu	21
1.5 Legislativa	27
1.5.1 Doplněk X –Bezpilotní systémy	27
1.5.2 Úprava legislativy	28
1.5.3 Postup k získání licencí	30
1.6 Rozdělení dronů	32
1.6.1 Letoun	32
1.6.2 Vrtulník	33
1.6.3 Multikoptéry	34
2. Cíl práce	37
3. Metodika	38
3.1 Výběr pozemku	39
3.2 Použitá technika	40
3.3 Monitorování pozemku	42
4. Vlastní práce	43
4.1 Porovnání snímků	43

5. Diskuse	66
6. Závěr.....	67
7. Přehled použité literatury	68

Úvod

Ve své práci jsem se zaměřil na využívání dronu, a to hlavně v zemědělském odvětví. Technologie dronu je ve světě již velice rozšířena a v současné době se tato technologie začíná rozrůstat i na našem území. Drony mají mnoho využití ve všech možných odvětvích a zejména v současné době, kdy zemědělci začínají ve velké míře uplatňovat precizní zemědělství na svých pozemcích, se ukazuje, že dron je neodmyslitelnou součástí, pokud to s precizním zemědělstvím myslí zemědělec vážně.

V úvodu práce je stručně popsáno, co je vlastně precizní zemědělství a jaké přináší výhody, v dalším kroku je popsáno proč zrovna dron je nejlepší a nejefektivnější pomocník při precizním zemědělství. Jako další je v práci uvedeno jednotlivé rozdělení dronu, podle výrobců a budou zde také popsány výhody jednotlivých konstrukcí, kterými se jednotlivý výrobci odlišují od ostatních. V závěru práce je uvedena přibližná cena dronu, s kterým bylo monitorováno pole oseté pšenicí ozimou a tyto snímky jsou porovnány s výnosovou mapou pořízenou sklízecí mlátičkou John Deere S780i.

1. Literární přehled

1.1 Co je precizní zemědělství

Již naši předkové si uvědomovali, že jejich pozemky nejsou vždy vyrovnané a výnosy plodin nejsou na všech místech stejné. Každý sedlák svoje pole dobře znal a věděl, která jeho část je úrodnější, na níž lze správným hospodařením dosáhnout vyšších výnosů, a na kterých se nevyplatí intenzivně hospodařit, protože jsou úrodné méně. Tento vztah k půdě vycházel z dlouhodobé tradice péče o krajinu a předávání zemědělských usedlostí z generace na generaci.

Změnami v naší nedávné historii došlo ke vzniku nových zemědělských podniků hospodařících na rozsáhlých územích, kde pro dodržení tohoto diferencovaného přístupu chyběl nejen zmiňovaný generační vztah k půdě, ale také potřebné technické vybavení. Získání znalostí o tom, jak ošetřovat rozdílné části pozemku, je při tradičním přístupu velmi náročné a s ohledem k větší výměře zemědělských podniků mnohdy až neuskutečnitelné.

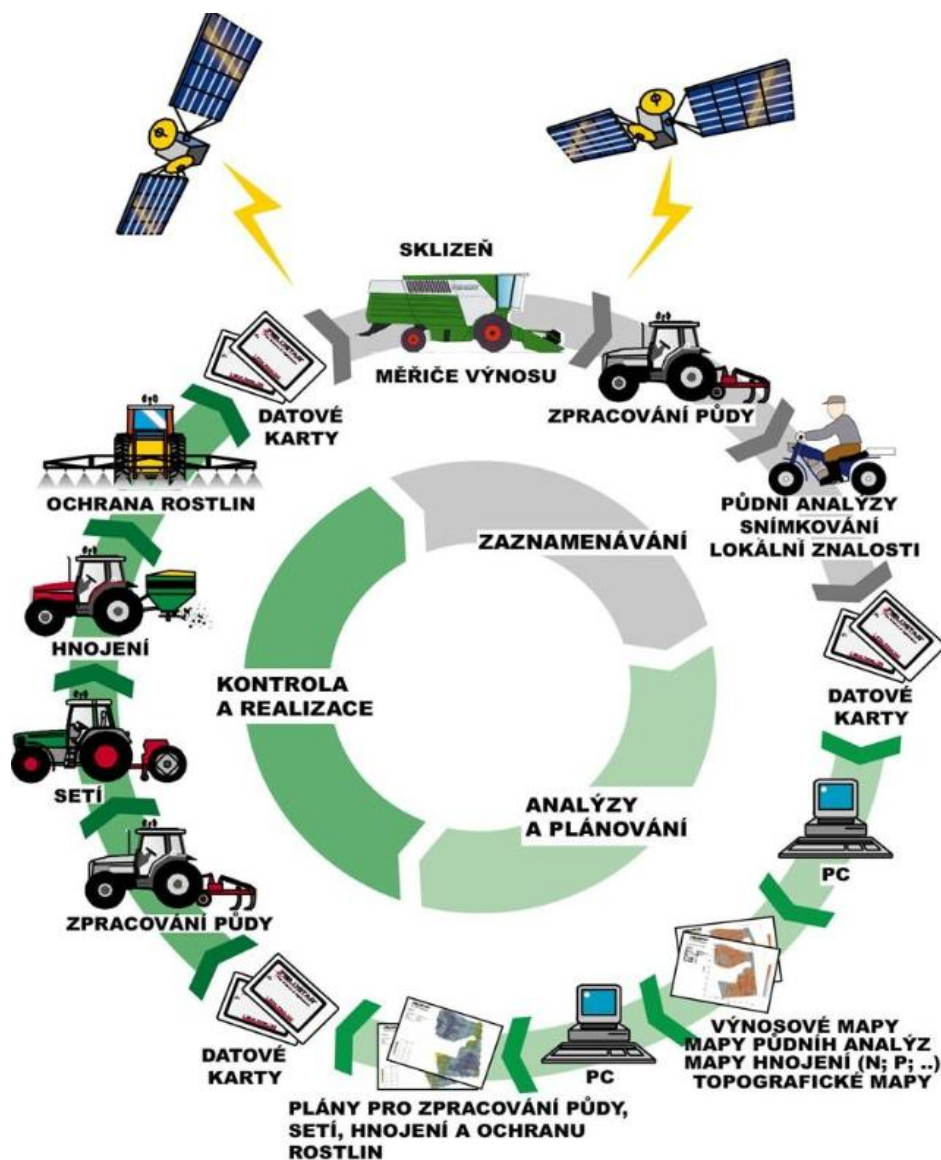
Až bouřlivý rozvoj výpočetní techniky a vývoj globálních navigačních satelitních systémů (GNSS) umožnili identifikaci a lokalizaci rozdílů v rámci pozemků pro nově vznikající způsob hospodaření, nazývaný precizní zemědělství.

Při zjištění nevyrovnanosti v rámci pozemku vzniká logicky otázka, jak problémy způsobující nízké výnosy na dílčích plochách řešit. Nabízejí se dvě možnosti – vyrovnat tyto vzniklé rozdíly nebo je při pěstování zohlednit a přizpůsobit se jim. Úprava ploch s méně úrodnou půdou je značně ekonomicky náročná a mnohdy nerealizovatelná.

Řešením tedy je optimálně hospodařit na plochách s rozdílnou produkční schopností v rámci pozemku. To však neznamená, že se dosáhne stejného výnosu na všech jeho částech (LUKAS a kol., 2010).

Precizní zemědělství je komplexní způsob obhospodařování krajiny, skládající se z několika dílčích prvků:

- Sběr vstupních dat (zjišťování stavu půdy a porostu – mapování)
- Analýza získaných dat (vytvoření aplikačních map)
- Provedení dané operace (hnojení, postřik pesticidy)
- Zhodnocení míry úspěšnosti (tvorba výnosových map) – (viz obrázek č. 1) (FIALOVÁ, 2017).



Obrázek č. 1 – Kruh precizního zemědělství, zdroj:

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/pdf/precizni_zemedelstvi.pdf, staženo dne: 20. 2. 2019“

1.2 Základní technologie precizního zemědělství

Základní principy precizního hospodaření přitom nejsou nové, prostorovou a časovou variabilitu půdních a porostních faktorů v rámci honů si pěstitelé uvědomovali již před staletími. Menší pozemky a jejich vymezení přirozenými hranicemi umožňovaly měnit zásahy manuálně. Se zvětšováním pozemků, intenzivní produkcí a mechanizací v polovině minulého století již nebylo možné zohledňovat prostorovou nevyrovnanost honů bez vývoje technologií. Mezi ty základní patří již zmíněné GNSS, geografické informační systémy (GIS), senzorová technika a aplikační ovládací prvky. Globální navigační satelitní systémy jsou nezbytným prvkem pro přesné určení polohy na zemském povrchu, neboť všechny informace s vazbou na prostorovou variabilitu musí mít přiřazeny souřadnice v daném souřadném systému.

Nejpoužívanějším navigačním systémem je americký systém GPS. Kromě něj buduje také své systémy Evropská unie (Galileo), Rusko (Glonass) anebo Čína (Compass/Beidou). Princip určení polohy je u všech podobný – na základě doby putování signálu vysílaného z družic je určena přibližná vzdálenost od koncového přijímače. Určení vzdálenosti minimálně od čtyř družic pak umožňuje stanovit polohu přijímače v prostoru s přesností v řádu několika metrů; tato služba je poskytována bezplatně.

Vyšší přesnosti je možné dosáhnout pomocnými technologiemi poskytujícími diferenční korekce přes satelitní systémy (EGNOS, Omnistar), pozemní referenční stanice (CZEPOS) nebo mobilní virtuální referenční systémy. S výjimkou EGNOS se jedná o placené služby nebo dodatečně pořízené technologie. Požadavek na úroveň přesnosti je dán typem pěstební operace – např. variabilní aplikace hnojiv nevyžaduje takovou přesnost jako kultivace plodiny naslepo.

Zpracování prostorových dat probíhá v geografických informačních systémech. Jedná se o desktopové nebo mobilní programy, které umožňují provádět sběr, zpracování, analýzy a export dvou základních typů dat – vektorů a rastrů. Vektorová data vyjadřují body, linie a polygony, rastry jsou obrazovými daty s definovanou nejmenší jednotkou – pixelem. Záznamy pojezdů strojů, vymezení hranic pozemků, mapy zásobenosti půdy živinami nebo výnosové mapy – to vše jsou prostorová data, která jsou vytvářena a zobrazována pomocí GIS. Zřejmě pro pěstitele

nejznámější GIS aplikací je webové rozhraní zpřístupňující registr půdy – iLPIS (pro farmáře), či pLPIS (pro veřejnost).

Senzorová technika umožňuje efektivní stanovení variability pozemku, jejíž zjištění je impulzem pro uplatnění metod precizního zemědělství. Senzory nahrazují nebo vhodně doplňují tradiční metody zjišťování půdních vlastností a hodnocení porostů polních plodin a snižují tak jejich nákladnost, operativnost a náročnost. Mezi nejpoužívanější patří senzory pro hodnocení spektrálních vlastností porostů cílené pro určení výživného stavu (N-sensor, N-tester, metody leteckého a družicového snímkování a další), pro měření hustoty porostů (CropMeter), pro mapování půdních vlastností (utužení půdy, měření elektrické vodivosti půdy, vlhkosti půdy) a mapování výnosů při sklizni. Jistě nikoho nepřekvapí, že uvedená měření jsou prováděna pomocí GNSS a data jsou zpracovávána v GIS.

Aplikační ovládací prvky slouží pro vlastní provedení diferencovaných zásahů. Na základě vstupní informace o intenzitě zásahu, tzn. aplikační mapy, umožňují plynulou změnu dávky hnojiva nebo postřiku, hloubky pracovního nářadí při zpracování půdy či automatickou navigaci mechanizace po pozemku (LUKAS a kol., 2010).

1.3 Mapování stavu porostů

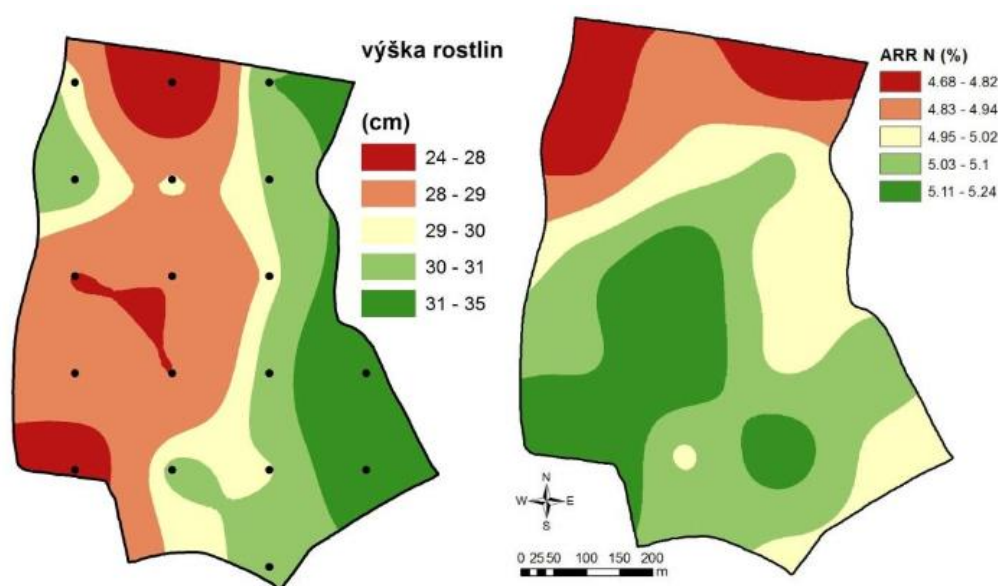
Variabilitu porostu ovlivňuje zejména heterogenita půdních podmínek, rozdílná intenzita obhospodařování pozemků a výskyt škodlivých činitelů. Zatímco řada půdních vlastností je z krátkodobého hlediska neměnná a jejich mapování je možné provést jednou za delší časové období, porostní parametry jsou mnohem dynamičtější a je nutné je sledovat několikrát během vegetačního období v závislosti na četnosti provádění pěstebních operací.

Pod rozdílnou intenzitou hospodaření lze spatřovat vliv nevyrovnaného a nevhodného zakládání porostů, hnojení, aplikace pesticidů, apod. Společně s biotickým poškozením rostlin tyto faktory prostorovou variabilitu zvyšují. To vše se projevuje na celkové nákladnosti a náročnosti mapování a je jedním z důvodů, proč jsou pro hodnocení porostů využívány nepřímé senzorové metody mnohem více než v případě mapování půdních vlastností (LUKAS a kol., 2011).

1.3.1 Tradiční metody sběru dat z pozemku

Metody tradičního mapování polních plodin se liší dle účelu použití. Pro stanovení výživného stavu je prováděn odběr rostlinného materiálu a následný laboratorní anorganický rozbor rostlin (ARR) s cílem korekce dávky hnojiv dle obsahu živin v rostlinách. Hodnocení porostů a kontrola výnosotvorných procesů je prováděna v rámci agrobiologické kontroly (ABK), jejíž podstatou je přesné sledování a kontrola růstu a vývoje rostlin v porostu na podkladě makrofenologických a mikrofenologických pozorování. Další tradiční metodou může být mapování zaplevelení formou terénního průzkumu, hodnocení poškození rostlin škůdci a chorobami a další postupy, které v kombinaci s prostorovou lokalizací mohou sloužit jako podklad pro variabilní aplikaci hnojiv a pesticidů.

Charakteristickým rysem je, podobně jako u vzorkování půdy, vysoká náročnost a nákladnosti tohoto způsobu mapování, proto je možné jej provádět jen na určitých místech - bodech pozemku. Celoplošné mapy sledovaného znaku jsou pak výsledkem prostorových interpolací z bodových dat. Také v tomto případě má zásadní roli hustota bodů měření, jejich rozmístění po pozemku a četnost pozorování (viz obrázek č. 2), (LUKAS a kol., 2011).



Obrázek č. 2 – Mapa výšky rostlin a obsahu N v porostu pšenice ozimé sestavená pomocí terénního průzkumu, zdroj:

http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/3_sber_dat.pdf,

„staženo dne: 20. 2. 2019“

1.3.2 Bezkontaktní metody sběru dat z pozemku

Bezkontaktní metodou je pak myšleno získávání dat pomocí senzorů připevněných na pozemních či leteckých nosičích, pracujících na principu dálkového průzkumu Země.

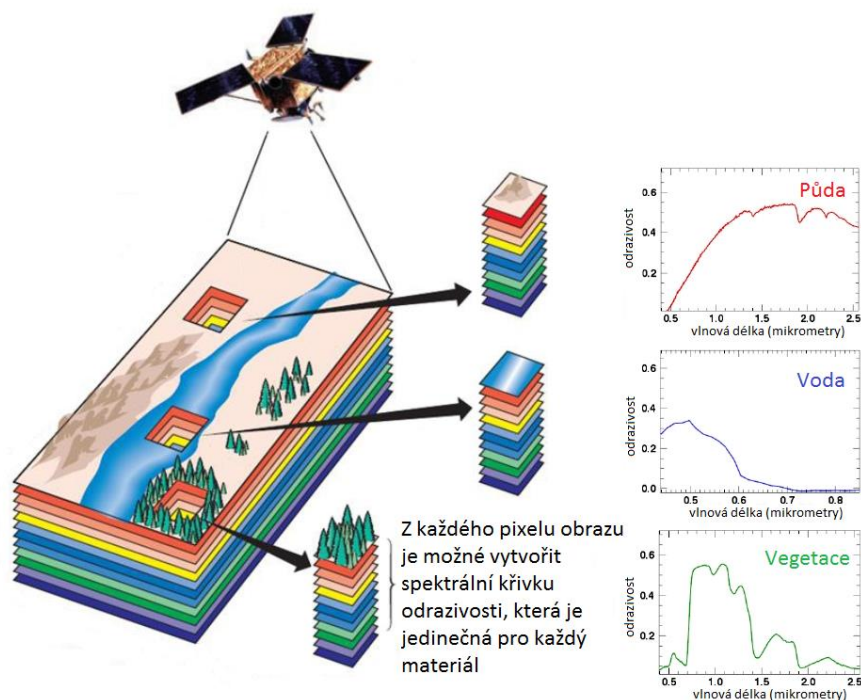
Dálkový průzkum Země (DPZ), znamená získávání informací na dálku, bez přímého kontaktu s pozorovanými objekty. Definice DPZ je mnoho nicméně všechny popisují jinými slovy stejnou věc. DPZ je způsob získávání informací o objektech prostřednictvím senzorů a snímků. Zpravidla se jako nosiče různých senzorů používají letadla a družice (FIALOVÁ, 2017).

DPZ se dělí na dvě části, a to na sběr dat a jejich přenos a na jejich analýzu a následnou interpretaci (ZEMEK a kol., 2014).

A další možné dělení je podle způsobu sběru dat. Jedná se buď o tzv. konvenční metodu, kdy výstupem jsou fotografie, nebo o nekonvenční metodu, kdy výstup je tvořen videozáznamem (SVATOŇOVÁ and LAUERMANN, 2010).

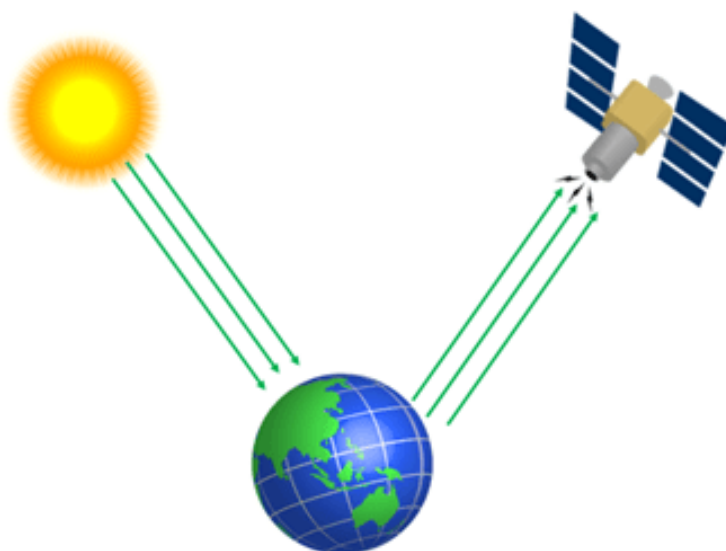
Každý objekt na Zemi je ovlivňován svým okolím a zároveň sám okolí ovlivňuje. Toto je charakteristické pro všechny objekty. Záleží na jejich typu, velikosti, barvě, teplotě atd.

Každý objekt se chová jinak a tím o sobě poskytuje určité informace. Tyto informace jsou do okolí předávány ve formě silového pole, respektive odraženého nebo vyzářeného elektromagnetického záření, které lze změřit. A právě měření elektromagnetického pole, je podstatou DPZ (viz obrázek č. 3), (ZEMEK a kol., 2014).

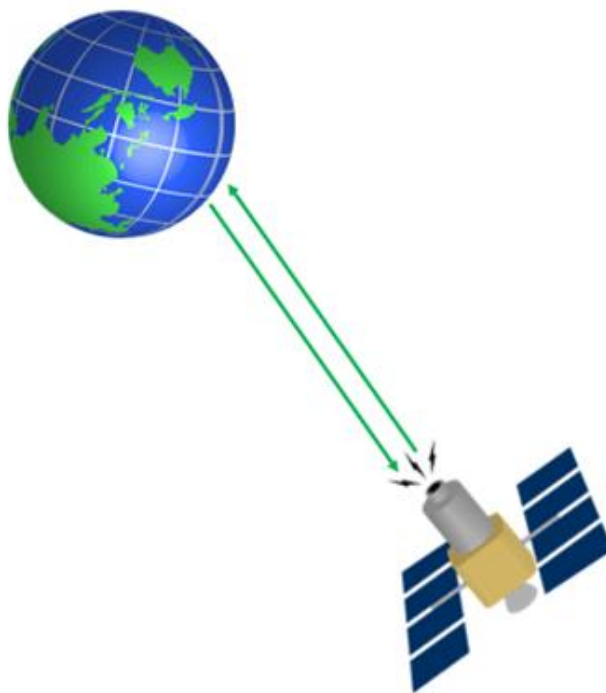


Obrázek č. 3 – Odras slunečního světla v závislosti na zemském povrchu, zdroj: <https://gisportal.cz/pondelky-s-esri-technologie-mi-specialni-analyzy-rastrovych-dat/>, „staženo dne: 24. 3. 2019“

Metody dálkového průzkumu dále dělíme na pasivní (viz obrázek č. 4), kdy zdrojem energie je Slunce a aktivní, kdy zdrojem energie je senzor (viz obrázek č. 5), (MAI, 2017).



Obrázek č. 4 – Pasivní způsob průzkumu půdy, zdroj: <https://i2.wp.com/grindgis.com/wp-content/uploads/2017/05/image-14.png>, „staženo dne: 24. 3. 2019“



Obrázek č. 5 – Aktivní způsob průzkumu půdy, zdroj:

<https://i1.wp.com/grindgis.com/wp-content/uploads/2017/05/image-15.png>, „staženo dne: 24. 3. 2019“

Částí elektromagnetického spektra je záření, které je viditelné pro lidské oko. Nicméně viditelná část tvoří jen zlomek celého elektromagnetického záření a pro dálkový průzkum Země jsou podstatné i jeho ostatní složky. Jednou z velmi často využívaných je např. blízké infračervené nebo mikrovlnné spektrum. Na druhou stranu, ultrafialové záření je používáno jen ve výjimečných případech, protože u něj dochází k velkému rozptylu v atmosféře (ZEMEK a kol., 2014).

Při sběru samotných dat je nutné pořizovat i tzv. doprovodná, popřípadě i doplňková měření. Doprovodná měření se zaznamenávají v průběhu samotného letu a jedná se např. o polohu letadla, jeho výšku, rychlost a úhel náklonu. To vše je měřeno pomocí inerciální měřicí jednotky (inertial measurement unit - IMU) a globálního navigačního satelitního systému. Tyto informace jsou nakonec použity pro korekci získaných dat do souřadnicového systému pro snadnější a přesnější zpracování.

Doplňkovými údaji jsou pak např. data zaznamenávající meteorologické podmínky, které by mohly ovlivnit měření. Pro ještě větší přesnost DPZ často probíhají tzv. podpůrná terénní měření, která probíhají na zemi. Do této kategorie patří např.

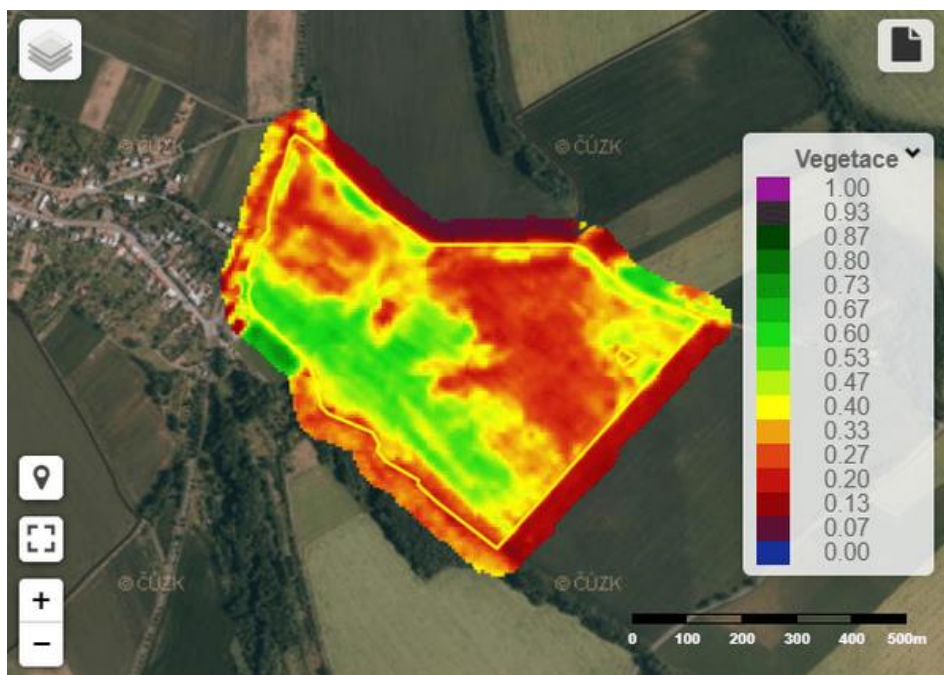
měření skutečné odrazivosti daného povrchu, přesná poloha vybraných kontrolních bodů, zaznamenávání místních meteorologických podmínek aj. To vše probíhá ideálně současně s leteckým sběrem dat, aby se zvýšila přesnost měření (ZEMEK a kol., 2014).

1.3.3 Aplikační mapa

Stanovení optimální dávky dusíku má pozitivní vliv na obsah bílkovin v zrna a na výnos. Porosty jsou vyrovnanější výnosově i kvalitativně. Tím, že aplikujeme pouze potřebné množství dusíku, se snižuje riziko ztrát povrchovým smyvem, vyplavením či únikem amoniaku a aplikovaný dusík je lépe využit. Rovněž můžeme snížit riziko poléhání obilovin.

Aplikace umožňuje zvolit ze dvou různých strategií tvorby aplikačních map, samozřejmě mimo uniformní hnojení. Agronom může podle stavu vegetace na pozemku (viz obrázek č. 6), nebo podle toho, o které hnojení se jedná (první, druhé...), využít možnost vytvořit aplikační mapu strategiemi, které nazýváme jakostní nebo vyrovnávací (viz obrázek č. 7).

Strategie „VYROVNÁVACÍ“ přidělí vyšší dávky hnojiv oblastem s méně vyvinutou vegetací a nižší dávky hnojiv oblastem s více vyvinutou vegetací. Na začátku sezóny aplikace hnojiv většinou volíme tuto vyrovnávací strategii, kdy pomáháme slabším rostlinám na našem poli a ubereme rostlinám, kterým se daří dobře. Při pozdějších hnojeních se už obvykle používá strategie „JAKOSTNÍ“, která podporuje místa s více vyvinutou vegetací vyššími dávkami hnojiva (CLEVERFARM, 2017).



Obrázek č. 6 – Dronem zjištěný stav vegetace na pozemku, zdroj:

<https://www.cleverfarm.cz/blog/tvorba-aplikacnich-map-s-moznosti-variabilniho-hnojeni>, „staženo dne: 26. 3. 2019“



Obrázek č. 7 – Vytvoření aplikační mapy N v závislosti na předchozím snímání pozemku dronem viz obrázek č. 6, zdroj:

<https://www.cleverfarm.cz/blog/tvorba-aplikacnich-map-s-moznosti-variabilniho-hnojeni>, „staženo dne: 26. 3. 2019“

1.3.4 Výnosová mapa

Výnos je možné vyjádřit množstvím sklizeného zrna na konkrétní ploše (viz obrázek č. 8). Ke stanovení výnosu je tedy nutné znát množství sklizeného zrna a sklizňovou plochu. Tvorba výnosových map na pozemku byla v roce 1990 jedna z prvních komerčně nabízených technologií v precizním zemědělství. V roce 2001 bylo jen v Severní Americe používáno více než 30 000 výnosových monitorů, které byly instalovány do různých typů sklízecích strojů (ŠIRŮČEK, 2014).



Obrázek č. 8 – Výnosová mapa zhotovená sklízecí mlátičkou New Holland, zdroj: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/practicke-zkusenosti-s-hlubokym-kyprenim-pudy>, „staženo dne: 26. 3. 2019“

Výnosová data mohou pomoci získat informace o variabilitě pozemku a výnosovém potenciálu v daném místě pozemku. Takto získané informace mohou sloužit pro další agronomické rozhodování z hlediska hodnocení efektivity lokálně cíleného hospodaření a jeho vlivu na výnos (ŠIRŮČEK, 2014).

Okamžitý výnos se zjišťuje pomocí měření hmotnostního nebo objemového toku vyčištěného zrna do zásobníku sklízecí mlátičky (viz obrázek č. 9). Okamžitý průtok materiálu je možno určit pomocí čidel mechanických, optických, kapacitních, nárazových a paprskových (KULANOVÁ, 2002).



Obrázek č. 9 – Vytváření výnosové mapy během sklizně sklízecí mlátičkou John Deere S780i,

1.4 Výhoda využití dronu

Výhody bezpilotních prostředků v zemědělství byly zřejmé již v minulosti s příchodem prvních dronů dostupných širší veřejnosti. Ale až nedávno tato technologie dozrála do stadia, kdy se dá hovořit o spolehlivém a v praxi denně nasaditelném zařízení, které spolupracuje s dalším technickým vybavením hospodářského podniku.

Primární využití dronů je multispektrální snímání a mapování pozemku (viz obrázek č. 10), další v současnosti používané zdroje těchto dat jsou satelitní snímky nebo snímky z pilotovaných letounů (JAMCOPTERS, 2018).



Obrázek č. 10 – Dron při mapování pozemku, zdroj:

<https://pixabay.com/cs/photos/drony-precizn%C3%AD-zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-plodiny-2734228/>,

„staženo dne: 24. 3. 2019“

Data z družic se vyznačují pokrytím rozsáhlého území na úkor nižší kvality (viz obrázek č. 11), zatím největší nevýhodou je ovšem neaktuálnost a stáří snímků, což je dáno intervalem přeletu družice nad konkrétním místem (navíc s podmínkou vhodné oblačnosti). Pilotovaný letoun přináší vyšší kvalitu dat (viz obrázek č. 12) a jejich sběr lze provést v poměrně krátké době od zadání požadavku, s tím jsou ovšem spojeny vysoké náklady na let.

Oproti těmto klasickým způsobům získávání dat je u dronu stále mírnou nevýhodou kratší letová doba, kdy při velké rozloze pozemku musí dron přistát pro výměnu pohonného akumulátoru. Technologie baterií jde ovšem stále dopředu a moderní stroje s vhodnou konstrukcí již dokáží ve vzduchu vydržet i několik hodin (JAMCOPTERS, 2018).



Obrázek č. 11 – Satelitní snímek, horší kvalita, zdroj:
<https://mapy.cz/letecka?x=14.3909667&y=49.2817570&z=20>,
„staženo dne: 25. 3. 2019“



Obrázek č. 12 – Snímek pořízený dronem, lepší kvalita

Hlavní devizou dronů je nejoperativnější charakter zemědělské inspekce-doba přípravy stroje je v řádech minut a pro každý let lze přesně zvolit nejvhodnější letové parametry a použité snímače. Po zadání cílové oblasti a parametrů snímkování

je vypočten optimální letový plán a celý let pak již probíhá automaticky. Letový plán lze uložit a kdykoliv znovu použít pro opakování snímkování v časových intervalech.

Let je limitován pouze meteorologickou situací, ale moderní drony dokáží letět i za takového počasí a viditelnosti, které by pro pilotovaný letoun představovalo zbytečný risk. Tyto vlastnosti, včetně možnosti náhledového zpracování snímků ihned na místě, přinášejí nejaktuálnější data o pozemku, na základě, kterých může zemědělec co nejdříve rozhodnout o následných opatřeních (což je dvojnásob důležité např. při napadení pole škůdci nebo při živelných pohromách). Při nízké výšce letu navíc mohou být pořízena data o rozlišení až 1cm/pixel, umožňující kvantifikaci jednotlivých rostlin, přesnou delineaci vegetace a pozemků nebo lokalizaci plevelů a parazitů (JAMCOPTERS, 2018).

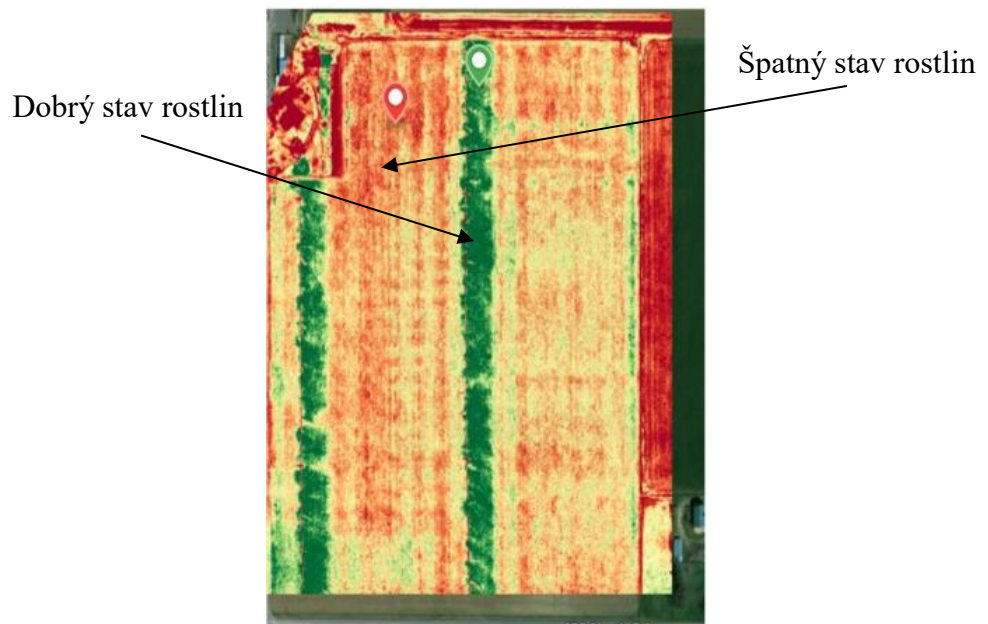
Využití dronů a bezpilotních letounů je již dnes možné (v rámci precizního zemědělství) pro monitoring půdy, rostlin, monitoring trasy traktorů či kombinovaných sklízeců, ale i přímo pro hnojení, ochranu pole či rostlin. Pokročilé drony jsou rovněž vybaveny technologií na multispektrální snímání zemědělské půdy. To umožňuje analyzovat stav půdy a kondici rostlin a zacílit zemědělskou činnost (hnojiva, pesticidy) přesně do těch míst, která je potřebují (viz obrázky č. 13, 14, 15, 16), (NOVÁK, a kol., 2018).



Obrázek č. 13 – Multispektrální kamera, RGB snímek pole, zdroj:

http://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/Musov_2019_Janousek.pdf,

„staženo dne: 25. 3. 2019“



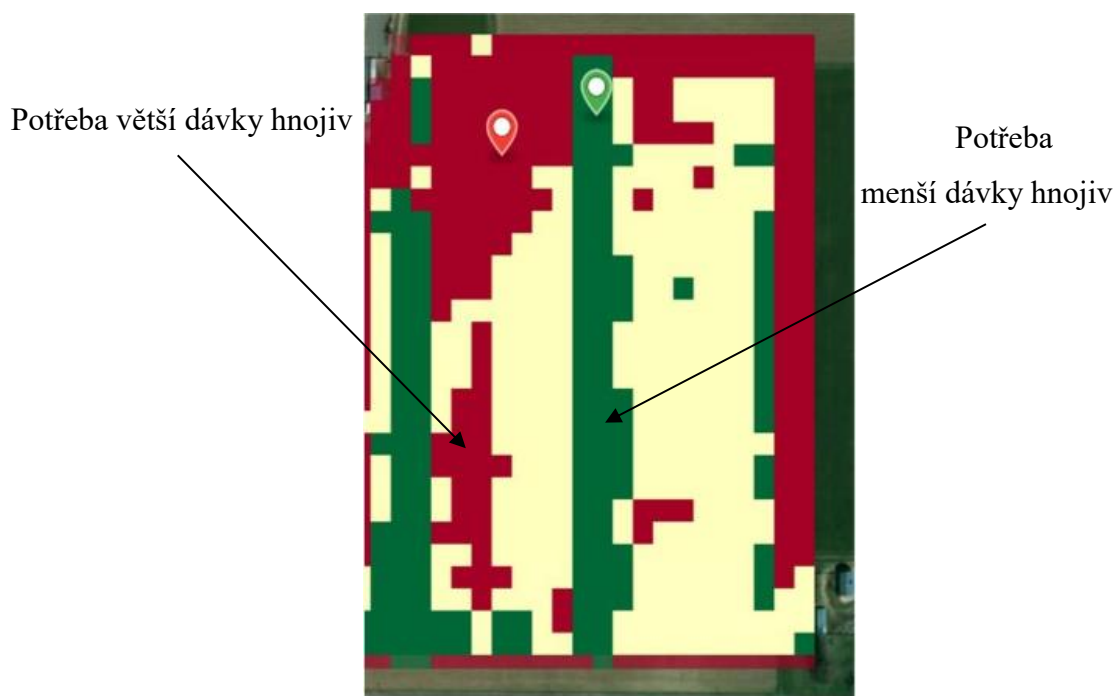
Obrázek č. 14 – Multispektrální kamera, NDVI index, který ukazuje zdravotní stav rostlin, zdroj:

http://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/Musov_2019_Janousek.pdf, „staženo dne: 25. 3. 2019“



Obrázek č. 15 – Multispektrální kamera, rostliny ve špatném zdravotním stavu, zdroj:

http://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/Musov_2019_Janousek.pdf, „staženo dne: 26. 3. 2019“



Obrázek č. 16 – Multispektrální kamera, model aplikační mapy, zdroj: http://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/Musov_2019_Janousek.pdf, „staženo dne: 26. 3. 2019“

Pro precizní zemědělství je potřeba nejen bezpilotní letoun s multispektrální kamerou pro pořízení snímků a navazující software pro analýzu získaných dat, ale samozřejmě také zemědělská technika, která na základě získaných údajů dokáže provést příslušný zásah. Snímkování pole a porostu probíhá s pomocí multispektrální kamery, která zaznamená široké spektrum vlnových délek, včetně těch, které nejsou viditelné prostým okem. Využívá se principu, že zdravé rostliny odráží světlo jiné vlnové délky než nemocné rostliny, nebo například různě kvalitní půda odráží světlo odlišných vlnových délek.

Multispektrální snímky mohou ukazovat například poškození plodiny v důsledku předávkování herbicidů, které vzniká třeba na souvrati, ale také podvýživu rostliny. Výhodou je v konečném důsledku i větší šetrnost k životnímu prostředí. Drony lze také využít při kontrole vinic, kde sledují úroveň vlhkosti, nemoci nebo poškození hmyzem. V lesnictví pak pomáhají třeba v Kanadě nebo Norsku s mapováním kalamit nebo úspěšnosti zalesňování (NOVÁK, a kol., 2018).

1.5 Legislativa

Zákon o civilním letectví z roku 1997 žádné drony neuvažoval a do budoucna se počítalo jen s modeláři. Proto je nutnost získat licence ÚCL vyžadována jen u strojů těžších než dvacet kilogramů. Jenže jak vývoj směřuje k prudké miniaturizaci, tak drony se zavěšenou kamerou dnes mohou vážit i méně než jeden kilogram. Některé členské státy Evropské unie přijaly národní legislativní pravidla pro schvalování a udělování licencí pro drony lehčí než 20 kg.

Tyto země učinily tyto kroky ve snaze umožnit a mít pod kontrolou provoz dronů na národní úrovni. Nevýhodou těchto kroků je neschopnost v rámci EU využít výhod vzájemného uznávání licencí. Tímto krokem se tak omezují celoevropské aktivity pro výrobce a provozovatele dronů.

Stávající schvalovací postupy neposkytují spojitý rámec s nezbytnými právními zárukami z hlediska bezpečnosti, ochrany soukromí a spolehlivosti. I přes nedostatky v národních a evropských pravidlech se drony objevují v praxi. Navíc technické a provozní požadavky jsou nutné pro usměrňování vývoje dronů (BAHENSKÝ, 2015).

1.5.1 Doplněk X –Bezpilotní systémy

Obecně provoz bezpilotních systémů v České republice upravuje zejména Doplněk X-Bezpilotní systémy. Návrh znění Doplněku X ve své první verzi byl poprvé veřejnosti prezentován v květnu roku 2008 v rámci leteckého předpisu L 2, Pravidla létání. Tento doplněk už s miniaturními drony počítá, na rozdíl od zákona o civilním letectví. Doplněk X je soustředěn do předpisu L 2 z důvodu užívání jednotných pravidel provozu a sdílení společného vzdušného prostoru.

Doplněk X obsahuje základní společná pravidla a požadavky pro bezpilotní systémy. Provozní omezení pro bezpilotní systémy jsou zásadní pro zajištění bezpečnosti ostatního letového provozu a ochranu osob a majetku na zemi. Zároveň představují ucelený návod pro uživatele pro bezpečné provozování bezpilotního systému. Text Doplněku X od té doby prochází mnohými úpravami, zejména po připomínkách veřejnosti, které jsou důležitým předpokladem pro jeho finalizaci. I přes neustálé připomínky není text z pochopitelných důvodů stále úplný a konečný.

Pořád dochází k novým zkušenostem s provozem bezpilotních systémů a vývoji národních a mezinárodních předpisů, podle kterých je Doplněk X dle potřeb doplňován a upravován. Přesto by měl být stanoven zákon, který by tuto problematiku obsahoval ve větším měřítku než právě Doplněk X.

Tento doplněk řadí bezpilotní letadla a drony do čtyř kategorií podle vzletové hmotnosti. Jedná se o kategorii do 0,91 kg, od 0,91 kg do 7 kg, mezi 7 – 20 kg a poslední je kategorie nad 20 kg. U každé kategorie se liší povinnosti a podmínky, za kterých lze létat. V příloze 1 a v příloze 2 jsou znázorněny prostory, ve kterých se jednotlivé drony dle kategorií mohou pohybovat. Zatím co u rekreačního létání s malými drony jsou omezení minimální, veškeré komerční aktivity vyžadují povolení k létání od ÚCL, získání licence pro dron i pilota a také platné pojištění.

Dron musí být neustále v dohledu. Při létání podle obrazu z kamery musí být zajištěn člověk, který dron sleduje fyzicky. Před každým letem se dron musí zkontrolovat a neustále by se měl sledovat stav baterie. Někteří zákazníci, kteří si dnes kupují drony jako své nové hobby, občas narušují zakázaná letová pásma. Především je výslovně zakázáno létat nad lidmi a obydlenými oblastmi bez povolení.

Protože lidé bohužel tyto pravidla vůbec neznají, natož přísné bezletové zóny nad elektrárnami, továrnami, důležitými památkami a významnými budovami, vznikají konfliktní situace. Proto je důležitým aspektem, na který by měl být v současné době kladen důraz, osvěta ohledně dodržování předpisů a bezpečnosti provozu dronů. Kdy pravidla musí platit pro všechny bez výjimky, a ti kteří je porušují, nesmí uniknout potrestání (BAHENSKÝ, 2015).

1.5.2 Úprava legislativy

Jedním z aktuálních témat současného trhu bezpilotních leteckých technologií je vyvážení dynamického rozvoje UAV technologií. Je nutné při zvyšující se dostupnosti UAV prostředků a komponent zachování společensky přijatelné míry rizik provozu. Nové normy musí svými požadavky pokrývat chráněné zájmy občanů především pak bezpečnost, pojištění, spolehlivost a ochranu soukromí a údajů. Cílem je zároveň dosáhnout stanovení pravidel pro regulaci trhu při zachování požadovaných záruk bezpečnosti. Nové standardy by měly obsahovat striktní pravidla zajištění bezpečnosti, přísné kontroly ochrany soukromí a dat, kontroly zajištění bezpečnosti a právní rámec pro závazky a pojištění.

V lednu 2015 se ve sněmovním podvýboru pro ochranu soukromí začalo debatovat, zda je aktuální právní úprava v ČR v oblasti dronů dostatečná z hlediska ochrany soukromí a jak případně zákony ohledně dronů změnit. Ochrana soukromí je bouřlivým rozvojem bezpilotních letounů ohrožena a lze předpokládat, že si lidé na situace, kdy budou sledováni, budou časem stěžovat. Cílem debat je zasadit provoz dronů do přesně stanovených norem. Bude muset dojít ke změnám v zákoně o civilním letectví a pravděpodobně i v ochraně osobních údajů.

Ve zvažovaných úpravách by se mělo do zákona o civilním letectví umístit jednoznačný odkaz na zákon o ochraně osobních údajů. Jelikož příprava zákona trvá dlouho a technologický vývoj je rychlejší, je proto snaha dávat změnám zákona obecný rámec a nechat konkrétní provozování na pravidlech nižší úrovně (např. vyhláškách), které lze rychleji změnit a upravit.

Další úprava by se měla týkat povinnosti prodejců uvádět v dokumentaci výrobku nebo dávat k výrobkům leták s upozorněním na nutnost respektovat soukromí. Navíc stanovit pro každého majitele dronu s hmotností nad 500 gramů povinné pojištění za případnou škodu. Stanovit minimální výšku letu nad cizím soukromým pozemkem je jedním z dalších bodů, který by mohl pomoci správnému rozvoji bezpilotních dronů.

Zákony na ochranu soukromí jsou v České republice velmi přísné, a proto je pořizování záznamů z kamer dronů omezeno pouze na soukromé použití. Při umístění videa na internet nebo při jiné formě zveřejnění je nutné vymazat části záznamu nebo rozmazat obličeje lidí, kteří byli zachyceni na záznamu bez jejich přímého souhlasu. V opačném případě hrozí pokuta od Úřadu na ochranu osobních údajů.

Úřad pro ochranu osobních údajů vydal v roce 2014 aktualizované stanovisko vztahující se na vpád dronů do soukromí a jejich provoz. Stanovisko udává, že každý provozovatel bezpilotního dronu pořizující záznam, musí po ukončení letu prověřit, zda nedošlo k zachycení jiných fyzických osob. Pokud k takovému zachycení došlo, je provozovatel povinen tento záznam zlikvidovat. V současné době v ČR za stávajících podmínek působí pouhá desítky profesionálních provozovatelů bezpilotních leteckých prostředků. Zavedením mnoha restriktivních omezení, by však vedlo k ignorování přísné legislativy a další expanzi černého trhu. Ve Spojených

státech je například legislativa pro využití dronů v zemědělství tak přísná, že farmářům se vyplatí provozovat drony načerno.

Vycházejí z předpokladu, že stát není schopen všechny zemědělce hlídat a následně pokutovat. Podobné potíže s drony v zákonech mají i v dalších zemích, kde jsou tyto letouny už daleko víc rozšířené mezi lidmi než v Česku. Na rozšíření dronů reagovala i Evropská komise, která zahájila v roce 2014 dokumentem D 122 přípravu legislativy pro regulaci bezpilotních letadel pro civilní využití. Vyšší bezpečnosti bude dosaženo pravidelnými kontrolami povinností všech zúčastněných stran, které se budou podílet na provozu dronů. Každý, kdo si pořídí dron musí znát pravidla a musí být připraven řešit námitky osob, jejich snímky byly pořízeny třeba i náhodně (BAHENSKÝ, 2015).

1.5.3 Postup k získání licencí

Pokud někdo chce létat s bezpilotním prostředkem za úplatu, tzn. Když fotografie nebo video z letu bude prodávat nebo používat pro vlastní komerční činnost, musí splnit určité podmínky k získání povolení provozovat letecké práce. Nejprve je nutné získat povolení k létání letadla bez pilota na palubě. Obecný postup se skládá z následujících kroků:

- Podání žádosti včetně příloh
- Vyhodnocení dodaných dokumentů
- Zaplacení správního poplatku
- Vydání rozhodnutí o povolení k létání s omezením
- Podání žádosti o odstranění omezení
- Přezkoušení teoretických znalostí a praktických dovedností pilota, fyzická kontrola systému
- Výzva k zaplacení správního poplatku
- Rozhodnutí o vydání/nevydání povolení k létání letadla bez pilota

Podání žádosti a příloh musí obsahovat:

- Vyplněný formulář
- Barevnou fotografii bezpilotního prostředku
- Blokované schéma zapojení palubní elektroinstalace
- Bezpečnostní dokumentaci s řešením nouzových postupů

- Provozní příručku, kopii osvědčení o uzavření pojištění odpovědnosti
- Postupy zajišťující bezpečnost (ochrana před protiprávními činy) a doklady o vlastnictví.
- Po získání povolení k létání letadla bez pilota na palubě sice můžeme s dronem létat, nicméně stále nejsme oprávněni k létání za úplatu.

V případě, že zamýšleným účelem provozu bezpilotního systému je provozování leteckých prací (§ 73 leteckého zákona) se obecný postup k získání tohoto povolení skládá z následujících kroků:

- Podání žádosti včetně příloh
- Vyhodnocení dodaných dokumentů
- Výzva k zaplacení správního poplatku
- Vydání rozhodnutí o vydání/ nevydání povolení k provozování leteckých prací

Celkové poplatky za vyřízení všech potřebných povolení jsou okolo 22 400 Kč. Výpočet je znázorněn v tabulce č. 1. V České republice se o pojištění dronů stará především společnost Allianz, která nabízí roční sazbu pojistky pro ČR okolo 8 000 Kč a pro Evropu 9800 Kč⁵. Výše správních poplatků pro získání povolení k létání jsou 4 400 Kč a správní poplatek pro získání povolení k provozování leteckých prací je 10 000 Kč. Ukázka poplatků (viz tabulka č. 1), (BAHENSKÝ, 2015).

Tabulka č. 1 – Poplatky za vyřízení

Správní poplatky k povolení létání s bezpilotním letadlem	4 400 Kč
Pojištění	8 000 Kč
Správní poplatek k povolení provozování leteckých prací	10 000 Kč
Celkem	22 400 Kč

zdroj: <http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/budu-chtit-provozovat-bezpilotni-letadlo-jak-postupovat>, „staženo dne: 26. 3. 2019“

1.6 Rozdělení dronů

Drony můžeme rozdělit podle nejrůznějších způsobů, dají se rozdělovat dle účelu využití, vzdálenosti doletu, rychlosti, kterou je dron schopen vyvinout, velikosti dronu, konstrukce, jakou je dron postaven a dají se rozdělit mnoha dalšími způsoby. Nejpoužívanější rozdělení dronu je podle konstrukce dronu.

1.6.1 Letoun

Zvláštním druhem komerčních dronů jsou letouny s křídlem, dalo by se říct letouny klasické konstrukce (viz obrázek č. 17). Bavíme-li se o komerčních dronech, jsou určeny pouze pro monitorování, mapování a fotografování. Je to dáno tím, že tyto typy bezpilotních prostředků v sobě mají „napevno“ umístěny fotoaparáty nebo jiné senzory. Jejich multifunkčnost je tedy nízká. I když se výrobci i zde snaží, aby tyto drony byly více variabilní. Multifunkčnosti se v případě „křidel“ dosahuje podstatně hůř, než je tomu u multikoptér. Vzlet probíhá dvěma způsoby:

- z odpalovací rampy - přes spoušť na dálkové ovládání se po natažení lana a jeho uložení na letadlo odpálí. Ihned, jak letoun opustí rampu, se zapnou motory a stroj tak snadněji nabere požadovanou výšku a rychlost
- hodem z ruky - jednodušší metoda, pilot zapne motor a hodem z ruky nabere letoun požadovanou výšku a rychlost, ovšem pomaleji než v případě odpálení z rampy. Většina těchto bezpilotních prostředků létá podle nastavených letových plánů automaticky (s využitím GPS a možností let přerušit či ukončit). Tyto letové trasy se dopředu naplánují a pošlou do letounu bezdrátově. Tyto systémy jsou schopny vzhledem ke své hmotnosti a letu v jedné letové hladině vydržet ve vzduchu až 1 hodinu na jednu baterii (BARČÁK, 2017).



Obrázek č. 17 – Letoun, zdroj: <http://www.dronmania.cz/sensefly-ebee-pilna-vcelka-ze-svycarska/>, „staženo dne: 6. 2. 2019“

1.6.2 Vrtulník

Vrtulník patří stejně jako letoun do definice létajících prostředků těžších než vzduch a je také nadnášen aerodynamickými vztlakovými silami. Na rozdíl od letounu má však vrtuli rotující horizontálně a nemusí se proto neustále pohybovat vpřed, protože vrtule vytváří vztlak na místě. Nežádoucí rotaci je pak zabráněno malou ocasní vrtulí, která se pohybuje vertikálně, a zároveň se její pomocí ovládá vrtulník do stran, nebo se používají dva rotory umístěné nad sebou s opačnou rotací.

Řízení vrtulníku je o něco náročnější. Zpravidla je opatřen celou řadou stabilizačních systémů. Když vysadí motor, vrtulník padá přímo k zemi, protože není aerodynamicky stabilní jako letoun. Když pilot včas nastaví záporný náběh listů rotoru, rotor během klesání může nabrat dostatečné otáčky, aby setrvačnost pilotovi umožnila relativně bezpečné přistání (viz obrázek č. 18), (FIALOVÁ, 2017).



Obrázek č. 18 – Vrtulník využívaný pro aplikaci pesticidů v precizním zemědělství, zdroj: [https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1536&bih=731&tbm=isch&sa=1&ei=xnNtXOckF4eeULaEmqgJ&q=dron+vrtulnik+aplikace+pesticidu&oq=dron+vrtulnik+aplikace+pesticidu&gs_l=img.3...19145.25305..25561...0.0..0.96.1231.19.....0....1..gws-wiz-img.ThEiFqGnjg#imgrc=SrLFnjL_ZKTYdM](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1536&bih=731&tbm=isch&sa=1&ei=xnNtXOckF4eeULaEmqgJ&q=dron+vrtulnik+aplikace+pesticidu&oq=dron+vrtulnik+aplikace+pesticidu&gs_l=img.3...19145.25305..25561...0.0..0.96.1231.19.....0....1..gws-wiz-img.ThEiFqGnjg#imgrc=SrLFnjL_ZKTYdM;);, „staženo: dne 6. 2. 2019“

1.6.3 Multikoptéry

Multikoptéra je koptéra neboli vrtulník s kolmým startem a přistáním, k čemuž mu slouží určitý počet motorů a vrtulí. Na rozdíl od klasické helikoptéry s jedním hlavním rotorem má rotorů hned několik. Pro běžné a nekomerční využití převládá nabídka kvadrokoptér. Nejčastěji se vyskytující jsou multikoptéry o následujícím počtu vrtulí:

- 4 kvadrokoptéra (viz obrázek č. 19)
- 6 hexakoptéra (viz obrázek č. 20)
- 8 oktokoptéra (viz obrázek č. 21)

Při uložení vrtulí na ramenech drona vždy platí, že sousední vrtule se točí vždy opačným směrem. Vrtule mohou být rovněž uloženy proti sobě, tzn. že na čtyřech ramenech může být osm vrtulí.

Čím větší je počet vrtulí/motorů, tím více stoupá výkon, tím více je stroj stabilnější ve vzduchu. Rovněž je větší jeho bezpečnost přistání, pokud dojde

k poškození některého motoru. Výhoda multikoptér spočívá v tom, že je možné je užívat jak k manuálnímu létání, tak k automatickému létání podle předem nadefinovaných letových plánů. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že mají ve vzduchu menší výdrž než letouny s křídlem.

Důvodem je jejich větší hmotnost a také to, že v každém okamžiku musí bojovat s gravitací a nemůže využít vztlak křídla nebo termiku. Vydrží tak ve vzduchu méně než letoun s křídlem (BARČÁK, 2017).



Obrázek č. 19 – Kvadroptéra, zdroj: <https://www.electroworld.cz/dji-mavic-pro-kvadroptera>, „staženo dne: 6. 2. 2019“



Obrázek č. 20 – Hexakoptéra, zdroj: <https://www.czc.cz/yuneec-hexakoptera-dron-typhoon-h-advance-s-kamerou-cgo3-4k-ovladac-wizard/210489/produkt>,

„staženo dne: 6. 2. 2019“



Obrázek č. 21 – Oktokoptéra zdroj:

<http://bazar.coptershop.cz/cz/bazarVypis/tarot-iron-man-1000-mm-heavylift-oktokoptera-ram-a-podvozek-10767>, „staženo dne: 6. 2. 2019“

2. Cíl práce

Cílem práce je vyhodnocení dronu v konkrétních podmínkách zemědělského podniku v ČR a odpovědět na otázky:

1. Má tato technologie prokazatelný vliv na úsporu nákladů?
2. Má tato technologie vliv na výnos kulturní plodiny?

V práci se zaměřím na:

1. Sledování a vyhodnocení použití dronů
2. Náklady na pořízení technologie a její návratnost
3. Odpovím na otázky z cílů této práce
4. Zhodnotím výsledky a uvedu závěry pro praxi

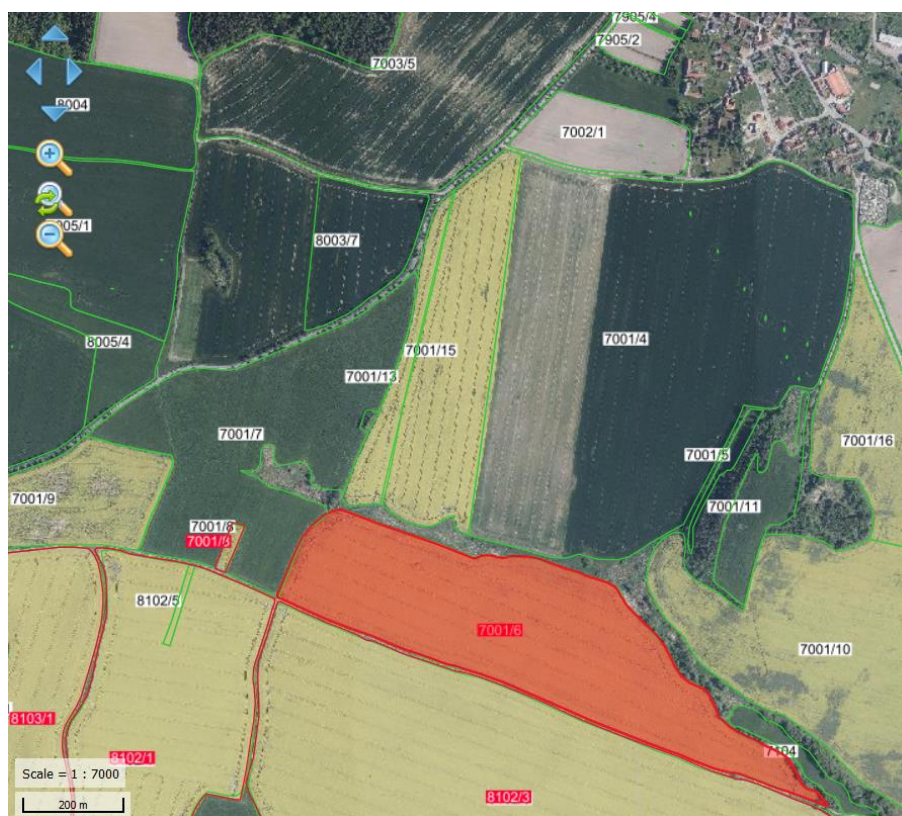
3. Metodika

Monitorování pozemku dronem, kde byla zasetá pšenice ozimá, proběhne v Jihočeském kraji, poblíž města Týn nad Vltavou, a to u obce Chrást'any. Monitorování pozemku mi umožní pan Ing. Miroslav Daňhel, který je vlastníkem firmy DAŇHEL AGRO a.s. se sídlem v Týně nad Vltavou. Firma disponuje nejmodernější technikou, proto nebyl problém nalézt zde sklízecí mlátičku, která je vybavena moderní technologií, a tak nebude problém s vytvořením výnosové mapy. Monitorování bude probíhat od zasetí plodiny až po sklizení plodiny, celkem bude sedm monitorování pozemku. Monitorování pozemku zajistí vlastník a provozovatel dronu Tomáš Míka, použitý dron na toto monitorování bude DJI Mavic air Drone. Sklizeň plodiny bude provedena sklízecí mlátičkou John Deere S680i Hillmaster. Po sklizení pšenice ozimé bude sklízecí mlátičkou John Deere vytvořena výnosová mapa. Ve finální části této práce bude výnosová mapa porovnána se snímky pozemku, pořízenými z dronu během vegetačního období.

3.1 Výběr pozemku

Pozemek pro monitorování dronem byl vybrán po domluvě s panem Daňhelem. Snažili jsme se vybrat takový pozemek, aby byl členitý a různorodý z důvodu pestrosti natáčení. Také rozloha pozemku byla důležitým faktorem, protože dron má omezený letový čas kvůli baterii, konkrétně dron, který jsme využívali měl kapacitu baterie na 20 minut letu, a tak bylo důležité vybrat takový pozemek, aby byl dron schopen ho nasnímat za jeden přelet nad pozemkem. Po tomto zvážení faktorů pan Daňhel vybral pozemek, který jsme mohli snímat.

Pozemek se nachází v Jihočeském kraji poblíž Týna nad Vltavou, a to přesně u obce Chrášťany. Jedná se o parcelu číslo 7001/6 o rozloze 20,13 ha (viz obrázek č. 22). Tato parcela je ideální pro snímání, celý pozemek je na mírném svahu a na spodní straně pozemek končí až u vodního toku, který obtéká celou spodní úvrať a tak bude možné zde pozorovat rozdíl mezi horní částí pozemku kde by mělo být mnohem méně vody než, na spodní části.



Obrázek č. 22 – Snímaný pozemek, zdroj:

<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>, „staženo dne: 28. 3. 2019“

3.2 Použitá technika

K snímání pozemku byl použit 4 rotorový Dron od firmy DJI (Dà-Jiāng Innovations) a to konkrétně model Mavic air (viz obrázek č. 23).

Technická data dronu:

- Kamera 4K
- 3 osý stabilizátor
- Senzorovým systémem FlightAutonomy 2.0
- Letová doba 20 minut
- Ovládání vysílačem nebo mobilním telefonem
- Hmotnost 430g
- Vnitřní paměť 8 GB
- Tvorba 3D mapy
- Pořizovací cena 21 990,- Kč



Obrázek č. 23 – Použitý Dron DJI Mavic Air



Obrázek č. 24 – Ovládací zařízení dronu s připojeným mobilním telefonem

Ke sklizení pšenice ozimé z pozemku byla použita sklízecí mlátička John Deere S680i Hillmaster, kterou vlastní pan Daňhel a je to zároveň nejnovější a nejvýkonnější mlátička v jeho firmě (viz obrázek č. 25).



Obrázek č. 25 – Sklízecí mlátička John Deere S680i Hillmaster

3.3 Monitorování pozemku

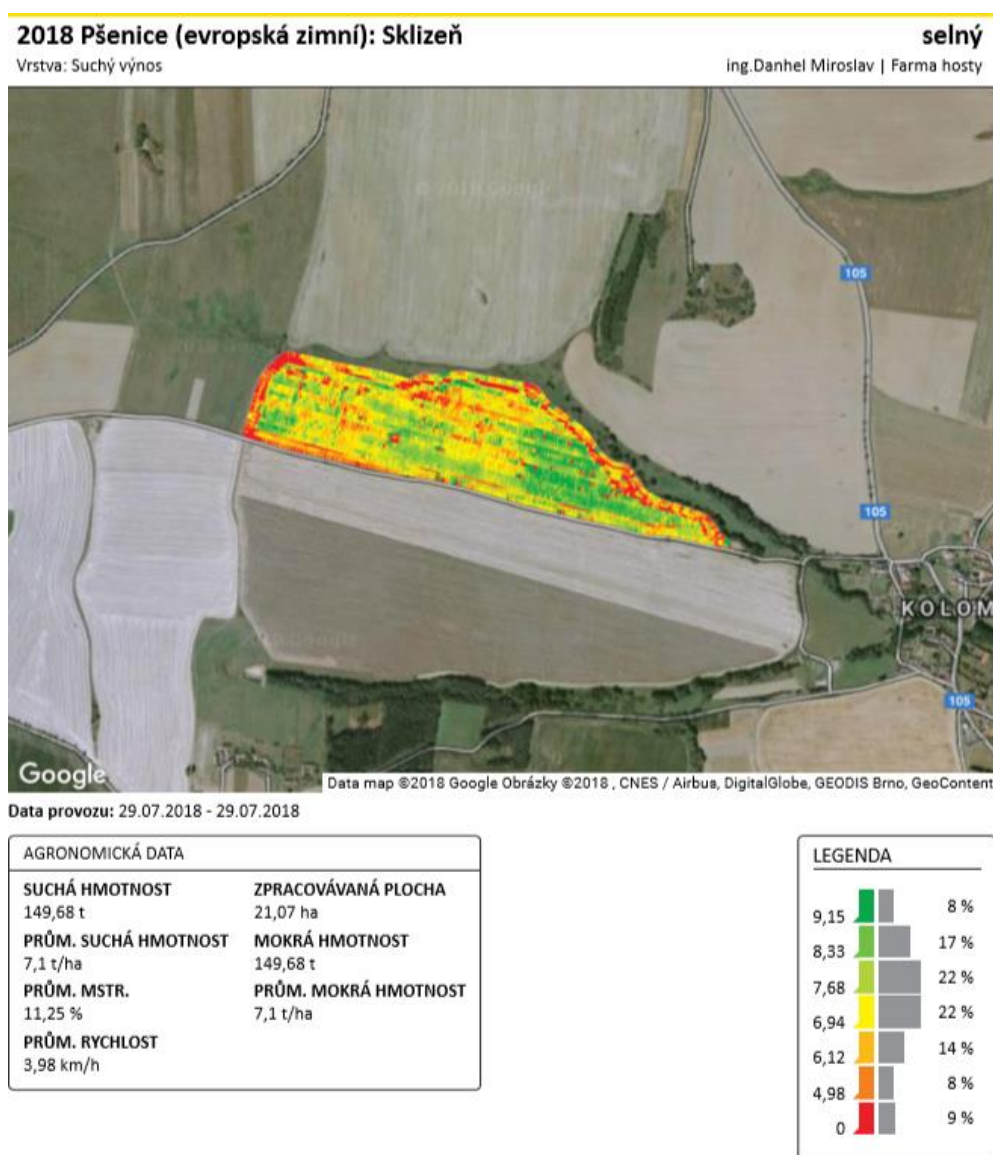
Celkově byl pozemek sedmkrát monitorován, a to v období od vzejití pšenice až po sklizeň. Pozemek byl vždy monitorován jako celek a pak se monitorovala jednotlivá místa detailněji, v závislosti na tom jak a v kterých místech pšenice nevzešla nebo byly rostliny v horším stavu než okolní rostliny. Nyní při porovnání snímků pořízených z dronu během vegetačního cyklu pšenice a výnosové mapy (viz obrázek č. 26), kterou vytvořila sklízecí mlátička můžeme určit kritická místa na pozemku a zda by se mohlo špatnému zdravotnímu stavu rostlin předejít včasným agronomickým zásahem, nebo zdali jsou na tomto pozemku místa, kde žádný agronomický zásah nepomůže, a proto se v těchto místech omezí použití chemických přípravků, kvůli snížení nákladů.

4. Vlastní práce

Monitorování probíhalo u pana Ing. Miroslava Daňhela, který je majitelem firmy Daňhel AGRO a obhospodařuje v rámci rostlinné výroby 2 500 ha. Na této výměře pěstuje převážně pšenici, ječmen, kukuřici, řepku a mák. Veškerá produkce ze zemědělských komodit činí 12 500 tun ročně. Pouze 100 ha z celkové výměry je využíváno jako pastvina pro masný skot.

4.1 Porovnání snímků

Snímky pořízené z dronu jsou porovnávány s výnosovou mapou, kterou vytvořila sklízecí mlátička John Deere S680i Hillmaster (viz obrázek č. 26).

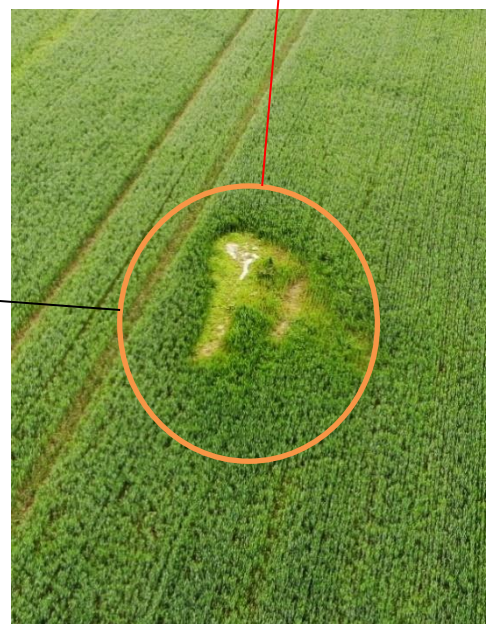
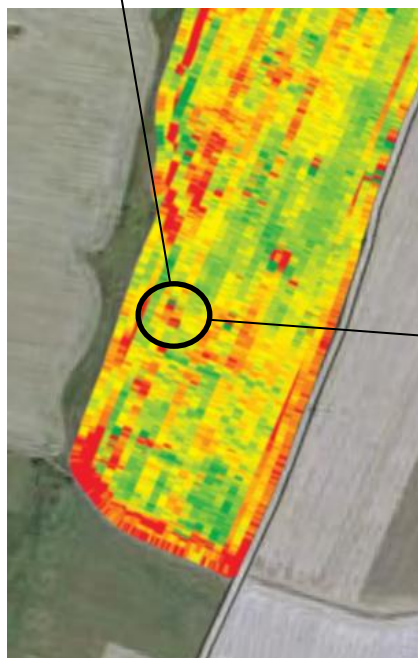


Obrázek č. 26 – Výnosová mapa vytvořena sklízecí mlátičkou John Deere S680i Hillmaster

Již z prvního monitorování pozemku, které proběhlo po vzejití pšenice bylo patrné, že pozemek není vyrovnaný a stejnorodý. Jsou zde vidět místa, která sečí stroj nezasel, a to z důvodu nepřesného setí a také jsou zde vidět kameny nebo kus skály a v těchto místech také nebyla pšenice ideálně nebo vůbec zasetá. Také je zde vidět rozdílná vlhkost na pozemku. Z prvního monitorování pozemku je také dobře vidět meliorační systém, který jen pod celým pozemkem a podle monitorování dronem je vidět, že meliorační systém funguje. Při porovnání prvního snímkování s výnosovou mapou jsou již všechny tyto problémy patrné a viditelné (viz obrázky č. 27, 28).



Obrázek č. 27 – Celkový pohled na pozemek



Obrázek č. 28 – Výnosová mapa a detail snímku

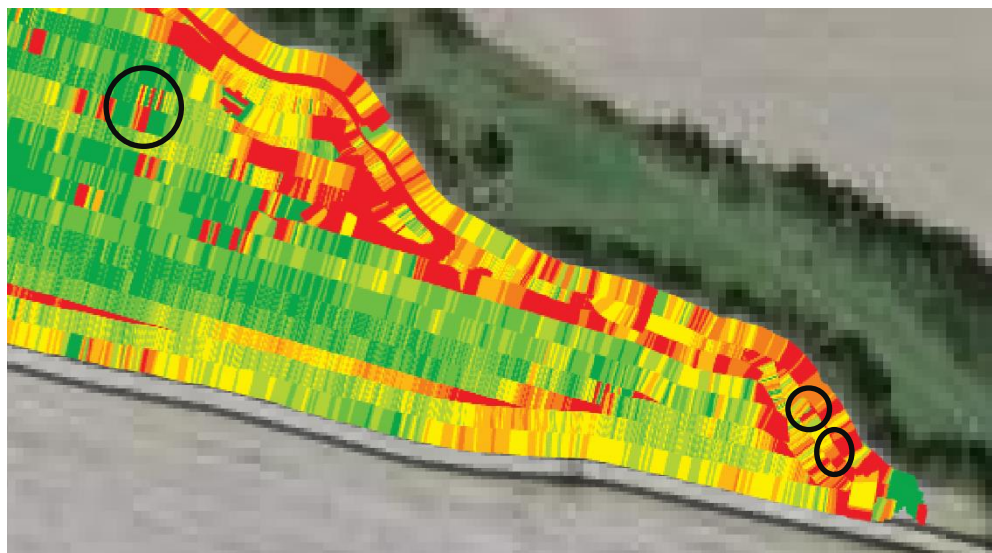
Z obrázku č. 27 je patrné že na vybrané části pozemku je místo kde není vzešla pšenice, po bližším přeletu drona je vidět že zde je odhalen kus skály. To to místo na pozemku se projevilo i ve výnosové mapě. V tomto místě se tedy upraví aplikační mapa, aby se zde zbytečně neplývalo chemickými přípravky na ochranu rostlin.

Dále na snímkách pořízených z dronu můžeme rozpoznat nepřesné setí, a to přesně nedosetí na spodní úvrati, kde pozemek nemá ideální tvar obdélníku, ale zužuje se zde a tím je dosévání úvrati náročnější na přesnost. Zde si můžeme všimnout dvou nepřesností v osévání úvrati a jednoho větší kamene. V pravé části je patrné, že secí stroj byl přizvednut nad kámen, a tak nebyl pozemek v okolí kamene ideálně osetý. (viz obrázek č. 29).



Obrázek č. 29 – Dvě nezasetá místa a kámen, který znemožnil ideální zasetí

Z výnosové mapy je patrné že i tyto nepatrné a zdánlivě přehlédnutelné nedostatky měli vliv na výnos kulturní plodiny (viz obrázek č. 30).



Obrázek č. 30 – Výnosová mapa, vliv na výnos

Při celkovém pohledu na pozemek si nejde nevšimnout nejtmačejších míst na pozemku, tyto místa znázorňují nejvíce zamokřená místa na pozemku (viz obrázek č. 31). Na první pohled se zdá, že na pozemku jsou narušené nebo úplně přerušené meliorační systémy. Při bližším prozkoumání dronem bylo zjištěno, že meliorace by měli fungovat tak, jak mají.



Obrázek č. 31 – Celkový pohled na pozemek

Pokud se podíváme podrobněji na zamokřené místo, které je znázorněno na obrázku č. 32, uvidíme že meliorační systém tím to zamokřeným místem prochází. Z toho je patrné že meliorační systém v tom to místě funguje, může být ovšem špatně

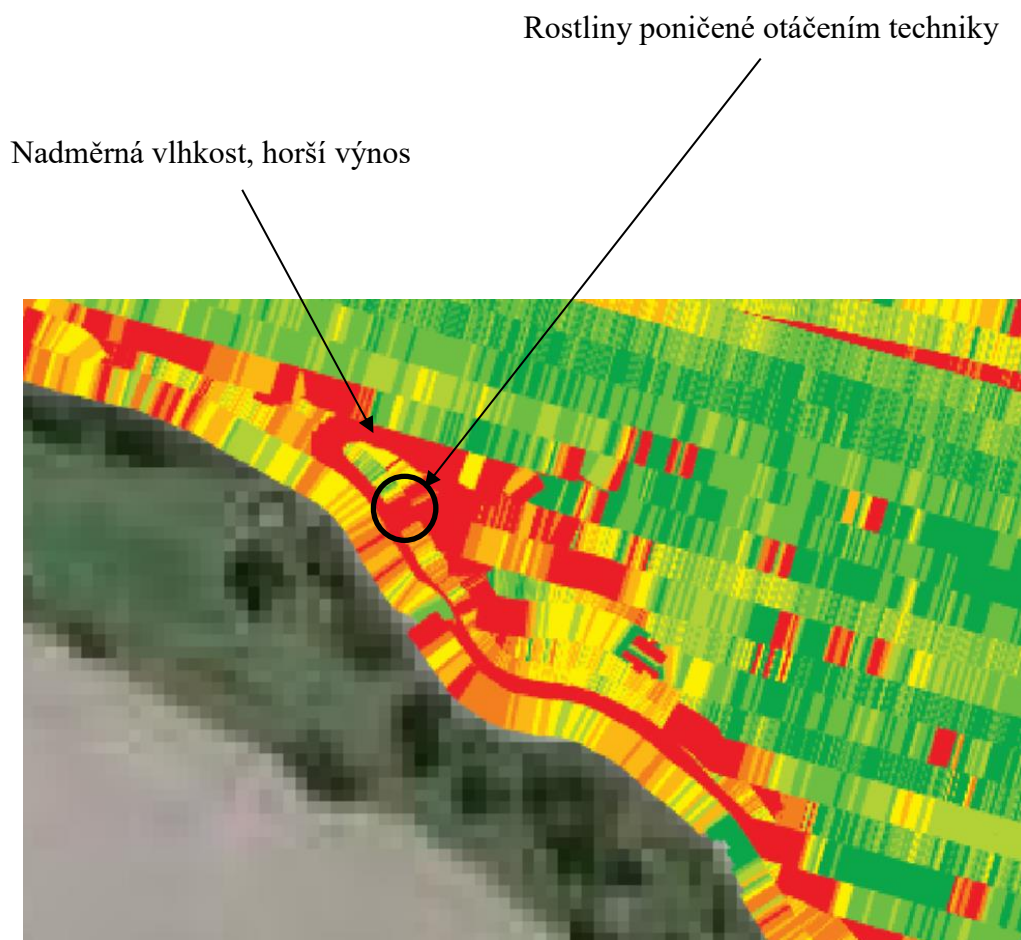
průchozí vlivem vniknutých cizích těles a v tom to důsledku může špatně odvádět vodu z pozemku.

Dalším možným vysvětlením tohoto zamokřeného místa je abnormální velikost srážek v daném místě. Meliorační systém by nestihl odvést vodu z pozemku a pozemek by zůstal takto zamokřen. Ovšem během růstu pšenice nebyly zaznamenány žádné abnormální srážky v okolí Chrást'an, a tak zamokřené místo na pozemku musí způsobovat špatně fungující meliorační systém.



Obrázek č. 32 – Detail zamokřeného místa

Pokud obrázek č. 32 porovnáme s výnosovou mapou, můžeme vidět, jak velkou roli hraje vlhkost pozemku na výnosu kulturní plodiny. Na výnosové mapě je také patrné, kde se otáčí technika aplikující chemické přípravky (viz obrázek č. 33).



Obrázek č. 33 – Výnosová mapa

Z dalšího snímání pozemku je patrné, že vlhkost, která byla vidět při prvním monitorování se na stejném místě nemění a zůstává stejná (viz obrázek č. 34) z toho důvodu by se v těchto místech měla ubrat dávka hnojiv kvůli větší úspoře nákladů. V takových to podmínkách není rostlina schopna zužitkovat hnojivo, které se na ni aplikuje. Dále je z monitorování patrné, že i když se pro ochranu rostlin používají nejmodernější technologie precizního zemědělství tak dochází k částečnému přestříkávání porostu postřikovačem, přestřík postřikovače není velký, ale na snímkách porostu je to znatelné (viz obrázek č. 35).

Zamokřené místo



Obrázek č. 34 – Monitorovaný pozemek, zamokřené místo

Přestřík postřikovače



Obrázek č. 35 – Přestřík postřikovače

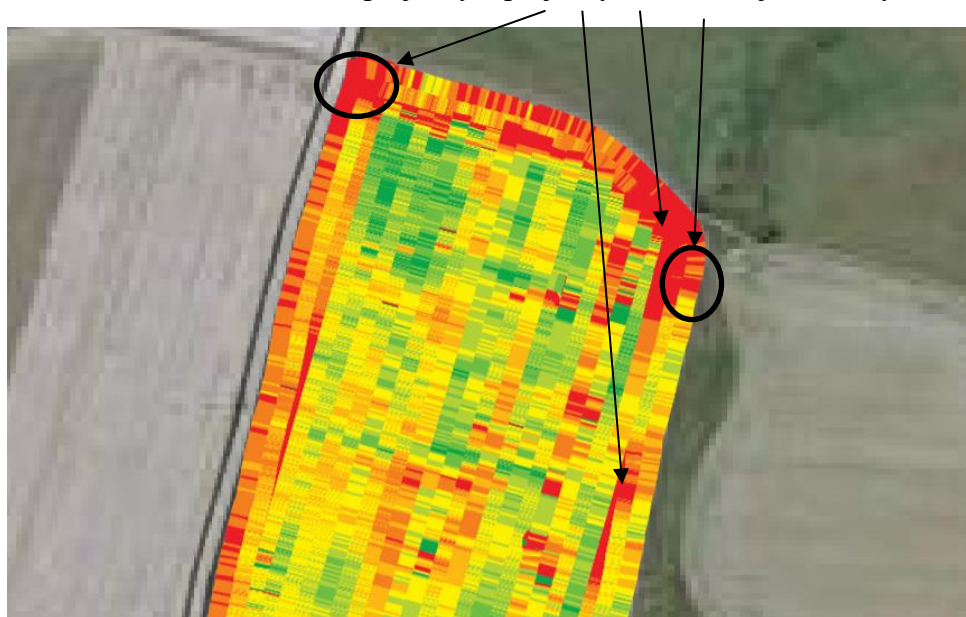
Nejen zamokřená místa na tomto pozemku značně ovlivňují výnos kulturní plodiny, ale z monitorování pozemku je znatelné že i nadměrné přejezdy v kolejových řádcích, a hlavně mimo kolejové řádky výrazně ovlivňují výnos (viz obrázek č. 36, 38). Na výnosové mapě jsou ty to místa dobře viditelná (viz obrázek č. 37, 39).

Nadměrné přejezdy a přejezdy mimo kolejové řádky



Obrázek č. 36 – Kolejové řádky

Nadměrné přejezdy a přejezdy mimo kolejové řádky



Obrázek č. 37 – Kolejové řádky

Neosetá místa na pozemku



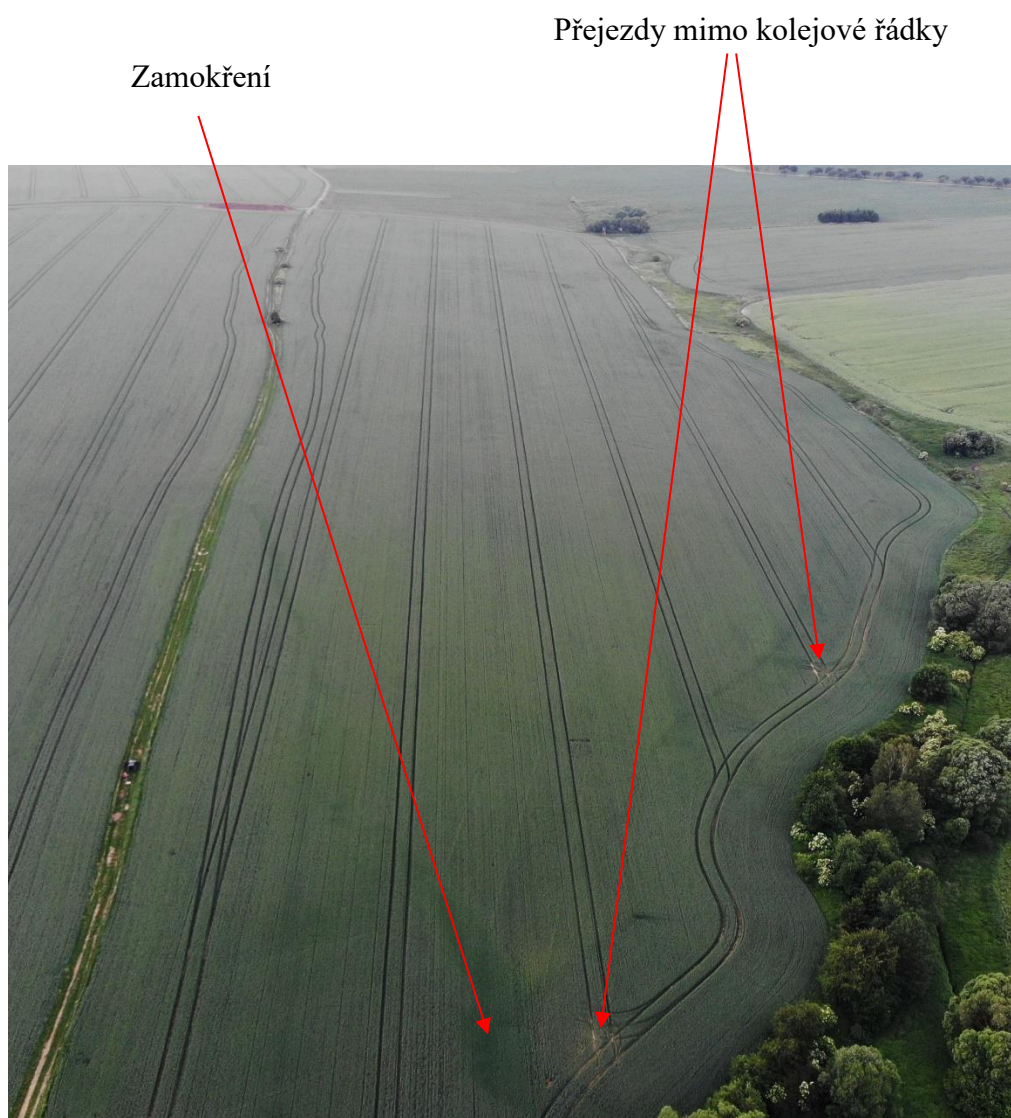
Obrázek č. 38 – Kolejové řádky, nadměrné přejezdy mimo kolejové řádky

Nadměrné přejezdy mimo kolejové řádky



Obrázek č. 39 – Kolejové řádky

Na dalším snímku jsou jasně patrná místa, kde je porost pšenice horší oproti ostatním částem pozemku. Pšenice zde hůře vzchází, a proto by chtělo během přihnojování pšenice zde zvýšit dávku hnojiv, aby místa se slabším porostem dohnala ostatní části pole nebo se aspoň zlepšila v rámci možností pozemku. Při celkovém pohledu na pozemek z pohledu dronu (viz obrázek č. 40), tyto místa nejsou tolik patrná. Na obrázku č. 40 jsou dobře rozpoznatelná jenom zamokřená místa na pozemku a přejezdy mimo kolejové řádky, které se dají pozorovat od prvních snímků pořízených dronem, jinak pozemek vypadá vyrovnaně. Ovšem při bližším přeletu drona blíže nad porostem se tyto slabší místa dají lehce rozpoznat (viz obrázek č. 41).



Obrázek č. 40 – Celkový pohled na pozemek

Nízká hustota porostu



Obrázek č. 41- Detailní pohled na část porostu

Na obrázku č. 41 je dobře vidět, jak v tomto místě pšenice málo nebo skoro vůbec nevzešla, a proto by zde bylo potřeba včas agronomicky zasáhnout, aby nebyl ohrožen výnos plodiny v tomto místě. Při porovnání tohoto snímku s výnosovou mapou je patrné, že v tomto místě nebyl výnos skoro žádný (viz obrázek č. 42).

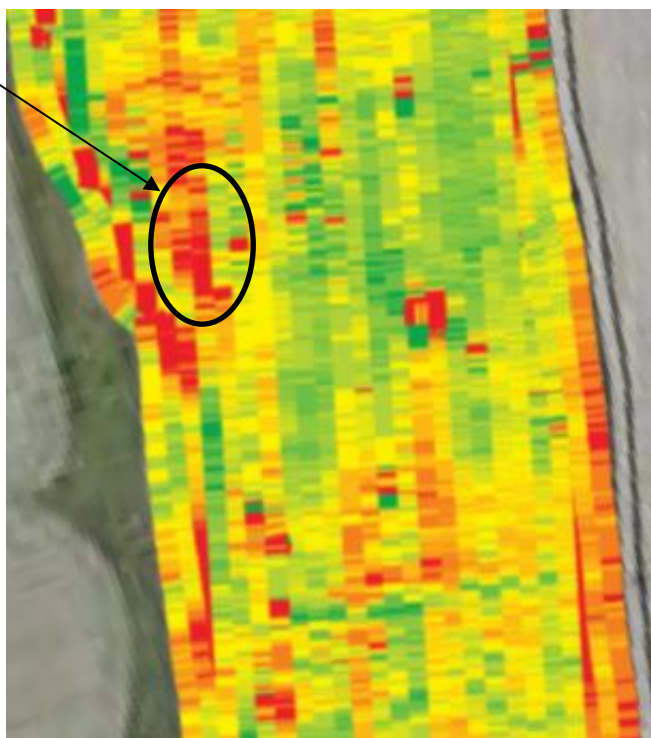


Obrázek č. 42 – Výnosová mapa, projevení nízké hustoty porostu na výnosu

Na obrázku č. 43 je vidět skoro totožný stav pozemku jako na obrázku č. 41 s tím rozdílem že na tomto obrázku je plošný rozsah mnohem větší. A také při porovnání s výnosovou mapou je patrné že toto místo pozemku mělo větší dopad na výnos kulturní plodiny (viz obrázek č. 44).



Obrázek č. 43 – Detail pozemku, horší hustota porostu



Obrázek č. 44 – Výnosová mapa, detail

Monitorování pozemku pomocí dronu je rychlé a efektivní, snímky z výšky poskytují mnohem lepší přehled a více informací. Snímky z družic nedosahují takových kvalit jako snímky z dronu a jsou velmi časově omezené. A pouhý pohled ze země na kraji pole nám toho o celkovém stavu porostu také moc neprozradí (viz obrázek č. 45, 46).



Obrázek č. 45 – Pohled na pozemek z kraje pole



Obrázek č. 46 – Pohled z protějšího svahu, také moc neprozradí

Během dalšího monitorování pozemku se začínají zamokřená místa projevovat na porostu pšenice, pšenice v těchto místech dozrává pomaleji, je to vidět na zelenější barvě porostu a také v těchto místech začíná být patrné polehání rostlin (viz obrázek č. 47). Také nadměrné přejezdy mimo kolejové řádky se začínají čím dál více projevovat na porostu.



Obrázek č. 47 – Celkový pohled na dozrávající plodinu

Nadměrné přejezdy mimo kolejové řádky a špatný zdravotní stav rostlin je hodně zřejmý také na zadní úvrati pozemku. Při porovnání snímku s výnosovou mapou je na první pohled jasné že zde byl velmi nízký výnos (viz obrázky č. 48, 49). Zde bylo potřeba agronomicky zasáhnout a pokusit se tak redukovat špatný zdravotní stav porostu na úvrati.

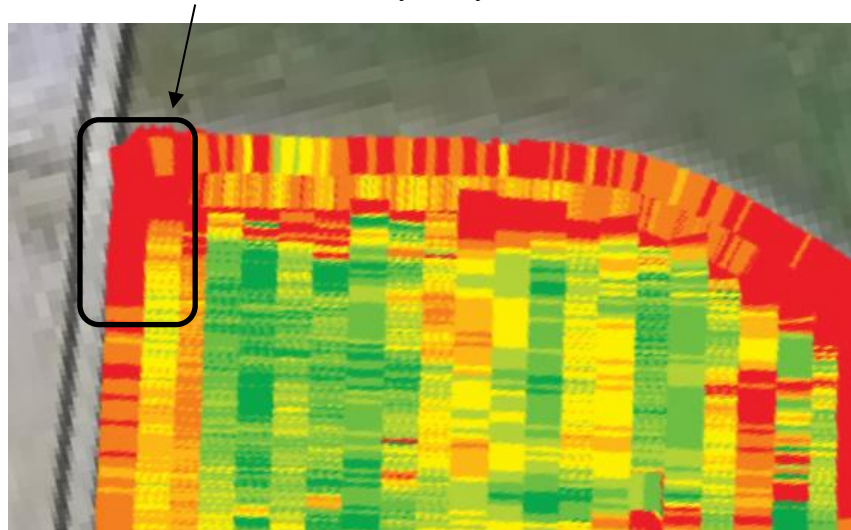
Vtékající močůvka na pozemek z vedlejšího hnojiště



Obrázek č. 48 – Špatný zdravotní stav rostlin na úvrati

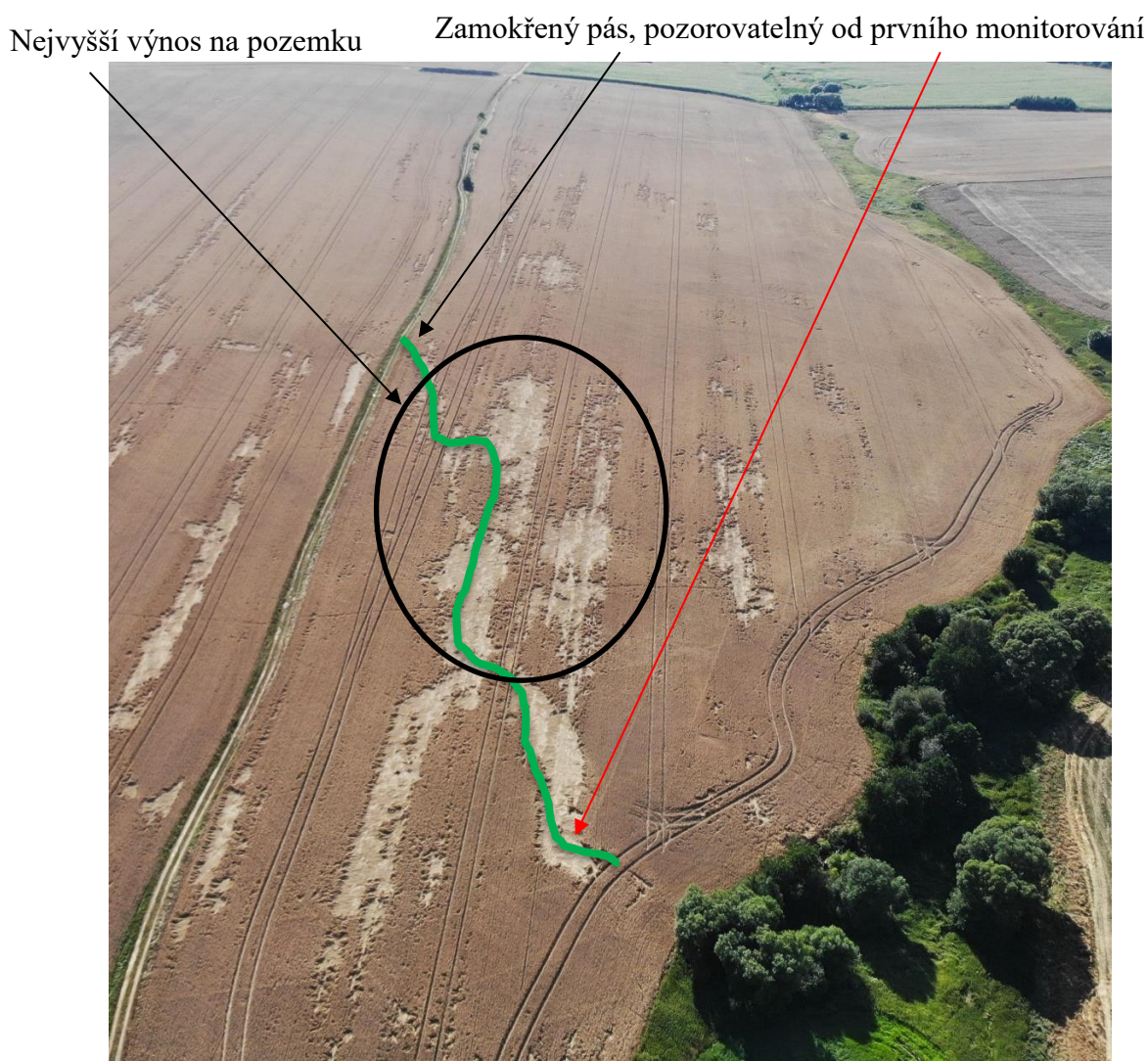
Na obrázku č. 48 to není zcela patrné, ale vlevo od horní úvratě se nalézá velké hnojiště a močůvka z hnojiště stéká rovnou přes cestu na úvrat' snímaného pozemku a zde negativně ovlivňuje růst pšenice (viz obrázek č. 49).

Dopad příliš velkého množství močůvky na výnos



Obrázek č. 49 – Výnosová mapa, horní úvrat'

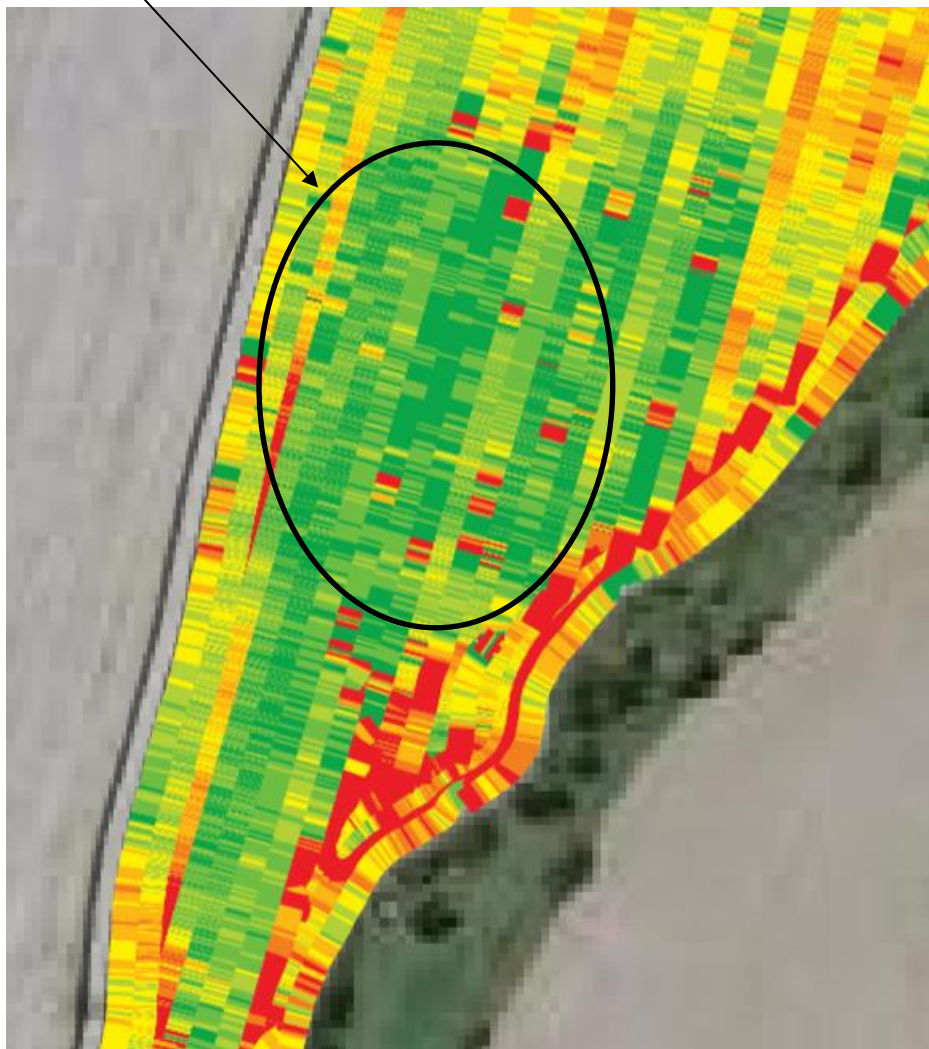
Na posledním monitorování pozemku před sklizní je dobře viditelné, jak porost na mnoha místech polehal (viz obrázek č. 50). Porost polehal zejména na místech, které v předchozích monitorováních vykazovali známky zamokření, na vině by mohl být abnormální srážkový spád v této oblasti, ovšem žádná velká srážková událost se zde během růstu neodehrála. Samotné rostliny se během růstu nevykazovali žádným přerůstáním ani nějakými chorobami, výška rostlin během růstu odpovídala klasickým rozměrů pšenice ozimé, a tedy, nebyl důvod aby rostliny polehly v důsledku nadměrné výšky stébla. Polehnutí tedy mohl způsobit velký vítr a nebo je důvodem polehnutí rostlin špatně fungující meliorační systém, který nedostatečně odvádí vodu z pozemku a proto v zamokřených místech rostliny polehly. Nejvíce polehlých ploch je v okolí vlhkého pásu, který prochází částí pozemku, takže polehnutí rostlin je nejspíš způsobeno špatně fungujícím melioračním systémem.



Obrázek č. 50 – Polehaný porost

Při porovnání obrázku č. 50 s výnosovou mapou je zajímavé, že část zamokřeného porostu, který polehl je zároveň částí pozemku kde byl zjištěn největší výnos z pozemku (viz obrázek č. 51).

Největší výnos



Obrázek č. 51 – Výnosová mapa, detail

Je to nejspíše způsobeno tím, že porost polehl těsně před provedením sklizně a také dobře zvoleným způsobem sklizně. Jak můžeme vidět na obrázku č. 52, díky použití zvedáků, vhodné techniky a zručnosti obsluhy sklízecí mlátičky se povedl pozemek v oblasti polehaného obilí sklídit téměř stejně kvalitně jako stojatý porost. Po sklizni pšenice není na strništi patrné, že zde byl porost polehlý.

Zde byl polehlý porost



Obrázek č. 52 – Dobře sklizený polehlý porost

Kvalitu sklizně polehaných porostů potvrzuje téměř bezztrátová sklizeň v oblasti polehaných porostů. Na ploše cca 15 x 15 cm jsem našel minimální ztráty, a to přesně jedno zrno (viz obrázek č. 53).

Ztráta jedno zrno



Obrázek č. 53 – Ztráty v polehané části pozemku

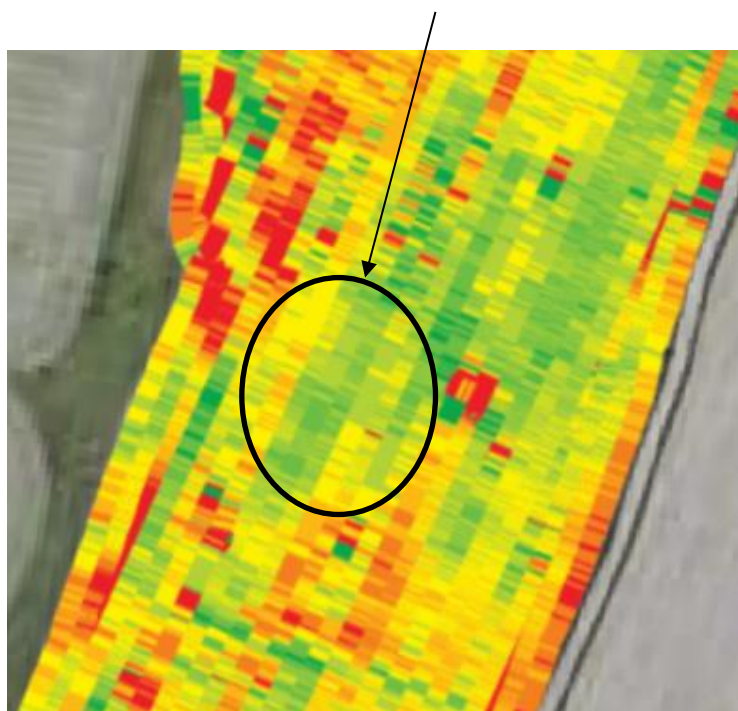
Při pohledu na druhou polovinu pozemku je dobře viditelné, že v místech, kde meliorace funguje bez problému rostliny nepolehaly (viz obrázek č. 54). Na tomto snímku jsou dobře rozpoznatelná meliorační pera, která odvádí přebytečnou vodu z pozemku pryč. Při srovnání snímku pozemku s výnosovou mapou je zde vidět také velký výnos, oproti ostatním částem pozemku (viz obrázek č. 55).

Naznačení melioračních per



Obrázek č. 54 – Ukázka melioračních per

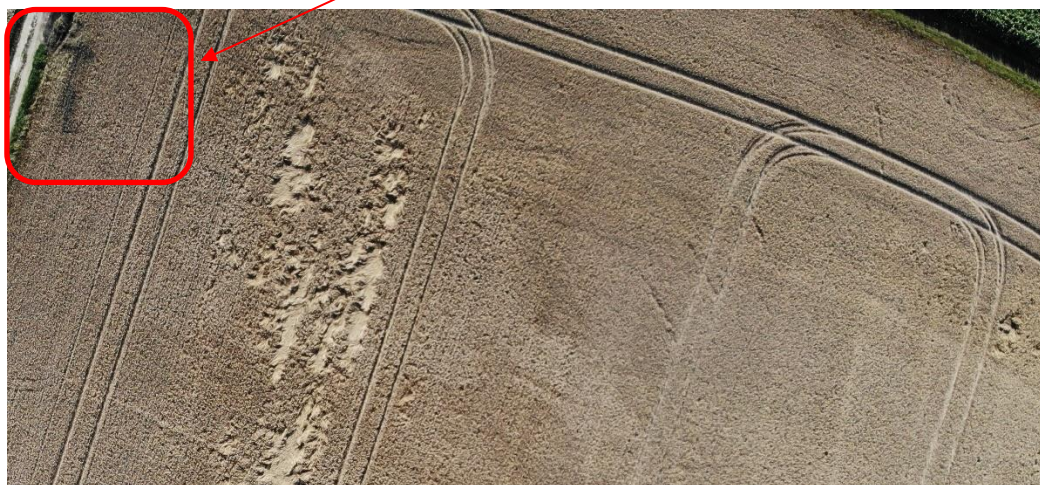
Oblast s viditelně fungující meliorací a dobrým výnosem



Obrázek č. 55 – Výnosová mapa, detail

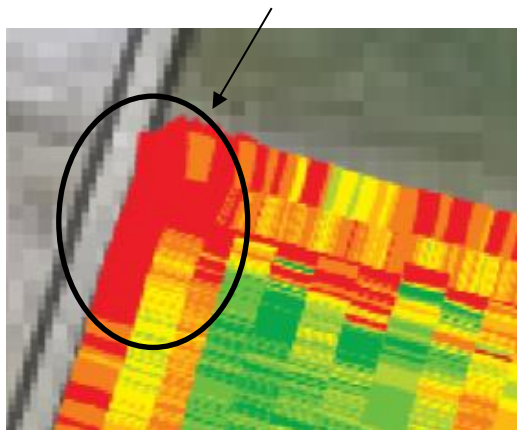
Na obrázku č. 56 je patrné, jak nevhodné umístění velkého hnojiště na vedlejším pozemku negativně ovlivnilo barvu pšenice na horní úvrati a při porovnání snímku s výnosovou mapou zjistíme, že vytékající močůvka ovlivnila nejen barvu pšenice ale hlavně výnos (viz obrázek č. 57).

Rostliny negativně ovlivněné vtékající močůvkou



Obrázek č. 56 – Detail úvratě, kam vtékala močůvka z hnojiště

Zde vtékala močůvka na pozemk



Obrázek č. 57 – Ovlivnění výnosu vtékající močůvkou

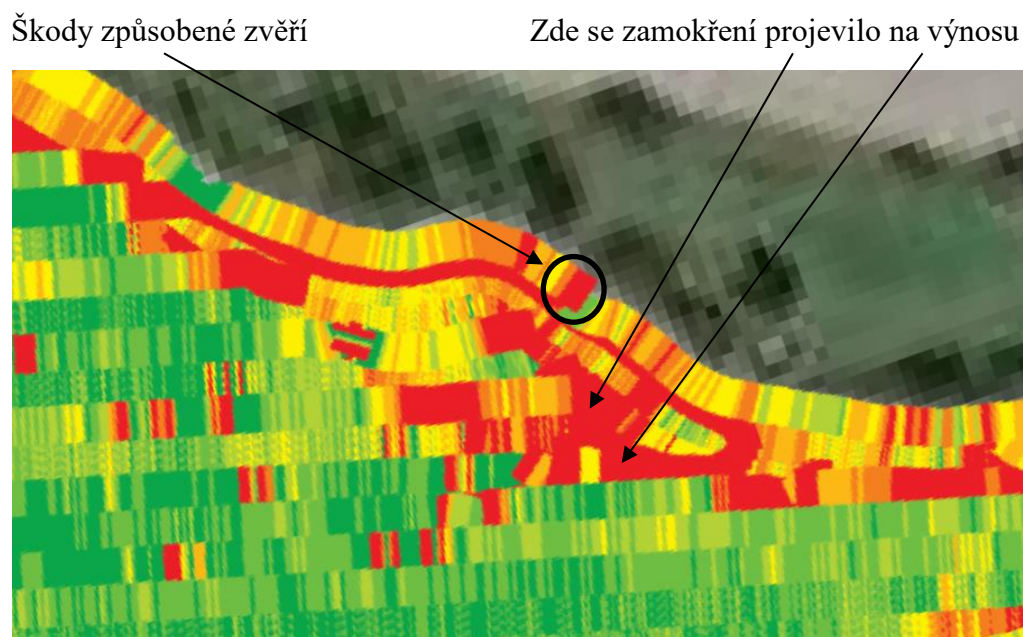
Na obrázku č. 58 je vidět nejmokřejší místo na pozemku, je to místo kde podle snímků meliorační systém není funkční nebo dobře průchozí a v tomto důsledku zde dochází k zadržování vody a následnému polehání rostlin. Také si zde můžeme všimnout škod způsobených divokou zvěří. Všechny tyto faktory se negativně projeví na výnosové mapě (viz obrázek č. 59).

Polehlý porost v důsledku nadměrné vlhkosti

Škody způsobené zvěří



Obrázek č. 58 – Nejmokřejší místo pozemku



Obrázek č. 59 – Detail výnosové mapy

Nadměrná vlhkost na části pozemku z obrázku č. 58 byla při monitorování pozemku patrná již od samotného počátku snímání. Že je v této části pozemku největší zamokření potvrdila nejen výnosová mapa, na které se nadměrné zamokření negativně odrazilo na výnosu kulturní plodiny, ale také to bylo jediné místo na pozemku, kde sklízecí mlátička udělala koleje a na několika místech nabrala zem do žacího adaptéru (viz obrázky č. 60, 61). Celkem bylo z tohoto pozemku o výměře 20,13 ha sklizeno 149,68 tuny pšenice ozimé, výnos z jednoho hektaru tedy činí 7,4 tuny při průměrné pojezdové rychlosti 3,98 kilometrů za hodinu.

Vzniklé koleje vlivem nadměrné vlhkosti na této části pozemku



Obrázek č. 60 – Detail strniště po polehlém porostu

Zde sklízecí mlátička nabrala zem do žacího adaptéru



Obrázek č. 61 – Detail strniště po polehlém porostu

5. Diskuse

Má tato technologie prokazatelný vliv na úsporu nákladů?

Ano z výsledků této práce lze konstatovat, že monitorování pozemku pomocí dronu je velmi rychlý a efektivní způsob, jak se v co nejkratším čase dozvědět co nejvíce informací o pěstované plodině, a nejen o ni ale i o pozemku samotné.

FIALOVÁ (2017) uvádí, že precizní zemědělství se vyplatí i pro menší zemědělce, protože některé nedostatky jsou pouhým okem nepozorovatelné, po změření např. UAV lze jasně definovat, kde se nachází slabé místo, popřípadě čím je způsobeno. Dopady na zemědělskou produkci jsou jen pozitivní, protože se k danému území přistupuje zcela individuálně, živiny jsou doplňovány pouze v nezbytné míře přesně tam, kde jsou potřeba. Nedochází tedy k nadužívání hnojiv a pesticidů. Tím se snižují náklady a zároveň se snižují pojezdy těžké techniky na poli, což opět vede nejen k ušetření nákladů na pohonné hmoty ale i ke snížení utužení půdy, které negativně ovlivňuje krajinu.

Má tato technologie vliv na výnos kulturní plodiny?

Ano například webová stránka <https://www.leadingfarmers.cz/cms/vynosove-potencialy> „staženo dne: 4. 4. 2019“ uvádí, že výnosové potenciály člení pozemek na jednotlivé zóny podle stupně odezvy na dodané vstupy a následné výnosové reakce. Žádný pozemek není úplně homogenní. Přesné poznání pozemku pomocí zpracování mapy výnosového potenciálu umožňuje lépe reagovat zejména výživářskými vstupy v rámci metod přesného zemědělství a zvýšit tak ekonomiku rostlinné produkce a v souladu s tím též plnit požadavky na udržitelnost.

V této práci se přímé porovnání výnosu kulturní plodiny na pozemku nesledovalo. Bylo by proto vhodné v následujícím roce učinit agronomické zásahy podle získaných informací a porovnat tyto dva výnosy, aby se zjistil skutečný vliv na výnos kulturní plodiny.

6. Závěr

Precizní zemědělství v České republice je na vzestupu a díky tomu se zvyšuje i využití a zapojení dronu v zemědělství. Dron může být využit nejen k tvorbě výnosové mapy ale také k analyzování zvířat na loukách před sečením nebo mapovat škody v lese vzniklé povětrnostními podmínkami nebo kůrovcem a v poslední řadě jsou také využívány k zjištění úniku tepla z budov. Dron je schopen rychle a efektivně zmapovat pozemek a pokud je vybaven multispektrální kamerou zjistit zdravotní stav rostlin. Jak tato práce ukázala i s dronem, který není vybaven multispektrální kamerou lze provést optické mapování pozemku a z pouhých optických snímků, které dron pořídí, určit kritická místa na pozemku kde je potřeba agronomicky zasáhnout, aby nebyl ohrožen výnos kulturní plodiny.

Dron vybavený multispektrální kamerou je nejlepší cesta, jak může zemědělec mít neustálý přehled o stavu rostlin na celém svém pozemku a také minimalizovat náklady spojené s péčí o rostliny a tím snížit ekologický dopad na krajinu. Ze snímků, které multispektrální kamera pořídí se rychlým zpracováním udělá aplikační mapu podle potřeb porostu, a tak se zajistí že se na pozemek nebude aplikovat více chemických látek, než rostliny potřebují, to znamená velkou úsporu nákladů a minimalizování chemických látek, které by negativně ovlivnili chod krajiny. Pokud se zaměříme na samotnou tvorbu aplikačních map, tak v této době začíná vstupovat do precizního zemědělství rychlejší způsob vytváření map a tím je Yara N-sensor, který je připevněn přímo na stroji, který provádí aplikaci, analyzuje rostliny a přímo při aplikaci hnojiv upravuje dávku podle aktuálního stavu rostlin před strojem. Ovšem z komplexního pohledu na monitorování pozemku je dnes dron nejlepší volbou. A to hlavně díky rychlosti, preciznosti a množství informací, které je kvalitně vybavený dron schopen zemědělcům poskytnout.

7. Přehled použité literatury

BAHENSKÝ P. (2015). *Využití dronu v letecké přepravě nákladu*, Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Dopravní fakulta, Katedra Letecké dopravy, vedoucí Ing. Helena Chalupníčková, Ing. Viktor Sýkora Ph.D.

BARČÁK P. (2017). *Moderní bezpilotní prostředky logistiky a kybernetický prostor jejich bezpečnosti*, Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení, Katedra krizového řízení, vedoucí prof. Ing. Jiří Dvořák DrSc.

FIALOVÁ K. (2017). *Využití bezpilotních leteckých prostředků v precizním zemědělství*, Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra Ustav pro životní prostředí, vedoucí Ing. Luboš Matějčík, Ph.D.

KULANOVÁ E. (2002). Mapování výnosů u sklízecích mlátiček jako součást precizního zemědělství. *Mechanizace zemědělství*, Profi Press Praha, dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/mapovani-vynosu-u-sklizecich-mlaticek-jako-soucast-precizniho-zemedelstvi/> „staženo dne 17. 3. 2019“

LUKAS V., NEUDERT L., KŘEN J. (2010). Precizní zemědělství a jeho přínosy. *Zemědělec*, Profi Press Praha, dostupné z: <http://zemedelec.cz/precizni-zemedelstvi-a-jeho-prinosy> „staženo dne 9. 3. 2019“

LUKAS V., NEUDERT L., KŘEN J. (2011). Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství. *Metodika pro praxi*, Mendelova univerzita v Brně, dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/3_sber_dat.pdf „staženo dne 15. 3. 2019“

MAI T. (2017). What are passive and active sensors? NASA OFFICIAL, dostupné z: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_passive_active.html „staženo dne 16. 3. 2019“

NOVÁK R., HRTÚSOVÁ T. (2018). Precizní zemědělství v praxi. *Ekonomické a strategické analýzy*, dostupné z: https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/business_csas_cz/precizni-zemedelstvi/Precizni_zemedelstvi_v_praxi_2018_02.pdf „staženo dne 20. 3. 2019“

SVATOŇOVÁ H., LAUERMANN L. (2010). Aktuální zdroj geografických informací. *Dálkový průzkum Země*, Masarykova univerzita v Brně, 1 vydání, 96 s. ISBN 978-80-210-5162-1

ŠIRŮČEK P. (2014). *Zpracování a interpretace výnosových map jako podklad pro agronomické rozhodování*, Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Katedra Agrosystémů a bioklimatologie, vedoucí Ing. Vojtěch Lukas Ph.D.

ZEMEK F. a kol. (2014). *Teorie a příklady hodnocení terestrických ekosystémů*.

Letecký dálkový průzkum země, Centrum výzkumu globální změny AV ČR, dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/281462228_Termalni_data_Thermal_data_In_Letecky_dalkovy_pruzkum_Zeme_Teorie_a_priklady_hodnoceni_terestrickych_ekosystemu_Airborne_remote_sensing_Theory_and_practice_in_assessment_of_terrestrial_ecosystems „staženo dne 17. 3. 2019“

Internetové zdroje:

<https://www.cleverfarm.cz/blog/tvorba-aplikacnich-map-s-moznosti-variabilniho-hnojeni> „staženo dne: 25. 3. 2019“

<https://jamcopters.cz/industry/precizni-zemedelstvi> „staženo dne: 27. 3. 2019“

<https://www.leadingfarmers.cz/cms/vynosove-potencialy> „staženo dne 4. 4. 2019“