

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

**Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů
zemědělské techniky**

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Autor práce

Bc. Šach Ondřej

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Šach

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů zemědělské techniky

Název anglicky

The use of telematics to evaluate the operational indicators of agricultural machine

Cíle práce

Na základě záznamu provozních dat strojů hledat a hodnotit možnosti využití dat pro optimalizaci práce strojů.

Metodika

V práci bude využito autonomního sběru dat s telematickým přenosem dat pro sběr provozních ukazatelů provozu techniky

1. Vypracování literárního přehledu na téma využití telematických dat v zemědělství a potenciál telematiky pro uplatnění nových směrů v zemědělství.
2. Pořízení záznamu dat pomocí telematických systémů během polních prací.
3. Hodnocení provozních ukazatelů strojů s ohledem na rozdílné režimy práce, výměry pozemků a stav pozemků.
4. Potenciál dat pro optimalizaci práce zemědělské techniky.
5. Diskuze.
6. Závěr

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Telematika; spotřeba pohonných hmot; logistika; přejezdy

Doporučené zdroje informací

AHMAD, Latief. *Agriculture 5.0 : artificial intelligence, IoT and machine learning*. Boca Raton: CRC Press, 2021. ISBN 978-0367646080.

BRANT, Václav; KROULÍK, Milan; KRČEK, Vítězslav; KRÁSA, Josef; KAPIČKA, Jiří; HAMOUZ, Pavel; LUKÁŠ, Jan; ZÁBRANSKÝ, Petr; ŠKEŘÍKOVÁ, Michaela; ŠKEŘÍK, Josef; JOB, Zdeněk; LANG, Jan; PETRUS, David; ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, ; AGRA ŘISUTY (FIRMA). *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020. ISBN 978-80-87111-81-9.

HE, Yong; NIE, Pengcheng; ZHANG, Qin; LIU, Fei. *Agricultural internet of things : technologies and applications*. Cham: Springer, 2021. ISBN 978-3030657017.

KROULÍK, M. – BRANT, V. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. *Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS*. 2019, Praha: Agrární komora České republiky, 56 s. ISBN: 978-80-88351-04-7.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů zemědělské techniky" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost a cenné rady.

Využití telematiky k hodnocení provozních ukazatelů zemědělské techniky

Abstrakt: Tato práce se zabývá využitím telematiky k hodnocení provozních ukazatelů zemědělské techniky. V první teoretické části, která je vypracována formou literární rešerše, jsou vysvětleny hlavní pojmy, týkající se této problematiky, jako jsou: navigační systémy, zemědělská technika, precizní zemědělství, global positioning systém (GPS), globální informační systém (GIS) a provozní náklady společně s provozními ukazateli. V návaznosti na praktickou část, je i vysvětlena problematika půdních bloků a zároveň jejich tvarů a velikostí, které významně ovlivňují efektivitu práce.

V praktické části je pracováno s daty, které byly zaznamenány telematickým systémem. Tyto data jsou následně analyzována a zbavena extrémních hodnot a chybových hlášek. Po finální kontrole jsou vytvořeny grafy a mapy spotřeby paliva, vlhkosti a výnosu, produkce CO₂, aplikované množství ochrany či hnojení pro jednotlivé části pole. Jako poslední je ekonomické zhodnocení sklizně, kde jsou porovnány náklady s výnosy a je vytvořena mapa zobrazující ziskové a ztrátové části pole.

Klíčová slova: Telematika; spotřeba pohonných hmot; logistika; přejezdy

The use of telematics to evaluate the operational indicators of agricultural equipment

Abstract: This thesis deals with the use of telematics to evaluate the operational indicators of agricultural equipment. In the first theoretical part, which is developed in the form of a literature search, the main concepts related to this issue are explained, such as: navigation systems, agricultural technology, precision agriculture, global positioning system (GPS), global information system (GIS) and operating costs together with operational indicators. In connection with the practical part, the issue of soil blocks is also explained, as well as their shapes and sizes, which significantly affect the efficiency of work.

In the practical part, the data recorded by the telematics system are used. These data are then analyzed and stripped of outliers and error messages. After final checking, graphs and maps of fuel consumption, moisture and yield, CO₂ production, applied amount of protection or fertilization for each part of the field are produced. Last is the economic evaluation of the harvest, where costs are compared to yields and a map is produced showing the profitable and loss-making parts of the field.

Keywords: Telematics; fuel consumption; logistics; crossings

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl	2
2.1 Metodika	2
3 Literární rešerše.....	3
3.1 Precizní zemědělství	3
3.2 Telematika a její využívání v zemědělství.....	3
3.2.1 Hardwarové komponenty	6
3.3 Nejznámější telematické systémy od předních výrobců.....	6
3.3.1 JD link	6
3.3.2 Claas telematics	7
3.3.3 Aconnect pro stroje Case.....	8
3.4 Controlled traffic farming.....	8
3.5 Sběr dat	9
3.5.1 ON-THE-GO senzory.....	9
3.5.2 Výnosové mapy	10
3.5.3 ISOBUS.....	11
3.6 Geografický informační systém.....	13
3.6.1 Geografická data.....	14
3.6.2 Vektorová data.....	15
3.6.3 Rastrová data	15
3.6.4 LPIS.....	16
3.7 GPS	17
3.7.1 Využívání GPS v zemědělství	17
3.7.2 Využívání GPS při řízení strojů	18
3.7.3 Druhy řízení pomocí GPS	19
3.8 Půdní blok.....	21
3.9 Velikost a tvar půdního bloku.....	23
3.10 Provozní data získávaná při práci stroje	24
3.10.1 Spotřeba PHM stroje	25
3.10.2 Regulovatelnost motoru s ohledem na snížení PHM	25
3.10.3 Rychlost stroje.....	27
3.10.4 Prokluz stroje.....	27
3.11 Uhlíková stopa	28
3.12 Optimalizace a snížení nákladů	29
3.12.1 Optimalizování tras	30
3.13 Souvratě	31
4 Vlastní zpracování	32

4.1	Vybraný pozemek	32
4.2	Základní úpravy v softwaru ArcGIS	34
4.3	Export jednotlivých dat a jejich analýza	36
4.4	Převod číselných hodnot do grafů	39
4.5	Sklizeň	39
4.6	Podmítka	43
4.7	Setí	44
4.8	Hnojení.....	45
4.9	Chemická ochrana.....	47
4.10	Koncentrace přejezdů	48
4.11	Sloučení jednotlivých operací.....	49
4.12	Ekonomické zhodnocení	50
5	Diskuze a finální zhodnocení	54
6	Závěr	55
7	Seznam použitých zdrojů	57
8	Seznam obrázků.....	61
9	Seznam tabulek	63
10	Seznam grafů.....	63

1 Úvod

V dnešní době v zemědělství hraje největší roli modernizace společně s technologickým pokrokem. Moderní zemědělství ve zdejších krajinách bojuje s nedostatkem zaměstnanců, a proto se veškeré stroje a systémy snaží nejvíce zjednodušit práci v zemědělství, tak aby byl kladen nárok na co nejmenší lidskou pracovní sílu. Práci, ke které bylo potřeba dříve několik lidí, dnes zvládne jediný člověk, a právě tímto mottem se řídí dnešní zemědělství.

Úspora lidské práce je možná hlavně díky využívání moderních technologií, mezi něž se řadí drony, GPS, využívání robotů, senzory, různé asistenční systémy a mnoho dalšího. Všechny tyto pomocné systémy nebo stroje mají jedno společné. Mají usnadnit práci a jsou pro ně nezbytně důležitá informační data.

V tuto chvíli se stále více setkáváme s telematickými systémy, které poskytují sběr spousty informačních dat. Zásadní je tyto data správně vyhodnotit a umět s nimi pracovat, tak aby měla vypovídající charakter a docházelo k optimalizaci, díky čemuž je možné dosáhnout co nejvýhodnějšího provozu stroje. Nejvíce se telematika využívá pro zjišťování provozních a dalších parametrů u daného stroje, které jsou odesílány tzv. „na dálku“, kdy jsou informace odesílány skrze mobilní síť a ukládají se na vzdálená úložiště. Díky telematice se otevírá spousta nových možností, mezi něž patří například variabilní sítě, variabilní aplikace hnojiv na základě konkrétní potřeby rostliny či variabilní postřik.

2 Cíl

Cílem této práce je seznámení s nejnovějšími technologiemi využívanými v zemědělství, které zároveň zefektivňují a zjednodušují i práci.

V teoretické části jsou vysvětleny hlavní pojmy jako GPS a GIS. Od těchto pojmů se poté odvíjí využívání telematických systémů, nejnovějších senzorů a celkově veškerému sběru důležitých dat, které pomohou rozklíčovat vlastnosti pole.

Cílem praktické části je práce se surovými daty, které byly přímo pořízené z několika pracovních operací. Po kompletním rozboru jednotlivých číselných hodnot následuje tvorba výnosových map, map spotřeby PHM, trajektorie jízd strojů anebo mapa aplikovaného množství ochrany. Poté je vypočítána ekonomická náročnost jednotlivých operací a porovnána s finálním výnosem ze sklizně.

2.1 Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce, je založena na analýze a studiu odborných informačních zdrojů.

V praktické části proběhne analýza a práce s daty z jednoho pole, ovšem při několika pracovních operacích. Veškeré tyto data jsou zkoumány v programu ArcGIS a následně upraveny v tabulkovém procesoru. Po kontrole veškerých dat následuje tvorba jednotlivých map a ekonomické zhodnocení.

3 Literární rešerše

3.1 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství reprezentuje inovativní způsob hospodaření, který klade důraz na individuální vlastnosti půdy (variabilita pozemků) a pěstebních podmínek daných rostlin. V dnešní době, je pro tento způsob hospodaření hojně využíváno moderního vybavení, ale základní myšlenky precizního zemědělství nejsou zcela nové, protože již naši předci měli povědomí o variabilitě půdy na svých polích. Vycházeli z toho, že svá pole dobře znali a věděli, které části jsou nejúrodnější a pokud budou správně obhospodařené, mohou dosáhnout co největších výnosů (1).

Tento přístup klade důraz na individuální charakteristiky pozemků, což vede k efektivnějšímu využívání surovin a snižování negativního dopadu na životní prostředí. Moderní technologie jako globální navigační systém a senzory umístěné na strojích, umožňují detailní mapování a monitorování polí, což dodává zemědělcům cenné informace pro lepší rozhodování. Řada těchto technologií je v dnešní době dodávána automaticky, jako základní výbava stroje. Čím více se tyto technologie rozšiřují, tím více se stávají cenově dostupnější, a tak se očekává, že zemědělců využívající tyto postupy bude nadále přibývat (1).

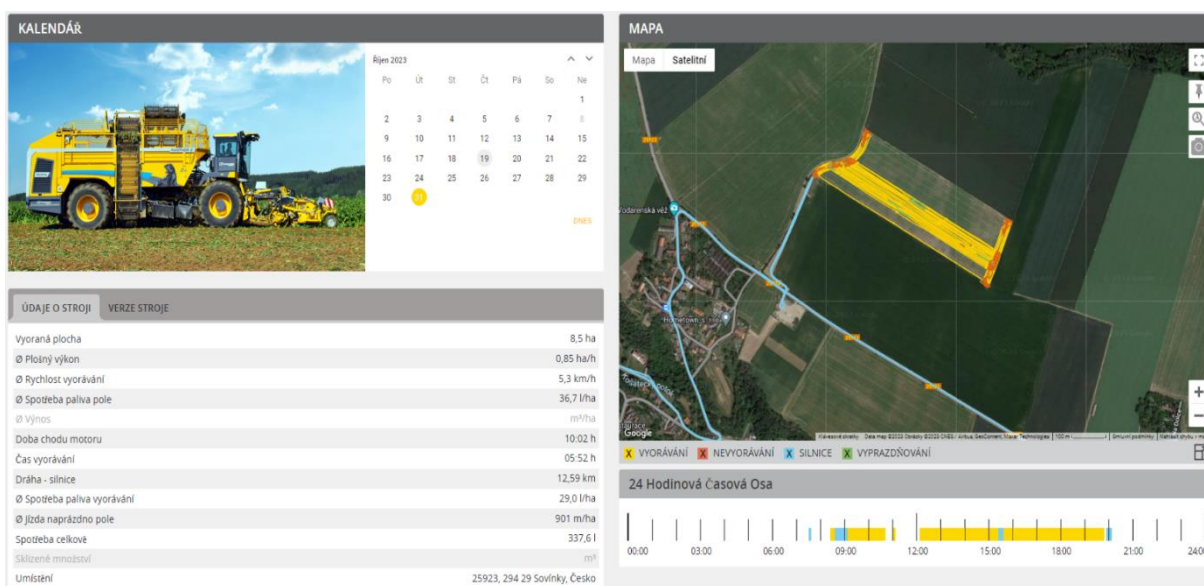
Dálkový průzkum země je již několik desetiletí propagován jako klíčový zdroj informací, které jsou k dispozici pro podporu precizního zemědělství, ale jeho zavádění je z různých důvodů pomalé. Dnešní technologický vývoj zároveň umožňuje snímkování pomocí bezpilotních prostředků, kterých je stále více a více využíváno. Družicové a bezpilotní snímkování v precizním zemědělství obecně využívá multispektrální měření k odhadu informací s vysokým prostorovým rozlišením týkajícím se vlastnosti půdy, zdravotního stavu rostlin a výnosu plodin (2).

3.2 Telematika a její využívání v zemědělství

Slovo telematika vzniklo spojením slov telekomunikace a informatika. Spojením telekomunikačních technologií a informačního prostředí vznikl perspektivní obor, který má významný potenciál jak v dnešní době, tak i do budoucnosti. Smysl telematiky spočívá ve tvorbě, přenosu, ukládání, přijímání, zpracování a využití informací (3).

Právě digitalizace v zemědělství je výrazným krokem pro uplatňování nových principů precizního zemědělství. Digitalizace je vnímána jako transformace objektů reálnosti do virtuální podoby.

Podstata využívání telematiky v zemědělství spočívá hlavně v inovaci a zefektivnění managementu zemědělského podniku skrze monitoring strojů a jejich pohybu, výkonnosti zároveň jejich pozice a časového využití viz obrázek č.1. Tyto provozní údaje mohou být v reálném čase doplněny o varovné alarmy týkající se stavu vozového parku a požadavků na údržbu či servis (4).



Obrázek 1: Záznam dat nasbíraných pomocí R-Connect (29)

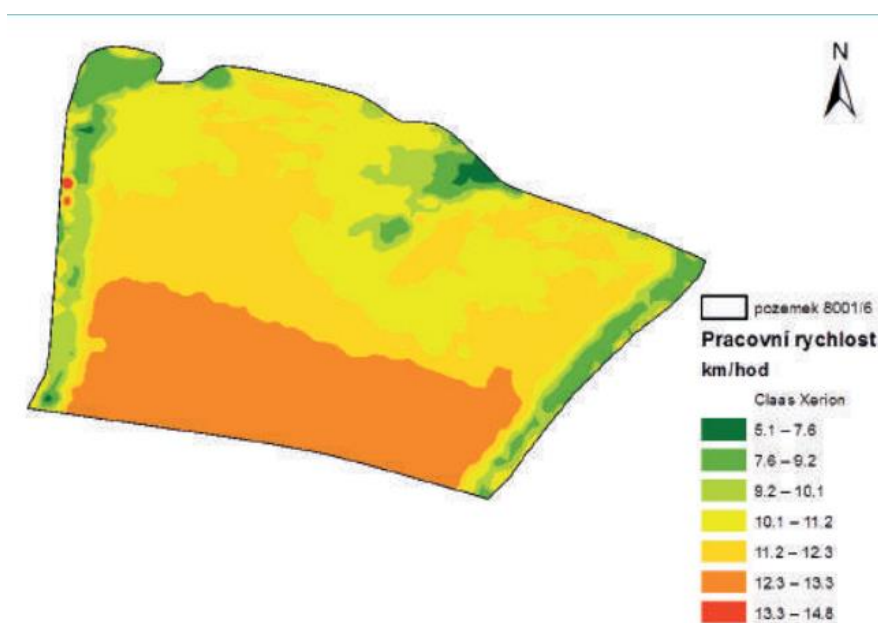
V praxi to znamená, že telematika nasbírá data a ty jsou poté odeslány na cloudové úložiště, které si je možno zobrazit na počítači nebo mobilním zařízení. Zdroj těchto informací nám nejčastěji přichází z tažných prostředků (traktorů), anebo z pracovních nástrojů (secí stroje, podmítače, postřikovače).

Ve prospěch telematických systémů hraje také fakt, že se v dnešní době přešlo na nejmodernější 5G síť, která nabízí vysokou přenosovou rychlost, která se pohybuje v gigabitech za sekundu a nabízí také milisekundovou odezvu (4).

Souhrn informací, které jsou zemědělci schopni přijmout a zpracovat díky telematickým systémům:

- Monitoring polohy a trasy strojů – systémy nabízejí možnost sledovat polohy a trasy vozidel, což může napomoci k plánování a optimalizaci tras a rozvrhu práce
- Provozní parametry strojových soustav – zemědělci mohou sledovat konkrétní rychlost stroje, spotřebu paliva a další parametry, které napomáhají k minimalizaci nákladů a kontroly efektivity práce společně s řízením výkonnosti
- Sledování stavu plodin – díky nejnovějším sensorům a termokamerám lze sledovat růst a zdraví plodin, což umožňuje včasnou detekci škůdců či nemocí.
- Informace o variabilitě půdy – tyto informace umožňují zemědělcům aplikovat hnojiva a pesticidy s ohledem na konkrétní potřeby na konkrétních místech na poli.
- Zabezpečení – tyto systémy slouží také jako zabezpečení proti krádeži, protože nám v reálném čase ukazují polohu stroje.

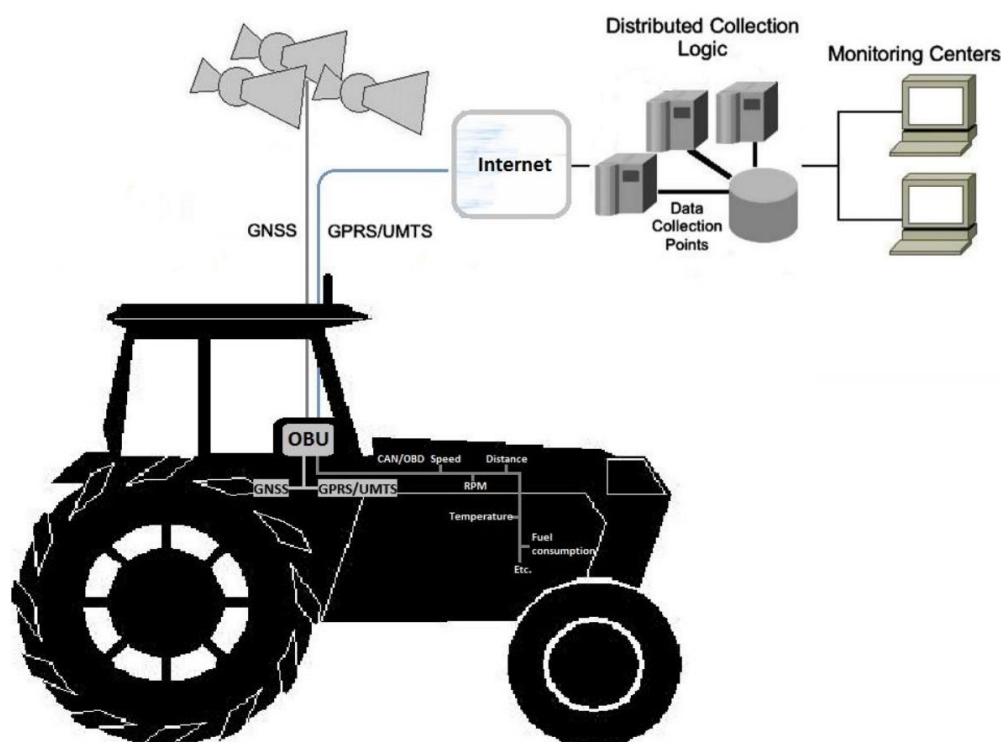
Za pomoci GPS jsou tyto údaje vyobrazovány do map a následně se z nich vytvářejí mapy, které mohou sloužit například k hodnocení provozních parametrů strojů viz obrázek č.2.



Obrázek 2: Mapa značící pojezdovou rychlost traktoru (4)

3.2.1 Hardwarové komponenty

Hlavní součástí zajišťující telematické služby je jednotka OBU neboli hlavní palubní jednotka. Je to nejinteligentnější část systému. Zajišťuje příjem informací z palubního počítače a snímačů traktoru viz obrázek č.3. Další důležitou součástí je GPS anténa, která jednotce OBU poskytuje informace o poloze stroje. OBU jednotka dostává také data z OBD palubní diagnostické jednotky. Tyto data zahrnují například informace o ujetých kilometrech. Všechna data, které OBU jednotka přijme zároveň ukládá na vzdálené úložiště skrze GPRS nebo UMTS telekomunikační systém (28).



Obrázek 3: Přenos informací z a do OBU jednotky (30)

3.3 Neznámější telematické systémy od předních výrobců

Telematickými službami již v dnešní době disponují téměř všichni známí výrobci zemědělské techniky. V následující kapitolách jsou představeny některé z nich.

3.3.1 JD link

Firma John Deere je jedna z hlavních průkopníků využití těchto systémů v zemědělství a telematický systém JD link je tu již od roku 2002. Firma John Deere viděla potenciál ve

využívání telematických systémů a GPS, protože díky nimž lze zajistit například nižší náklady na palivo, nižší spotřebu hnojiv a zvýšit produktivitu (17).

Pomocí JD link lze sledovat mnoho informací o stroji v reálném čase, například jeho polohu, nadcházející údržba, způsob využívání náradí a mnoho dalšího viz obrázek č.4. Systém JD link lze dodělat i na starší stroj nebo dokonce i na konkurenční značky. Systém je složen z kabeláže, modemu a řídicí jednotky, díky němuž pracuje stroj online. Po napojení CANBUS kabelu lze sledovat i zmíněná údržba či stav stroje (17).



Obrázek 4: Data získané pomocí systému JD link (31)

Pokud stroj provádí na sebe navazující práce jako je například sečení a obracení pícnin, je systém schopen předávat informace o naváděcích liniích a křivkách. Pro tyto funkce firma John Deere naprogramovala aplikaci Machine Analyzer, kde jsou uchovány všechny data a je k dispozici všeobecný přehled. Při práci s náradím podporující ISOBUS, lze také zobrazit výsevní mapy či zanesené výsevky. Systém funguje i opačně a lze zaslat předem dané linie a nastavení do monitoru stroje (17).

3.3.2 Claas telematics

Telematiku využívá a nabízí také firma Claas, kde je hojně využívána na sklízecích mlátičkách, řezačkách, traktorech, teleskopických nakladačích a na přípojných zařízeních. Do prostředí ovládání a získávání informací pomocí telematiky se přihlásíte z webové stránky k tomu určené. Na základní stránce lze zobrazit mapy strojů, charakteristiky, informační hlášení, stav paliva, průměrná spotřeba, výnosnosti a vlhkosti (18)(19).

Na dálku lze i zobrazit kompletní nastavení mlátičky a lze jej upravit. Pomocí systému Claas telematics je možno i analyzovat stroje proti sobě a pomocí křivky porovnat. Telematický systém je dostupný na webovém rozhraní pro PC a samozřejmě má i svojí mobilní aplikaci dostupnou pro Android nebo iOS (18)(19).

3.3.3 Aconnect pro stroje Case

Další telematický systém je Aconnect, který je využíván na strojích Case. Nabízí možnost napojení na LPIS, díky čemuž je možnost analyzovat přesně konkrétní pozemky. Poskytuje také veškeré základní funkce, které mají i výše zmíněné telematické systémy, které mají za úkol zajistit co nejmenší náklady při nejvyšší efektivitě práce (20).

3.4 Controlled traffic farming

S rostoucí velikostí a hmotností zemědělských strojů je zhutňování půdy stále hrozbou pro mechanizované zemědělství. Aby ke zhutnění půdy docházelo co nejméně, využívá se telematický systém CTF neboli Controlled traffic farming, který minimalizuje zhutnění půdy na poli tím, že zajišťuje jednotnou jízdní stopu. V dnešní době dochází často k poškození půdy, vlivem těžkých strojů a opakovanými přejezdy. Tato poškození se projevují například na zvýšení spotřeby paliva strojů, nižší výnosy plodin a celkově zhoršují vlastnosti půdy (25).

Systém spočívá v řízení zhutnění půdy – omezuje ji na úzké pásy napříč pozemkem a maximalizuje zbývající nepoškozenou plochu půdy pro pěstování plodin. Hlavní výhody užívání systému CTF jsou (25):

- Vyšší výnosy
- Snížení spotřeby paliva
- Snížení spotřeby energie
- Lepší stav a funkce půdy
- Zlepšení pórovitosti půdy
- Zlepšení v oblasti odvodňování půdy
- Rostliny se lépe zakořeňují a mají zdravý kořenový systém

V praxi to znamená přizpůsobit stopy strojů tak, aby zabíraly co nejmenší plochu. Ačkoli je to díky satelitnímu navádění jednodušší, lze toho dosáhnout i pomocí běžných systémů značení.

3.5 Sběr dat

Jak již bylo zmíněno, pro telematické systémy je nejdůležitější sběr dat. Sběr dat napomáhá k efektivní správě, plánování, predikci a celkovému zlepšování. Data jsou nejčastěji získávána destruktivní nebo nedestruktivní metodou. V případě destruktivní metody dochází nejčastěji k odběru půdy a u nedestruktivní metody to je například odrazivost, získaná pomocí zemědělských či ručních senzorů. Nejčastěji se v dnešní době ale setkáváme s ON-THE-GO senzory (5)(6).

3.5.1 ON-THE-GO senzory

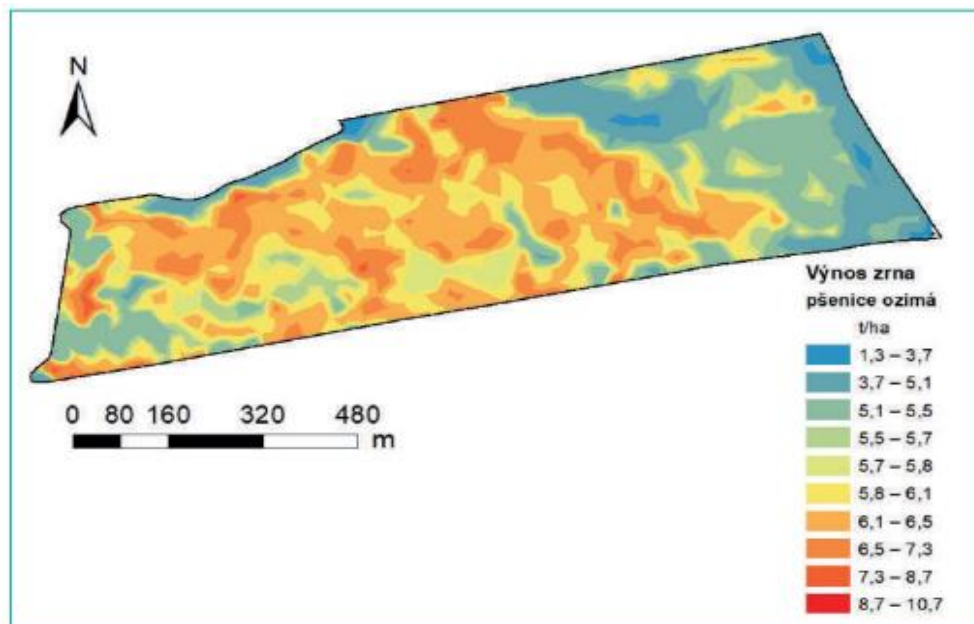
Informace o variabilitě půdních vlastností v rámci pozemku jsou klíčové pro rozhodovací procesy. Většina výzkumných pracovišť se snaží vyvinout senzory pro průběžné měření půdních vlastností, označované jako on-the-go. Tyto senzory využívají různé a obvykle jednoduché metody měření (6).

Existuje celá řada vlastních on-the-go senzorů, přičemž způsob měření je většinou postaven na jednom z následujících principů (6):

- Elektromagnetické a elektrické senzory – často měří odpor, vodivost nebo kapacitu půdy
- Mechanické senzory – využívá tahovou sílu při práci nářadí
- Optické a radiometrické senzory – využívají elektromagnetické vlny k určení úrovně pohlcené nebo vyzářené energie půdy a jejich částic.
- Akustické senzory – fungují na principu zaznamenávání zvuků při práci nářadí v půdě
- Pneumatické senzory – stanovují schopnost vzduchu proniknout do půdy
- Elektrochemická čidla – využívají prvků a částic, které vytváří elektrické napětí jako odezvu na působení vybraných iontů. Využívají se pro sledování koncentrace vodíku, draslíku, dusíku a dalších.

3.5.2 Výnosové mapy

Jedním z klíčových nástrojů precizního zemědělství jsou výnosové mapy, které jsou mapovány pomocí sklizňových strojů. Mapují konkrétní výnosnost plodiny k určitému místu během sklizně viz obrázek č.5, značící výnos zrna pšenice ozimé.



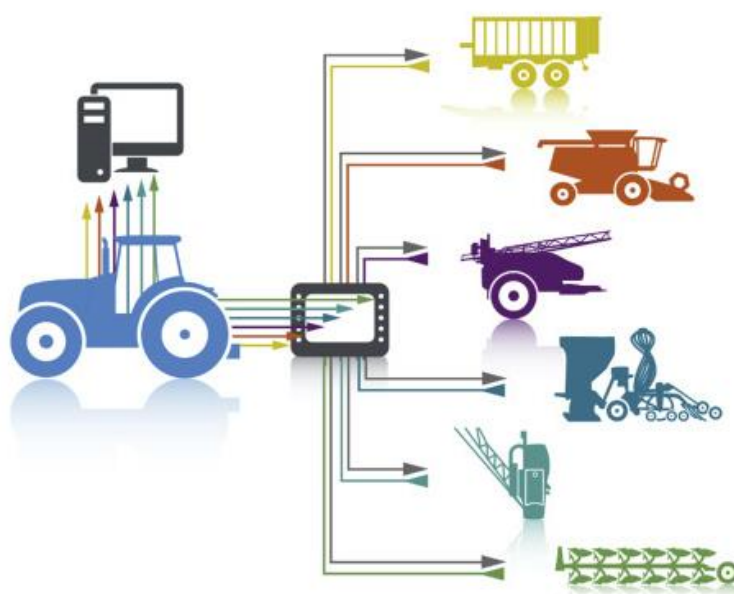
Obrázek 5: Výnosová mapa značící výnos zrna pšenice ozimé k přesné poloze (4)

Moderní senzory, které jsou osazeny na moderních sklízecích strojích jsou schopny zajistit informace určující velikost výnosu a sním i spojenou vlhkost zrna. Výnos se nejčastěji určuje v jednotkách t/ha. Všechny naměřená data se ukládají do palubního počítače, odkud poté mohou být vyexportována do příslušného mapovacího softwaru, kde se z nich vytvoří výnosové mapy. Mapy přesně určí, kde byla stanovená vyšší a nižší výnosnost a dále je ideální mapy rozšířit i o druh půdy, zásoby živin či výskytu chorob nebo škůdců.

Výnosové mapy tedy fungují jako zpětná vazba zemědělcům. Slouží k hodnocení a porozumění variabilitě výnosů a napomáhají tak k dalším rozhodnutím, týkajících se například hnojení, chemickému ošetření či zavlažování. Následná data, která jsou získána z výnosových map slouží jako podklad pro sestavení aplikačních map, které určují strategické aplikování pesticidů, hnojiv anebo pro setí či zpracování půdy pomocí řídicích palubních systémů.

3.5.3 ISOBUS

ISOBUS je sériová řídicí a komunikační datová síť založená na normě **ISO 11783** pro zemědělskou a lesnickou techniku. Jedná se o komunikační protokol pro zemědělský průmysl založený na technologii sběrnice CAN. Elektronika je klíčem k tomu, aby stroje byly účinnější, přesnější a hospodárnější. ISOBUS je pro toto odvětví jednou z nejdůležitějších technik. Hlavní myšlenkou ISOBUS je "plug and play" s jakoukoli kombinací traktor-terminál-doplňek viz obrázek č.6. ISOBUS zahrnuje také přenos dat mezi těmito mobilními stroji a zemědělskými softwarovými aplikacemi. Jedná se o dosud nejvýznamnější a nejkomplexnější normu (7).



Obrázek 6 Schéma komunikace pomocí ISOBUS (32)

Jednotný jazyk ISOBUS umožňuje standardizovanou komunikaci mezi různými stroji různých výrobců a přináší řadu výhod. Jeden terminál lze nyní používat pro více strojů. To znamená, že "plug-and-play" je zaručen pro každý traktor s ISOBUS konektorem. Terminál pomocí svých ovládacích a provozních nastavení automaticky přivádí nářadí do záběru (7)

Mezi další výhody patří standardizace nastavení ovládní, která poskytuje lepší přehled v kabině, spolu s jednodušším propojením traktorů a nářadí, nemluvě o úspoře nákladů při použití několika nářadí ISOBUS. Komunikace ISOBUS je vhodná zejména pro zemědělce, kteří se zabývají setím, postřikem nebo rozmetáním, nebo pro stroje, které poskytují majiteli velké množství informací o řízení (7).

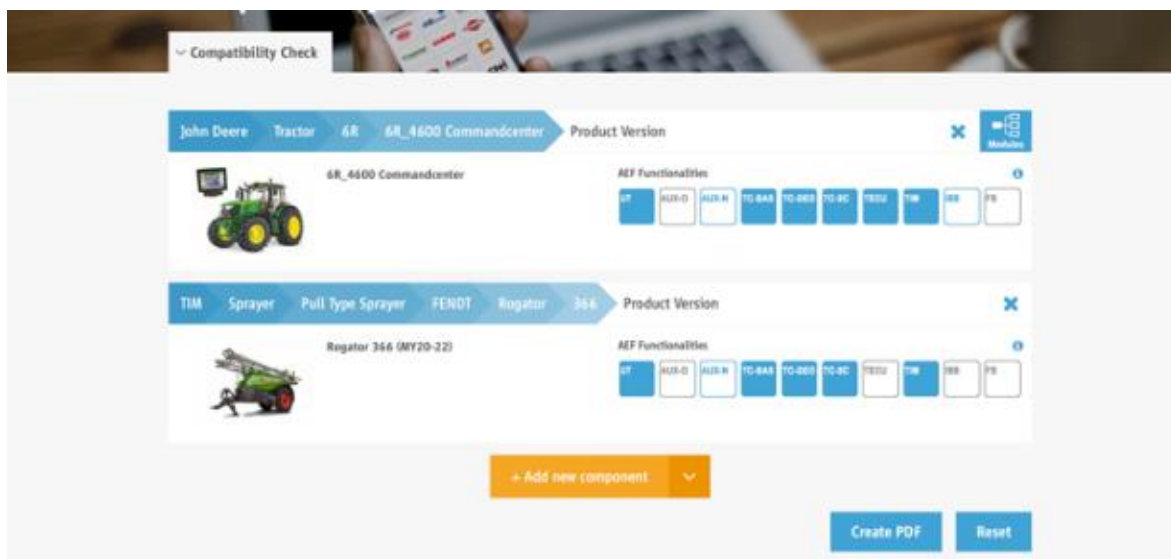
V praxi to funguje tak, že pro jakýkoliv pracovní nástroj stačí připojení s traktorem pomocí kabelu a stroj lze ovládat skrze hlavní terminál bez nutnosti dalšího terminálu. Každý

traktor má svoji vlastní ovládací TECU jednotku, která zajišťuje přenos informací mezi traktorem a nářadím. Tato jednotka zajišťuje kromě ovládnání i napájení připojeného nářadí.

Aby se vyřešila komplexnost standardu ISOBUS, definovaly projektové týmy AEF tzv. funkcionality, které zapouzdřují různé řídicí funkce v síti, jako je univerzální terminál, řídicí jednotka traktoru, pomocné zařízení nebo řídicí jednotka úlohy. Pro zvýšení transparentnosti byly definovány funkcionality. A díky rozdělení standardu na přesně definované funkce je snazší vysvětlit koncovému uživateli, co znamená, když se o zařízení řekne, že je kompatibilní se sběrnici ISOBUS. Nemusí to nutně znamenat, že podporuje všechny funkce, ale díky použití směrnic a funkcionalit AEF může nyní výrobce jasně implementovat kompatibilitu s jinými zařízeními podle těchto konkrétních funkcí (7):

- **UT (univerzální terminál)** - Funkce univerzálního terminálu umožňuje ovládat nářadí libovolným terminálem a také používat jeden terminál pro ovládnání různých nářadí.
- **AUX-N/AUX-O** – Funkce, která slouží k připojení dalších ovládacích prvků, které usnadňují ovládnání složitých zařízení, jako je například joystick. Existují "staré" a "nové" pomocné ovládací prvky, které nejsou kompatibilní. Nářadí a funkce certifikované podle AUX-N nelze ovládat vstupními zařízeními certifikovanými podle AUX-O a naopak.
- **TC** – Tato funkce rozlišuje tři různé funkce: základní (kontrola zadaných údajů), geografické (přenos dat s ohledem na polohu stroje) a sekční kontrola (ovládnání sekcí závislé na pozici stroje).
- **TECU** – Řídicí jednotka traktoru nám zajišťuje základní informace o traktoru. Ta poskytuje informace, jako je rychlost, otáčky vývodového hřídele a podobně, ostatním funkcím ISOBUS. Pro certifikaci této funkce je nutný konektor na zadní straně traktoru a vývod svorkovnice v kabině.
- **TIM** – Zatímco komunikace s TECU je jednosměrná, funkce TIM má možnost obousměrné komunikace. To znamená, že připojené zařízení může ovládat i samotný traktor.

Všechny funkcionality lze ověřit na webovém rozhraní AEF viz obrázek č.7.



Obrázek 7: Komptabilita traktoru John Deere s vybraným postřikovačem (33)

3.6 Geografický informační systém

Geografický informační systém (GIS) je nástroj pro sběr, ukládání, zpracování, analýzu a vizualizaci prostorových dat, které se týkají geografických poloh a jejich atributů. Používá se k práci s informacemi o různých místech na Zemi a umožňuje propojení těchto dat s geografickými souřadnicemi.

Geografické informační systémy (GIS) mají bohatou historii, která sahá až do 60. let 20. století. Začátky GIS lze vysledovat k práci kanadského geografa Rogera Tomlinsona, který v roce 1960 vytvořil první digitální mapu zemědělského potenciálu pro kanadskou vládu. Tento průkopnický projekt se stal základem pro rozvoj technologií podobných GIS (8).

V průběhu 90. a začátku 21. století se GIS staly běžným nástrojem pro analýzu geografických dat. Vznikl Open Geospatial Consortium (OGC), který se zaměřil na stanovení standardů pro interoperabilitu mezi různými GIS softwary a datovými formáty. V této době také vznikaly populární platformy, jako například ArcView od ESRI a MapInfo, který byl známý svou uživatelsky přívětivou povahou (9).

Rozvoj GIS pokračoval do současnosti, kdy se zdůrazňuje využití cloudových a mobilních technologií. ArcGIS Online od ESRI nabízí možnost přístupu k GIS prostřednictvím webového prohlížeče, zatímco open-source platformy jako Quantum GIS (QGIS) představují alternativu k proprietárním řešením. Dnešní GIS softwary nabízejí širokou škálu funkcí, včetně zobrazování map, analýzy dat, geokódování a navigace. Tyto technologie

umožňují různým odvětvím využívat prostorové informace pro lepší rozhodování a efektivnější řešení problémů. Tento dynamický vývoj GIS ukazuje sílu a důležitost geografického informačního systému pro moderní svět (9).

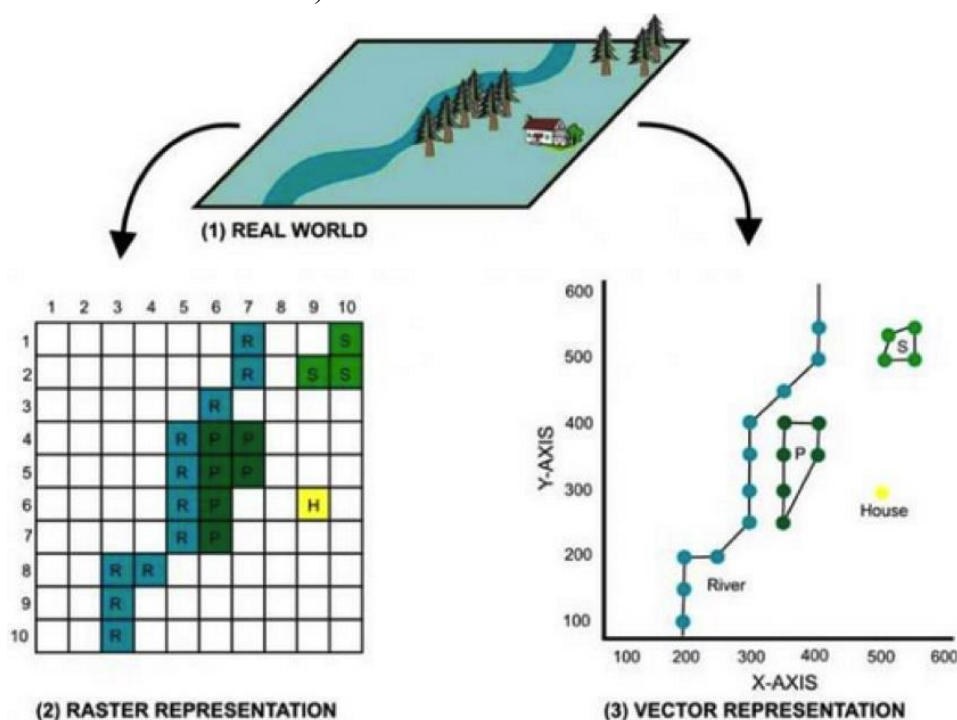
3.6.1 Geografická data

Geografická data zahrnují obvykle dva až tři hlavní typy informací (10):

- Prostorová informace – obsahuje údaje o poloze, tvaru a vztazích k ostatním objektům.
- Popisná informace – poskytuje další charakteristiky daného objektu, jako je teplota, typ asfaltu, tloušťka drátu, rok jeho vzniku nebo typ plynového potrubí
- Časové informace – v případě jejich použití přidávají dynamické vlastnosti do systému, jako je datum poslední opravy potrubí

Geografická data lze dělit i odlišným způsobem (10):

- Negeografická data – atributová data – popisné informace o objektu
- Geografická data – **vektorový** (modelace objektů pomocí polygonů a čar) nebo **rastrový model** (modelace objektů pomocí buněk) viz obrázek č. 8



Obrázek 8 porovnání rastrových a vektorových dat (34)

Výhodou vektorových dat je vysoká přesnost pro měření ploch a délek, což je ideální pro tvorbu map. Vektorová data také nejsou náročné na paměť a vykazují malé objemy dat. Nevýhodou vektorových dat je vysoká složitost výpočtů a špatná prezentace spojitých povrchů.

Rastrová data jsou vhodná pro modelování a analyzování, proto jsou vhodná pro dálkové pozorování země. Naopak oproti datům vektorovým jsou náročná na paměť, protože mají často vysoké rozlišení a velikost obrázků dosahuje a nejsou tolik přesná.

3.6.2 Vektorová data

Vektorová data představují způsob reprezentace prostorových dat, která popisují geografické objekty pomocí bodů, polygonů a čar. Nejčastěji nacházejí využití k modelaci linií, což mohou být například silnice, hranice států, železnice, řeky a k ohraničování ploch (14).

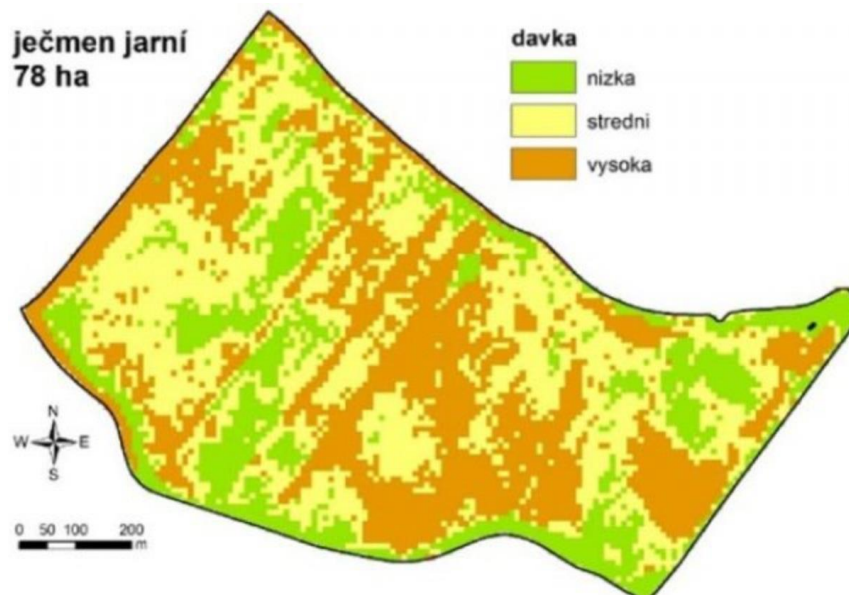
Vektor se tedy skládá z bodu, polygonu a čar (14):

- Bod – jednotlivé body určené geografickými souřadnicemi (například zeměpisná šířka a délka). Nejčastěji jsou to vrcholy budov, města a zeměpisné body.
- Polygon – uzavřené oblasti vytvořené spojením a uzavřením čar. Nejčastěji jsou to jezera, státy a parcely.
- Čára/linie – spojují body a definují vztahy mezi nimi. Nejčastěji jsou to silnice, řeky a hranice států.

3.6.3 Rastrová data

Rastrová data jsou nejčastěji data, která jsou reprezentována pomocí mřížek, nebo jako síť buněk, které pokrývají daný prostor. Tyto data jsou zobrazeny pomocí pixelů anebo buněčnými hodnotami. Rastrová data jsou nejvíce využívána k popisu vegetace, povrchu země a vlastnosti terénu (14).

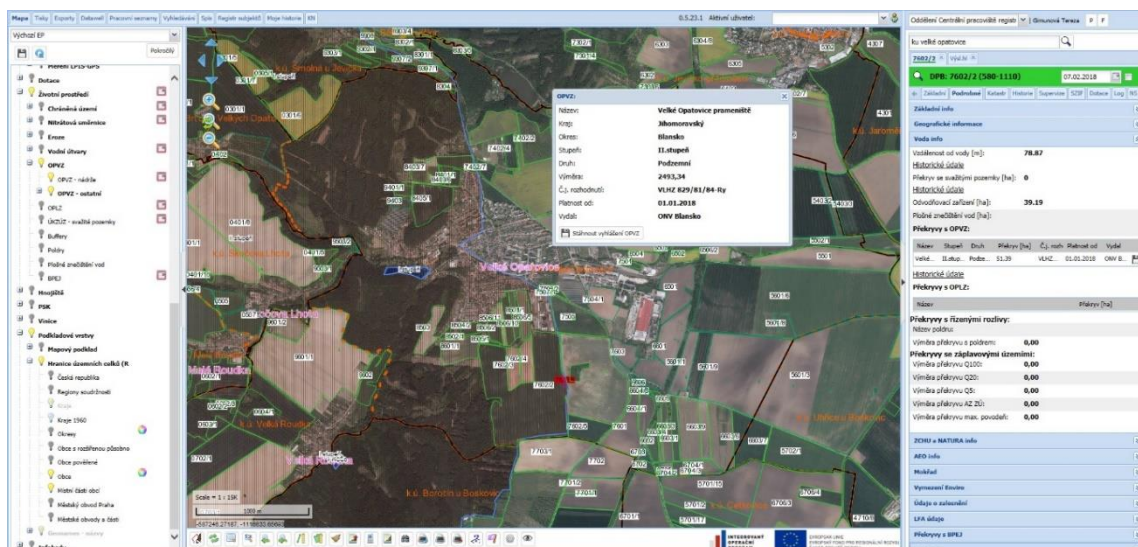
Hojně využívaná jsou rastrová data v zemědělství viz obrázek č.9, kde můžeme vidět rozsáhlou síť jednotlivých bodů, které se liší podle barvy. Jednotlivé pixely potom udávají hodnoty k danému místu. Pokud je potřeba více charakterizace, tak je nutné využít více rastrových vrstev jako jsou třeba multispektrální data (14).



Obrázek 9: Příprava aplikační mapy pro ošetření regulátory růstu (4)

3.6.4 LPIS

LPIS je geografický informační systém, který se zaměřuje na identifikaci parcel a pozemků. Je to digitální systém, který se využívá v rámci zemědělství v EU. Díky tomuto systému, dostává zemědělec detailní informace o jednotlivých pozemcích, jakou jsou například velikost, uživatelé, či umístění a informace o využívání pozemku (druh pěstované plodiny) viz obrázek č.10. Zásadní rozdíl oproti klasickému katastru je ten, že na daných pozemcích jsou vepsáni zemědělci, kteří toto místo obhospodařují, nikoliv vlastníci, a proto je tento informační systém využíván pro správu zemědělských dotací (13).



Obrázek 10: Rozhraní informačního systému LPIS (35)

Základní informace, které je možné získat či upravit v informačním systému LPIS:

- Informace o uživateli pozemku
- Informace o ploše a využívání pozemku
- Informace ohledně zemědělských omezení
- Úprava informací (jména, vysazené rostliny, aplikace hnojiv)

3.7 GPS

GPS vznikl jako vojenský projekt v sedmdesátých letech minulého století. Tento systém měl být původně využíván pro vojenské navigace a určování polohy. První družice byla vypuštěna do vesmíru v roce 1978 a postupně se začala budovat síť družic, které měly za úkol poskytovat signál pro přesné určení polohy (12).

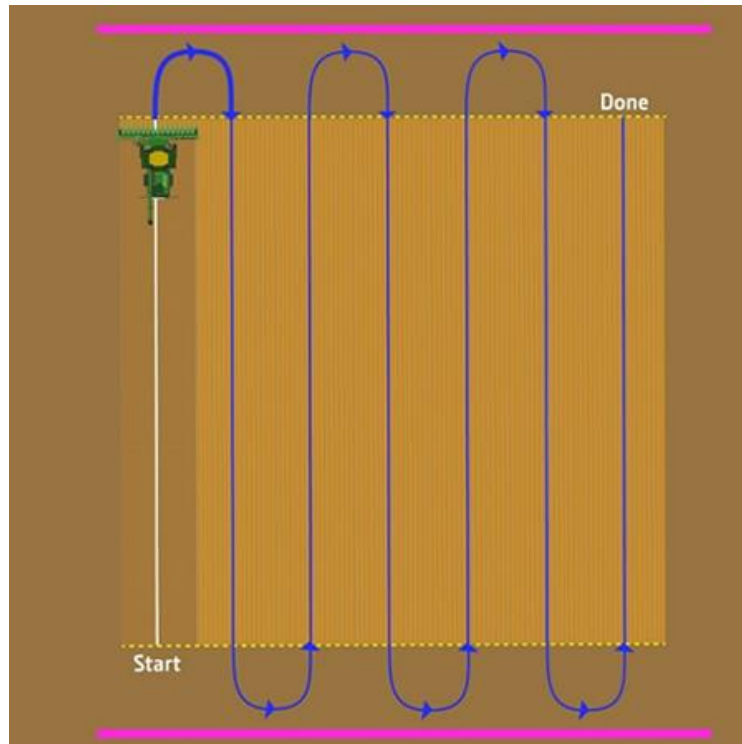
V prvopočátcích bylo vojenské privilegium dodrženo, avšak v 80. a 90. letech od toho bylo upuštěno a rozhodlo se i o civilním užívání. Od této chvíle se GPS stal nedílnou součástí všech životů. GPS přijímače lze nalézt v mobilních telefonech, automobilech, notebookech či právě traktorech (12).

GPS je pomocník pro určení polohy a navigaci kdekoli na Zemi. To vše díky síti družic obíhajících kolem planety. Tyto družice neustále vysílají signály, které zachytávají přijímače GPS na zemi. Jakmile přijímač zaznamená signály ze tří a více družic, začne vypočítávat svoji polohu v trojrozměrném prostoru. Díky znalosti času, který trvá signálům, než dorazí k přijímači, a jejich původu, může GPS přesně určit, kde se právě nacházíte. Je toho schopné díky matematické metodě zvané triangulace. Ať už jste na cestách a potřebujete najít cestu, nebo jen chcete sledovat svou polohu při sportu či aktivitě, GPS vám poskytne potřebné informace o vaší poloze na mapě (12).

3.7.1 Využívání GPS v zemědělství

Využívání GPS technologií v zemědělství přineslo revoluci do způsobu, jakým se pěstuje a spravuje pole. GPS umožňuje zemědělcům a agronomům přesné mapování, sledování a správu plodin a půdy. Využívání GPS má spoustu dalších výhod. Jako první výhodou je ta, že GPS umožňuje využívání asistenčních systémů na strojích. Nejčastější problém na poli bývá

ten, že po dojetí řádku dochází k problému otáčení se na úvrati. Tento problém řeší právě asistenční systém (u John Deere např. autotrak) viz obrázek č.11, který řidiče navede na správný řádek. Další výhodou mohou být nasbíraná data, které posléze slouží k analýze trendů v růstu plodin, a to napomáhá k plánování budoucích sezón. Nesmí být opomenuta ani výhoda precizního zemědělství, kde právě s pomocí GPS je možné aplikovat hnojiva, herbicidy a pesticidy přesněji. Díky tomu dochází k minimalizaci plýtvání materiálu (11).



Obrázek 11: vyobrazení funkčnosti systému Autotrak (36)

Hlavní výhody využívání GPS v zemědělství dle Kroulíka a spol. (15):

- vyšší bezpečnost
- menší fyzická a psychická náročnost na řidiče
- vyšší kvalita práce
- zvýšená produktivita práce – otáčení na souvrati
- snížená únava řidiče

3.7.2 Využívání GPS při řízení strojů

V České republice je zhruba od roku 2009 korekční signál RTK, který zajišťuje signál pro GPS přijímače s přesností přibližně 2 až 5 centimetrů. Tento systém umožňuje zemědělskému stroji vybavenému autopilotem řídit s výše zmíněnou přesností. Tato přesnost

umožňuje zemědělcům vysévat i plodiny, které vyžadují přesné setí jako je cukrovka či kukuřice (16).

RTK je v současné době plně k dispozici po celé České republice. Přenos signálu probíhá pomocí telefonního modemu GPRS nebo pomocí krátkovlnné vysílačky. V dnešní době je již řízení pomocí RTK samozřejmostí, protože značně zjednodušuje práci a zvyšuje její efektivitu, díky níž jsou zemědělci schopni dosáhnout vyšších zisků (16).

3.7.3 Druhy řízení pomocí GPS

Díky technologii a využívání navigačních systémů je možné řídit soupravy, které jsou rozděleny do čtyř hlavních podkategorií:

- **Manuální řízení** – je kombinací ručního řízení soupravy a navigačního zařízení soupravy s obsluhou. Přesnost manuálního řízení se odhaduje zhruba na 20 až 50 centimetrů. Je to nejlevnější způsob, který se pohybuje v cenách do přibližně 60 tis. Kč. Toto řízení se nejčastěji využívá při chemické ochraně rostlin u rozmetadel a postřikovačů. Pro kontrolu polohy stroje a odchylek slouží nejčastěji LED lišta viz obrázek č. 12, kdy se při nepřesnosti rozsvítí dioda (11).



Obrázek 12: Greenstar Lightbar lišta od společnosti John Deere (37)

- **Asistované řízení** – asistované řízení strojů spočívá v použití navigačního systému, který ovládá soupravu prostřednictvím elektromotoru umístěného na volantu traktoru nebo sklízecího stroje. Tento elektromotor může být umístěn buď vně volantu, kde jeho hřídel s měkčeným materiálem na konci přímo ovládá volant, nebo může být součástí nového volantu s již nainstalovaným elektromotorem. Asistované řízení je přesnější než ruční řízení obsluhou, ale mohou zde přesto vznikat nepřesnosti způsobené vůlí v komponentech řídicího soustrojí stroje. V případě potřeby obsluha může převzít řízení tím, že začne otáčet volantem, a řídicí jednotka navigačního systému odpojí elektromotor. Tento druh navigace se pohybuje v cenách přibližně okolo 180 tisíc, avšak je zde zaručená lehká přenositelnost (11).
- **Automatické řízení** – pro využití automatického řízení traktoru nebo sklízecího stroje musí být stroj vybaven potřebnými komponenty již od výroby. Je to metoda spočívající v přímém navigování stroje prostřednictvím řídicího ústrojí. Dnešní stroje mají elektrohydraulický posilovač řízení, který je propojen s navigačním zařízením. Při automatickém řízení řídí navigační zařízení tok hydraulického oleje do pístu, který ovládá řízenou nápravu. S pomocí inerciálních snímačů a čidel sledujících natočení kol může navigační zařízení přesněji plánovat další kroky pro dosažení přesné trajektorie. Komunikační sběrnice spojuje navigační systém s ostatními řídicími prvky stroje, což umožňuje obsluze naprogramovat jízdní cyklus, přičemž stroj může pracovat zcela samostatně. K převzetí řízení obsluha začne točit volantem, a řídicí jednotka posilovače řízení přepne na manuální režim. Cena tohoto systému je výrazně vyšší oproti výše zmíněným, avšak výhodou je velice přesné navigování pomocí RTK, tyto stroje mají nejčastěji umístěný přijímač signálu na střeše viz obrázek č. 13 (11).



Obrázek 13: Přijímač signálu StarFire 7000 od společnosti John Deere (38)

- **Autonomní řídicí systémy** – jedná se o systémy, které jsou ještě v začátcích, ale mnoho společností do nich silně investuje, vlivem nedostatku pracovní síly v zemědělství. Jde o stroje bez nutnosti přítomnosti obsluhy uvnitř kabiny viz obrázek č.14 a stroj je nejčastěji ovládán na dálku a řídí se automaticky podle předem nastaveného plánu GPS. Ceny těchto autonomních traktorů se pohybují ve vyšších řádech milionů korun. Hlavní problém je ale v legislativě a řešení otázky převzetí odpovědnosti, tudíž tyto stroje jsou v České republice nejsou skoro vůbec využívány (21).



Obrázek 14: Autonomní robot AgXeed při podmítce (39)

3.8 Půdní blok

Na pozemek či půdní blok je důležité nahlížet jako pole, které se skládá z několika menších bloků, u nichž se mohou měnit vlastnosti, tudíž se na půdní blok nesmí nahlížet jako na jeden homogenní celek (27).

V dnešní době údaje o samotném poli získáváme právě ze strojů, které obhospodařují samotné místo. Dříve toto prověřování ale nebylo možné, tudíž se pole nejčastěji pozorovalo při obchůzkách a hlavní zdroj informací o polích samotných bylo předání zkušeností od předchozí generace a samotný zemědělec tak zjistil, že se například k jednotlivým místům musí

přístupovat rozdílně. Toto bylo ale hlavně možné díky tomu, že pole nebyly tak velké jako v dnešní době a toto individuální pozorování by nebylo možné (27).

Jak již bylo zmíněno, dnes je k dispozici mnoho možností, jak zjišťovat individuální vlastnosti o půdě – různé senzory, DPZ, a další technologie umístěné přímo na pracovních nástrojích. Veškeré tyto informace se využívají zejména při variabilních aplikacích jako je setí, aplikace pesticidů, hnojení a podobně. Tyto procesy jsou ale právě závislé na přesných informacích o půdě. Pokud by informativnost nebyla dostatečná, docházelo by k ekonomickým ztrátám (27).

Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují, jak je půdní blok umístěn v krajině. Mezi nejvýznamnější faktory patří (27):

- Velikost (výměra)
- Tvar
- Svažitost
- Střední délka pracovní jízdy
- Rozmístění a počet antropogenních překážek (sloupy, el. vedení a další)
- Počet vstupů na pozemek
- Vzdálenost od podniku

Velikost půdního bloku je jeden z hlavních faktorů vykazující informace o ekonomické a energetické náročnosti agrotechnických opatření. Díky historickým událostem a politické situaci minulého století v tehdejší Československu došlo k velkému nárůstu výměry půdních ploch, které byly sloučeny bez ohledu na jejich vlastnické vztahy. Tyto celky, které ve většině případech nerespektují přirozenou variabilitu z hlediska reliéfních, půdních, hydrologických a dalších podmínek. K dalšímu slučování pozemků za účelem zvýšení efektivity docházelo až když do zemědělství vstoupily nové modernější stroje, které měli mnohem větší pracovní záběry než stroje předešlé. V návaznosti na tuto skutečnost, téměř vymizely všechny malé pozemky, nebo byly připojeny k větším pozemkům (27).

Ke změnám tvarovým či velikostním ale dochází neustále. V současné době nejčastěji dochází k budování nových infrastruktur a tím dochází právě k narušování pozemků. Dalším

významným faktorem ovlivňující tuto problematiku je legislativa a její opatření, kdy je potřeba dělat přerušovací pásy v rámci Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (27).

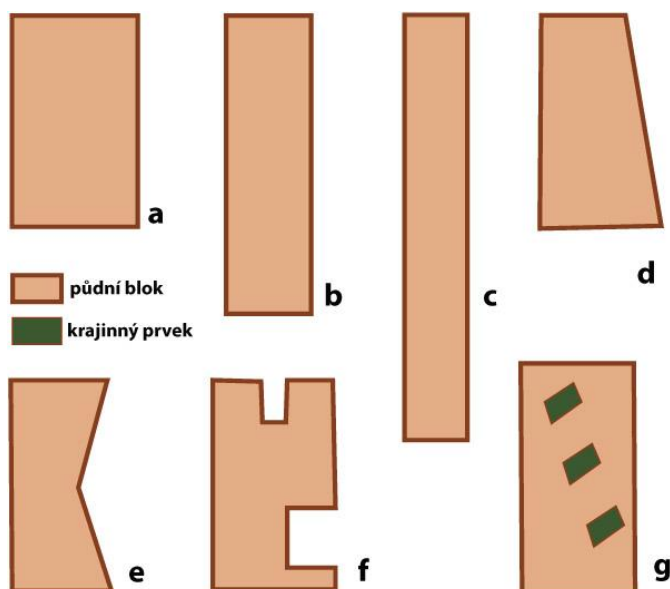
Důsledkem výše uvedených příkladů, které vedou k narušování velikosti a tvaru pozemků, je nutné upravovat pěstební systémy, které vedou například ke změně osevních sledů, budování nových vstupů, přičemž dochází ke změně pohybu pracovních souprav po pozemcích (27).

3.9 Velikost a tvar půdního bloku

Velikost půdního bloku, je hlavní parametr, který určuje jak ekonomickou náročnost, tak i náročnost časovou, která se projeví například při zpracování půdy. Při nárůstu velikosti půdního bloku dochází také k nárůstu podílu času spotřebovaném pro přímé pracovní činnosti pracovní soustavy vůči celkovému času. Mimo jiné nárůst plochy taktéž ovlivňuje čas na přepravu, otáčení na souvrati, změny poloh a seřizování pracovního nástroje. Výše zmíněné faktory ve finále zvyšují plošnou výkonnost. To se projevuje nejčastěji při nárůstu výměry na 40 až 50 hektarů. Pokud bude výměra ještě vyšší, než je zmíněný údaj, tak již není vykazován výraznější přírůstek (27).

Navyšování výkonnosti je ale také podmíněno potřebou větších pracovních záběrů strojů. Správný záběr stroje se musí pečlivě vybrat tak, aby byla zajištěna co největší efektivita a zároveň snadná manipulace po pozemku. Pokud by stroj s velkým záběrem byl využíván na menších pozemcích, může docházet k nežádáným překryvům jízd a zároveň pro větší záběr je nutná i větší tahová síla, tudíž výběr je závislý i na výkonu samotného traktoru, který pracovní nástroj potáhne (27).

Pokud je pozemek větší a delší, má to pozitivní vliv i na snižování spotřeby PHM traktorů, což současně snižuje i emise CO₂. Vliv velikosti půdního bloku na spotřebu PHM je ale diskutabilní, protože spotřeba závisí hlavně na variabilitě půdních podmínek, seřízení stroje, svažitost pozemku a na samotné obsluze stroje. Nejčastěji se v České republice setkáváme s tvary pozemků viz obrázek č.15. Nejvhodnější tvar pozemků je obdélník 1:2 nebo 1:4 (27).



Obrázek 15: Různé tvary pozemků (27)

3.10 Provozní data získávaná při práci stroje

Moderní stroje využívané v zemědělství díky telematickým systémům sbírají mnoho užitečných dat, které interpretují práci stroje a vlastnosti půdy. Tyto data jsou i propojená skrze GPS, a proto dostáváme informace přesně určené k místu a času. Souhrn těchto informací umožňuje tvorbu map, které propojí místo s provozními daty jako je spotřeba paliva, okamžitá rychlost, tahová síla, prokluz stroje a další. Po získání těchto dat, je nutná další práce v GIS softwaru. Pomocí těchto dat, je schopen zemědělec zefektivnit jeho práci a snížit tak i náklady. Může to být například zjištění, že obsluha nastavila nevhodné otáčky stroje a vzniká tím tak vyšší spotřeba paliva. V dalších podkapitolách budou jednotlivě probrány nejdůležitější provozní data.

3.10.1 Spotřeba PHM stroje

Dnešní zemědělská technika má stále největší zastoupení ve spalovacích motorech, i když v této době probíhá snaha o elektrifikaci dnešních strojů, za účelem snížení emisí a dopadů na životní prostředí. Nejdůležitější palivo, které pohání zemědělské stroje je motorová nafta, jejíž kvalita je určována evropskou normou ČSN EN 590, tudíž kvalita nafty u nás, by měla odpovídat jako kvalita ve všech ostatních zemích (22).

Spotřeba pohonných hmot patří mezi primární faktory, které ovlivňují náklady podniku a díky telematickým systémům, ze kterých se poté vytvoří mapa v příslušném softwaru, zjišťujeme okamžitou spotřebu pro aktuální místo na pozemcích. Zemědělec takto může kontrolovat činnost posádky, a to jakým způsobem stroj zatěžuje (22).

Ovlivňovat spotřebu pohonných hmot lze několika způsoby:

- Optimalizace tras – optimalizace tras v zemědělství zahrnuje plánování efektivních cest pro zemědělské stroje, aby minimalizovala náklady, čas a negativní dopady na půdu a životní prostředí
- Zvolení vhodných otáček motoru při konkrétní operaci
- Snížení prokluzu
- Pravidelná údržba stroje – pravidelná údržba motoru, včetně čistých filtrů a správného nastavení, může optimalizovat výkon a snížit spotřebu paliva.
- Využívání strojů s vhodným výkonem pro dané operace – výkon motoru musí odpovídat provozním podmínkám.

3.10.2 Regulovatelnost motoru s ohledem na snížení PHM

Rozhodující částí provozních nákladů traktorových souprav, kterou může ovlivnit obsluha, je spotřeba paliva. Jednou z výhod traktorových spalovacích motorů je jejich snadná regulovatelnost, což umožňuje přizpůsobení do různých režimů s rozdílnými otáčkami, točivým momentem a měrnou spotřebou. Dnešní traktorové motory disponují vysokým převýšením točivého momentu v poměrně širokém rozsahu otáček, při kterých motor udržuje téměř konstantní výkon. Tyto vlastnosti lze využít v provozu traktoru tím, že nastavíme tzv. ekonomický režim, kde motor pracuje s nízkou měrnou spotřebou a s vysokou účinností. Pro zajištění ekonomického provozu je nezbytné mít k dispozici dostatek informací o jednotlivých provozních režimech motoru. Z úplné charakteristiky lze pro libovolný režim práce motoru

určit nejdůležitější parametry: otáčky, točivý moment, výkon a měrnou spotřebu. Z těchto hodnot lze snadno stanovit hodinovou spotřebu paliva podle vztahu (23):

$$M_{ph} = \frac{P_e \cdot m_{pe}}{\rho_p} \cdot 10^{-3} \quad [l \cdot h^{-1}]$$

kde: M_{ph} – hodinová spotřeba paliva ($l \cdot h^{-1}$)

P_e – efektivní výkon motoru (kW)

m_{pe} – efektivní měrná spotřeba paliva ($g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$)

ρ_p – měrná hmotnost paliva ($kg \cdot l^{-1}$).

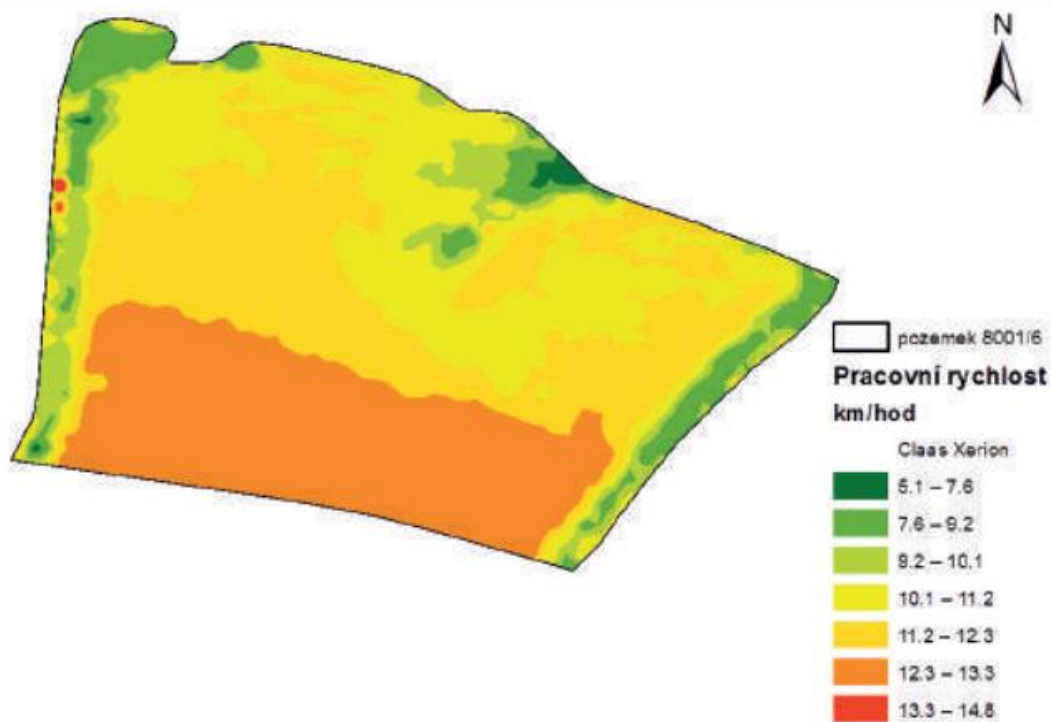
Při známé ceně paliva můžeme potom snadno stanovit provozní náklady na spotřebovanou naftu. Vzhledem k tomu, že cena ropy na světovém trhu neustále stoupá a do budoucna lze předpokládat, že nadále poroste, bude narůstat také cena nafty. I přes možnost použití alternativních paliv budou náklady na palivo stoupat. V současné době tvoří náklady na nákup nafty největší část provozních nákladů traktorů (23).

Pro dosažení co nejvíce ekonomického provozu traktoru, je nutné, aby byl traktor vybaven motorem disponujícím s převýšením točivého momentu od 40% a více, Taktéž převodovkou s plynulou změnou převodového poměru (CVT), násobičem točivého momentu a řazením všech stupňů pod zatížením (PowerShift) (23).

Při splnění výše uvedených podmínek je nutné pro dosažení ekonomických otáček adekvátně zatížit motor traktoru zároveň s ohledem na to, aby byly zachovány agrotechnické požadavky pro prováděnou operaci. Taktéž je důležité nastavit plnou dávku paliva a zatížit motor řazením převodových stupňů tak, aby otáčky klesly pod požadovanou hodnotu (23).

3.10.3 Rychlost stroje

Pomocí telematických systémů, je taktéž možno sledovat aktuální rychlost stroje, která se zaznamenává do mapy viz obrázek č.16. Tento záznam může sloužit pro kontrolu či optimalizování příslušné činnosti. V praxi se často stává, že obsluhy nedodržují doporučené rychlosti a dochází k nadměrnému přetěžování strojů.



Obrázek 16: Zobrazení pracovní rychlosti traktoru Claas Xerion při kypření (4)

3.10.4 Prokluz stroje

Jedná se o důležitý parametr při práci stroje, který negativně ovlivňuje efektivnost práce stroje. Pro stroj to znamená vyšší spotřebu paliva a velký podíl motoru zůstává nevyužitý. Vzniká tak, že dochází ke kontaktu jízdních kol s podložkou (například s půdou a jinými povrchy). Prokluz jakožto samotný lze charakterizovat jako relativní pohyb mezi dezénem pneumatiky či záběrovými zuby pásů a půdou. U kolových traktorů je zaznamenáváno vyšší procento prokluzu než u traktorů pásových. Pro traktory kolové je maximální možná mez 20 % a pro kolové 10 % (24).

Možností, jak zamezit prokluzu je několik. Pokud dojde k stoupenutí tahové odporu nad běžnou mez, je nutné přizpůsobit nářadí aktuálním pracovním podmínkám a traktoru. Například při orbě s pluhem, pokud má možnost měnit pracovní záběr orebních těles, lze tento záběr snížit

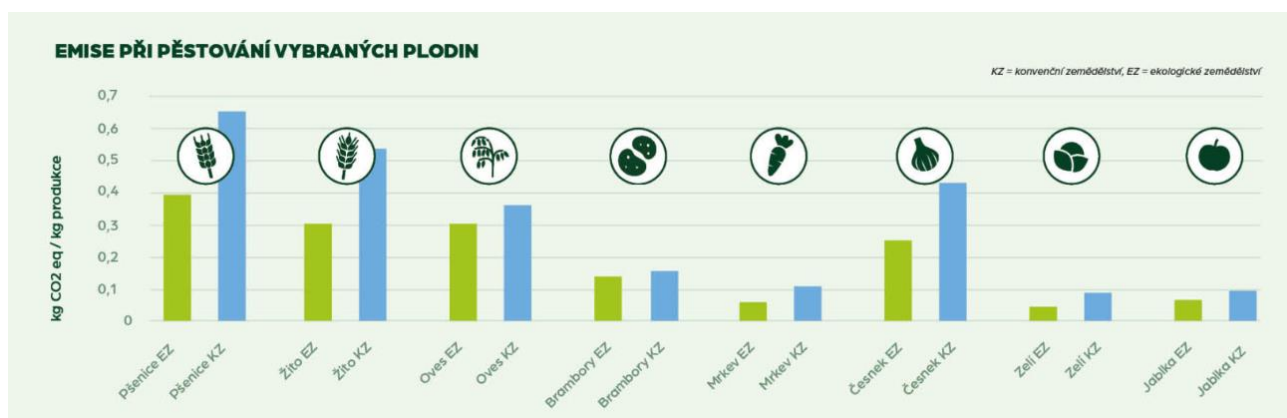
a zamezit tak prokluzu. Moderní stroje mají již ve svých výbavách systém prokluzové regulace, který se ovládá skrze hlavní terminál. Pokud je traktor taktéž vybaven radarovým senzorem, lze nastavit maximální možná hodnota prokluzu a pokud je překročena, automaticky dojde k přizvednutí tříbodového závěsu (24).

3.11 Uhlíková stopa

V současné době se naše planeta potýká s oteplováním a výkyvy počasí. Hlavní příčina je zesilující skleníkový efekt atmosféry, který zapříčiňuje emise, nejčastěji oxidu uhličitého CO₂, oxidu dusného N₂O a metanu CH₄. Zemědělství patří mezi pět hlavních producentů emisí skleníkových plynů a EU tvoří v průměru 10 % z celkových emisí (24).

Změna klimatu a zemědělství spolu úzce souvisí a lze na něj nahlížet dvěma způsoby. První způsob je ten, že zemědělství je díky změnám klimatu ohroženo díky zvyšujícím se teplotám, vyšší eroze, málo či hodně srážek a narůstající sucho způsobují po celém světě problémy v zemědělství a s ním spojenou produkcí potravin. Druhý způsob je ten, že zemědělství se podílí zhruba deseti až patnácti procenty na celkových emisí skleníkových plynů. Se zemědělstvím se ale také pojí další operace, se kterými jsou spojené další emise. Může to být výroba pesticidů a hnojiv, transporty, skladování a podobně (24).

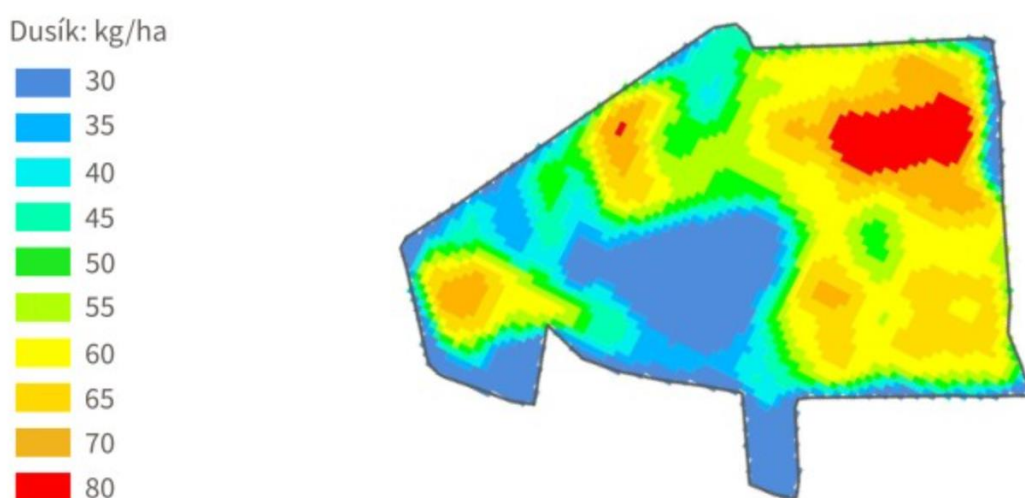
Velká část emisí N₂O vzniká při půdních procesech souvisejících s hnojením a výrobou syntetických hnojiv nebo zpracováním půdy. Další procesy, které zapříčiňují emise CO₂ jsou procesy rozkladu, hnojení, dýchání a spalování. Polní produkce uvolní v ČR do ovzduší cca 4,23 milionů tun CO₂ ekvivalentní a obdobné množství je i vyprodukováno v živočišné výrobě ve formě CH₄ (24). Rozdílné emise při pěstování plodin lze vidět na obrázku č.17.



Obrázek 17: Emise při pěstování vybraných plodin (24)

3.12 Optimalizace a snížení nákladů

Mezi principiální základy precizního zemědělství patří maximalizace výstupů a co nejvíce minimalizovat dopady na životní prostředí. Veškeré tyto cíle plní přední výrobci pomocí vývoje nejrůznějších moderních technologií. Mezi nejznámější varianty patří optimalizování tras a variabilní aplikace. Hlavním cílem optimalizování tras je úspora paliva, snížení procenta vynechaných míst a opakovaných přejezdů a snížení utužení půdy. Druhou variantou je variabilní aplikace, která se využívá u hnojení, setí, pesticidů a má za cíl eliminovat zátěže a přistupuje individuálně k dané části pozemku viz obrázek č.18, kde bude využito variabilního hnojení a části jsou rozděleny konkrétně podle potřeby daného místa.



Obrázek 18: Variabilní aplikace dusíku (26)

Mezi hlavní pozitiva užívání variabilní aplikace patří (26):

- Zvýšení průměrného výnosu na hektar
- Snížení spotřeby přípravků na ochranu a výživu rostlin
- Šetrnost vůči životnímu prostředí

Variabilní aplikace může být aplikována v rámci reaktivního a prediktivního řízení. Například u variabilní aplikace hnojiv, je možnost vypínání sekcí, pomocí postřikovačů, jenž jsou tímto systémem vybaveny (4).

U prediktivního řízení je základním krokem vytvoření aplikační mapy. K vytvoření mapy je nutné určit, z jakých dat bude vytvořena a jak budou data získána. Potřebná data se získají pomocí dálkového průzkumu země na základě využití vegetačního indexu či odběrů

vzorků z půdy. Pokud se jedná o metodu odebrání vzorku, tak následuje laboratorní analýza, díky které jsou získána data o živinách a slouží jako podklad k tvorbě aplikační mapy. Aplikační mapa je následně nahrána do palubního počítače postřikovače, jenž je vybaven vypínatelnými sekcemi. Následně je hnojivo aplikováno pouze na vhodná místa (4).

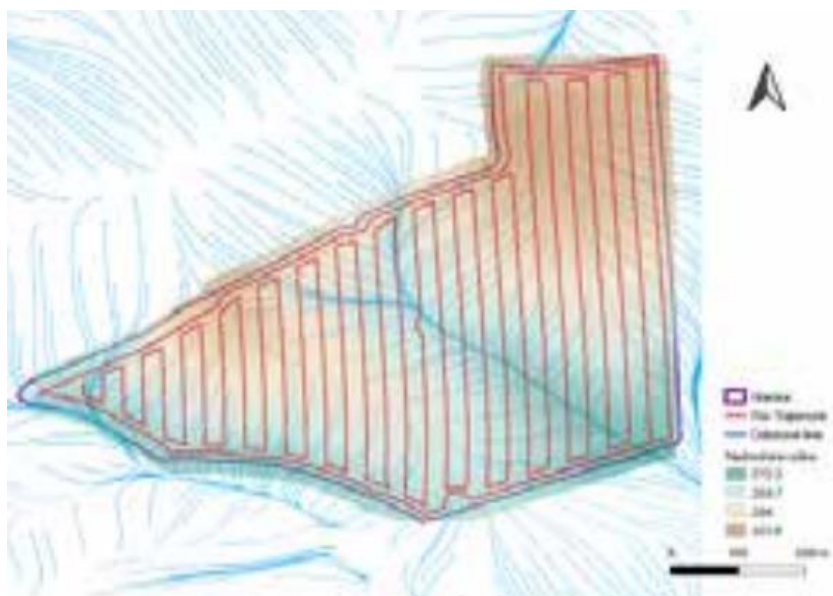
Pro řízení reaktivní je stále nutné využívat postřikovače s vypínatelnými sekcemi, které jsou ale oproti předchozí variantě vybaveny on the go senzory. Pomocí těchto senzorů je operativně nastavena dávka pro konkrétní místo, a navíc lze data získána z těchto senzorů ještě použít pro tvorbu jednotlivých zón na poli (4).

Při rozhodování, zda využít variabilní aplikaci, je důležité vzít v potaz velikost pozemku a také úroveň jeho variability. Čím více je pozemek heterogenní, tím více se hodí pro variabilní aplikaci naopak u pozemků homogenních je variabilní aplikace zbytečná, protože na pozemku nejsou velké výkyvy a nemusí na nich docházet díky variabilní aplikaci k úspoře ale naopak k vyšším nákladům (4).

3.12.1 Optimalizování tras

Mnoho zemědělců se stále více potýká s otázkou ochrany půdy a jak předejít k jejímu zhutnění a erozi. Kvůli zhutnění není schopná přijmout půda tolik srážek a voda zůstává na povrchu pole, či narušuje růst kořenového systému rostlin a nedochází tak k využití plnému potenciálu půdy. Zhutnění vzniká vlivem tlaku, které přichází od těžkých strojů, jako jsou traktory, stroje určené pro sklizeň a další dopravní prostředky. To ale neznamená, že je nutné přejezdy zcela eliminovat, protože jsou pro dnešní zemědělství zcela nevyhnutelné (4).

Díky této skutečnosti, je využíváno programů, které tvoří navigační linie, tak aby byly přejezdy co nejméně náročné pro půdní podmínky viz obrázek č.19. Jsou využívány společně s polní navigací a jejich úkolem je co nejvíce snížit přejezdy, snižovat energetickou náročnost a upravovat tvary pozemků.



Obrázek 19: Pozemek se zanesenou trajektorií jízdy (4)

3.13 Souvratě

Souvratí je část pole, která se nachází na jeho okraji a je to místo, kde se stroj otáčí. Tato část pole je vytvářena kvůli tomu, že není možné orat až na jeho samý okraj, aby nedošlo k neobděláným částem. Souvratí je oblast, která je zpracována kolmo na směr orby, aby se zabránilo nežádoucímu odplavování půdy. Kvůli otáčení strojů dochází k většímu zhutnění půdy a tím k obtížnější manipulaci s ní. Dochází k porušení struktury půdy, což ovlivňuje růst rostlin a výsledný výnos pole (4).

Tvar a velikost pozemku mají zásadní vliv na potřebnou velikost ploch pro otáčení zemědělských strojů. U pozemků s nepravidelným tvarem roste potřebná plocha pro otáčení strojů. Tyto plochy zahrnují zejména souvratě, ale také oblasti přiléhající k vnitřním a vnějším hranicím pozemku. Rozmístění souvratí a jejich počet jsou determinovány tvarem pozemku, směrem, jakým jsou kladené pracovní jízdy, a šířkou souvratě. Šířka souvratě je stanovena podle záběrů stroje (4).

4 Vlastní zpracování

Praktická část se zabývá zpracováním surových dat, které byly získány pomocí telematického systému. Tyto data jsou následně využita k ekonomickému zhodnocení sklizně. Telematická data, byla získána ze všech operací odehrávajících se na poli. Jedná se o setí, hnojení, aplikace chemické ochrany až po samotnou sklizeň a podmínku.

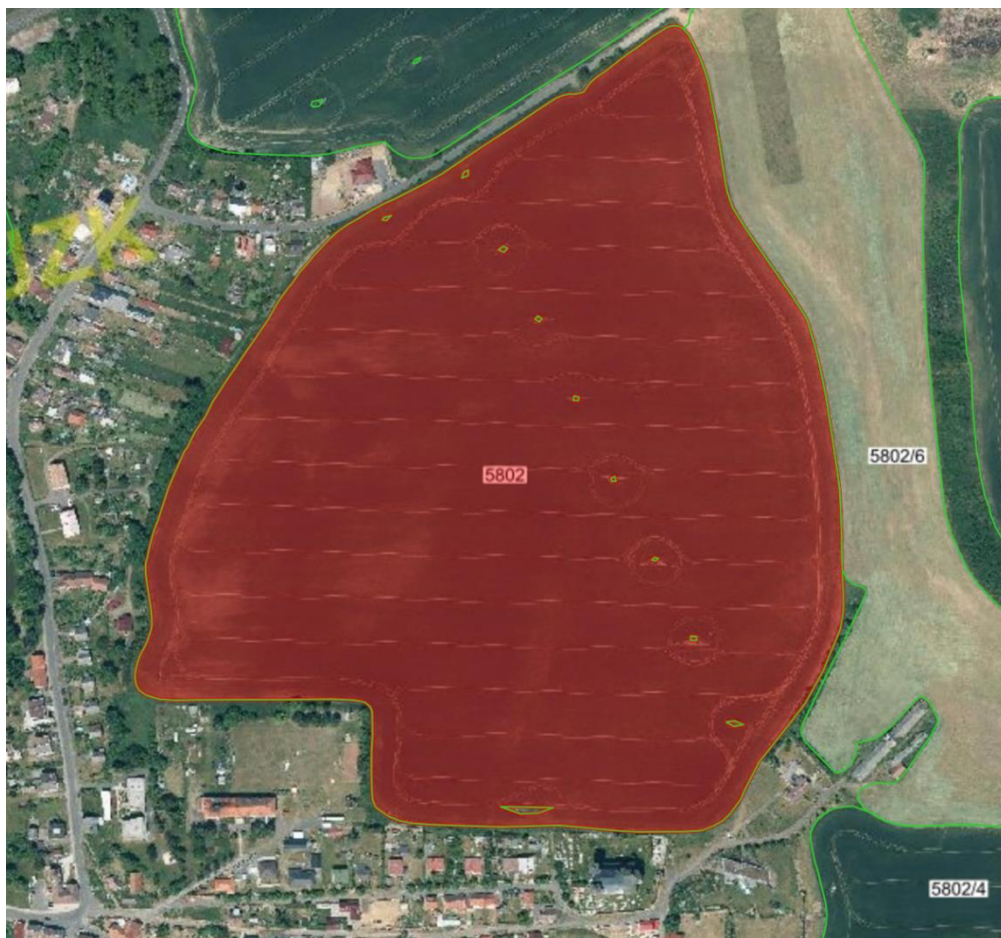
V první části dojde k rozdělení pole na souvrať a produkční plochu. Následně proběhne analýza a zpracování dat v programu ArcGIS a Excel, kde je nutné vymazat extrémní hodnoty a chybové hlášky, aby nedošlo ke zkreslení výsledku.

Druhá část je věnována ekonomickému zhodnocení všech pracovních operací až po samotnou sklizeň. Proběhne kalkulace veškerých nákladů pro jednotlivé operace a bude vypočítán celkový zisk ze sklizně. Taktéž budou identifikovány ztrátové a ziskové části pole.

4.1 Vybraný pozemek

Pozemek se nachází v Karlovarském kraji přímo v obci Chyšce viz obrázek č.20 a je ve vlastnictví společnosti Statek Chyšce s.r.o. Společnost vznikla v roce 1991 její hlavní činnosti jsou zemědělská výroba, služby v zemědělství a obchod se zemědělskými komoditami. Tento podnik hospodář zhruba na 4580 hektarech orné půdy. Mezi nejčastěji pěstované plodiny v tomto podniku patří pšenice ozimá, ječmen jarní, žito ozimé a řepka ozimé.

Všechna telematická data, která byla nasbírána v letech 2022 až 2023 a jsou z jednoho stejného pozemku, na kterém byl zaznamenán sled pracovních operací od podmínky, setí, aplikace ochrany, hnojení až po sklizeň. Ve výše zmíněném období byla na tomto poli pěstována pšenice ozimá odrůdy „Julie“.



Obrázek 20: Vybraný pozemek, odkud byly zaznamenány telematická data (35)

Výměra pozemku je 25,05 hektarů s označením jako standardní orná půda (R) a je využíván v režimu konvenčního hospodaření. Číselné označení půdního bloku je 5802-1. Průměrná nadmořská výška na tomto pozemku je 479,55 metrů a vzdálenost od vody je přibližně 105 metrů.

4.2 Základní úpravy v softwaru ArcGIS

Autorovi byla poskytnuta data, ve formátu shapefile, kde je každý záznam popisován v určených souřadnicích díky seznamu lomových bodů. Pro úpravu a kontrolu záznamů byl autorem zvolen softwarový program ArcGIS, vyvinutý společností Esri, který slouží k úpravám, vizualizacím a správě geografických dat.

První forma úpravy proběhla právě v programu ArcGIS, kde byly načteny všechny data bez žádných úprav. Na pozemku se nachází několik sloupů elektrického vedení a ty by zkoumání mohly ovlivnit, proto data z těchto míst byly odstraněny viz obrázek č.21.

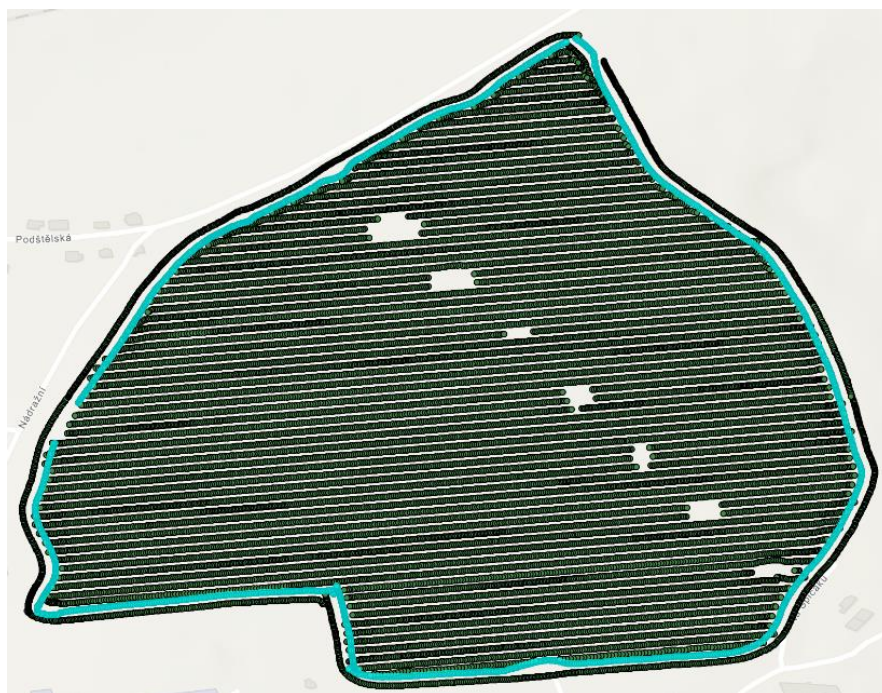


Obrázek 21: Vizualizace odstranění sloupů el. vedení na pozemku (zdroj vlastní)

Pole bylo nutné rozdělit na souvratě a produkční plochu, za účelem porovnání těchto dvou odlišných míst. U sklizně proběhlo rozdělení následovně viz obrázek č.22 a č.23. Souvrat' byla rozdělena na dvě části, což bylo ovlivněno šířkou záběru. Poté následovalo rozdělení částí pole u všech dalších pracovních operací.



Obrázek 23: Grafické znázornění rozdělení souvratě č.1 (zdroj vlastní)



Obrázek 22: Grafické znázornění rozdělení souvratě č.2 (zdroj vlastní)

4.3 Export jednotlivých dat a jejich analýza

Všechna data byla následně vyexportována do tabulkového procesoru Excel, kde bylo nutné finálně očistit data a vymazat extrémní hodnoty, které byly často jenom chybovou hláškou.

Díky rozdělení částí pole, lze snadno pomocí kontingenční tabulky viz tabulka č.1 zjistit, jaké byly pracovní rychlosti pro danou část pole a také spotřebu paliva, která je jedním z nejzásadnějších nákladů při práci na poli. Tyto hodnoty budou zkoumané především u podmínky, setí a u samotných aplikací hnojiv a ošetření.

	Data	
deleni	Průměr z PALIVO (l/ha)	Průměr z RYCHLOST (km/h)
plocha	5,430500702	11,46665502
souv_1	6,072978652	11,24470589
souv_2	5,506617958	11,46189913
souv_3	5,23742043	11,53728496
Celkový průměr	5,483956367	11,45034561

Tabulka 1: Data získaná z podmínky pro jednotlivé části pole před jejich úplným očištěním (zdroj vlastní)

Na rozdíl u sklizně, jsou k dispozici i data o vlhkosti zrna pro konkrétní místo a také informace o výnosu viz tabulka č.2.

	Data			
deleni	Průměr z VYNOS (t/ha)	Průměr z VLHKOST (%)	Průměr z PALIVO (l/ha)	Průměr z RYCHLOST (km/h)
plocha	6,811983447	12,73521845	13,15206269	5,009330174
souv_1	6,794753378	14,27299564	17,14376623	3,883727416
souv_2	7,622603438	14,56460395	36,53992335	4,283480741
Celkový průměr	6,872378594	13,00932906	15,2869304	4,855515885

Tabulka 2: Data získaná ze sklizně pšenice ozimé před úplným očištěním (zdroj vlastní)

Kontingenční tabulka slouží jako základní přehled o záznamech, které ještě nebyly zkontrolovány. V další fázi je nutné stanovit střední hodnoty, směrodatné odchylky a minimum a maximum viz tabulka č.3. Stanovení hodnot u podmínky, aplikace a setí proběhlo pouze u průměrné spotřeby paliva a rychlosti. U sklizně ještě navíc o průměrný výnos a o průměrnou vlhkost zrna.

	RYCHLOST (km/h)	PALIVO (l/ha)
Stř. hodnota	11,44937729	5,475486335
Směr. odchylka	0,430829128	0,898483203
Minimum	8,55589422	1,025737305
Maximum	13,49969375	9,073734779

Tabulka 3: Stanovení střední hodnoty, směrodatné odchylky, minima a maxima u spotřeby paliva a průměrné rychlosti pro podmínku (zdroj vlastní)

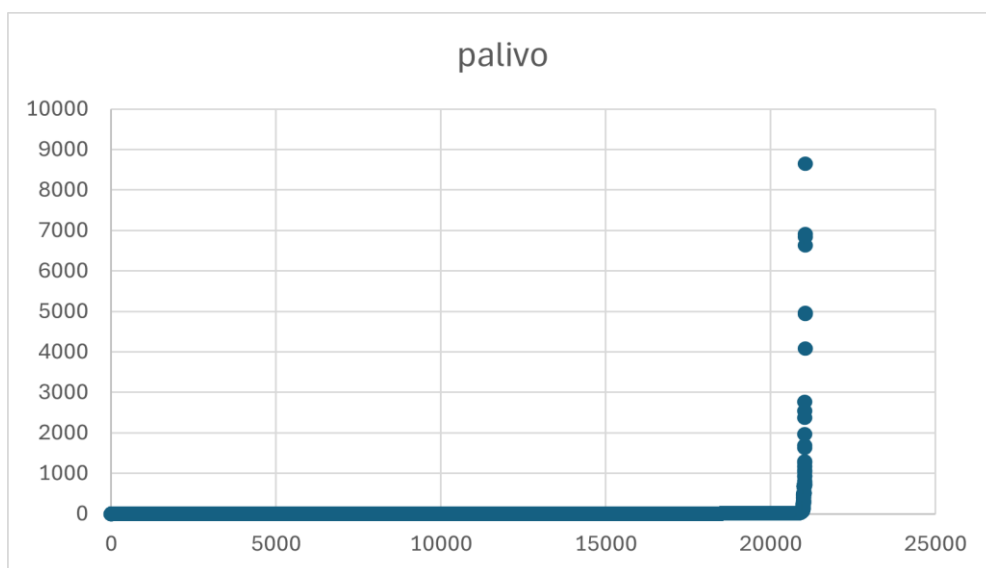
Pro určení hodnot, které jsou považovány za extrémní nebo chybné bylo využito popisné statistiky, kde je nutné třikrát vynásobit směrodatnou odchylku a poté určit minimum, tím že odečteme výsledek tohoto výpočtu od střední hodnoty. V případě určení maxima je nutné přičíst výsledek ke střední hodnotě a získáme tak rozmezí hodnot, které je akceptovatelné. Ostatní hodnoty pod minimální a nad maximální hodnotu je možné vymazat při současném zohlednění jejich četností.

V některých případech jsou chyby odhalitelné pouze ze stanovení minima a maxima bez nutných výpočtů viz tabulka č.4 z dat získaných ze sklizně, kde je minimální hodnota spotřeby, výnosu a rychlosti nula. Nulové hodnoty většinou odhalí chybovou hlášku, a proto se tato data musí smazat. To samé platí i o extrémně vysokých hodnotách viz maximální spotřeba paliva 6845 litrů na hektar, která je nereálná a jedná se taktéž o chybovou hlášku.

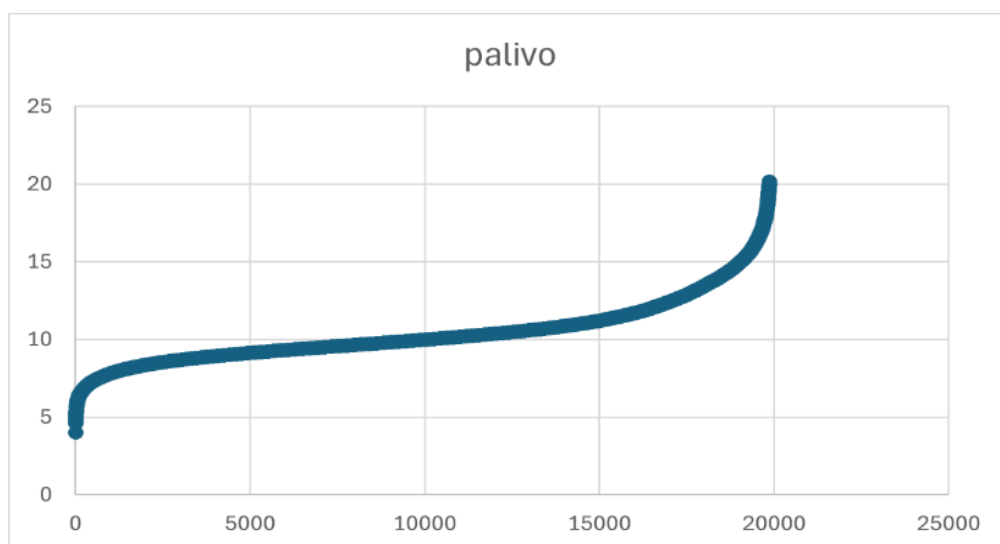
	VYNOS (t/ha)	VLHKOST (%)	PALIVO (l/ha)	RYCHLOST (km/h)
Stř. hodnota	6,868951428	13,01057676	15,48472366	4,85522032
Směr. odchylka	2,135013882	1,904529693	82,65967782	0,815675962
Minimum	0	1	0	0
Maximum	20,56499863	19,82	6845,478254	10,84320788

Tabulka 4: Stanovení střední hodnoty, směrodatné odchylky, minima maxima z dat získaných při sklizni (zdroj vlastní)

Extrémní hodnoty a chybové hlášky lze na první pohled dohledat i pomocí tvorby histogramu viz graf č.1, kde je vidět, že je extrémní rozpětí mezi hodnotami a graf nemá žádnou vypovídající hodnotu. Naopak po odebrání extrémní hodnoty u grafu č.2, lze vidět, že rozpětí je již pouze minimální.



Graf 2: Bodový graf vytvořený z neočištěných hodnot (zdroj vlastní)



Graf 1: Bodový graf vytvořený po očištění hodnot (zdroj vlastní)

Po kontrole dat, byly znovu vytvořeny kontingenční tabulky a u sklizně viz tabulka č.5 je hned na první pohled vidět změna ve všech hodnotách. Průměrná vlhkost se po korekci dat snížila o přibližně 0,5 %, výnos se zvýšil 0,149 t/ha a průměrná rychlost zaznamenala taktéž mírný růst. Narozdíl spotřeba paliva zaznamenala nejrazantnější změnu, a to o přibližně 4,5 l/ha.

	Data			
deleni	Průměr z VYNOS (t/ha)	Průměr z VLHKOST (%)	Průměr z PALIVO (l/ha)	Průměr z RYCHLOST (km/h)
plocha	6,994247191	12,33075152	10,21043139	5,031043461
souv_1	6,895392399	13,73925912	12,45704394	4,035508406
souv_2	7,464545358	14,0057262	11,85962647	4,425964827
Celkový průměr	7,021333369	12,57604082	10,5246227	4,901291536

Tabulka 5: Data očištěná od extrémních hodnot a chybových hlášek u sklizně (zdroj vlastní)

U podmínky naopak nebylo tolik chybových hlášek a extrémní hodnoty, skoro taktéž nebyly zaznamenány, tudíž je změna minimální viz tabulka č.6. Nárůst spotřeby paliva je o přibližně 0,1 l/ha a změna v průměrné rychlosti je téměř nulová.

	Data	
delení	Průměr z PALIVO (l/ha)	Průměr z RYCHLOST (km/h)
plocha	5,447114465	11,47237605
souv 1	6,077763447	11,24584769
souv 2	5,506617958	11,46189913
souv 3	5,23742043	11,53728496
Celkový průměr	5,496630482	11,45489832

Tabulka 6: Data očištěná od extrémních hodnot a chybových hlášek u podmínky (zdroj vlastní)

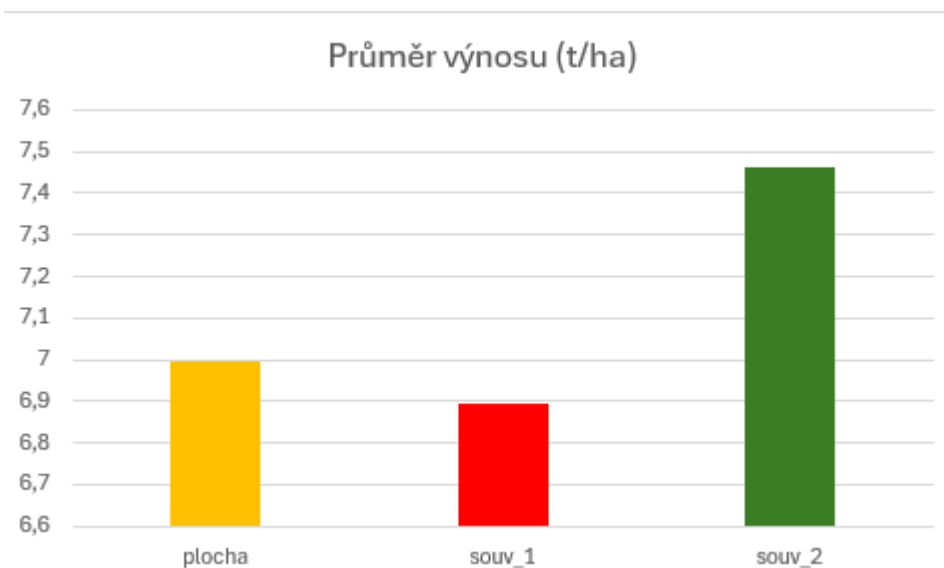
Znamená to, že sběr dat při podmítce byl mnohem přesnější, avšak je nutno brát v potaz, že podmínka trvala přibližně dvě hodiny a samotná sklizeň přibližně sedm hodin, tudíž je zde výskyt chybových hlášek a extrémních hodnot pravděpodobnější.

4.4 Převod číselných hodnot do grafů

Po finální kontrole dat je možné převést číselné hodnoty do grafu podle rozdělených částí pole. Hlavní výhodou pracování se surovými daty, je právě možnost rozdělit pole či pozemek na několik částí a detailně je prozkoumat. U klasických telematických systémů je k dispozici pouze výčet se základními přehledy.

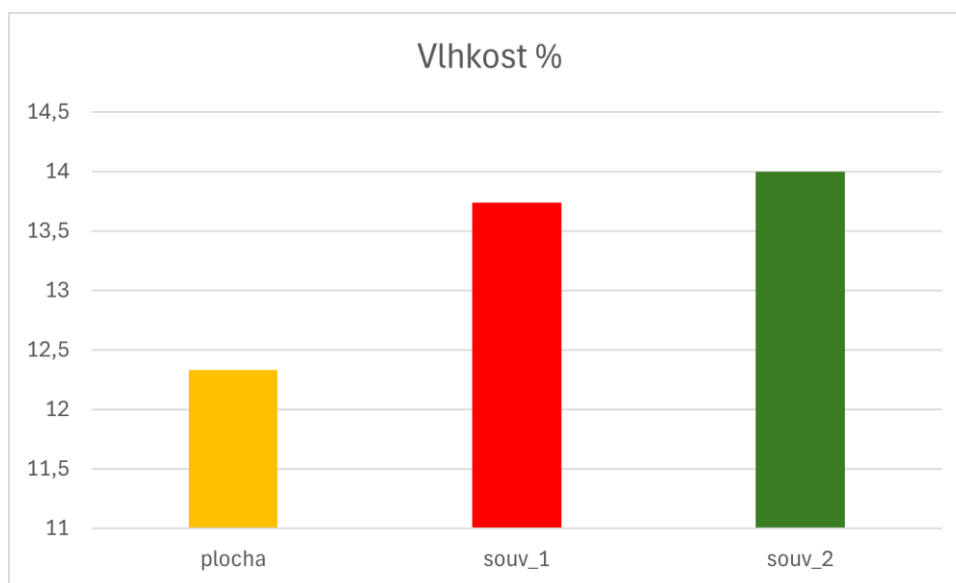
4.5 Sklizeň

První graf byl vygenerován z dat o výnosu viz graf č.3. Šířka záběru byla 9 metrů, tudíž byla souvrať sklizena ve dvou jízdách. Nejvyšší výnos byl zaznamenán na souvrati blíže k produkční ploše, kde byl výnos přibližně 7,5 tun na hektar. Nejmenší výnos byl zaznamenán naopak na vnější straně souvrati a to přibližně 6,9 tun na hektar, což je způsobeno vyššími počty přejezdů techniky v těchto místech, přičemž dochází k utužování půdy. Zbytek pole se pohyboval v hodnotách okolo 7 tun na hektar.



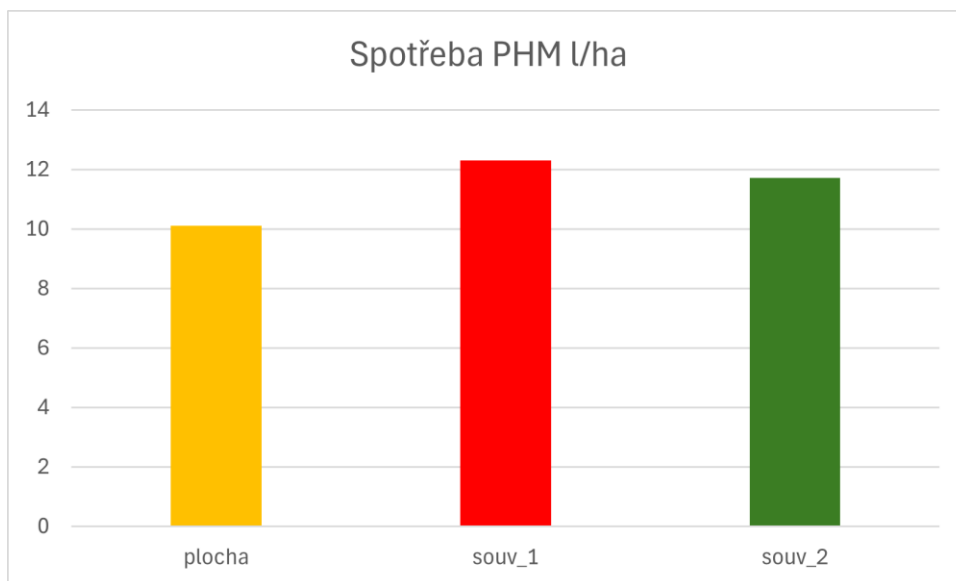
Graf 3: Průměrný výnos pšenice pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Další zkoumanou hodnotou byla vlhkost viz graf č.4, která byla nejnižší na produkční ploše. Taktéž si lze povšimnout, že nejvyšší vlhkost byla na souvrati číslo 2, kde byl i nejvyšší průměr výnosu.



Graf 4: Průměrná vlhkost zrna pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Průměrná spotřeba paliva byla po očištění dat zhruba 10,5 l/ha viz graf č.5. Souvrat' číslo 1 byla spotřebou v průměru lehce nad 12 l/ha a souvrat' číslo 2 přibližně čtvrt litru pod ní. Spotřeba na produkční ploše se pohybovala okolo 10 l/ha.



Graf 5: Spotřeba PHM pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

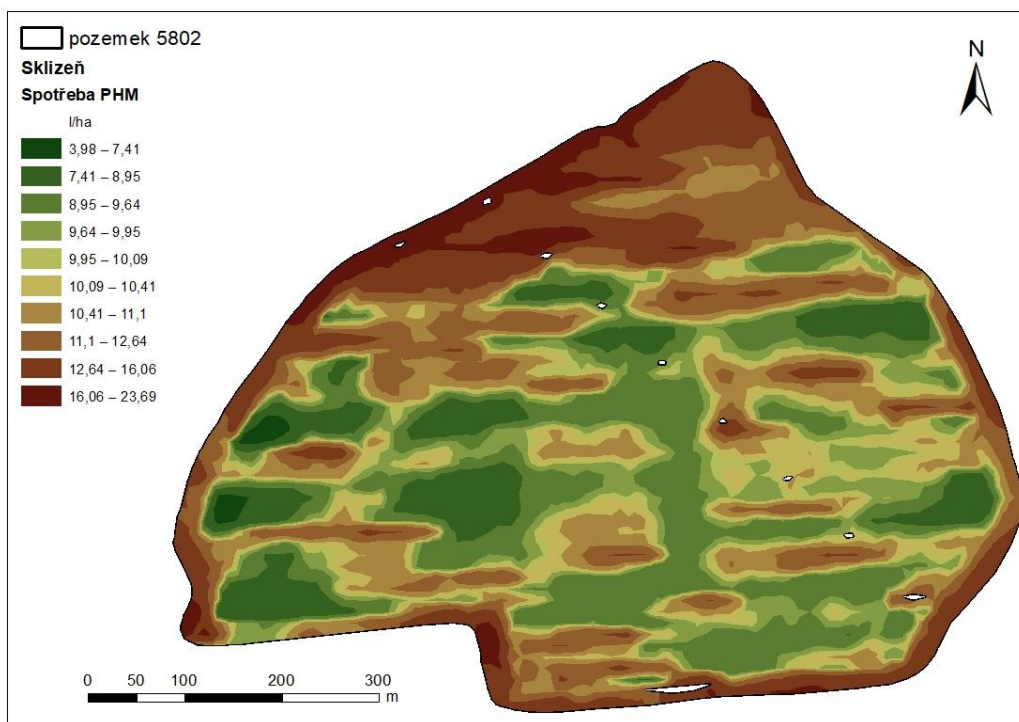
Po analýze jednotlivých číselných hodnot byla data importována znovu do softwaru ArcGIS a následně převedena zpátky na formát shapefile, za účelem vytvoření výnosových map. Hranice pozemku byly staženy pomocí webového rozhraní LPIS.

První mapa zobrazuje trajektorie přejezdů sklízecí mlátičky viz obrázek č.24. Jednotlivé body, které na mapě chybí byly buďto extrémní hodnoty anebo chybové hlášky. Taktéž došlo k odstranění přejezdů okolo sloupů.



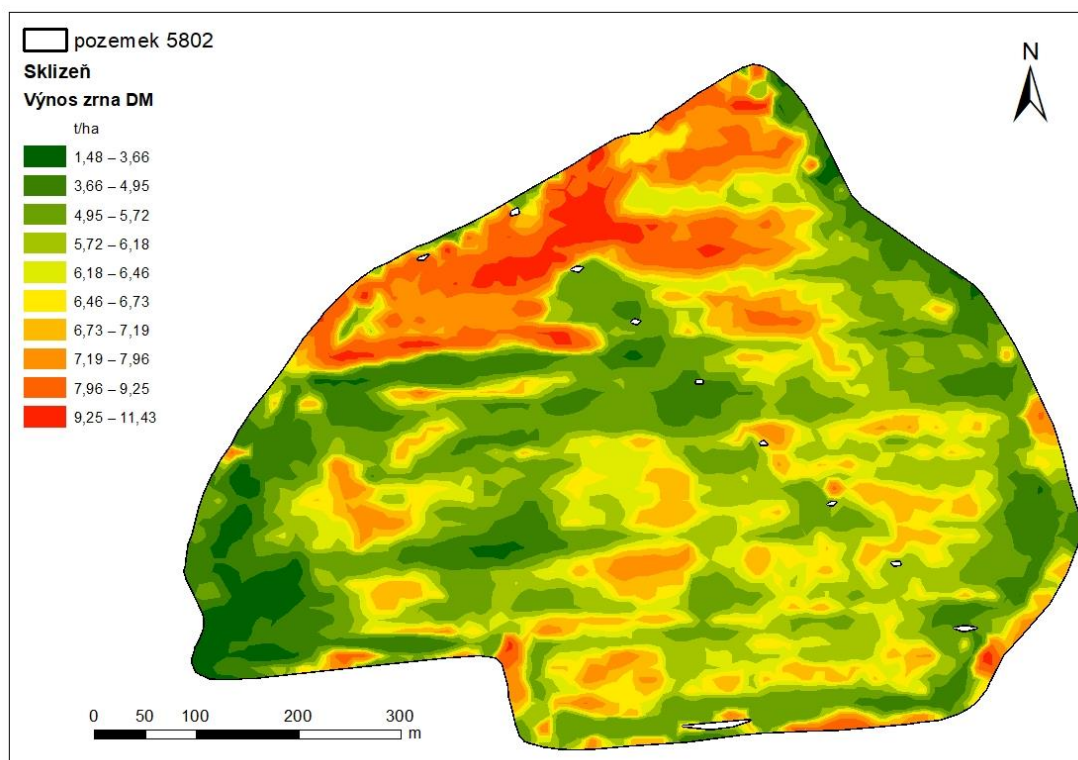
Obrázek 24: Zobrazení trajektorie jízdy sklízecí mlátičky (zdroj vlastní)

Další vytvořenou mapou, byla mapa spotřeby PHM viz obrázek č.25, která odpovídá grafu č.5 a to, že nejvyšší spotřeby byly na souvratích a nejnižší na produkční ploše.



Obrázek 25: Mapa spotřeby PHM při sklizni (zdroj vlastní)

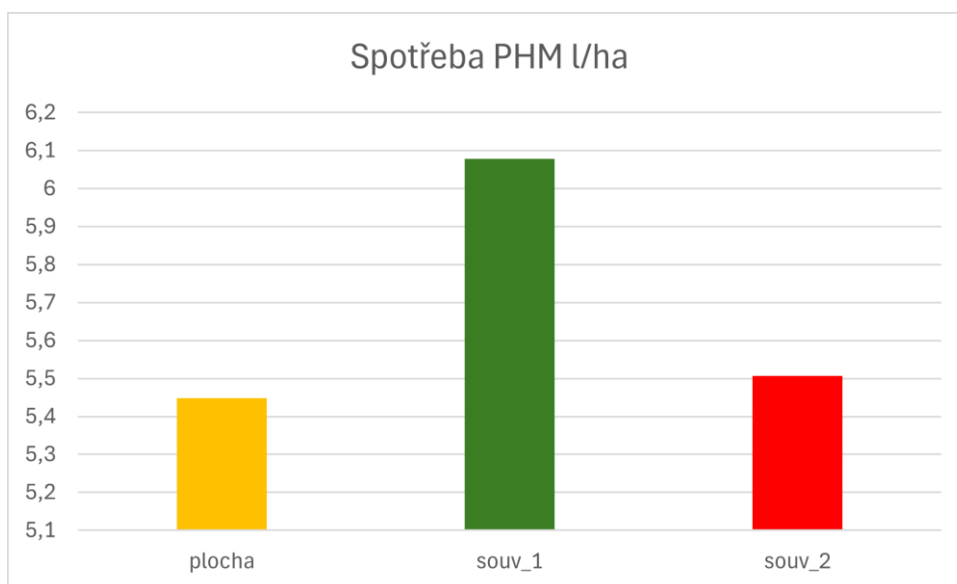
Poslední mapa vyobrazuje výnos v tunách na hektar přepočítaný na sušinu viz obrázek č. 26.



Obrázek 26: Mapa výnosu v sušině (zdroj vlastní)

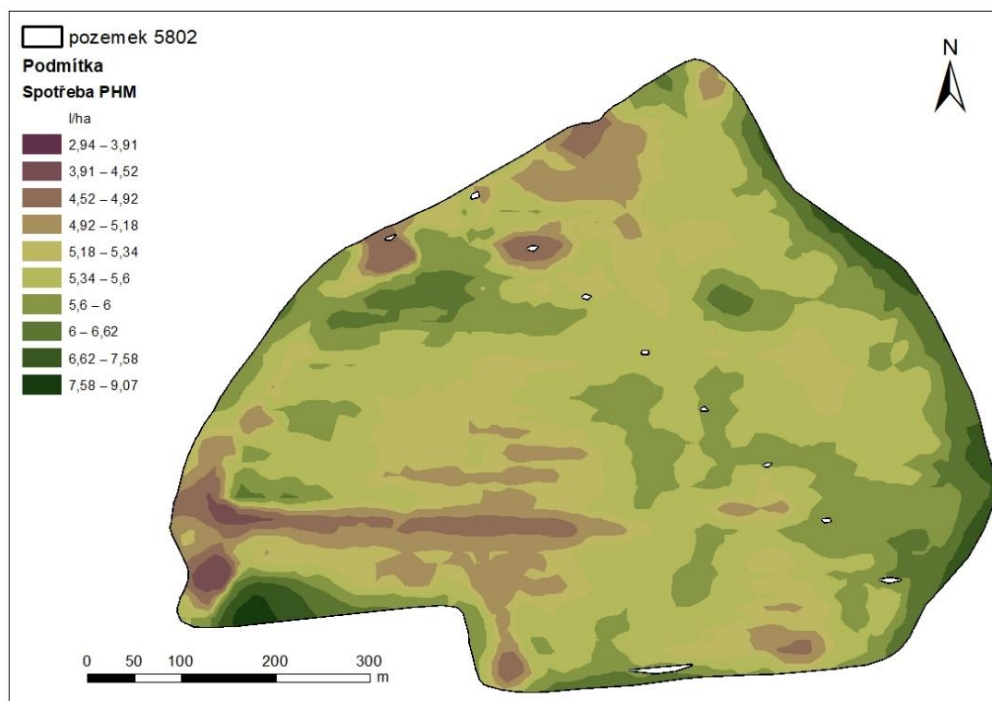
4.6 Podmítka

Další zkoumanou operací byla podmítka. Požadovaná hloubka podmítky byla přibližně 12 centimetrů a průměrná rychlost stroje na poli byla 11,5 km/h. Průměrná spotřeba paliva byla 5,5l/ha. Nejvyšší spotřeba byla zaznamenána jako při každé operaci na prvním jetí souvrati, a to zhruba o 0,5l/ha viz graf č.6. Půda je v těchto místech ztuhněná a vůči stroji tak klade větší odpor vůči zpracování.



Graf 6: Spotřeba PHM při podmítce pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

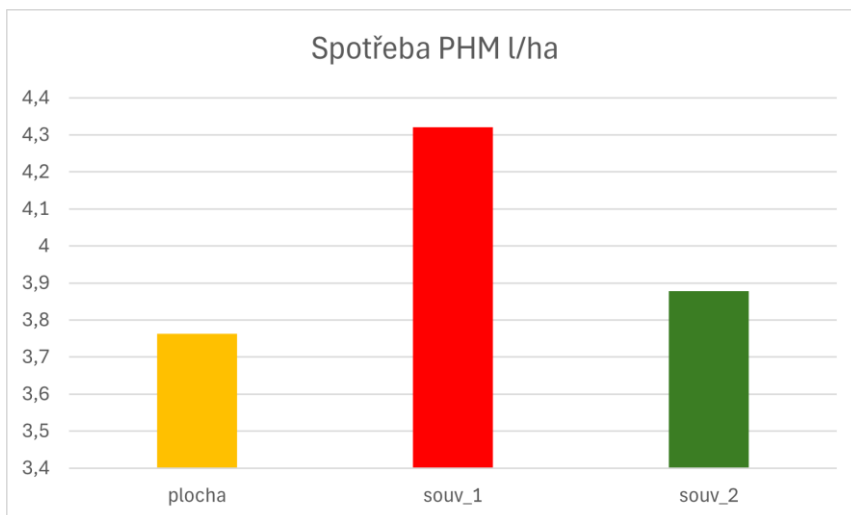
Pomocí těchto dat, byla taktéž zhotovena mapa spotřeby paliva při podmítce pro celý pozemek viz obrázek č.27.



Obrázek 27: Mapa spotřeby paliva při podmítce (zdroj vlastní)

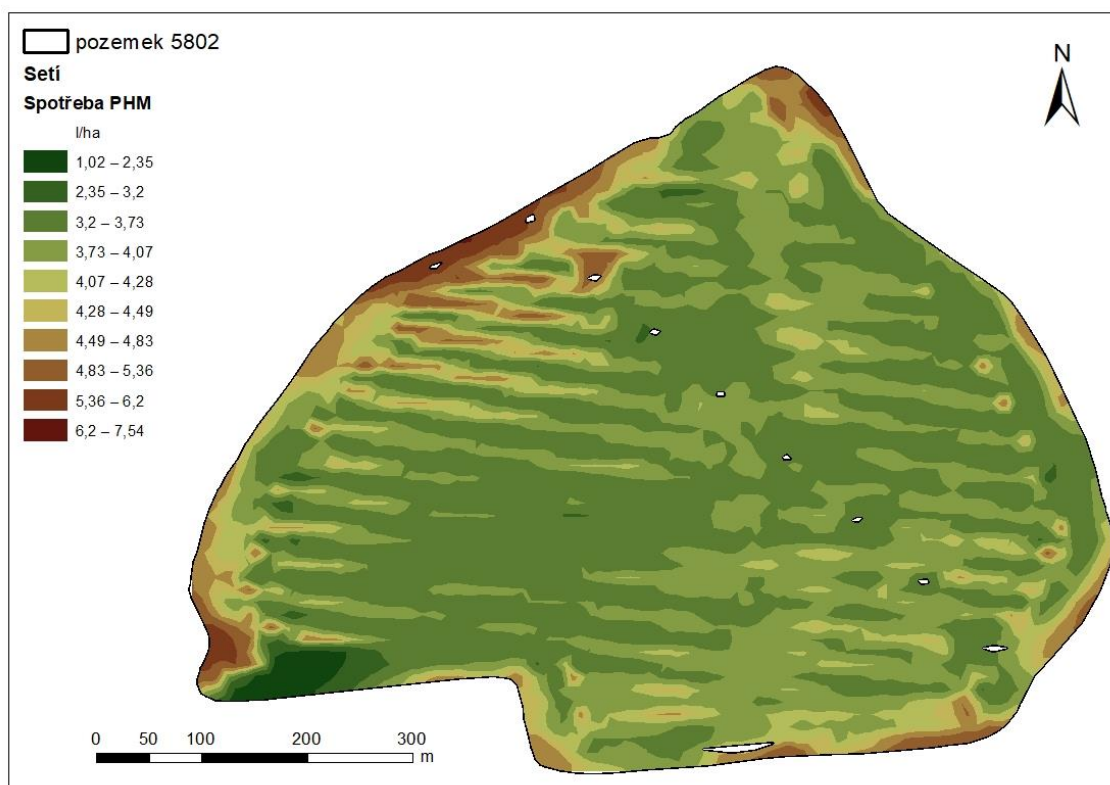
4.7 Setí

Pro setí byl využit secí stroj s pracovním záběrem 9 metrů. Spotřeba se v průměru na celém poli pohybovala okolo 3,9 l/ha viz graf č.7. Tato spotřeba je nižší, než jsou uvedené hodnoty například v normativech. To je zapříčiněno tím, že pole se nachází v rovinatém terénu.



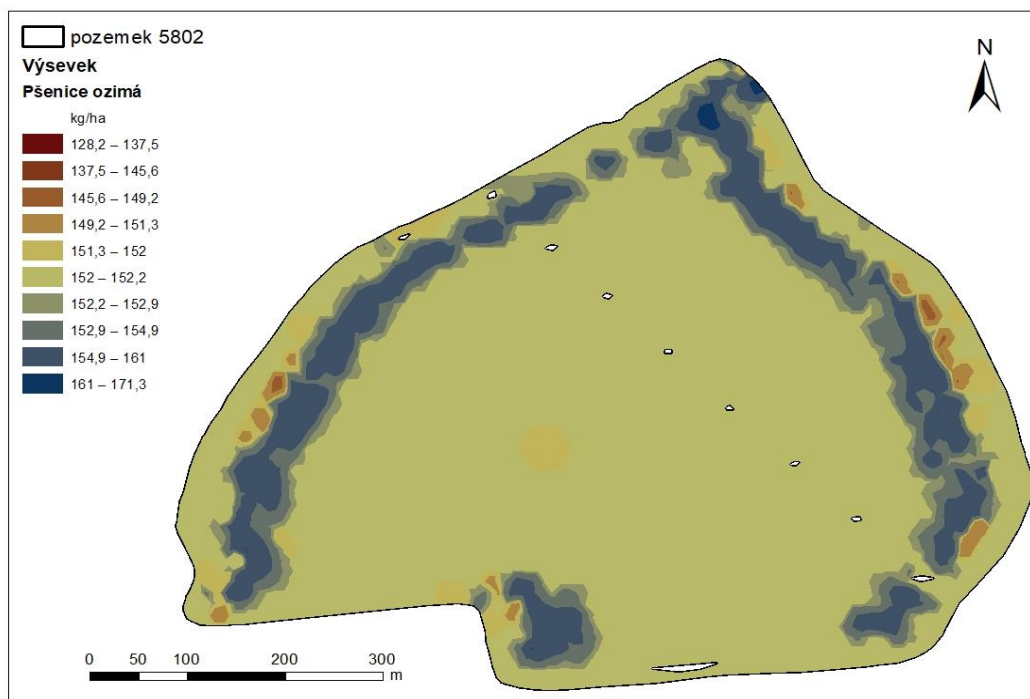
Graf 7: Spotřeba PHM při setí pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Spotřeba na první souvrati byla stále nejvyšší a tento trend převažuje skoro na každém poli, tudíž se nejedná o ojedinělou hodnotu. Přehled spotřeby paliva je možno vidět na mapě viz obrázek č.28. Celkově při této operaci bylo spotřebováno 90l paliva.



Obrázek 28: Mapa spotřeby paliva při setí (zdroj vlastní)

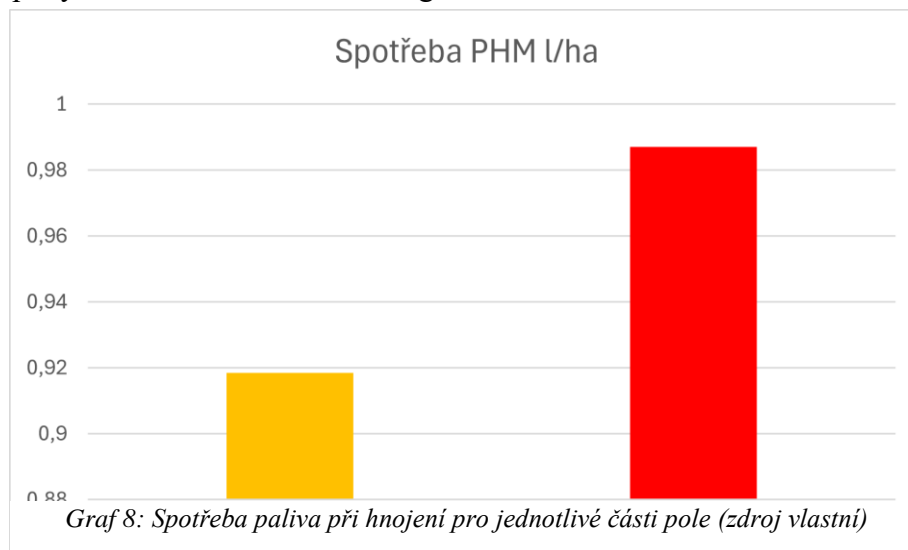
Při sklizni byl zaznamenán nejvyšší výnos na souvrati bližší k produkční ploše. To může být odůvodněno překryvem záběrů, kde bylo výrazné navýšení secí dávky, oproti zbytku pole viz obrázek č.29.



Obrázek 29: Mapa vyobrazující množství výsevku pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

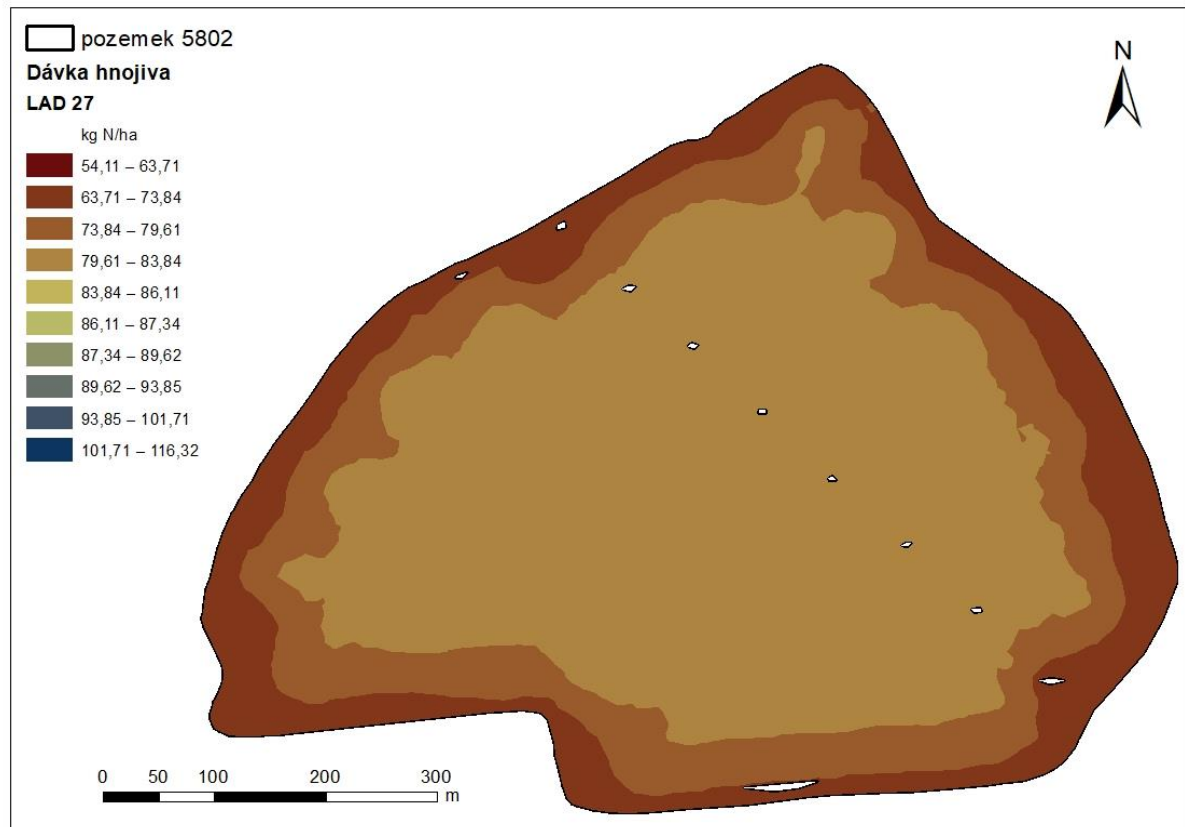
4.8 Hnojení

Hnojení probíhalo pomocí tuhého minerálního hnojiva LAD 27. Hnojivo bylo rozmetáno po pozemku ve formě granulí o velikosti přibližně 2 až 5 mm. Rozmetání hnojiva po celém pozemku trvalo 27 minut, přičemž traktor spotřeboval celkem 25 litrů a průměrná spotřeba se pohybovala okolo 0,95 l/ha viz graf č.8.



Graf 8: Spotřeba paliva při hnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Dalším parametrem, který telematika zaznamenala, byla aplikovaná dávka hnojiva pro dané místo viz obrázek č.30. Nejméně ledku bylo aplikováno na souvrati, kde se počítá s nižším výnosem a je zde snaha o úsporu nákladů. Zároveň bylo hnojivo nejvíce aplikováno na produkční ploše, kde je počítáno s návratností za cenu hnojiva v podobě vyššího výnosu.



Obrázek 30: Mapa dávky hnojiva pro jednotlivé místo (zdroj vlastní)

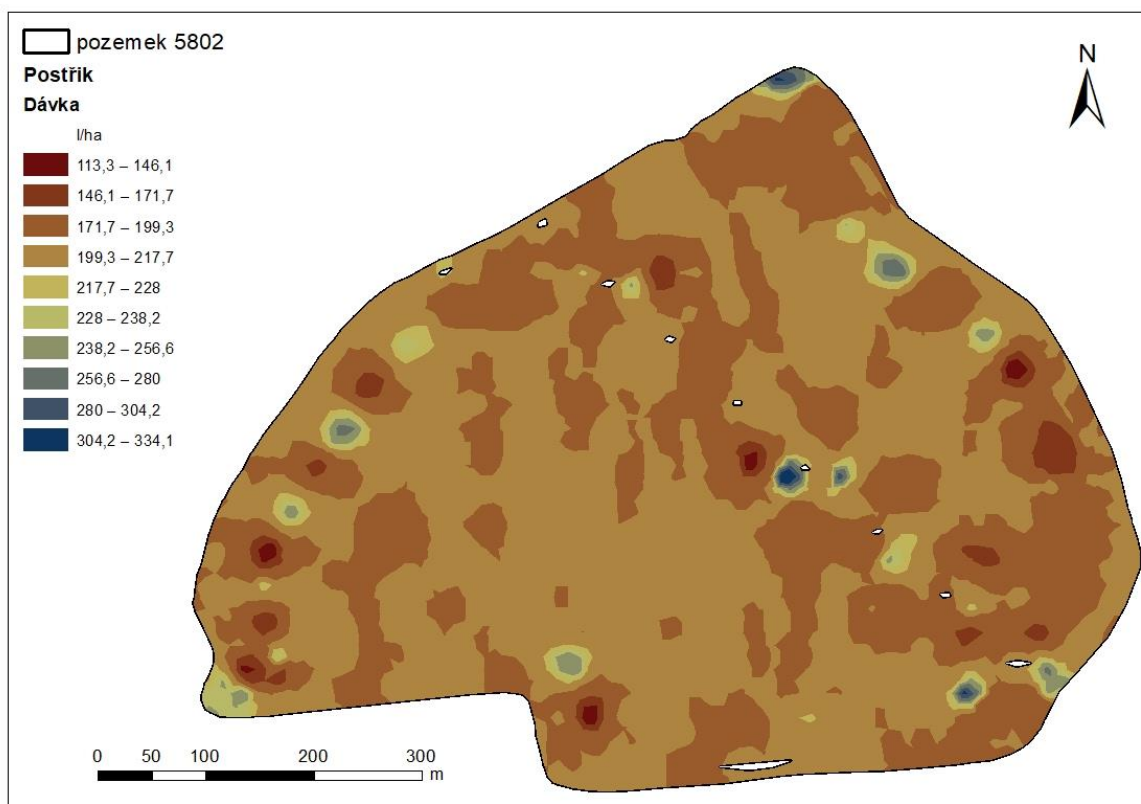
Průměr dávky pro celé pole byl 77 kg na hektar, avšak je možno vidět, že na souvrati byla tato dávka snížena zhruba o 15 kg. Díky těmto datům je taktéž možno kontrolovat, jestli opravdu obsluha dodržela snížení dávky na souvrati.

4.9 Chemická ochrana

Aplikace chemické ochrany proběhla pětkrát a průměrná dávka byla okolo 200 l/ha viz obrázek č.32. Jednotlivé jízdni trajektorie jsou zobrazeny na obrázku č.31. Spotřeba paliva se pohybovala okolo 0,5l/ha. Každá aplikace měla rozdílné složení, které je zahrnuto ve finálním ekonomickém zhodnocení.



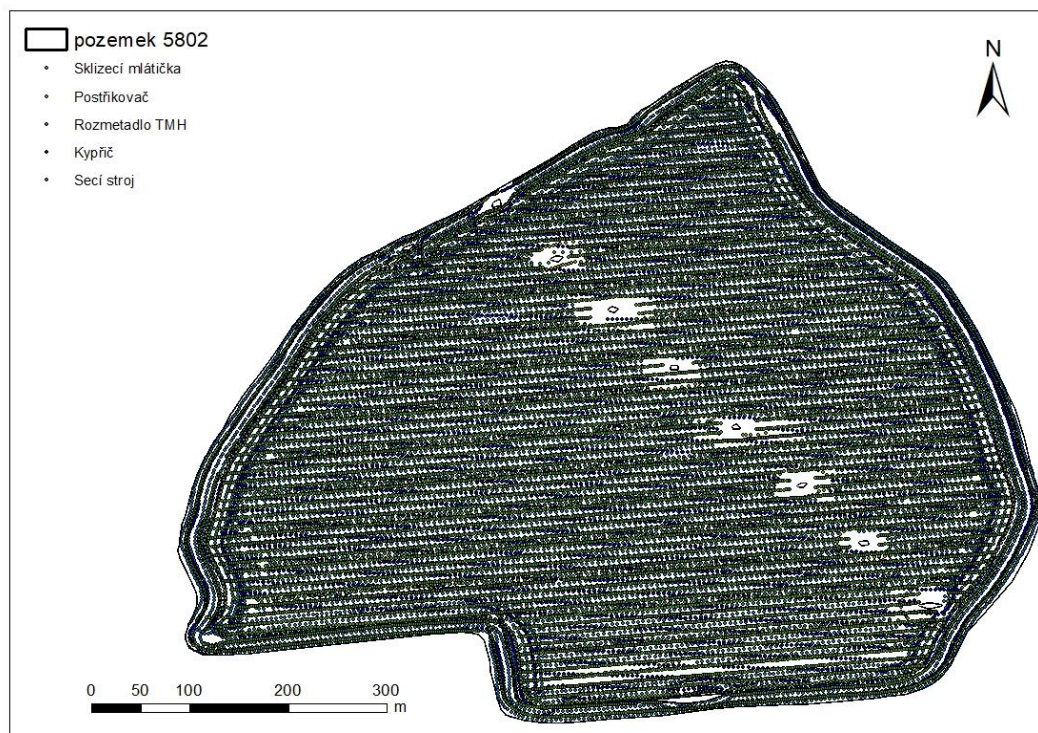
Obrázek 31: Grafické zobrazení jízdni trajektorie postřikovače při aplikaci chemické ochrany (zdroj vlastní)



Obrázek 32: Mapa zobrazující jednotlivé dávky chemické ochrany pro konkrétní místo (zdroj vlastní)

4.10 Koncentrace přejezdů

Při pohledu na obrázek č.33, je možné vidět záběr přejezdů po všech výše zmíněných operacích.



Obrázek 33: Koncentrace přejezdů techniky po poli (zdroj vlastní)

Na produkční ploše viz obrázek č.34, lze vidět také několik míst, které nebyly vůbec zasaženy přejezdy. K většině pohybu strojů dochází na souvrati a odráží se to ve výnosech, či spotřebě paliva při zpracování půdy, kde je nutné v těchto místech vynaložit mnohem více energie.

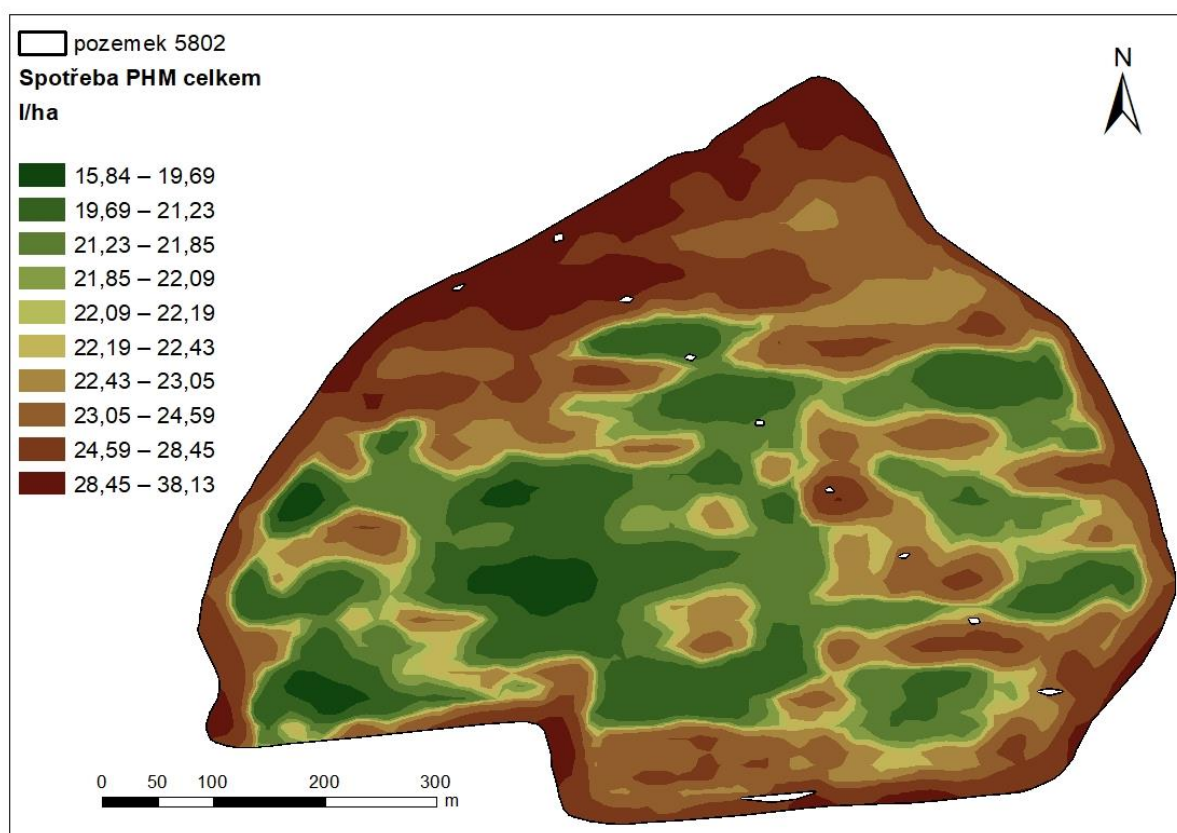


Obrázek 34: Detailní záběr na místa, kde nedošlo k přejezdům (zdroj vlastní)

4.11 Sloučení jednotlivých operací

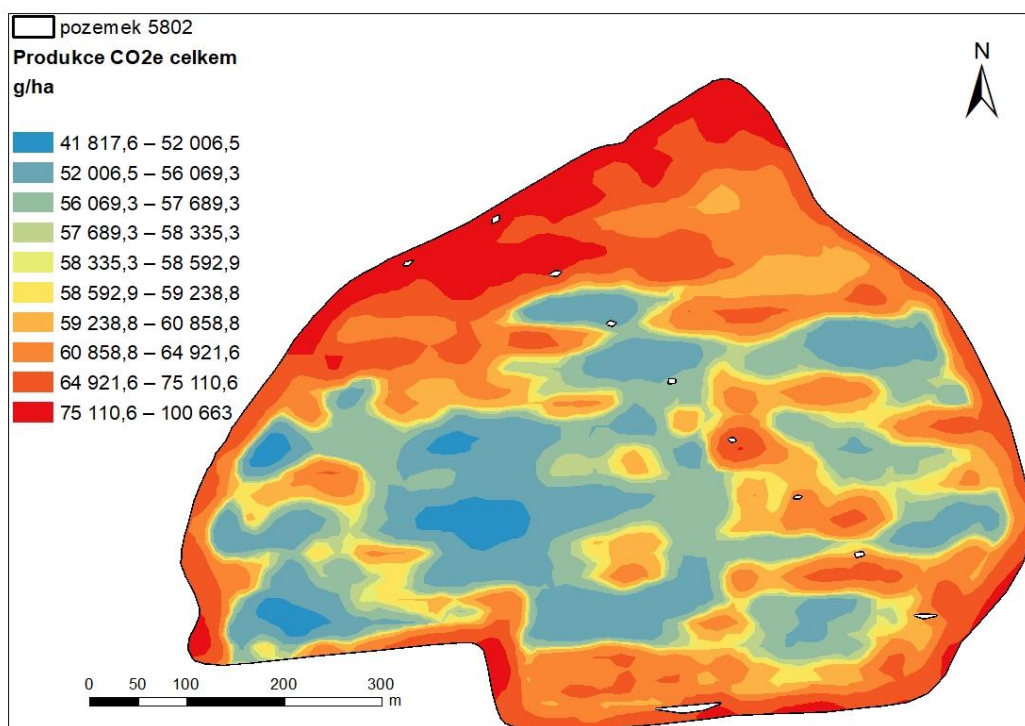
Veškeré vygenerované mapy byly převedeny z rastru na vektor, za účelem vytvoření polygonů. Další operací bylo vytvoření čtvercové sítě o délce strany 4,5 m a vložení všech polygonů pro jednotlivé operace do mapy. Tímto je docíleno, že jednotlivý bod bude vykazovat hodnoty ze všech operací po sloučení.

Sloučení proběhlo za účelem zjištění spotřeby pohonných hmot viz obrázek č.35. Toto sloučení zahrnuje veškeré zkoumané operace – sklizeň, podmítka, setí, hnojení a ochrannou aplikaci. Právě díky tomuto sloučení je možné vytipovat nejrizikovější místa a přizpůsobit tomu nadcházející operace.



Obrázek 35: Mapa zobrazující spotřebu paliva celkem za všechny operace (zdroj vlastní)

Samotná data o spotřebě paliva stačí k dopočítání uhlíkové stopy viz obrázek č.36, která je vyprodukována z výfukových plynů. Množství oxidu uhličitého vzniklého při spálení 1 l paliva je zhruba 2640 g. Veškerá spotřeba z předchozí mapy byla vynásobena tímto koeficientem a tím byly získány data o přibližné produkci CO₂e v g/ha ze všech pěti operací. Je nutné brát v potaz, že operace nebyly tak energeticky náročné a proběhlo pouze jedno mělké zpracování půdy. Pokud by bylo zahrnuto více půdo-zpracujících operací, tak by tato produkce byla mnohem vyšší (40).

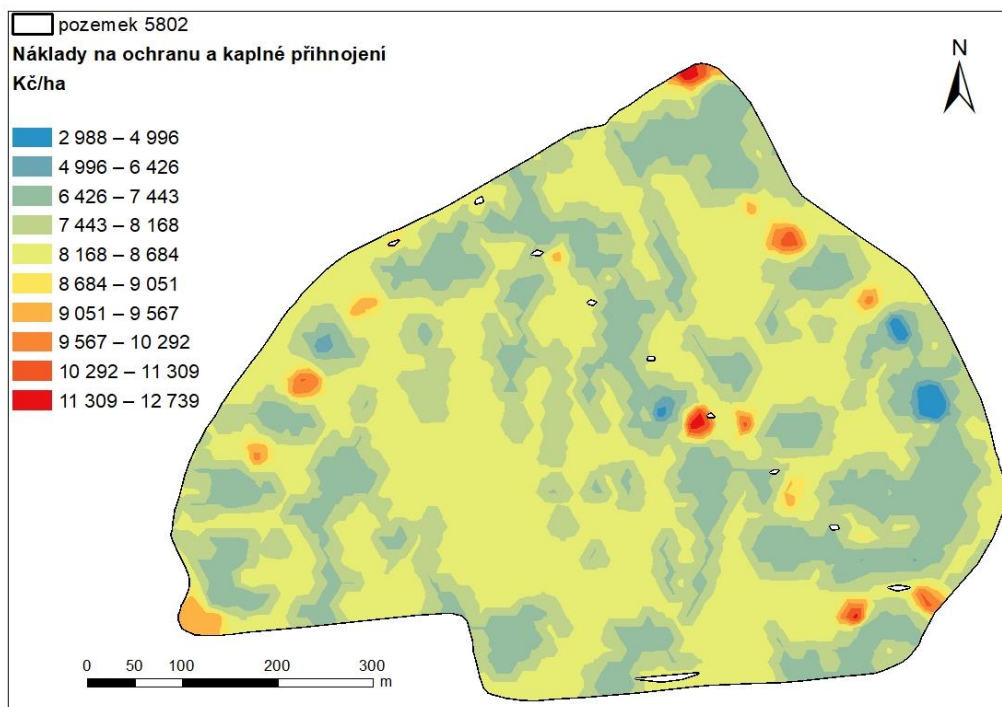


Obrázek 36: Mapa znázorňující produkci CO₂ na pozemku 5802 (zdroj vlastní)

4.12 Ekonomické zhodnocení

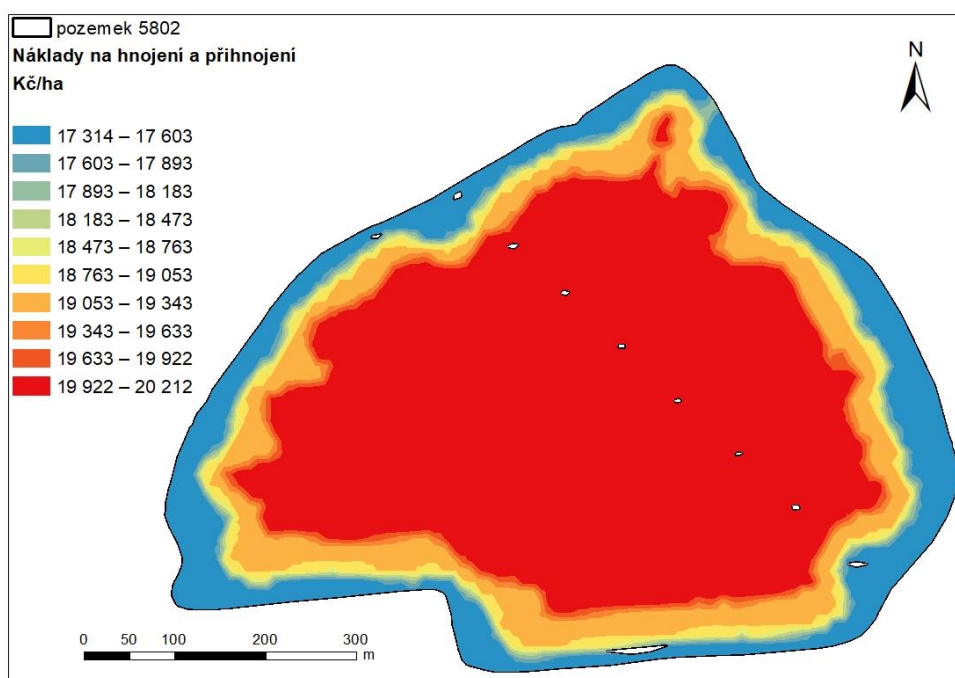
Poslední fází této práce je zhodnotit ekonomickou náročnost všech veškerých operací, které předcházely sklizni pšenice a zjistit tak finální zisk nebo ztrátu na tomto pozemku. Ve zhodnocení jsou zahrnuty veškeré operace.

První zhodnocení proběhlo u aplikace chemické ochrany a kapalného přihnojení. Jedná se o operace, které jsou více nákladné, jelikož ceny chemických prostředků, využívaných v zemědělství za poslední roky rapidně vzrostly. Aplikace proběhly pětkrát a pokaždé s jiným složením. Data byly poskytnuty s přesnými plánovanými dávkami na hektar a dohromady bylo využito 18 různých přípravků. Ceny byly přepočítány podle jednotlivých dávek, které byly zaznamenány pomocí telematického systému, a tudíž bylo možné vypočítat přesnou finanční náročnost. Jednotlivé ceny lze vidět na obrázku č.37, které jsou rozděleny podle místa od nejnižší až po nejvyšší finanční náročnost.



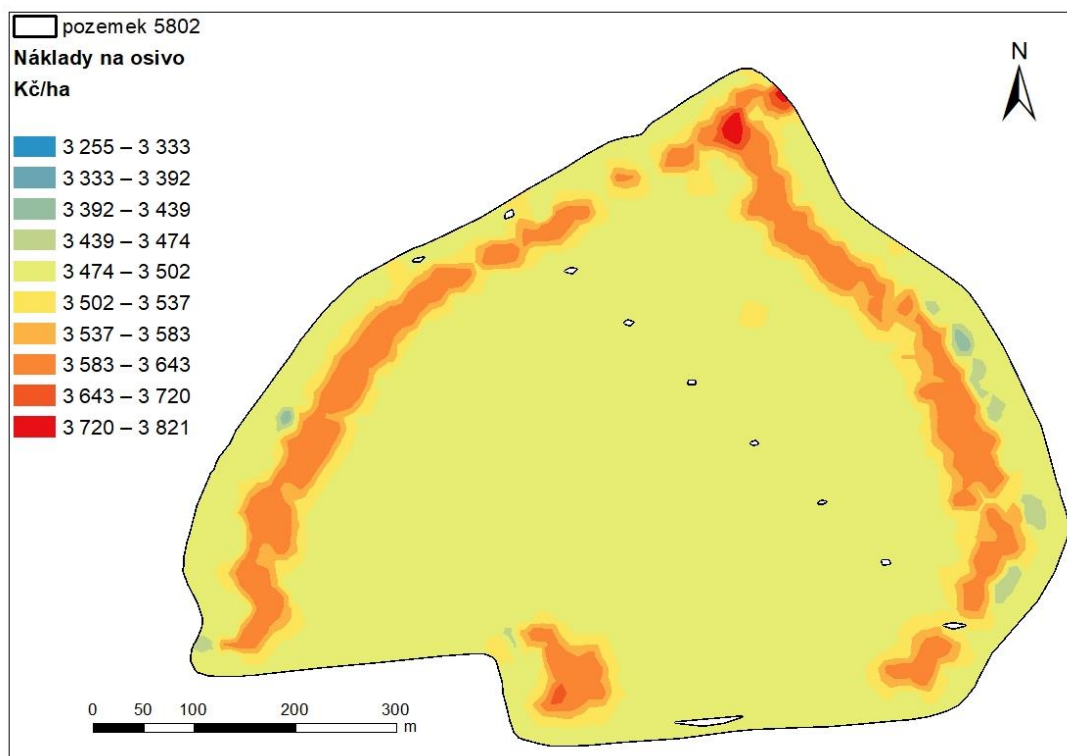
Obrázek 37: Mapa nákladů na ochranu a kapalně přihnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Další, a to nejnákladnější operací je hnojení, které na tomto poli proběhlo čtyřikrát a z toho jednou u setí jako přihnojení. Hnojení probíhalo s přípravky LAD 27 a LOVODAM 30. Ceny se pohybovaly v rozmezí přibližně 17 314,- Kč až po 20 212,- Kč za hektar. Na obrázku č.38 je vidět, že opravdu došlo k úspoře na souvratích, kde bylo aplikováno o mnoho méně hnojiva než na produkční ploše. Právě nižší částka se nachází na souvrati a ta nejvyšší na produkční ploše viz obrázek č.38.



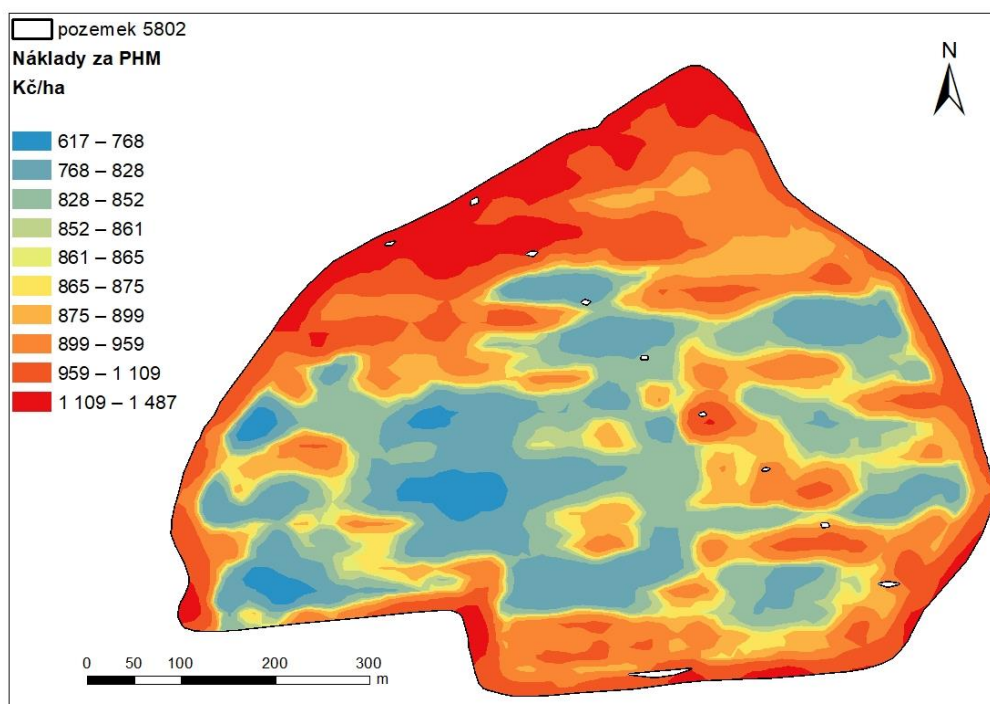
Obrázek 38: Mapa nákladů na hnojení a přihnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Dalším významným nákladem bylo osivo viz obrázek č.39, kde se cena pohybovala od 3 255,- Kč až po 3 821,- Kč za hektar



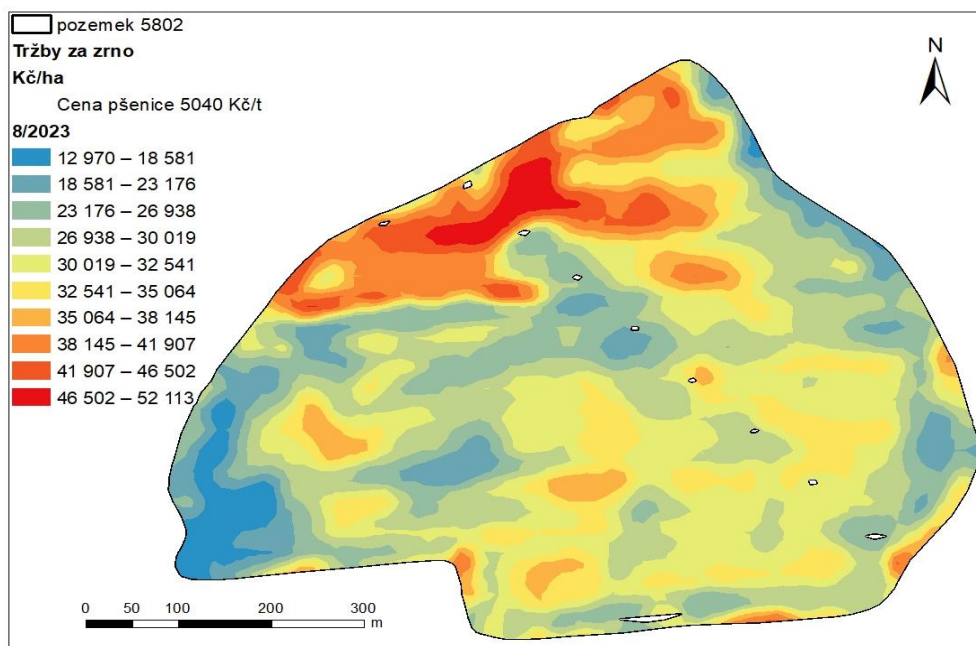
Obrázek 39: Mapa nákladů na osivo pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Se všemi operacemi je spojená spotřeba pohonných hmot, která se pohybovala okolo 617,- Kč až 1 487,- Kč za hektar viz obrázek č.40. Bylo počítáno s cenou nafty 39,90,- Kč ze srpna roku 2023 (43).



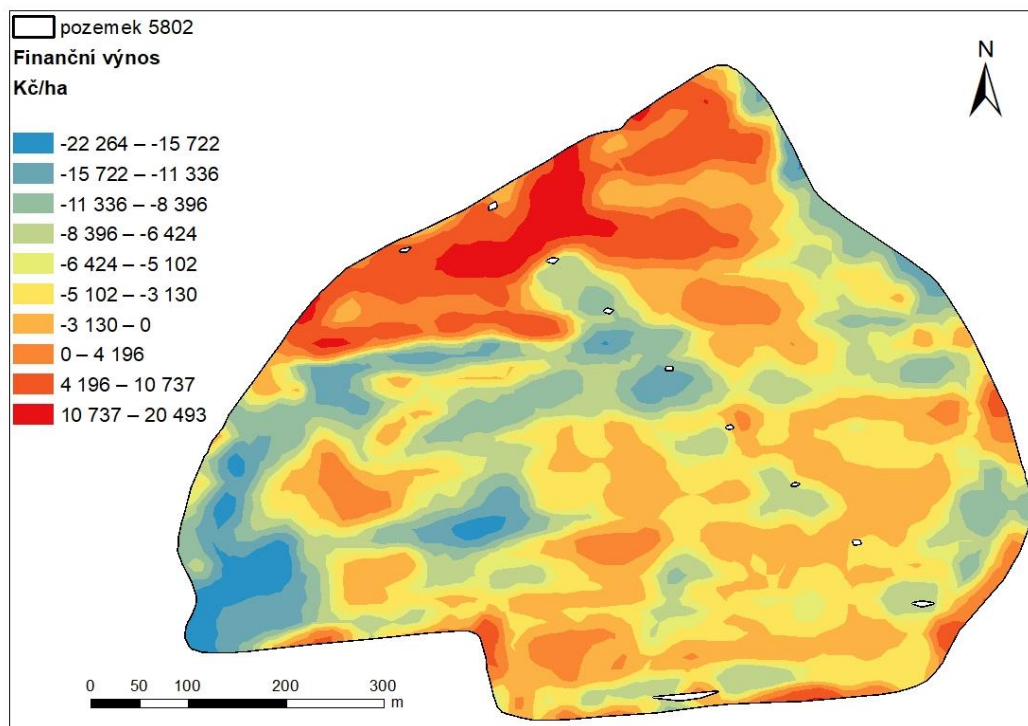
Obrázek 40: Mapa nákladů za PHM pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Obrázek č.41 zobrazuje tržbu za zrno. Počítáno bylo s výkupní cenou 5 400,- Kč ze srpna roku 2023 za tunu potravinářské pšenice, která je z období sklizně (41).



Obrázek 41: Mapa tržby za zrno pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

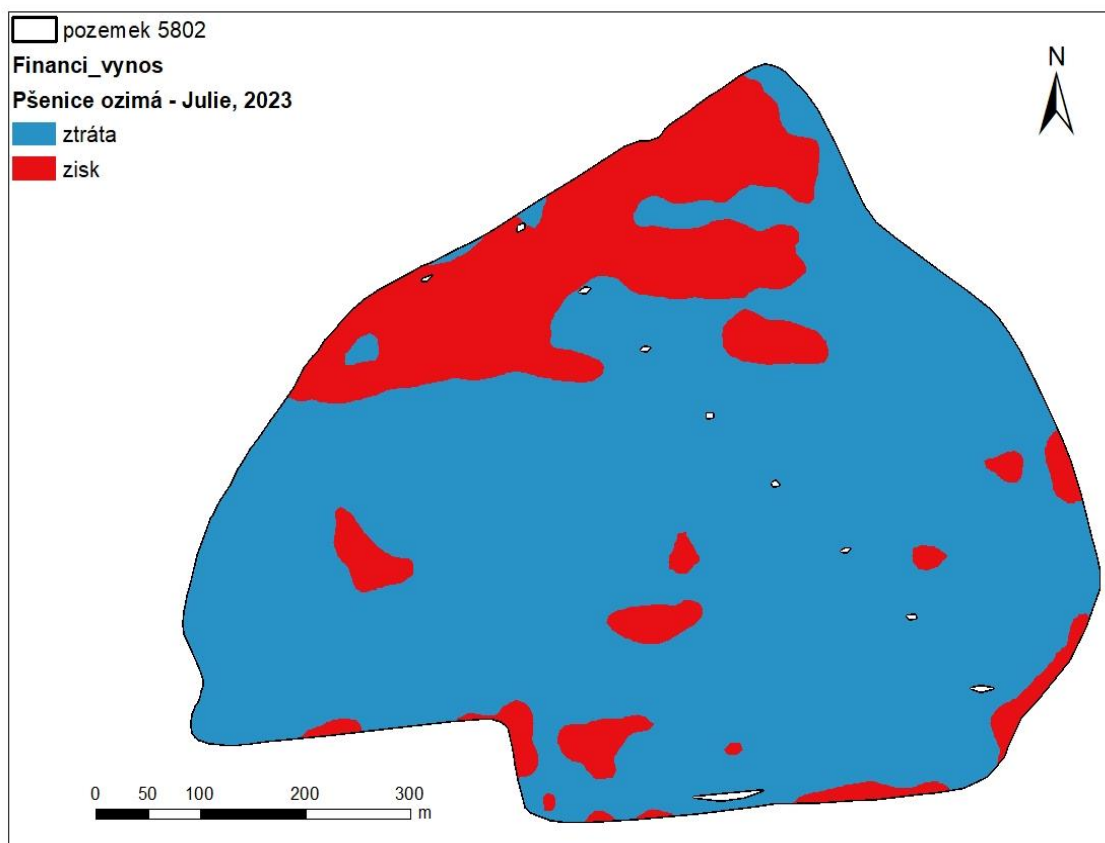
Po sečtení veškerých nákladů zahrnující i fixní náklady za jednotlivé stroje pro všechny operace, bylo možné vytvořit poslední mapu značící finální výnos viz obrázek č.42. Z obrázku je patrné, že velká část pole byla prodělečná a obsahovala záporné částky. Ceny nákladů strojních souprav byly čerpány z Výzkumného ústavu zemědělské techniky (42).



Obrázek 42: Mapa finančního výnosu pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

5 Diskuze a finální zhodnocení

Pro jednodušší analýzu, byla autorem vytvořena pouze dvoubarevná mapa značící místa ztráty a zisku viz obrázek č.43. Přibližně 1/4 pole byla zisková a zbylé 3/4 byly ztrátové.



Obrázek 43: Mapa značící zisk a ztrátu při pěstování pšenice ozimé pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)

Celkově ale pořad sklizeň skončila v zisku přibližně **40 332,- Kč**. Bylo počítáno s cenami běžně dostupnými na internetu a je pravděpodobné, že podnik bude mít mnohem lukrativnější nabídky, při větších odběrech jednotlivých přípravků či osiv.

Tato částka je ale i tak na výměru pozemku 25 hektarů opravdu nízká a je nutno zmínit, že dnešní výkupní ceny za tunu potravinářské pšenice jsou ještě nižší, než ceny v roce 2023 se kterými bylo počítáno. V České republice to ale v dnešní době není nic neobvyklého, že velké části pozemků jsou ve ztrátách. Je to velký problém, se kterým se zemědělci v této době potýkají velice často, a právě tyto mapy mají za účel pomoci zemědělcům při dalším rozhodovacím procesu, kde snížit vstupní náklady.

6 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala využíváním telematiky v dnešním zemědělství. Popisuje možnosti jejího využití, zejména pak porovnání provozních ukazatelů jednotlivých akcí s jejich přesahem do dalších hodnot. Hlavně pak do zhodnocení výnosového a nákladového charakteru daného pozemku.

V teoretické části je pojednáváno o základních pojmech, systémech a aplikacích, které jsou spjaty s telematickými systémy. Byly také představeny konkrétní telematické systémy, které jsou u nás nejvíce zastoupeny. Finální část teoretické části obsahuje informace o pozemcích, na které se není možné nahlížet jako na homogenní celek, ale jako na celek skládající se z několika malých částí, které jsou rozdílné. Toto je nutné zohlednit, aby efektivita práce stoupala, výnosy z plodin byly co nejvyšší a současně docházelo k optimalizaci procesů pro co nejnižší náklady.

V praktické části byly využity provozní data strojních souprav z podniku Statek Chyše s.r.o. z let 2022 až 2023. Všechny data pocházely z téhož pozemku ale při různých pracovních operacích. Pole bylo rozděleno na souvrať a produkční plochu, aby bylo možné tyto místa proti sobě porovnat. U dat proběhlo smazání extrémních hodnot a chybových hlášek. Byl vysvětlen veškerý postup a následně vytvořeny mapy porovnávající spotřebu paliva, výnos plodiny, jednotlivé dávky chemické ochrany, hnojení a setí pro konkrétní části pole.

Po vytvoření veškerých map, byly sloučeny data ze všech operací za účelem zjištění spotřeby pohonných hmot a výpočtu produkce CO₂ na pozemku. Z vyhodnocených dat je patrné, že v místech s nejvyšší spotřebou pohonných hmot a pochopitelně nejvyšší produkcí CO₂ byly zaznamenávány nejvyšší výnosy z celého zkoumaného pole.

Ve finální části této práce došlo k ekonomickému zhodnocení. Byly vypočítány náklady jednotlivých operací a došlo ke zjištění, že po sečtení všech vstupů a následnému zhodnocení s výnosy z daných míst je patrné, že se 3/4 pozemku jeví jako ztrátové. Tuto skutečnost potvrdil zástupce dotčeného podniku. Zjištění ale není nikterak zvláštní, protože v dnešní době se stále více zemědělců potýká s vysokými ztrátami, kdy jsou vstupní náklady na pěstování pšenice ozimé vysoké a výkupní cena nízká. Celkově sklizeň skončila v mírném zisku, ale vůči této výměře je tento zisk opravdu zanedbatelný.

Telematické systémy tedy napomohly k přesné analýze jednotlivých operací s cílem získání přehledu jejich finanční náročnosti a určením ztrátových míst. Na těchto místech by pak v budoucnosti mělo dojít k optimalizaci vstupů a snížení nákladů.

7 Seznam použitých zdrojů

1. NEUDERT, Lubomír a LUKAS, Vojtěch. *Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-311-0.
2. 6.06 - Remote Sensing of Croplands. *ScienceDirect* [online]. 2018 [cit. 2023-11-04]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780124095489103793>
3. SVOBODA, Vladimír a SVÍTEK, Miroslav. *Telematika nad dopravními sítěmi*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03087-3.
4. KROULÍK, Milan. *Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS*. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-04-7.
5. LUKAS, Vojtěch. *Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství: metodika pro praxi*. Metodika pro praxi (Mendelova univerzita v Brně). Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. ISBN 978-80-7375-686-4.
6. Senzory a technika pro precizní zemědělství. *Agrojournal* [online]. 2016 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/senzory-a-technika-pro-precizni-zemedelstvi-193>
7. Digital Agritechnology. *Science direct* [online]. 2022 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012817634400001X>
8. Esri. Online. Esri. 2014. Dostupné z: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/roger-tomlinson-geographer/>. [cit. 2023-11-18].
9. Genova, Italy: GISIG - Geographical Information Systems International Group, 2000. ISBN 3-901716-22-X.
10. BŘEHOVSKÝ, Martin a Karel JEDLIČKA. *Úvod do geografických informačních systémů: Přednáškové texty* [online]. In: . [cit. 2023-11-19]. Dostupné z: <https://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>
11. ŠPRISL, J., 2017. GPS navigace pro zemědělské stroje založená na platformě Arduino. Plzeň. Diplomová práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.
12. ČÁBELKA, Miroslav. *Úvod do GPS* [online]. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/ostatni-studijni-material/uvod-do-gps/view>. Univerzita Karlova.

13. LPIS. *Státní zemědělský intervenční fond* [online]. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/lpis>
14. HRUBÝ, Martin. *Geografické Informační Systémy (GIS)* [online]. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-gis/uploads/1/GIS-final2.pdf>
15. KROULÍK, Milan. Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. Praha : Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-04-7.
16. ŠTĚPÁNEK, Petr. Přesná navigace pro zemědělské stroje. Online. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/presna-navigace-pro-zemedelske-stroje>. [cit. 2024-03-23].
17. NEŠVÁROVÁ, Dominika. *JDLink – Efektivní náhled na data stroje v reálném čase*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/jdlink-efektivni-nahled-na-data-stroje-v-realnem-case>. [cit. 2024-03-23].
18. *Agrall*. Online. Dostupné z: <https://www.agrall.cz/cs/to-nejlepsi-na-trhu-claas-telematics>. [cit. 2024-03-23].
19. NEŠVÁROVÁ, Dominika. *JDLink – Efektivní náhled na data stroje v reálném čase*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/jdlink-efektivni-nahled-na-data-stroje-v-realnem-case>. [cit. 2024-03-23].
20. AGRI CS. *AConnect*. Online. Dostupné z: <https://www.agrics.cz/getattachment/b2994431-7149-430f-a211-09ae6640956c/AConnect-prospekt.aspx>. [cit. 2024-03-23].
21. CIHLA, Radek. Toto je první plně samostatný robotický traktor v České republice. Online. Dostupné z: https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/praha-roboticky-traktor-bez-ridice-predstaveni-vyzkumny-ustav-rostlinne-vyroby.html. [cit. 2024-03-23].
22. NOVÁK, Petr. Pohonné hmoty v zemědělství. Online. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/pohonne-hmoty-v-zemedelstvi-139>. [cit. 2024-03-23].
23. EKONOMIKA PROVOZU TRAKTORŮ A INOVACE V MECHANIZACI. Online. Dostupné z: https://www.kisuk.cz/attachments/Informace_c.12_2017_-_Seminar_2.2.2017.pdf. [cit. 2024-03-23].
24. FUKA, Vladislav. Jak na snížení prokluzu kol. Online. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/jak-na-snizeni-prokluzu-kol/>. [cit. 2024-03-23].
25. CHAMEN, Tim. Controlled Traffic Farming – from Worldwide Research to Adoption in Europe and its Future Prospects. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/ata-2015-0014>. [cit. 2024-03-23].

26. VARISTAR. *Proč začít s variabilními aplikacemi?* Online. Dostupné z: <https://varistar.cz/cs/variabilni-aplikace>. [cit. 2024-03-23].
27. BRANT, Václav. *Půdní blok a jeho parametry ve vztahu k obhospodařování*. Online. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pudni-blok-a-jeho-parametry-ve-vztahu-k-obhospodarovani-1-obecne-principy>. [cit. 2024-03-23].
28. *Telematic platform for integral management of agricultural/perishable goods in terrestrial logistics*. Online. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911002389?via%3Dihub>. [cit. 2024-03-23].
29. ROPA. *R-Connect*. Online. Dostupné z: <https://www.ropa-maschinenbau.de/cz/produkty/nakladace-cukrovky/ropa-maus-5/r-connect-1/>. [cit. 2024-03-23].
30. *ANALYSIS OF TELEMATICS SYSTEMS IN AGRICULTURE*. Online. Praha, 2013. Dostupné z: https://www.bu.edu.eg/portal/uploads/Agriculture/Agricultural%20Engineering/1222/publications/Ahmed%20Khaled%20Abd%20ElWahab%20Mohamed_Ahmed%20Khaled%20Abd%20El-Wahab%20Mohamed.pdf. [cit. 2024-03-23].
31. NEŠVÁROVÁ, Dominika. *JDLink – Efektivní náhled na data stroje v reálném čase*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/jdlink-efektivni-nahled-na-data-stroje-v-realnem-case>. [cit. 2024-03-23].
32. SCHLINGMANN, Norbert. *ISOBUS – standards and uses for data from farm machinery*. Online. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012817634400001X>. [cit. 2024-03-23].
33. AEF. Online. Dostupné z: <https://www.aef-online.org/home.html>. [cit. 2024-03-23].
34. *What are Raster and Vector data in GIS and when to use?* Online. Dostupné z: <https://gis.stackexchange.com/questions/7077/what-are-raster-and-vector-data-in-gis-and-when-to-use>. [cit. 2024-03-23].
35. *LPIS*. Online. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>. [cit. 2024-03-23].
36. *AutoTrac Turn Automation*. Online. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/reseni-inteligentniho-zemedelstvi/automatizacni-systemy/automatizace-s-navadenim-autotracc/>. [cit. 2024-03-23].

37. *Lightbar*. Online. In: . Dostupné z: <https://www.landtechnikmagazin.de/sonstige-Landtechnik-XLBild-manuelle-Lenkhilfe-John-Deere-GreenStar-Lightbar-System-9291-1031.php>. [cit. 2024-03-23].
38. *STROM: StarFire 7000*. Online. In: . Dostupné z: <https://www.strom.cz/zemedelska-technika/precizni-zemedelstvi/prijimace-a-displeje-1/prijimace-starfire-7000-a-signaly>. [cit. 2024-03-23].
39. ŠTĚPÁNEK, Petr. Autonomní robot AgXeed na našich polích. Online. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/autonomni-robot-agxeed-na-nasich-polich>. [cit. 2024-03-23].
40. SAJDL, Jiří. Výpočet emisí CO₂. Online. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/>. [cit. 2024-03-27].
41. *Agropress*. Online. Dostupné z: <https://www.agropress.cz/cenovka-potravinarska-psenice-prosinec-2023/>. [cit. 2024-03-29].
42. *Výzkumný ústav zemědělské techniky*. Online. Dostupné z: <https://www.vuzt.cz/>. [cit. 2024-03-29].
43. *Motorová nafta graf vývoje ceny*. Online. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/motorova-nafta-graf-vyvoje-ceny/202308-eur-11>. [cit. 2024-03-30].

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Záznam dat nasbíraných pomocí R-Connect (29)	4
Obrázek 2: Mapa značící pojezdovou rychlost traktoru (4)	5
Obrázek 3: Přenos informací z a do OBU jednotky (30)	6
Obrázek 4: Data získané pomocí systému JD link (31)	7
Obrázek 5: Výnosová mapa značící výnos zrna pšenice ozimé k přesné poloze (4)	10
Obrázek 6 Schéma komunikace pomocí ISOBUS (32)	11
Obrázek 7: Komptabilita traktoru John Deere s vybraným postřikovačem (33).....	13
Obrázek 8 porovnání rastrových a vektorových dat (34)	14
Obrázek 9: Příprava aplikační mapy pro ošetření regulátory růstu (4)	16
Obrázek 10: Rozhraní informačního systému LPIS (35)	16
Obrázek 11: vyobrazení funkčnosti systému Autotrak (36)	18
Obrázek 12: Greenstar Lightbar lišta od společnosti John Deere (37).....	19
Obrázek 13: Přijímač signálu StarFire 7000 od společnosti John Deere (38).....	20
Obrázek 14: Autonomní robot AgXeed při podmítce (39).....	21
Obrázek 15: Různé tvary pozemků (27).....	24
Obrázek 16: Zobrazení pracovní rychlosti traktoru Claas Xerion při kypření (4)	27
Obrázek 17: Emise při pěstování vybraných plodin (24)	28
Obrázek 18: Variabilní aplikace dusíku (26).....	29
Obrázek 19: Pozemek se zanesenou trajektorií jízdy (4)	31
Obrázek 20: Vybraný pozemek, odkud byly zaznamenány telematická data (35)	33
Obrázek 21: Vizualizace odstranění sloupů el. vedení na pozemku (zdroj vlastní).....	34
Obrázek 23: Grafické znázornění rozdělení souvratě č.2 (zdroj vlastní)	35
Obrázek 22: Grafické znázornění rozdělení souvratě č.1 (zdroj vlastní)	35
Obrázek 24: Zobrazení trajektorie jízdy sklízecí mlátičky (zdroj vlastní)	41
Obrázek 25: Mapa spotřeby PHM při sklizni (zdroj vlastní)	42
Obrázek 26: Mapa výnosu v sušině (zdroj vlastní)	42
Obrázek 27: Mapa spotřeby paliva při podmítce (zdroj vlastní)	43
Obrázek 28: Mapa spotřeby paliva při setí (zdroj vlastní)	44
Obrázek 29: Mapa vyobrazující množství výsevku pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní) ..	45
Obrázek 30: Mapa dávky hnojiva pro jednotlivé místo (zdroj vlastní).....	46
Obrázek 31: Grafické zobrazení jízdní trajektorie postřikovače při aplikaci chemické ochrany (zdroj vlastní).....	47

Obrázek 32: Mapa zobrazující jednotlivé dávky chemické ochrany pro konkrétní místo (zdroj vlastní)	47
Obrázek 33: Koncentrace přejezdů techniky po poli (zdroj vlastní)	48
Obrázek 34: Detailní záběr na místa, kde nedošlo k přejezdům (zdroj vlastní)	48
Obrázek 35: Mapa zobrazující spotřebu paliva celkem za všechny operace (zdroj vlastní)	49
Obrázek 36: Mapa znázorňující produkci CO ₂ na pozemku 5802 (zdroj vlastní).....	50
Obrázek 37: Mapa nákladů na ochranu a kapalné přihnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	51
Obrázek 38: Mapa nákladů na hnojení a přihnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)..	51
Obrázek 39: Mapa nákladů na osivo pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	52
Obrázek 40: Mapa nákladů za PHM pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	52
Obrázek 41: Mapa tržby za zrno pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	53
Obrázek 42: Mapa finančního výnosu pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní).....	53
Obrázek 43: Mapa značící zisk a ztrátu při pěstování pšenice ozimé pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní).....	54

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Data získaná z podmínky pro jednotlivé části pole před jejich úplným očištěním (zdroj vlastní).....	36
Tabulka 2: Data získaná ze sklizně pšenice ozimé před úplným očištěním (zdroj vlastní)	36
Tabulka 3: Stanovení střední hodnoty, směrodatné odchylky, minima a maxima u spotřeby paliva a průměrné rychlosti pro podmínku (zdroj vlastní)	37
Tabulka 4: Stanovení střední hodnoty, směrodatné odchylky, minima maxima z dat získaných při sklizni (zdroj vlastní)	37
Tabulka 5: Data očištěná od extrémních hodnot a chybových hlášek u sklizně (zdroj vlastní)	38
Tabulka 6: Data očištěná od extrémních hodnot a chybových hlášek u podmínky (zdroj vlastní)	39

10 Seznam grafů

Graf 2: Bodový graf vytvořený po očištění hodnot (zdroj vlastní)	38
Graf 1: Bodový graf vytvořený z neočištěných hodnot (zdroj vlastní)	38
Graf 3: Průměrný výnos pšenice pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	40
Graf 4: Průměrná vlhkost zrna pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	40
Graf 5: Spotřeba PHM pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní).....	41
Graf 6: Spotřeba PHM při podmítce pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	43
Graf 7: Spotřeba PHM při setí pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní).....	44
Graf 8: Spotřeba paliva při hnojení pro jednotlivé části pole (zdroj vlastní)	45