



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Zemědělská, dopravní a manipulační technika

Bakalářská práce

Tvorba výnosových map pomocí sklízecí mlátičky JD T660i
a jejich další využití

Autor bakalářské práce: Matěj Podhola

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Filip

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na práci s výnosovými mapami, jejich využití a aplikování variabilního hnojení. V práci je krátce popsán systém JDLink a jeho používání, stručně jsou shrnuty čidla zařízení, které předávají data do systému, a popis sklízecí mlátičky JD T660i. Dále je věnována pozornost výnosům z pozemku, se kterým se pracovalo, posouzení a následné porovnání variabilního a konvenčního zemědělství.

Klíčová slova: výnosové mapy, variabilní hnojení, čidla zařízení, sklízecí mlátička, výnos pozemku, úrodnost půdy

Abstract

This bachelor thesis is focused on the creation of yield maps, their use and application for variable fertilization. This work briefly describes the JDLink system and its use, summarizes the sensors of the device that transmits data to the system and the description of JD660i combine harvester. Furthermore, attention is paid to land yields, assessments, and subsequent comparison of variable and conventional agriculture.

Keywords: yield maps, variable fertilization, sensors of the machine, combine harvester, land yield, soil fertility

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Filipovi za cenné rady a odborné vedení mé bakalářské práce. Velké díky patří také Zemědělské společnosti Dubné, a.s., zejména agronomovi Ing. Lukášovi Podholovi za vynikající spolupráci a poskytnutí pozemku a zařízení pro tvorbu bakalářské práce. Veliké poděkování bych chtěl také věnovat Ing. Davidu Doktorovi ze společnosti Daňhel Agro A.s. za poskytnutí dat pro tvorbu bakalářské práce. Obrovské poděkování bych chtěl věnovat Ing. Zuzaně Pilsové za pomoc při zpracování bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Technické principy GPS	8
1.1 Základní princip GNSS	8
1.2 NAVSTAR - GPS	9
1.3 GLONASS	10
1.4 GALILEO	11
1.5 Diferenční GPS	12
2 Využití GPS navigace v současné zemědělské technice.....	13
2.1 Precizní zemědělství.....	13
2.1.1 Prostorová variabilita půdy	14
2.1.2 Časová variabilita půdy.....	14
2.2 Mapování stavu pozemků	14
2.2.1 Tradiční metody mapování variability porostů.....	14
2.2.2 Nepřímé metody hodnocení stavu porostu.....	15
2.2.3 Vzorkování půdy	15
2.3 Sledování výnosového potenciálu půdy.....	16
2.3.1 Mapování výnosu zrnin.....	17
2.3.2 Čidla pro mapování výnosu obilovin	17
3 Metodika terénních pokusů	23
3.1 Sklízecí mlátička John Deere T660i	30
4 Výsledky	34
4.1 Výnosová a aplikační mapa	34
4.2 Konvenční plošné hnojení.....	37
4.2.1 Finanční nároky za hnojivo PK 25–25.....	37
4.2.2 Finanční nároky za hnojivo Lad 27.....	37
4.2.3 Ostatní náklady u konvenčního hospodaření	38

4.3 Variabilní hnojení.....	39
4.3.1 Finanční nároky za hnojivo PK 25–25.....	39
4.3.2 Finanční nároky za hnojivo Lad 27.....	39
4.3.3 Ostatní náklady u variabilního hnojení	40
4.4 Shrnutí úspory na pozemku.....	41
4.5 Uplatnění investice do precizního zemědělství.....	42
5 Diskuse.....	45
6 Závěr	47
Zdroje	48
Obrázky	51
Seznam grafů.....	52
Seznam tabulek	52

Úvod

Naši předkové si uvědomovali, že jejich pole jsou variabilní a že výnosy plodin nejsou na všech místech totožné. Každý zemědělec znal své pole dobře a věděl, která část pole je plodnější a na které části pole lze vhodným hospodařením dosáhnout vyšších výnosů, a naopak na kterých místech se nevyplatí účinně hospodařit, jelikož jsou méně plodné. Tyto vědomosti o výnosnosti půdy vycházely z dlouholeté tradiční péče o pole a získávání pozemků z generace na generaci. V nedávné historii došlo k reorganizaci a vzniku nových zemědělských podniků pracujících na obsáhlých pozemcích, kde pro dodržení tohoto přístupu scházely již zmiňovaný generační vztah k pozemkům, ale také potřebné vybavení. Získat informace o tom, jak opracovat nebo hnojit různé části pole, je při klasickém zemědělství velmi obtížné a s ohledem na obsáhlé pozemky často nemožné. V době počítačů a výpočetní techniky došlo k rozvoji globálních navigačních satelitních systémů (Global Navigation Satellite System, GNSS), které umožňují rozpoznat a lokalizovat rozdíly ve variabilitě pozemků. Pro tento nově rozvíjející se způsob obhospodaření vznikl název precizní zemědělství. Precizní zemědělství je celosvětově uznávaný název pro používání nových technologií, které se rozvinuly koncem dvacátého století. Základním cílem je adaptovat pracovní operace daným podmínkám pozemku, kde je princip provádět operace na vhodném místě ve vhodný čas.

1 Technické principy GPS

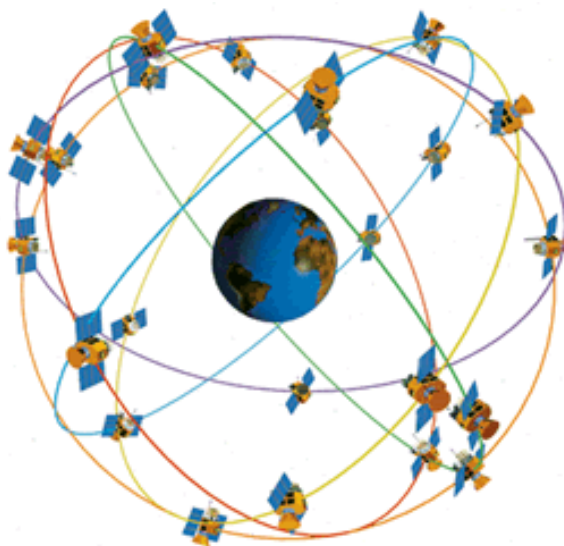
Globální poziční systém se skládá z družicového systému, který funguje na principu měření vzdálenosti od pohyblivého bodu (družice) k neznámé pozici (uživatel). Vzdálenost se získá ze zjištěné časové prodlevy mezi družicí a uživatelem v přijímání navigační zprávy. První globální poziční systém byl vyvinut ministerstvem obrany Spojených států amerických původně pro armádní účely. Systém GPS měl určovat přesnou polohu a čas kdekoli na Zemi nebo těsně nad planetou. Byl určen pro navádění jak raket, letadel, lodí a ponorek, tak pro navádění vojáka v poli. Nedlouho poté se zjistilo, že systém přináší veliký užitek i pro civilní obyvatelstvo. Proto byl systém se sníženou přesností zpřístupněn i pro civilní sektor. Systém vychází z původního systému Globálního navigačního družicového systému (Global Navigation Satellite System, GNSS) (Wagner, 2015).

Konkurentem amerického systému NAVSTAR GPS je Ruský navigační systém GLONASS sloužící ruské armádě. Další projekt týkající se navigačních systémů byl založen také v rámci států Evropské unie za účelem získání nezávislosti na americkou a ruskou armádu. Proto byl v Evropě roku 2008 založen nový nezávislý navigační systém s názvem GALILEO (Kilián, 2020).

1.1 Základní princip GNSS

Družice využívající se v navigačních systémech se nacházejí zhruba ve výšce 20 000 km nad zemským povrchem a planetu oběhnou za 12 hodin. Na palubě se nacházejí velmi přesné atomové hodiny, které slouží k určování času. Družice vysílají navigační zprávu, která obsahuje své označení, polohu a čas vysílání. Aby byl přijímač nalezen, musí tuto zprávu obdržet uživatel alespoň od čtyř různých družic. Vzdálenost mezi dvěma body je vypočítána jako rozdíl času vysílání po přijetí signálu. Patříčná vzdálenost je následně popsána jako pomyslná koule, v jejímž středu je umístěna družice a na povrchu uživatel. Propojí-li se pomyslná koule druhé družice s první, vznikne kružnice, ve které se nachází přijímač. Po přidání třetí družice se získají dva doby, které vzniknou průsečíkem tří pomyslných koulí. Body udávají pozici uživatele, přičemž jedna z pozic se nachází na povrchu Země a jedna pod zemským povrchem. Správným výsledkem je pozice přijímače/uživatele, který se nachází na povrchu planety. Čtvrté družice se využívá z důvodu nepřesnosti křemíkových hodin, kterými uživatel disponuje. Přidáním čtvrté družice vzniknou

čtyři pomyslné koule, které se protínají v jednom bodu a tím bodem je pozice uživatele (Wagner, 2015).



Obrázek 1.1: Umístění družic GPS (Wagner, 2015)

1.2 NAVSTAR - GPS

Navigation Signal Timing And Ranging Global Positioning System (NAVSTAR - GPS) je družicový systém, který stanovuje čas a polohu přijímače na povrchu Země za jakéhokoliv počasí a je dostupný 24 hodin denně. Tento navigační systém začal fungovat v 90. letech 20. století a v průběhu následujících let byl budován do podoby, jak ho známe dnes. Je hojně využíván armádou USA a členských států Severoatlantické aliance (North Atlantic Treaty Organization, NATO). V roce 1991 bylo rozhodnuto o jeho rozšíření do civilního sektoru, ale s vloženou chybou za účelem obav o zneužití systému. Tato chyba, která byla v květnu roku 2000 zrušena, znemožňovala přesnost, čímž nastala odchylka asi 50 metrů. Součástí navigačního systému NAVSTAR-GPS jsou tři části – vesmírná, řídicí a uživatelská.

Vesmírnou část tvoří satelity, řídicí tvoří stanice, které vypočítávají korekci satelitů, a uživatelskou tvoří uživatelský přijímač (navigace). Vesmírná část obsahuje 27 satelitů, jenž se nacházejí ve výšce 20 200 km nad zemským povrchem. Tři satelity jsou záložní a jsou zde umístěny pro případ poruchy. Všechny satelity jsou rozmístěny na šesti drahách na orbitě planety a jsou vzájemně posunuty o 60° . Družice obletí celou Zemi za 11 hodin a 58 minut a navzájem se mezi sebou dorozumívají signálem o dvou informacích. První informací jsou dva pseudonáhodné kódy, druhou jsou navigační zprávy. Informace slouží k urovnání vzdáleností družic jedné od druhé a udávají stav

družice. Navigační zpráva nese důležité informace o stavu družice, její poloze a času. Frekvence signálu projde jakýmkoliv počasím, ale neprojde masivní hmotou, například silnou vrstvou betonu, skály nebo půdy. Proto je signál při průjezdu tunelem přerušen vrstvou betonu a půdy a navigace uživatele je znemožněna. Po celém světě se nacházejí takzvané bezobslužní monitorovací stanice a řídicí stanice. Jedna z řídicích stanic se například nachází na americké půdě v letecké základně v Coloradu. Pokaždé, když satelit přeletí nad řídicím centrem nebo nad monitorovací stanicí, dochází k vyhodnocení parametrů jejich drah a vypočtení korekce. Tyto informace jsou posílány zpět k dané družici a následně k přijímači, kde dojde k aktualizaci uložených dat o družici. U družic se musí vyhodnocovat parametry jejich drah a vypočtení korekce, k tomu dochází pokaždé, když satelit přeletí nad řídicím centrem nebo monitorovací stanicí, informace jsou posílány zpět k dané družici a dál k přijímači, kde dojde k aktualizaci uložených dat o družici (Kumhála, 2007).



Obrázek 1.2: NAVSTAR - GPS (Kilián, 2020)

1.3 GLONASS

Systém umožňuje určení polohy, času a rychlosti v trojrozměrném prostoru kdekoli na planetě, ale do určité míry i v prostoru vesmíru. Je ovládán ruskými kosmickými silami. GLONASS neboli Global Navigation Satellite System je velmi podobný systému NAVSTAR – GPS. Obsahuje pozemní řídicí část, navigační vybavení uživatelů a vesmírný uspořádaný družicový systém. Roku 1993 byl systém úspěšně uveden do provozu. Dohromady se nachází v kosmickém prostoru blízkosti planety 24 družic, které fungují na 3 orbitálních rovinách a jsou vzájemně posunuty o 120° . Na oběžné dráze jsou družice rozmístěny stejnoměrně o 45° . Družice mají sklon $64,8^\circ$ a obíhají po kruhových oběžných drahách ve výšce 19 100 km, tuto dráhu překonají

za 11 hodin a 15 minut. Jelikož výška je o něco menší než u systému NAVSTAR, lze družice zahlédnout i ze zemského povrchu. Hlavní řídicí centrum sídlí blízko Moskvy, ostatní řídicí a monitorovací střediska se nacházejí v Ternopolu, Jenisejsku a na Balkaši. Stanice 24 hodin denně monitorují signály všech viditelných družic, realizují laserové měření vzdálenosti mezi povrchem Země a stanicí a získaná data se převádějí do hlavního řídicího centra. Data se poté zpracují a družicová data se aktualizují. Data se pro každý systém GPS mírně liší (Kovář, 2016).



Obrázek 1.3: GLONASS (Everythingrf.com, 2020)

1.4 GALILEO

V roce 2008 byl uveden do provozu Evropský satelitní systém s názvem GALILEO. Systém vznikl kvůli obavám z vypnutí amerického systému GPS a ruského GLONASS. Systémy NAVSTAR a GLONASS jsou totiž financovány armádou, proto může kdykoliv z důvodů národních zájmů dojít k přerušení signálů těchto systémů. Proto vznikl tento nezávislý evropský navigační systém, jenž je zcela kompatibilní, jak s americkým, tak s ruským navigačním systémem. Stanice tedy dokážou pro zjišťování polohy pracovat s americkým i s ruským signálem.

Startovací etapou ve vývoji systému GALILEO byl projekt EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Na projektu se podílela Evropská kosmická agentura (ESA), Evropská komise a Evropská organizace pro bezpečnost letecké navigace (Eurocontrol). V této zkušební verzi bylo dosti omezené pokrytí. Pokusné vysílání bylo spuštěno v roce 2000 a v roce 2004 se navigační systém stal plně funkční. Evropský navigační systém Galileo má podobně jako systém NAVSTAR-GPS tři části – vesmírnou, pozemskou a uživatelskou. Vesmírnou část tvoří satelity, pozemskou tvoří stanice, které vypočítávají korekci satelitů, a uživatelskou tvoří uživatelský přijímač např. mobil (Steiner a Černý, 2006).



Obrázek 1.4: GALILEO (Eesa.int, 2020)

1.5 Diferenční GPS

Pomocí diferenčních metod měření lze dosáhnout vyšší přesnosti polohy v reálném čase. Differential Global Position System (DGPS) je systém, který při určení polohy využívá polohu neznámého bodu korekce ze stanice. Za využití korekce polohových souřadnic nebo korekce zdánlivých vzdáleností lze zpřesnit určení polohy. Tento signál může být vyslán z jakékoliv družice nebo z pozemní stanice. Pokud je možné na přijímači či vysílači zajistit rychlost přenosu dat alespoň 9,6 kB/s v reálném čase i na pohybující se objekt, označuje se toto spojení jako Real Time Kinematics (RTK). Aby se systém DGPS mohl používat, je třeba mít přijímač DGPS a dekodér dat. DGPS bývá někdy integrováno do soustavy zařízení a někdy bývá k GPS přístroji připojeno externě.

Metoda RTK se používá pro určování polohy v reálném čase. Při použití rádio modemu ve vzdálenosti přibližně 10 km získáme prostorovou polohu v reálném čase, kde se přesnost určení pohybuje mezi 20-50 mm. Přesnost určení je nicméně závislá na dosahu rádio modemu. Pro další zvýšení dosahu se používá buď síť Speciální mobilní skupina (Groupe Special Mobile, GSM), nebo internetového připojení. (Kumhála, 2007).

2 Využití GPS navigace v současné zemědělské technice

Globální polohovací systém ukazuje polohu stroje na poli a společně s využitím sklízecí mlátičky a počítače jsou zaznamenávány výnosy plodin na dané zemědělské půdě. Data z čidel se přenášejí ze sklízecí mlátičky do počítače, ve kterém je uživatel následně může zpracovat do podoby výnosových map. Z map lze vyčíst kolísání výnosu za každý sklizený hon. V následujícím roce jsou tato data z výnosových map využita k variabilitě hnojení, závlahám nebo k meliorizaci (Kroupa et al., 1998).

2.1 Precizní zemědělství

Jestliže běžné zemědělství považuje pole (hon) za homogenní prostředí, tak precizní zemědělství uvažuje odlišným způsobem. Precizní zemědělství pracuje s myšlenkou, že některé části pole se mohou lišit jak z hlediska výnosu, tak i z hlediska hnojení, a proto je třeba přizpůsobit jejich obdělávání. Dá se také říct, že precizní zemědělství je zemědělství, které aplikuje informační prvky moderních technologií. Samotná myšlenka precizního zemědělství není nová. Již v dávné minulosti hospodáři své pole dobře znali a věděli, že pole je variabilní a že v určitých částech potřebuje jejich zemědělská půda jiný přístup. Znali příčiny této variability, a proto se tomu různě přizpůsobovali. Avšak jak se výměra obdělávaných pozemků zvyšovala, bylo čím dál složitější tato variabilní místa vytyčit (Kumhála, 2007).

Hlavní myšlenkou precizního zemědělství je, že pro jakýkoliv vstup (zásah) do pole by měl být důvod a měl by se aplikovat ve správné chvíli, a to v části pozemku, kde je toho zapotřebí. Precizní zemědělství je strategie umožňující přizpůsobit jisté zemědělské operace (hnojení, předseťová příprava, základní zpracování půdy a další) v závislosti na prostorové a časové variabilitě pozemku. Globální poziční systém (GPS) patří mezi první finanční vstupy, které toto umožňují v praxi. Data z GPS udávají informace o pozici stroje na poli. Spojením GPS s měřicími senzory ve sklízecí mlátičce je možné dosáhnout optimální práce na přesně daných lokálních podmínkách půdního nebo vegetačního prostředí. Mezi základní přínosy této technologie patří snížení nákladů na vstupy pěstovaných plodin a případně monitorování výsledků hospodaření. Trend v chápání produkční jednotky pole (honu), popřípadě jeho části, jako „heterogenního prostředí“ je jako jednotka prostorové a časové variability (Vaněk, 2003).

2.1.1 Prostorová variabilita půdy

Prostorová variabilita půdy sleduje znak změny v rámci plochy pozemku (např. hloubka půdy). Typickým příkladem může být variabilita výnosu v rámci jedné plodiny na pozemku nebo utužení půdy. Příčinami prostorové variability může být heterogenita půdního prostředí, rozdílná intenzita obhospodařování pozemků nebo bioticky škodlivé vlivy např. mikroorganismy a organismy v půdě (Lukas et al., 2011).

2.1.2 Časová variabilita půdy

Časová variabilita oproti prostorové variabilitě představuje změny znaku v čase. Příčinou je zpravidla průběh povětrnostních podmínek, který zásadně ovlivňuje vývoj sledovaného jevu. Jako příklad lze uvést změnu v množství nadzemní biomasy nebo v úrovni napadení plodiny škodlivými organismy v čase (Lukas et al., 2011).

2.2 Mapování stavu pozemků

Hlavními faktory, které ovlivňují variabilitu porostu, je heterogenita půdních podmínek, rozdílná intenzita obhospodařování pozemků a výskyt škodlivých činitelů. Avšak mnoho půdních vlastností je z krátkodobého hlediska trvalých a jejich mapování stačí provést jednou za čas. Oproti tomu porostní parametry jsou více flexibilní a je potřeba se jim věnovat vícekrát za jedno vegetační období. Pod různou účinností hospodaření lze vidět vliv nevyrovnaného a nevhodného zakládání porostů, hnojení, aplikace pesticidů a podobně (Neudert a Vojtěch, 2015).

2.2.1 Tradiční metody mapování variability porostů

Metody tradičního mapování polních plodin můžeme dělit podle účelu použití. Jedna z možností, jak mapovat polní plodiny, je zjišťování obsahu živin přímo v rostlinách pomocí extrakce v roztoku Mehlich 3. Pro získání výsledků se musí odebrat rostlinný materiál, který je následně zkoumán a je podroben laboratornímu anorganickému rozboru rostlin (ARR). Podle obsahu živin se určí potřebná dávka hnojení. Další metodou hodnocení porostů, která kontroluje výnosotvorné procesy, je metoda agriobiologické kontroly (ABK). Podstatou této metody je pozorování a kontrola růstu a vývoje rostliny. Mezi další tradiční metody se řadí mapování zaplevelení pomocí terénních průzkumů a hodnocení stavu poškození chorobami a škůdci. Informace o stavu poškození porostu mohou posloužit při prostorové lokalizaci jako podklad

aplikačních map pro hnojení pesticidy. Výstižným rysem tradičních metod mapování variability porostu je vysoká náročnost, jak z finančního pohledu, tak i z pohledu pracovní náročnosti tohoto způsobu mapování, proto se tyto metody provádí jen na určitých místech pozemku. Přesnost dat ze sesbíraných vzorků závisí na hustotě měřených bodů a také na jejich rozmístění a četnosti pozorování (Vojtěch, 2021).

2.2.2 Nepřímé metody hodnocení stavu porostu

Senzory měří odrazivost porostu ve viditelném spektru (400 - 700nm), kdy má rostlina nejvyšší obsah chlorofylu. Při využití senzoru se vyše paprsek záření, přičemž jestliže probíhá fotosyntéza, rostlina pohltí spektrum modré a červené barvy a zelená část je odražena zpět (proto se části rostliny (stonek a listy) jeví jako zelené). Pro sledování stavu porostu je potřeba speciálních detekčních zařízení. Jednoduše lze říct, že odrazivost podává informace o stavu fotosyntetického aparátu rostliny, zatímco metoda blízké infračervené spektroskopie (NIR) podává pouze informace o množství biomasy. Vegetace se zobrazí na tzv. multispektrálním snímku v modré a červené části spektra jako velmi tmavá až černá, v zeleném šedá a v NIR bude světlá až bílá. Poškozená rostlinná vegetace trpící stresem vykazuje v odrazivosti změny dat získaných ze senzorů. Zvyšuje se odrazivost v červeném spektru (rostliny žloutnou) a naopak se snižuje odrazivost v NIR. Pro vyhodnocení stavu porostu je pro přístroje určujícím rysem porovnání odrazivosti v jednotlivých spektrech. Sensorové měření je poměrně spolehlivé a dokáže detekovat porostní rozdíly v nedostatečné výživě, vodním stresu a napadení rostliny. Tato metoda však není schopná určit přesnou příčinu stresu (Vojtěch, 2021).

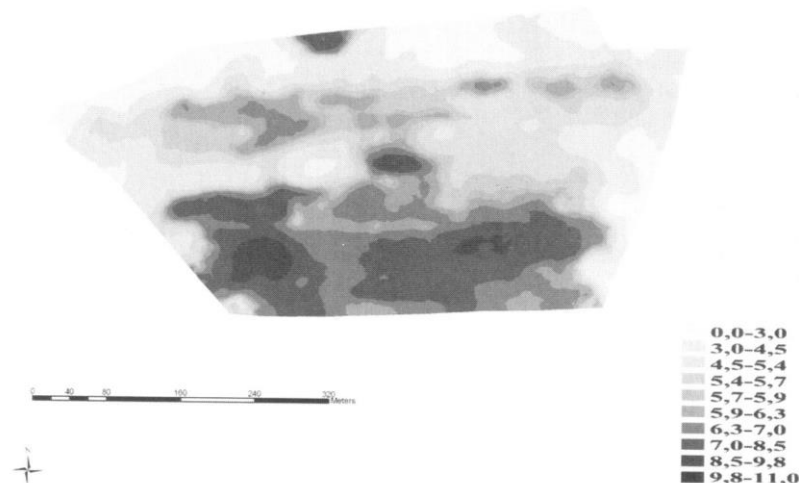
2.2.3 Vzorkování půdy

Rozhodujícím faktorem pro prostorovou variabilitu pozemku je hustota vzorkování a rozmístění odběrových bodů na pozemku. Se zvyšujícím se počtem odběrů se zvyšují náklady na provedení, ale mapování je detailnější. Menší počet odběrů je sice ekonomicky výhodnější, nicméně nemusí zachytit některé rozdíly v mapování variability pozemku. Přestože je hustota odběru v precizním zemědělství velmi důležitá, provádí se jen jeden odběr na pozemek o velikosti 1 až 5 hektaru. Velký význam při vzorkování půdy má i rozmístění odběrových bodů. Existuje celá řada schémat rozmístění odběrových bodů, které se liší podle toho, zda známe přibližnou variabilitu pozemku. Pokud prostorová variabilita není známa, rozmístění odběrových

bodů je v pravidelné síti, nebo je náhodné. Je-li však prostorová variabilita pozemku známá, rozmístění odběrových bodů je určeno podle variability pozemku. Příkladem získaných informací o variabilitě půdy jsou výnosové mapy, topografie pozemku, letecký nebo družicový snímek a výsledek získaný z elektrické vodivosti půdy. Pokud jsou pro vzorkování půdy využity informace o variabilitě půdy, jde o takzvané cílené vzorkování (Neudert a Vojtěch, 2015).

2.3 Sledování výnosového potenciálu půdy

Jedním z hlavních nástrojů precizního zemědělství je mapování výnosů půdy. Přestože je předpokládán budoucí zisk mapování výnosů spojován spíše s propracovaným využitím variabilních aplikačních technologií, ukazuje se, že mapování výnosů má nemálo výhod. Díky výnosovým mapám z různých polí či jen z části polí je možné zlepšit výběr plodin pro pozemek, určit problémy způsobené předplodinou a určit výnosově slabá místa, které by se dala dříve identifikovat a provést tak jejich detailnější průzkum. Výnosový monitor a software pro digitální rozbor umožňuje další zpracování dat, včetně statistického zpracování, dovoluje změřit a zaznamenat výnos pole v libovolném čase a pozici kombajnu (sklízecí mlátičky). S výnosem je zaznamenávána i vlhkost zrna pomocí specifických senzorů. Výnos je přepočítáván na jednotku plochy (t/ha). Naměřená data jsou zpracována palubním počítačem a společně s údaji o poloze se uloží do datových paměťových karet. Data jsou následně přenesena do osobního počítače, kde jsou v příslušném programu zpracována do výnosových map. Do tvorby map patří i náležitá oprava informačních chyb způsobené měřením, chybami polohy a popřípadě chybami operátora. Strategií může být buď pokus o vyrovnání prostorové variability pomocí cílených vstupů (např. úprava dávka hnojiv) nebo smíření se s existující variabilitou a aplikování vstupů úměrné možnému lokálnímu výnosu. Polní charakteristiku může popsat několik druhů výnosových map. Základními daty v těchto mapách jsou výnos, půdní druh a obsah živin v půdě (Agroweb.cz, 2001).



Obrázek 2.1: Výnosová mapa pšenice ozimé z roku 2003 (t/ha) (Vaněk et al., 2003)

2.3.1 Mapování výnosu zrnin

Myšlenka mapování výnosu se objevila poprvé v USA. Využití mapování výnosů zrnin bylo výhodné z nejrůznějších důvodů, poprvé byl použito u sklízecích mlátiček. Nejdůležitějším důvodem bylo, že se obiloviny, oproti ostatním plodinám, pěstují na velikých plochách, navíc jsou obiloviny stále poměrně dobrou komerční plodinou. Aby bylo možné výnosové mapy sestavit, je potřeba signál o poloze stroje doplnit signálem o množství sklizené hmoty, která v onen okamžik prochází sklízecím strojem. V současné době není zjištění polohy stroje problémem, nicméně přesné zjištění průchozí hmoty je složitější. U sklízecích mlátiček se určuje množství vyčištěného zrna až při dopravě do zásobníku. Abychom byli schopni určit přesné množství, je potřeba použít příhodná čidla. Ve sklízecí mlátičce se nachází palubní počítač s mikroprocesorem pro příjem a vyhodnocení dat získaných čidly (okamžitý průtok, vlhkost zrna, okamžitá poloha stroje). Tato data se následně ukládají do paměti počítače. Dále se data přesunou do osobního počítače a jsou zpracována do výnosových map. Výnosové mapy mohou být digitální nebo tištěné, na mapě je možné vidět vyrovnanost či nevyrovnanost výnosu zrna na pozemku (Agroweb.cz, 2001).

2.3.2 Čidla pro mapování výnosu obilovin

U sklízecích mlátiček bylo pro zjištění okamžitého výnosu obilovin vyvinuto několik principů měření. Výnosová data zjišťují čidla, která pracují na dvou základních

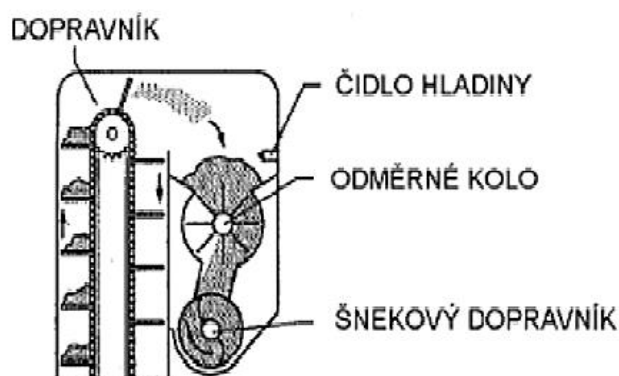
principech. Jedná se o čidlech měřící objem a čidla měřící hmotnostní tok sklizeného zrna.

První typ čidel měří objem, jedná se tedy o čidla objemová. Mezi tento typ se řadí například čidla mechanická, která pracují na principu odměřování množství hmoty, která je dopravovaná do zásobníku v odměrném zařízení (turniketu). V důsledku malé přesnosti se mechanická čidla dnes téměř nepoužívají. Mezi stále používaná objemová čidla však patří čidla optická (Claas), která měří výšku sklizené hmoty na lopatce dopravníku.

Druhý typ čidel měří hmotnostní tok. Mezi tento typ čidel se řadí čidla nárazová (Case, John Deere), čidla paprsková (Massey Ferguson) a další méně používané typy (například čidlo vážící řetězový dopravník zrna). Na sklizeň má veliký vliv vlhkost sklizeného zrna, sklízecí mlátičky jsou proto vybaveny i vlhkostními čidly. Kromě již zmíněných čidel jsou do stroje zabudována také náklonová čidla zajišťující přesnější údaje a čidla polohy šikmého dopravníku. Veškerá data jak od čidel, tak od přijímače signálu polohy GPS/DGPS jsou následně v palubním počítači zpracována a nahrána na paměťové médium (McDougal Henderson, R. et al., 2022).

2.3.2.1 Mechanická čidla

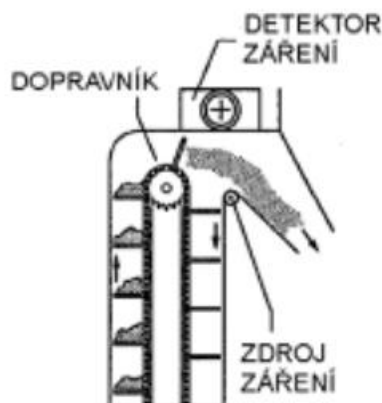
Mezi první používaná čidla patří mechanická čidla. Tato čidla se nachází na výstupu zrnového dopravníku. Základem čidla jsou dva senzory a lopatkové kolo. Pohon lopatkového kola zajišťuje řetěz, a to přes elektromagnetickou spojku, která je poháněná od hřídele šnekového dopravníku v zásobníku sklízecí mlátičky. Principem mechanického čidla je zaplnění prostoru nad lopatkovým kolem hmotou zrna, dokud se hmota zrna nedostane k hornímu čidlu, jak je znázorněno na obrázku č. 2.2. Když horní čidlo zaznamená hladinu zrna, dá povel elektromagnetické spojce, která následně přivede pohon k lopatkovému kolu. Pohon lopatkového kola se zastaví ve chvíli, kdy dá spodní čidlo povel k zastavení. Tento povel nastane, pokud čidlo nezaznamenává další padající zrno. Objem prostoru mezi lopatkami je znám, takže z počtu otáček lopatkového kola a měrné hmotnosti zrna je možné zjistit výnos. Tento systém je však poměrně nepřesný, proto se v praxi příliš nevyužívá a je postupně nahrazován jinými, přesnějšími systémy (Agroweb.cz, 2002).



Obrázek 2.2: Mechanické čidlo (Fríd, 2014)

2.3.2.2 Optická čidla

Optické čidlo pracuje na principu měření výšky vrstvy sklizeného zrna, které prochází okolo něj na lopatce zrnového dopravníku sklízecí mlátičky. Součástí čidla je vysílač světelného paprsku a přijímač. Čidlo měří, jak dlouhou dobu byl vysílaný světelný paprsek přerušen sklizenou hmotou. Hlavními údaji pro měření okamžitého výnosu jsou doba přerušení světelného paprsku a rychlost řetězu zrnového dopravníku. Nevýhodou tohoto systému je nutnost častého seřizování a kalibrace (nastavení na různé sklizené plodiny). Mikroprocesor umístěný v čidle zaznamenává data a posílá je do palubního počítače. Tato čidla využívají například sklízecí mlátičky firmy Claas. Z důvodu nerovnosti pole může někdy sklizeň probíhat ve svahu, proto je nutné pro zpřesnění údajů doplnit čidlo příčného náklonu, protože při náklonu stroje dochází k nahromadění materiálu na lopatkách dopravníku zrna, a to může hodně ovlivnit dobu přerušení světelného paprsku. Zpravidla je čidlo příčného náklonu umístěno uprostřed mezi předními koly sklízecí mlátičky. V zařízení se nachází volně zavěšené kyvadlo a snímá se jeho poloha, čímž je získáván signál o naklonění stroje. Z důvodu tlumení kmitů je kyvadlo obvykle umístěno v olejové lázni. Údaje získané čidlem náklonu se ihned odesílají do palubního počítače, kde jsou zpracovány a kde se pomocí těchto údajů upravují údaje z optického čidla výnosu. Optické čidlo je znázorněno na obrázku č. 2.3 (Mechanizaceweb.cz, 2020).

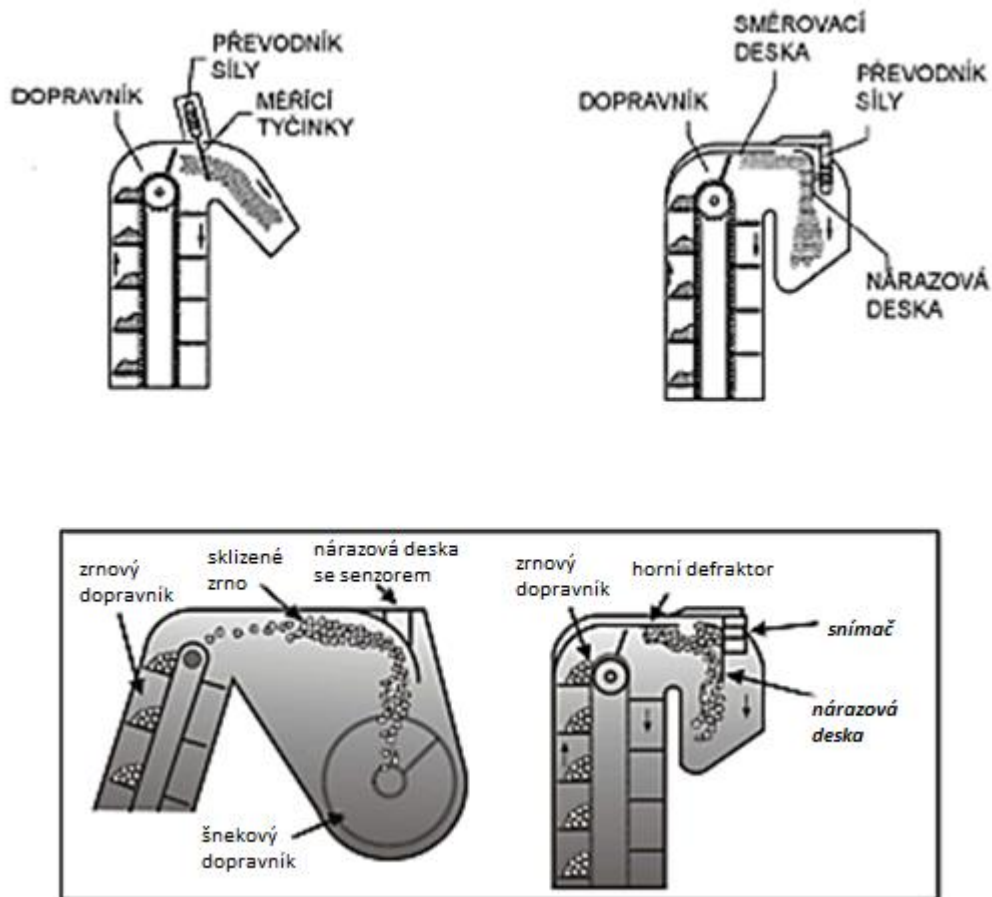


Obrázek 2.3: Optické čidlo (Frid, 2014)

2.2.2.3 Nárazová čidla

Nárazová čidla se řadí mezi jednoduchá a velmi rozšířená čidla, která snímají okamžitý průtok zrna. Princip spočívá v tom, že zrno je nuceno odstředivou silou z výstupu zrnového dopravníku držet dráhu letu. V této dráze je umístěna zakřivená nárazová deska. Tato deska je oproti pevně umístěné konstrukci v malém rozmezí pohyblivá a je snímána pomocí tenzometrických snímačů. Deska mění svoji polohu při náporu toku zrna, z čehož se dá určit hmotnost sklizené hmoty. Čidlo se musí kalibrovat na sklizenou plodinu, aby se zachovala přesnost měření. Čidla na tomto principu jsou velmi oblíbená zejména v Spojených státech amerických. Mezi firmy, které tato čidla využívají, patří například Case, John Deere nebo New Holland. Na obrázku č. 2.4 jsou zobrazeny tři možné konstrukční typy nárazových čidel.

Kalibrace nárazových čidel se obvykle upravuje pro každou plodinu a jednou za životnost stroje je dostačující. Kalibrační hodnoty si počítač ukládá do paměti a v následujících sklizních stačí jen zadat sklizenou plodinu. U některých plodin může být kalibrace komplikovanější. Například při sklizni řepky nemusí být kalibrace úplně 100%, protože dochází k zalepení nárazových čidel. Z toho důvodu je zde kladen velký důraz i na obsluhu stroje, která by kromě obvyklé údržby měla pečovat i o čistotu těchto čidel (Agroweb.cz, 2002).



Obrázek 2.4: Nárazová čidla (Frid, 2014)

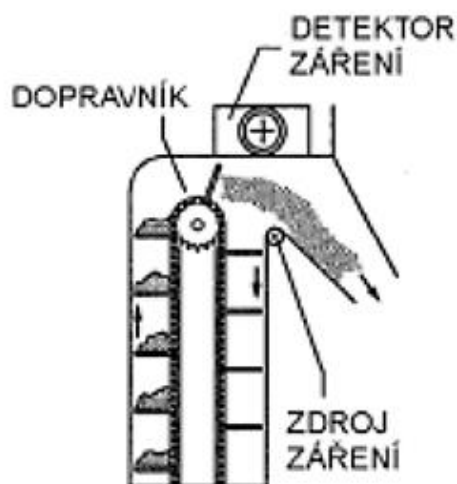
2.2.2.4 Kapacitní čidla

Princip kapacitních čidel spočívá ve zjištění změny kapacity kondenzátoru. Kondenzátor je v tomto případě tvořen dvěma deskami, z nichž jedna je na dně výstupu zrna ze zrnového dopravníku, zatímco druhá deska se nachází na protější straně. Mezi těmito deskami je elektrické pole, takže zrna, která prochází mezi těmito deskami kondenzátoru, jej narušuje, čímž se mění kapacita kondenzátoru. Změna kapacity je závislá na mnoha faktorech, například na vlhkosti, na množství a na elektrické vodivosti sklizeného zrna. Na bázi těchto změn je možno vyvodit množství sklizeného zrna a následně i okamžitý výnos. Tato čidla jsou k nalezení například ve firmě Claas, konkrétně u sklízecí mlátičky řady Lexion (Mechanizaceweb.cz, 2020).

2.2.2.5 Paprsková čidla

Paprsková čidla pracují na principu měření intenzity záření procházejícího tokem sklizeného zrna. Zařízení se skládá ze dvou částí. První část se nachází ve spodní části

zařízení u výstupu zrnového dopravníku. Zde je umístěno čidlo, které obsahuje vysílač radioaktivního záření. Jako vysílací médium se používá radioizotop ^{241}Am , který má velice slabou intenzitu záření. Procházející tok zrna zeslabuje intenzitu záření a následně jej zachycuje přijímač umístěný v horní části dopravníku naproti vysílači. Pokud neprochází žádné zrno, zařízení se kalibruje. Podle změny intenzity záření přijímaného přijímačem lze zjistit okamžitou hmotnost sklizeného materiálu. Tento systém vyvinula firma Massey Ferguson, která jej i používá (Agroweb.cz, 2002).



Obrázek 2.5: Paprskové čidlo (Fríd, 2014)

2.2.2.6 Čidla vlhkosti

Vlhkost zrna má značný podíl na hmotnosti sklizené hmoty. Proto je nutné tuto veličinu pomocí čidel zjišťovat. Čidla vlhkosti jsou zpravidla umístěna na spodní straně koncovky šnekového dopravníku, který přivádí sklizenou hmotu do zásobníku sklízecí mlátičky. Jedná se o čidla kapacitní. Povrch těchto čidel má určitou kapacitu, která se při průchodu různě vlhkého materiálu mění. Právě tato změna je snímána a následně vyhodnocována. Na tomto principu lze usuzovat okamžitou vlhkost sklizeného materiálu. Čidla pracují velmi přesně a v širokém rozmezí od 0 % do 40 % vlhkosti. U všech typů čidel se pro přesnější data využívají údaje o pojezdové rychlosti nebo ujeté vzdálenosti (Rani, A. et al., 2022).

3 Metodika terénních pokusů

Cílem bakalářské práce je porovnání konvenčního způsobu hospodaření a precizního zemědělství. Bude se jednat o pořízení nové technologie (přijímač StarFire 6000, displej GreenStar 3 2630 a systém JDLink), která bude považována jakožto finanční vstup do precizního zemědělství. Bude počítána finanční úspora na hnojivech s využitím precizního zemědělství oproti konvenčnímu hospodaření. Dále budou porovnána data, která prokážou, kdy bude finanční vstup do precizního hospodaření rentabilní. Budou se popisovat výnosové, aplikační mapy a jejich následné použití ve variabilním přihnojování. Vlastní práce bude provedena z výše uvedených dat ze dvou podniků. U obou společností bude použit stejný model sklízecí mlátičky John Deere T660i s kalibrovaným výnosometrem. Obsluhu stroje bude zajišťovat proškolená osoba.

Prvním podnikem bude Zemědělská společnost Dubné a.s. Zemědělská společnost se zabývá rostlinou i živočišnou výrobou, prodejem a zpracováním produktů prvovýroby. Pro výrobu elektrické energie a tepla provozuje bioplynovou stanici. Rostlinná výroba je více zaměřená na pěstování obilovin, které poté slouží pro potřeby živočišné výroby, dále pěstuje řepku, kukuřici, krmné plodiny a plodiny využívající se jako palivo do bioplynové stanice. Zemědělská společnost hospodaří na 3000 hektarech zemědělské půdy. Ročně vyprodukuje přes 300 ha ozimé řepky a 1500 ha obilovin a krmných plodin. Živočišná výroba je zaměřena na produkci mléka, výkrm býků a chov masného dobytka. Jedná se o chov českého strakatého skotu a holštýnského skotu. V chovu se nachází 850 kusů dojnic, 360 kusů žirných býků, 870 mladých jalovic a telat.

Druhou společností bude firma Daňhel Agro a.s. Společnost se zaměřuje primárně na prodej zemědělské techniky, dále na kvalitní servis zemědělských strojů, poskytuje široké odvětví zemědělských služeb, vlastní zemědělské farmy a obchoduje se zemědělskými komoditami.

Měření poskytnuté Zemědělskou společností Dubné a.s. bude prováděno na společenství 11 pozemků zemědělské půdy podle katastrálního území. Celková zpracovaná plocha s výměrou 22,84 ha se nachází nedaleko obce Žabovřesky. Pozemek se skládá z těžké jílovotopísčité půdy se sklonem 3 %. Pěstovanou plodinou bude pšenice (evropská zimní).



Obrázek 3.1: Pokusný pozemek - Žabovřesky (Google Maps)

K výzkumu bude použita souprava složená ze stroje John Deere 7270 R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litrů a výkonem motoru 199 kW, který bude použit v agregaci s rozmetacím strojem Kverneland TL 1500 GEOspread s výkonem $300 \text{ Kg} \cdot \text{min}^{-1}$ a rozmetacím záběrem 24 metrů. Tato souprava bude při prvním pokusu použita pro konvenční hospodaření. Bude použito hnojivo značky PK 25–25 a Lad 27. Dávka hnojiva PK 25–25 bude $300 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a hnojiva Lad 27 $100 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hnojivo PK 25–25 je složeno z 25 % fosforu a 25 % draslíku, zbylých 50 % je vápník. Lad 27 je značený ledek amonný s dolomitickým dusíkatým vápencem. Číslo 27 značí procenta čistého dusíku, dále obsahuje hořčík a vápník. Řidič soupravy bude dodržovat pracovní rychlost $15 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$ a spotřebované palivo bude určeno palubním počítačem. Pracovní doba bude zjištěna z aplikace JDLink od výrobce John Deere.

Po dozrání plodiny bude na pozemku provedena sklizeň pomocí sklízecí mlátičky John Deere T660i se šířkou záběru lišty 9,15 metrů, zdvihovým objemem 9 litrů a výkonem motoru 285 kW. Sklízecí mlátička disponuje GPS satelitní navigací, přijímačem StarFire 6000, displejem GreenStar 3 2630, systémem JDLink a kalibrovatelným výnosometrem. Tyto komponenty se budou považovat za vstupní investice do precizního zemědělství. Jejich hodnota je vyčíslena na 282 590,- Kč. S touto cenou bude kalkulováno jako s ročním odpisem, bez ohledu na to, že se může používat na více strojích.

Sklizeň bude mimo jiné sloužit ke sběru dat výnosu plodiny. Palubní počítač ze získaných dat prokáže variabilitu porostu a určí místa, kde je půda rozdílná, samotná sklizeň se provede za suchého počasí. Data ze sklizně budou následně zpracována

do podoby výnosové mapy. Nejprve se data ze sklízecí mlátičky obsahující informace o výnosu plodiny na daném pozemku zpracují, odstraní se odchylky a zkalibrují se.

Další krokem bude zpracování aplikačních map pomocí výnosových map, které se použijí na variabilní přihnojování. Pomocí soupravy strojů John Deere 7270 R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litrů a výkonem motoru 199 kW a strojů Terraland s Fertiboxem bude umožněno profilové přihnojování s podrytím půdy zároveň. Toto podrytí půdy bude potřeba ve výpočtu finanční úspory zohlednit, protože má zásadní vliv na spotřebu paliva. Hnojivo bude na rámu pneumatiky distribuováno z čelního zásobníku do rozdělovače hlavy. Aplikace hnojiva bude probíhat přes aplikační terčíky, které se nachází za předním páskovým smykem, tedy před šípovými radličkami, které zajistí rovnoměrné promíchání hnojiva v půdním profilu dle nastavené hloubky zpracování. Variabilní hnojení bude provedeno pro každé výsevní ústrojí zvlášť. Hnojiva budou rozdělena do dvou násypků. Ve velké násypce bude hnojivo PK 25-25 a v menší násypce hnojivo LAD27.



Obrázek 3.2: Variabilní přihnojování – Žabovřesky

U variabilního hnojení jsou známy dva způsoby aplikace hnojiva podložené aplikačními mapami. Podle prvního způsobu bude větší dávka hnojiva aplikována do místa, kde bude zaznamenán menší výnos a kde bude zaznamenán vyšší výnos, tam se hnojící dávka naopak sníží. To poslouží k vyvážení stavu porostu. Druhý způsob je opačný, když bude tedy zaznamenán vyšší nebo normální výnos, tak se zvýší dávka hnojení, čímž se maximalizuje potenciál daného místa s dobrou úrodností. Pro tento pozemek bude uplatněn první způsob. V obou případech bude použito stejné hnojivo,

a to PK 25–25 a Lad 27. Samotné variabilní hnojení bude podpořeno aplikační mapou zpracovanou z výnosové mapy. Podle aplikační mapy bude provedeno variabilní hnojení hnojivy s dávkou hnojení pohybující se u PK 25–25 od 150 do 300 Kg. ha⁻¹ a u Lad 27 se bude dávka pohybovat v rozmezí od 50 do 100 Kg. ha⁻¹.

Finanční nároky za pohonné hmoty budou vypočteny podle ceny 26,50 Kč. l⁻¹. Tato cena je zprůměrována za rok 2021 společností Dubné a.s. a bude použita ve všech výpočetních vzorcích. Náklady na zaměstnance vyplývají ze skutečné mzdy společnosti, která činí 150 Kč. h⁻¹. Spotřeba paliva bude zjištěna přes palubní počítač z firemní aplikace JDLink, která ukazuje také čas práce na pozemku. Pomocí vzorců se určí rozdíl ve finančních úsporách mezi konvenčním a precizním zemědělstvím. Výsledná data o pozemku o velikosti 22,84 ha budou použita jako vstupní element pro další výpočty. Následně bude zjištěno, kdy je investice do precizního zemědělství rentabilní.

Náklad na hnojení za 1 hektar bude vypočten pomocí ceny hnojiva za 1 tunu a dávky hnojiva na 1 hektar a bude počítána ze vzorce 1.

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha:

$$P = \frac{H_p}{1000} \cdot D_H \quad [1]$$

Kde:

P - Cena hnojiva za 1 ha [Kč. ha⁻¹]

H_p - Cena hnojiva za 1 t [Kč]

D_h - Dávka hnojiva na 1 ha [Kg]

Hmotnost hnojiva potřebná na celý pozemek se bude počítat ze vzorce 2 za využití hodnot dávka hnojiva na 1 hektar a plocha pozemku.

Hmotnost hnojiva potřebná na celý pozemek o rozloze 22,84 ha:

$$m = D_H \cdot S \quad [2]$$

Kde:

m - Hmotnost hnojiva na 1 ha [Kg]

D_H - Dávka hnojiva na 1 ha [Kg]

S - Plocha pozemku [ha]

Cena hnojiva na celý pozemek bude počítána vzorcem 3 a bude se vycházet z ceny hnojiva za 1 ha a celkové ceny za hnojivo.

Cena za hnojivo na pozemek o rozloze 22,84 ha:

$$P_{C1} = P \cdot S \quad [3]$$

Kde:

P_{C1} - Celková cena za hnojivo [Kč]

P - Cena hnojiva za 1 ha [Kč. ha⁻¹]

S - Plocha pozemku [ha]

Skutečné finanční náklady při konvenčním hospodaření vynaložené za hnojivo na pozemek o rozloze 22,84 ha budou vycházet z celkové ceny za hnojivo PK 25–25 a z celkové ceny za hnojivo Lad 27. K výpočtu poslouží vzorec 4.

Skutečné finanční náklady vynaložené za hnojiva na pozemek o rozloze 22,84 ha:

$$P_S = P_{C1} + P_{C2} \quad [4]$$

Kde:

P_S - Celková cena za hnojiva [Kč]

P_{C1} - Celková cena za hnojivo PK 25–25 [Kč]

P_{C2} - Celková cena za hnojivo Lad 27 [Kč]

Pomocí vzorce 5 budou spočítány skutečné finanční náklady vynaložené za hnojivo na pozemek o rozloze 22,84 ha při variabilním hnojení, kde budou figurovat celkové ceny za hnojiva PK 25–25 a Lad 27.

Skutečné finanční náklady vynaložené za hnojiva na pozemek o rozloze 22,84 ha při použití variabilní hnojení:

$$P_v = P_{C1} + P_{C2} \quad [5]$$

Kde:

P_v - Celková cena hnojiv při variabilním použití [Kč]

P_{C1} - Celková cena za hnojivo PK 25-25, variabilní způsob [Kč]

P_{C2} - Celková cena za hnojivo Lad 27, variabilní způsob [Kč]

Úspora finančních prostředků získaná porovnáním konvenčního plošného a variabilního hnojení bude počítána vzorcem 6. Pro výpočet bude využita hodnota finančních nákladů potřebných při konvenčním plošném hnojení hnojivy PK 25-25 a Lad 27.

Úspora finančních prostředků získaná porovnáním klasického plošného a variabilního hnojení:

$$U = P - P_v \quad [6]$$

Kde:

U - Úspora [Kč]

P - Finanční nároky při konvenčním plošném hnojení hnojivy PK 25–25 a Lad 27 [Kč]

P_v - Finanční nároky při použití variabilního hnojení hnojivy PK 25–25 a Lad 27 [Kč]

Pomocí vzorce 7 budou spočítány úspory finančních prostředků, které budou vyjádřeny v procentech. Použijí se zde již vypočítané finanční náklady konvenčního plošného hnojení hnojivy PK 25-25 a Lad 27 a finanční náklady při aplikování variabilního hnojení hnojivy PK 25-25 a Lad 27.

Úspora finančních prostředků vyjádřena v procentech:

$$X = 100 - \left(\frac{P_v}{P} \cdot 100 \right) \quad [7]$$

Kde:

X - Úspora [%]

P - Finanční nároky při konvenčním plošném hnojení hnojivy PK 25–25 a Lad 27 [Kč]

P_v - Finanční nároky při použití variabilního hnojení hnojivy PK 25–25 a Lad 27 [Kč]

Náklady vynaložené za palivo budou vypočteny vzorcem 8. Bude se vycházet ze spotřeby paliva a ceny za 1 litr paliva.

Náklady vynaložené za palivo:

$$Z_c = Z_p \cdot C_l \quad [8]$$

Kde:

Z_c - Náklady za palivo [Kč]

Z_p - Spotřebované palivo [l]

C_l - Cena za palivo [Kč. l⁻¹]

Náklady na pracovníka budou vypočteny s využitím předem známé mzdy zaměstnance na hodinu a odpracovaného času. K tomu bude použit vzorec 9.

Náklady na pracovníka za odvedenou práci:

$$Y_c = Y_m \cdot t \quad [9]$$

Kde:

Y_c - Náklady na pracovníka [Kč]

Y_m - Mzda pracovníka [Kč. h⁻¹]

t - Odpracovaný čas [h]

Vzorec 10 bude využit k výpočtu základní finanční sazby na 1 hektar. K tomu bude použita vypočítaná hodnota finančních nároků při konvenčním plošném hnojení hnojiv PK 25-25 a Lad 27 a hodnota plochy pozemku.

Základní sazba na 1 ha:

$$Z_s = \frac{P}{S} \quad [10]$$

Kde:

Z_s - Základní sazba [Kč. ha⁻¹]

P - Finanční nároky při klasickém plošném hnojení hnojiv PK 25-25 a Lad 27 [Kč]

S - Plocha pozemku [ha]

Finanční sazba na daný počet hektarů při konvenčním hospodaření bude vypočtena pomocí vzorce 11 a bude vycházet ze základní finanční sazby a potřebné plochy.

Finanční sazba na daný počet hektarů při konvenčním hospodaření:

$$Z_x = Z_s \cdot b \quad [11]$$

Kde:

 Z_x - Sazba [Kč. ha⁻¹] Z_s - Základní sazba na 1 ha [Kč] b - Potřebná plocha [ha]

Vzorcem číslo 12 se pomocí hodnoty základní sazby na 1 hektar a plochy pozemku vypočítá finanční sazba na počet ha při variabilním zemědělství. Suma 282 590,- Kč je finanční vstup do precizního zemědělství.

Sazba na daný počet ha při variabilním zemědělství:

$$Z_x = Z_s \cdot b + 282\,590 \quad [12]$$

Kde:

 Z_x - Sazba [Kč. ha⁻¹] Z_s - Základní sazba na 1 ha [Kč] b - Potřebná plocha [ha]**3.1 Sklízecí mlátička John Deere T660i**

Sklízecí mlátička bude pracovat se šířkou záběru lišty 9,15 metrů. Výkon motorů bude 285 kW a zdvihový objem 9 litrů. Velikost zásobníku bude 9 000 litrů.

Tabulka 3.1: Technické parametry stroje John Deere T660i (viewer.zmags.com, 2021)

Šikmý dopravník	
Šikmý dopravník	4 řetězy
Výkon reverzoru (kW)	80
Mláticí buben	
Průměr bubnu (mm)	660
Průměr bubnu (mm)	1 670
Počet mlátek	10
Standartní rozsah otáček bubnu (1/min)	475–1 030
Rozsah otáček s reduktorem (1/min)	240–510 a 475-1 030

Mláticí koš	
Rozměry mláticího koše (mm)	750×1 670
Hrotový separátor a separátorový koš	
Průměr separátoru (mm)	660
Otáčky separátoru (1/min)	450 a 900
Rozměry koše separátoru (mm)	936×1 670
Separátorový koš	Nastavitelný
Třetí koš a buben	
Průměr zadního odmítacího bubnu (mm)	400
Otáčky odmítacího bubnu	Jednorychlostní otáčky poměr k 1x separátor
Koš odmítacího bubnu	Nastavitelný
Celková aktivní separační plocha	
Plocha mláticího koše (m ²)	1,25
Plocha koše pod separátorem (m ²)	1,56
Plocha koše pod odmítacím bubnem (m ²)	0,55
Celková aktivní separační plocha (m ²)	3,36
Vytřásadla	
Počet vytřásadel	6
Délka vytřásadel (m)	3,25
Počet stupňů	7
Plocha vytřásadel (m ²)	5,4
Čistící ústrojí Dual-Flo, nastavitelný předčistič	
Rozsah otáček ventilátoru (1/min)	700 - 1 525
Zásobník zrna	
Objem (l)	Základ 9 000
Rozsah natočených vyprazdňovacích šneků (stupně)	105
Rychlost vyprazdňování (l/s)	88
Drtič slámy Premium (volba)	
Počet nožů	108 rotačních, 68 stacionárních
Motor	

Typ motoru	John Deere PowerTech Plus, šestiválec, dvojitě turbodmychadlo s plně automatickou technologií EGR
Zdvihový objem (l)	9
Jmenovité otáčky	2 200
Jmenovité otáčky (kW/k)	239/325
Maximální výkon (kW/k)	273/371
Objem palivové nádrže (l)	800
Pojezd	
Řazení spínačem	Třírychlostní, elektrický
Automatická převodovka ProDrive	Volba
Přepravní šířka	
S 680/85R32 (m)	3,5

Displej GreenStar 3 2630

Plně barevný displej umožňuje monitorovat a řídit veškeré kroky pro precizní zemědělství. Pracuje s robustní a jasnou 26 cm velkou dotykovou obrazovkou, která má pokročilou funkci rozhraní ISOBUS. Cena displeje bude vyčíslena na 65 990,- Kč (strompraha.cz, 2022).



Obrázek 3.3: Displej GreenStar 3 2630

Přijímač StarFire 6000

Vylepšený signál SF3 je ideální volbou pro kultivaci, pěstování travních porostů asklizeň. Dosahuje přesnosti ± 3 cm mezi přejezdy. U základního modelu GLONASS obsahuje technologii kompenzace terénních nerovností (TCM). Cena přijímače bude vyčíslena na 90 000,- Kč. Přesný roční signál bude vyčíslen na 26 500,- Kč (Danhel.cz, 2021).



Obrázek 3.4: StarFire 6000, (Deere.cz, 2020)

JDLINK jednotka

Telemetrický systém JDLink poskytuje přehled všech připojených strojů v podniku. Jsou zde vidět polohy strojů, spotřeby paliva, výkony, odpracované časy a rychlosti strojů. Data mohou být získána v reálném čase nebo zpětně. Cena JDLink jednotky bude vyčíslena na 22 100,- Kč (strompraha.cz, 2022).

AutoTrac a Premium aktivace

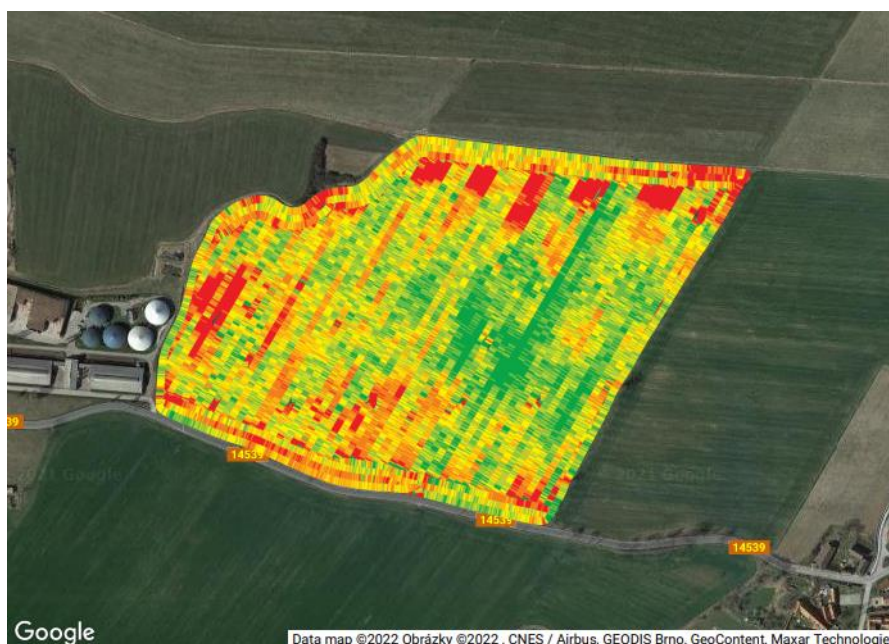
Systém AutoTrac navádí stroj po poli. Udržuje rozmezí mezi řádky pěstované plodiny, čímž usnadňuje a zefektivňuje pracovní výkon. Cena systému AutoTrac bude vyčíslena na 24 000,- Kč.

4 Výsledky

4.1 Výnosová a aplikační mapa

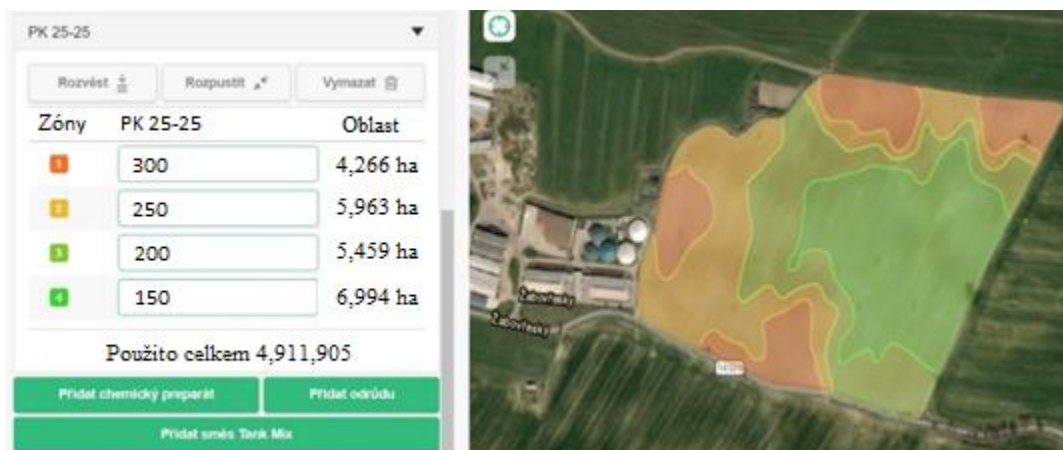
Výnosová a aplikační mapa by nemohla být provedena bez sklizně, sklízecí mlátičky a GPS technologie. Ze sklizně byla získána data o variabilitě porostu a následně byla tato data zpracována. Sklizeň pozemku trvala 7,8 hodin při stálé rychlosti 4,6 Km/h. Spotřeba paliva byla podle palubního počítače 378,3 litrů. Pěstovanou plodinou byla pšenice (evropská zimní).

Výnosová mapa obsahuje data o variabilitě pozemku. Data se následně zpracovala do podoby výnosové mapy. Nejprve bylo třeba data zpracovat, odstranit odchylky (vyčistit) a zkalibrovat. Tím se získaly informace o výnosu plodiny na daném pozemku. Normalizovaný výnos z výnosového monitoru vyjadřuje, o kolik procent se výnos liší od průměru celého daného pozemku.



Obrázek 4.1: Výnosová mapa pšenice – Žabovřesky (JDLINK, 2022)

Výnosová mapa byla poté zpracována do podoby aplikační mapy. Tato mapa slouží k určení dávkovacích zón hnojiva. Pro každou zónu bylo třeba použít jinou dávku hnojiva. Podle aplikační mapy bylo provedeno variabilní hnojení s dávkou hnojiva pohybující se od 150 do 300 Kg. ha⁻¹ u hnojiva PK 25–25 a u hnojiva Lad 27 se dávka pohybovala v rozmezí od 5 do 10 Kg. ha⁻¹.



Obrázek 4.2: Aplikační mapa hnojiva PK 25–25 (JDLink, 2022)



Obrázek 4.3: Aplikační mapa hnojiva Lad 27 (JDLink, 2022)

Druhé měření probíhalo ve spolupráci se společností Daňhel Agro a.s. Toto měření bylo víceleté. Sběrání dat ze sklizně probíhalo 3 roky po sobě. Pozemek se nachází nedaleko města Protivín. Celková zpracovaná plocha činila 21,02 ha hlinitopísčité zemědělské půdy. Data byla sbírána v období sklizně dané plodiny. Při prvním sběru dat byla sklizenou plodinou řepka. Druhý sběr dat byl uskutečněn 12. 8. 2020 a je zobrazen na obrázku č. 4.5. Druhou sklizenou plodinou byla pšenice (zimní). Na obrázku č. 4.6 je třetí sklizená plodina a tou byla kukuřice (evropská).



Obrázek 4.4: Výnosová mapa řepka – Protivín 2019 (JDLink, 2022)



Obrázek 4.5: Výnosová mapa pšenice – Protivín 2020 (JDLink, 2022)



Obrázek 4.6: Výnosová mapa kukuřice – Protivín 2021 (JDLink, 2022)

4.2 Konvenční plošné hnojení

4.2.1 Finanční nároky za hnojivo PK 25–25

Při konvenčním zemědělství bylo hnojeno 300 Kg hnojiva na 1 ha pouze hnojivem PK 25–25. Cena hnojiva byla 10 500,- Kč za 1 tunu hnojiva.

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha.

$$P = \frac{H_p}{1\,000} \cdot D_H$$
$$P = \frac{10\,500}{1\,000} \cdot 300$$
$$P = 3\,150, - \text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Hmotnost hnojiva potřebná na celý pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$m = D_H \cdot S$$
$$m = 300 \cdot 22,84$$
$$m = 6\,852 \text{ Kg}$$

Cena za hnojivo pro pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$P_{c1} = P \cdot S$$
$$P_{c1} = 3\,150 \cdot 22,84$$
$$P_{c1} = 71\,946, - \text{Kč}$$

Na pozemek o rozloze 22,84 ha je při plošném hnojení potřeba vynaložit finanční náklady čítající 71 946,- Kč za 6 852 Kg hnojiva PK 25–25.

4.2.2 Finanční nároky za hnojivo Lad 27

Při plošném hnojení bylo jako druhé hnojivo využito Lad 27. Hnojivo bylo aplikováno v množství 100 Kg na 1 ha. Cena za ledek byla 15 500,- Kč za 1 tunu.

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha.

$$P = \frac{H_p}{1\,000} \cdot D_H$$
$$P = \frac{15\,500}{1\,000} \cdot 100$$
$$P = 1\,550, - \text{Kč}/\text{ha}^{-1}$$

Hmotnost hnojiva potřebná na pozemek o ploše 22,84ha.

$$m = D_H \cdot S$$
$$m = 100 \cdot 22,84$$
$$m = 2\,284 \text{ Kg}$$

Cena za hnojivo pro pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$P_{c2} = P \cdot S$$
$$P_{c2} = 1\,550 \cdot 22,84$$
$$P_{c2} = 35\,402, - \text{Kč}$$

Na pozemek o rozloze 22,84 ha je při plošném hnojení potřeba vynaložit finanční náklady čítající 35 402,- Kč za 2 284 Kg hnojiva Lad 27.

4.2.3 Ostatní náklady u konvenčního hospodaření

Náklady za spotřebované palivo.

$$Z_c = Z_p \cdot C_l$$
$$Z_c = 17,6 \cdot 26,5$$
$$Z_c = 466,4 \text{ Kč}$$

Náklady na pracovníka za odvedenou práci.

$$Y_c = Y_m \cdot t$$
$$Y_c = 150 \cdot 1$$
$$Y_c = 150, - \text{Kč}$$

Skutečné finanční náklady vynaložené za hnojivo na pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$P = P_{c1} + P_{c2} + Z_c + Y_c$$
$$P = 71\,946 + 35\,402 + 466,4 + 150$$
$$P = 107\,964,4 \text{ Kč}$$

U konvenčního zemědělství byly při plošném hnojení vypočítány finanční náklady o sumě 107 964,4 Kč za použité hnojivo na pozemek o rozloze 22,84 ha.

4.3 Variabilní hnojení

4.3.1 Finanční nároky za hnojivo PK 25–25

Při variabilním hnojení hnojivem PK 25–25 se dávka pohybovala od 150 Kg do 300 Kg na 1 ha. Pro výpočet byl použit průměr nejnižší a nejvyšší hodnoty dávky hnojiva, pro výpočet byla tedy využita hodnota 215,06 Kg hnojiva na 1 ha půdy. Při stanovení průměru byl brán ohled na poměr velikostí zón, které jsou patrné na obrázku 4.2. Cena hnojiva za 1 tunu byla stejná, tedy 10 500,- Kč.

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha při variabilním hnojení.

$$P = \frac{H_P}{1000} \cdot D_H$$
$$P = \frac{10\,500}{1\,000} \cdot 215,06$$
$$P = 2\,258,13 \text{ Kč/ha}^{-1}$$

Hmotnost hnojiva potřebná na celý pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$m = D_H \cdot S$$
$$m = 215,06 \cdot 22,84$$
$$m = 4\,911,97 \text{ Kg}$$

Cena za hnojivo pro pozemek o rozloze 22,84 ha při aplikaci variabilního hnojení.

$$P_{C1} = P \cdot S$$
$$P_{C1} = 2\,258,13 \cdot 22,84$$
$$P_{C1} = 51\,575,7 \text{ Kč}$$

Na pozemek o rozloze 22,84 ha je při variabilním hnojení potřeba vynaložit finanční náklady čítající 51 575,7 Kč za 4 911,97 Kg hnojiva PK 25–25.

4.3.2 Finanční nároky za hnojivo Lad 27

Při aplikaci variabilního hnojení se dávka hnojiva Lad 27 pohybovala od 50 do 100 Kg na 1 ha. Při výpočtu byl brán ohled na poměr velikostí jednotlivých zón v aplikační mapě. Proto byla průměrná hodnota stanovena na 71,7 Kg hnojiva na 1 ha. Cena za 1 tunu hnojiva Lad 27 byla vyčíslena na 15 500,- Kč.

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha při variabilním hnojení.

$$P = \frac{H_P}{1000} \cdot D_H$$
$$P = \frac{15\,500}{1\,000} \cdot 71,7$$
$$P = 1\,111,4 \text{ Kč/ha}^{-1}$$

Hmotnost hnojiva potřebná na celý pozemek o rozloze 22,84 ha.

$$m = D_H \cdot S$$
$$m = 71,7 \cdot 22,84$$
$$m = 1\,637,6 \text{ Kg}$$

Cena za hnojivo pro pozemek o rozloze 22,84 ha při aplikaci variabilního hnojení.

$$P_{c2} = P \cdot S$$
$$P_{c2} = 1\,111,4 \cdot 22,84$$
$$P_{c2} = 25\,382,8 \text{ Kč}$$

Na pozemek o rozloze 22,84 ha je potřeba při variabilním hnojení vynaložit finanční náklady čítající 25 382,8 Kč za 1 637,6 Kg hnojiva Lad 27.

4.3.3 Ostatní náklady u variabilního hnojení

Náklady za spotřebované palivo.

$$Z_c = Z_p \cdot C_l \cdot S$$
$$Z_c = 15,3 \cdot 26,5 \cdot 22,84$$
$$Z_c = 9\,260,5 \text{ Kč}$$

Náklady na pracovníka za odvedenou práci.

$$Y_c = Y_m \cdot t$$
$$Y_c = 150 \cdot 1$$
$$Y_c = 150, - \text{ Kč}$$

Skutečné finanční náklady vynaložené za hnojiva na pozemek o rozloze 22,84 ha za využití variabilního hnojení.

$$P_v = P_{cv1} + P_{cv2} + Zc + Yc$$
$$P_v = 51\,575,7 + 25\,382,8 + 9260,5 + 150$$
$$P_v = 8\,6369, - K\check{c}$$

Za využití variabilního hnojení byly finanční náklady za hnojiva PK 25-25 a Lad 27 vyčísleny na 86 369,- Kč.

4.4 Shrnutí úspory na pozemku

Z výsledků je patrné, že větší potenciál na úsporu finančních nákladů má variabilní hnojení, ačkoliv prvotní náklady na pořízení byly vysoké.

Finanční nároky při klasickém plošném hnojení hnojivy PK 25–25 a Lad 27.

$$P = 107\,964,4 K\check{c}$$

Finanční nároky za využití variabilního hnojení hnojivy PK 25-25 a Lad 27.

$$P_v = 86\,369, - K\check{c}$$

Úspora finančních nákladů při porovnání klasického plošného a variabilního hnojení.

$$U = P - P_v$$
$$U = 107\,964,4 - 86\,369$$
$$U = 21\,595,4 K\check{c}$$

Výslednou hodnotou úspory finančních nákladů za využití variabilního hnojení je částka 21 594,4 Kč.

Úspora finančních prostředků vyjádřena v procentech.

$$X = 100 - \left(\frac{P_v}{P} \cdot 100 \right)$$

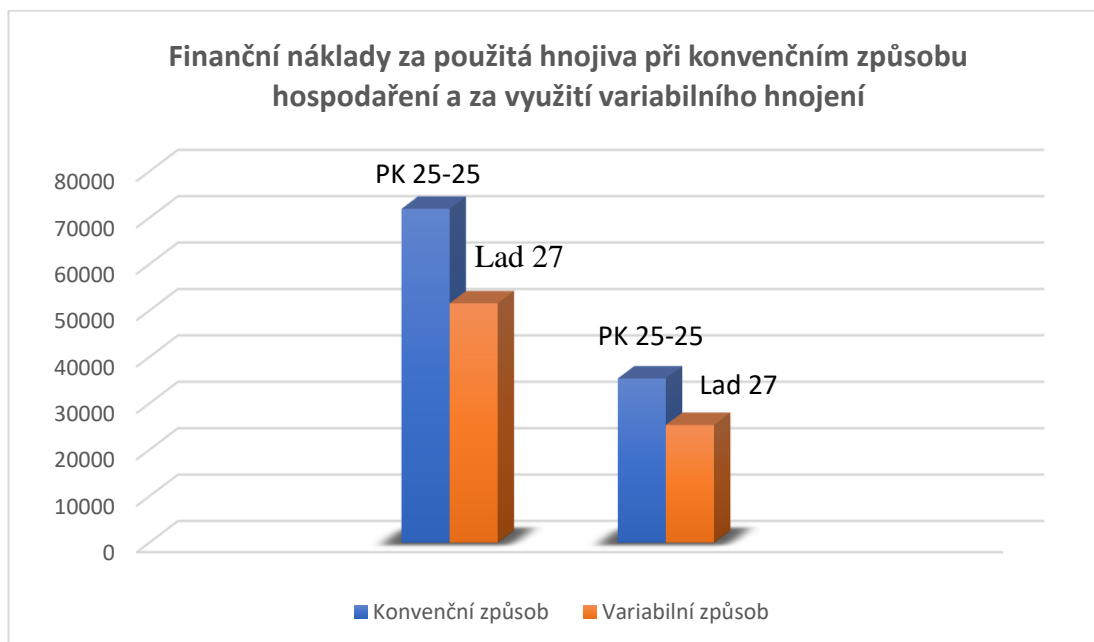
$$X = 100 - \left(\frac{86\,369}{107\,964,4} \cdot 100 \right)$$

$$X = 100 - 79,99$$

$$X = 20,01\%$$

Úspora variabilního hnojení je 20,01 %.

Graf 4.1: Finanční náklady za použítá hnojiva při konvenčním způsobu hospodaření a za využití variabilního hnojení.



4.5 Uplatnění investice do precizního zemědělství

Konvenční zemědělství

V následujících vzorcích bude vypočten finanční náklad konvenčního zemědělství na určitý počet hektarů. Výsledky jsou znázorněny v grafu 4.2.

Základní finanční sazba na 1 ha.

$$Z_s = \frac{P}{S}$$
$$Z_s = \frac{107\,964,4}{22,84}$$
$$Z_s = 4\,727, - \text{ Kč. ha}^{-1}$$

Vypočtené finanční náklady při konvenčním zemědělství převedené na 1 ha půdy.

Pro snadnější výpočet bude v následujících vzorcích využita funkce b , která je proměnná a představuje počet hektarů opracované půdy.

Sazba na daný počet hektarů.

$$Z_x = Z_s \cdot b$$

Precizní zemědělství

Základní finanční sazba na 1 ha.

$$Z_s = \frac{P_v}{S}$$
$$Z_s = \frac{86\,369}{22,84}$$
$$Z_s = 3\,781,5 \text{ Kč. ha}^{-1}$$

Vypočtené finanční náklady pro precizní zemědělství převedené na 1 ha půdy.

Pro snadnější výpočet bude v následujících vzorcích využita funkce b , která je proměnná a představuje počet hektarů opracované půdy. U variabilního způsobu je nutné brát v úvahu počáteční vstupy do technologie. Do vzorečků tedy byla připočtena suma 282 590,- Kč. S touto cenou bylo kalkulováno jako s ročním odpisem bez ohledu na to, že GPS technologie může během 5 let degradovat a že se může používat na více strojích. Výsledky jsou znázorněny v grafu 4.2.

Sazba na daný počet hektarů.

$$Z_x = Z_s \cdot b + 282\,590$$

Tabulka 4.1 - Porovnání konvenčního a precizního zemědělství

	Konvenční zemědělství	Precizní zemědělství
Cena hnojiva PK 25–25 na 22,84 ha [Kč]	71 946	51 575,7
Cena hnojiva Lad 27 na 22,84 ha [Kč]	35 402	25 382,8
Hmotnost hnojiva PK 25–25 na 22,84 ha [Kg]	6 852	4 911,97
Hmotnost hnojiva Lad 27 na 22,84 ha [Kg]	2 284	1 637,6
Náklady za spotřebované palivo [Kč]	466,4	9 260,5
Čas práce na pozemku [h]	1	1

Graf 4.2 - Diagram přelomu

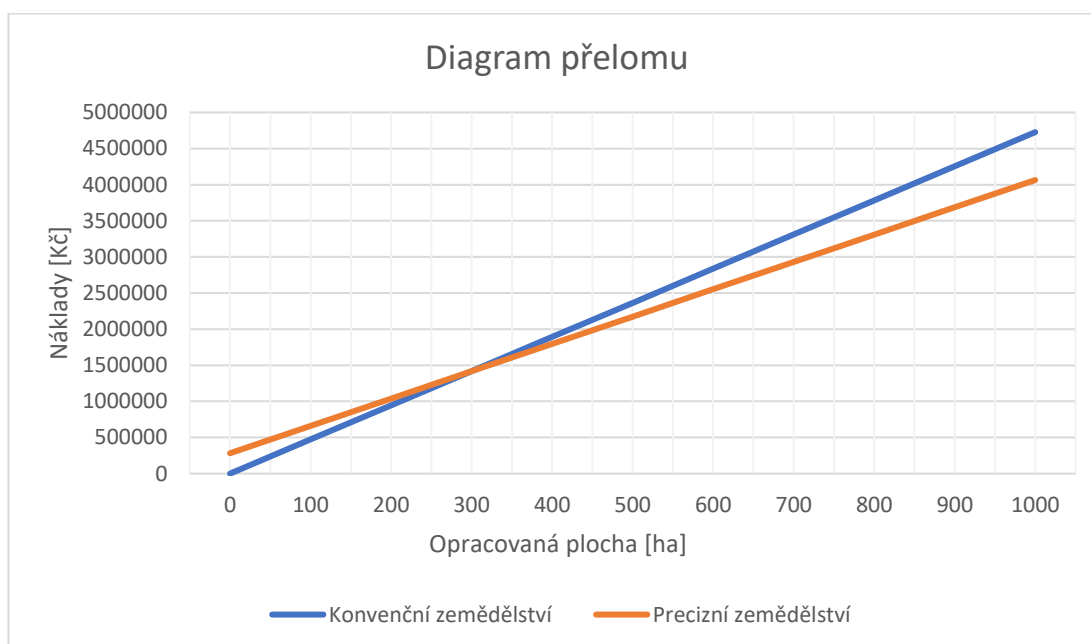


Diagram přelomu ukazuje dvě technologie způsobu hospodaření (konvenční a precizní) a jejich růst finančních nákladů na počet hektarů. Z grafu 4.2 je patrné, že počáteční náklady za finanční vstupy precizního zemědělství jsou vysoké, ale po překročení hodnoty 299 hektarů obdělané půdy dochází oproti konvenčnímu způsobu k úspoře.

5 Diskuse

Porovnáním konvenčního a variabilního hnojení, bylo zjištěno, že způsob variabilního hnojení je na množství spotřebovaného hnojiva úspornější.

Aby byla zachována charakteristika složení půdy, sklon a tvar pozemku, byly pokusy prováděny na stejném pozemku v období dvou let. Aby byl vidět rozdíl, byl při každém pokusu použit jiný způsob hnojení. Pozemek o výměře 22,84 ha se nachází nedaleko obce Žabovřesky. U obou pokusů byla použita stejná sklízecí mlátička John Deere T660i se satelitní navigací, obsluha stroje byla taktéž totožná.

Nejprve byl proveden konvenční způsob hnojení hnojivem PK 25-25 s měrnou dávkou 300 Kg. ha⁻¹ a hnojivem Lad 27 s dávkou 100 Kg. ha⁻¹. Cena za hnojiva byla po součtu nákladů stanovena na 107 964,4 Kč. Následovala sklizeň a sběr dat (informací), která prokázala variabilitu porostu.

Při druhém pokusu bylo nezbytné zpracovat data z výnosometru sklízecí mlátičky do podoby výnosových map. U těchto map data ukázala variabilitu porostu, a tím i výnosu, který nebyl v rámci celého pozemku konstantní. V místech s menším výnosem bylo nutné dávku hnojiva zvýšit a v místech s vyšším výnosem bylo potřeba dávku snížit.

Tvorbou výnosových map získáme informace o stavu variability porostu, které jsou ku prospěchu úspory spotřebovaného hnojiva i financí. V práci Lukas et al. (2018), kde je popsána mapa výnosového potenciálu pro Zemědělské družstvo Kojčice, je uvedeno: „Podstatou precizního zemědělství je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost. Běžný způsob identifikace produkčních zón vychází z identifikace podprůměrně a nadprůměrně výnosných částí pozemků z víceletých výnosových map. Ucelený sběr výnosových záznamů sklízecí technikou je v zemědělských podnicích velikým přínosem.“

Výnosové mapy byly dále zpracovány do podoby aplikačních map. Tyto mapy byly nahrány do palubního počítače traktoru s hnojícím zařízením. Souprava disponovala naváděcím zařízením GPS a stroji Terraland s Fertiboxem. Dávka hnojiva PK 25–25 byla oproti konvenčnímu způsobu změněna na hodnotu od 150 do 300 Kg. ha⁻¹ a dávka hnojiva Lad 27 byla změněna na hodnotu od 50 do 100 Kg. ha⁻¹. Podle počtu a velikosti variabilních zón byl vyhodnocen průměr hodnot dávek hnojiva.

Dávka u variabilního hnojení se oproti konvenčnímu hospodaření zprůměrovala na 215,6 Kg. ha⁻¹ u PK 25–25 a u Lad 27 na 71,7 Kg. ha⁻¹.

U konvenčního hospodaření byla cena za hnojivo PK 25–25 vyčíslena na hodnotu 3 150,- Kč. ha⁻¹, zatímco u hnojiva Lad 27 byla cena 1 550,- Kč. ha⁻¹. Bylo použito 6 852 Kg hnojiva PK 25–25 a 2 284 Kg hnojiva Lad 27 na pozemek o velikosti 22,84 ha. Finanční nároky za hnojiva použitá na pozemek byly u konvenčního hospodaření 107 964,4 Kč.

U precizního zemědělství byla cena hnojiva PK 25–25 stanovena na 2 258,13 Kč. ha⁻¹, u Lad 27 byla cena 1 111,4 Kč. ha⁻¹. Hmotnost použitého hnojiva na pozemek byla 4 911,97 Kg u PK 25–25 a 1 637,6 Kg u Lad 27. Finanční nároky za hnojiva použitá na pozemek u precizního zemědělství byly vyčísleny na 86 369, - Kč. V porovnání s konvenčním způsobem hospodaření je patrné výrazné ušetření hnojiv.

V. Brant a M. Kroulík (2020) ve své práci popisují pěstební technologie s podporou precizního zemědělství tímto způsobem: „...výsledkem je snížení spotřeby hnojiv (včetně organických – zonální aplikace) a omezení degradace půdy a ztráty do atmosféry a do spodních vrstev půdy.“ V pokusu byla finanční úspora na hnojivech vyčíslena na 21 595,4 Kč, což odpovídá 20,01% úspory oproti konvenčnímu hospodaření.

6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce je práce s výnosovými mapami a následné použití zjištěné variability půdy v precizním zemědělství. Teoretická část práce byla zaměřena na popsání polohovacích systémů. Dále bylo popsáno precizní zemědělství a metody mapování výnosů, bez kterých by precizní zemědělství nemohlo existovat. Také byla charakterizována čidla pro měření výnosu a vlhkosti sklizeného zrna. V praktické části byly shrnuty finanční vstupy do precizního zemědělství, mezi které patřilo například pořízení přijímače StarFire 6000, displeje GreenStar 3 2630, jednotky JDLink a aktivačních prvků. Ve výsledcích byly popsány výnosové a aplikační mapy, jež byly použity při variabilním přihnojování. U variabilního přihnojování byla zjištěna výrazná změna ve spotřebě paliva, což je dáno technologií aplikace hnojiva do půdy, při které dochází k podrytí a zapravení hnojiva do půdy. Precizní zemědělství se ukázalo oproti konvenčnímu hospodaření úspěšnější v oblasti finančních nároků za zakoupená hnojiva. Bylo zjištěno, že spotřeba hnojiva na pozemek klesla z 6 852 Kg na 4 911,97 Kg u hnojiva PK 25–25 a u hnojiva Lad 27 z 2 284 Kg na 1 637,6 Kg. V práci byla zjištěna 20,01% úspora finančních nákladů za hnojiva.

Zdroje

Agroweb.cz, (2001). *Mapování výnosu při sklizni píce*. [online] [citováno 14. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/mapovani-vynosu-pri-sklizni-picin/>

Agroweb.cz, (2002). *Mapování výnosu u sklízecích mlátiček jako součást precizního zemědělství*. [online] [citováno 14. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/mapovani-vynosu-u-sklizecich-mlaticek-jako-soucast-precizniho-zemedelstvi/>

Brant, V. a Kroulík, M. (2020). *Pěstební technologie s podporou precizního zemědělství*. [online] Zscr.cz [citováno 28. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.zscr.cz/media/upload/1603435649_3-brant-pestebni-technologie-s-podporou-precizniho-zemedelstvi.pdf

Danhel.cz, (2021). *Přijímač StarFire 6000 a signály*. [online] [citováno 21. 1. 2022]. Dostupné z: <https://danhel.cz/technika/zemedelska-technika-john-deere/precizni-zemedelstvi/prijimac-starfire-6000-a-signaly/>

Deere.cz, (2020). *Precizní řízení zemědělských prací*. [online] [citováno 21. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/precizni-izeni-emedelskych-raci/displeje-rijimace/starfire-6000/>

Esa.int. (2020). *Galileo covered and transmitting navigation signals*. [online] [citováno 5. 10. 2021]. Dostupné z: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo_satellite_covered_and_transmitting_navigation_signals

Everythingrf.com. (2020). *What is glonass*. [online] [citováno 3. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-glonass>

Fríd, M. (2014). *Sklízecí mlátičky*. [online] jcu.cz [citováno 7. 9. 2021]. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2014/10/Sklizeci_mlaticky.pdf

Google.com (2022). *GoogleMaps*. [online] [citováno 24. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@49.0011815,14.3468436,733m/data=!3m1!1e3?hl=cs-CZ>

Kilián, K. (2020). *Satelitní poziční systém GPS galileo a rada dalších o kterých se moc neví*. [online] Živě.cz [citováno 1. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky>

/satelitni-pozicni-systemy-gps-galileo-a-rada-dalsich-o-kterych-se-moc-nevi/sc-3-a-204442/default.aspx#part=1

Kovář, P. (2016). *Družicová navigace: od teorie k aplikaci v softwarovém přijímači*. České vysoké učení technické v Praze - nakladatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-05989-0.

Kroupa, P., et al. (1998). *Stroje pro pěstování a sklizeň zrnin*, Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. ISBN 8072711261.

Kumhála, F., (2007). *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*, V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 9788021317017.

Lukas, V., et al. (2011). *Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství: metodika pro praxi*, 1. vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 9788073755621.

Lukas, V., et al. (2018). Mapa výnosového potenciálu pro Zemědělské družstvo Kojčice, [online] Web2.mendelu.cz [citováno 27. 1. 2022]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/Nmap_Kojcice.pdf

McDougal Henderson, R. et al. (2022). Deep Learning for Sustainable Agriculture. Chapter 10 - Sensors make sense: Functional genomics, deep learning, and agriculture, 237- 272

Mechanizaceweb.cz, (2020). Mapování výnosů u sklízecích mlátiček jako součást precizního zemědělství. [online] [citováno 27. 1. 2022]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/mapovani-vynosu-u-sklizecich-mlaticek-jako-soucast-precizniho-zemedelstvi/>

Neudert, L. a Vojtěch, L. (2015) *Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 9788075093110.

Rani, A. et al. (2022). Deep Learning for Sustainable Agriculture. Chapter 6 - Machine learning for soil moisture assessment, 143-168

JDLINK.com, (2022). Pracovní aplikace John Deere pro precizní zemědělství. [online] [citováno 11.4.2022]. Dostupné z: <https://signin.johndeere.com/>

Steiner, I. a Černý, J. (2006). *GPS od A do Z*. 4. vydání. Praha. ISBN 8023975161.

Strompraha.cz, (2022). Zemědělská technika. [online] [citováno 21. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/zemedelska-technika/ams-zni-zemedelstvi/prijimace-a-displeje-1/displeje-a-aktivace>

Wagner, V. (2015). *Přesnost atomových hodin, GPS a teorie relativity*. [online] Cas.cz [cit. 5. 4. 2021]. Dostupné z: <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/gps/gps.html>

Vaněk, V. et al. (2003). *Racionální použití hnojiv. In Racionální použití hnojiv zaměřené na setrvalý rozvoj a precizní zemědělství*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ČZU. ISBN 80- 213-1083-9

Vojtěch L., (2021). Mapování variability pozemků. [online] zemedelec.cz [citováno 22. 12. 2021]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/mapovani-variability-pozemku/>

Viewer.zmags.com, (2021). SKLÍZECÍ MLÁTIČKY ŘADY T. [online] [citováno 23. 12. 2021]. Dostupné z: <http://viewer.zmags.com/publication/b52aae6e?fbclid=IwAR0sE7ppCVO7DxAuQjsj0b2azg2TrmQ9B8sjTnlmpPieX4P5zk8P03IqKRY#/b52aae6e/1>

Signin.johndeere.com, (2022). Pracovní aplikace John Deere pro precizní zemědělství. [online] [citováno 11.4.2022]. Dostupné z: <https://signin.johndeere.com/>

Obrázky

Obrázek 1.1: Umístění družic GPS	9
Obrázek 1.2: NAVSTAR - GPS	10
Obrázek 1.3: GLONASS	11
Obrázek 1.4: GALILEO	12
Obrázek 2.1: Výnosový mapa ozimé pšenice 2003 (t/ha)	17
Obrázek 2.2: Mechanické čidlo	19
Obrázek 2.3: Optické čidlo	20
Obrázek 2.4: Nárazové čidlo	21
Obrázek 2.5: Paprskové čidlo.....	22
Obrázek 3.1 Pokusný pozemek - Žabovřesky	24
Obrázek 3.2 Variabilní přihnojování - Žabovřesky	25
Obrázek 3.3 Displej GreenStar 3 CommandCenter	32
Obrázek 3.4: StarFire 6000	33
Obrázek 4.1: Výnosová mapa - Žabovřesky	34
Obrázek 4.2 Aplikační mapa PK 25 -25	35
Obrázek 4.3 Aplikační mapa Lad 27	35
Obrázek 4.4 Výnosová mapa řepka - Protivín 2019	36
Obrázek 4.5 Výnosová mapa pšenice - Protivín 2020.....	36
Obrázek 4.6 Výnosová mapa kukuřice – Protivín 2021	36

Seznam grafů

Graf 4.1: Finanční náročnost za použítá hnojiva42

Graf 4.2: Diagram přelomu44

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Technické parametry John Deere T660i30

Tabulka 4.1 - Porovnání konvenčního a precizního zemědělství44