



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

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: Ing. Luboš Smutný, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání precizní a konvenční technologie setí u strojů Horsch Pronto 6 DC a John Deere 740 A

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Filip

Autor bakalářské práce:

Ladislav Beneš

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 se věnuje tématu porovnání precizní a konvenční technologie setí u strojů Horsch Pronto 6 DC a John Deere 740 A. Oba secí stroje jsou v agregaci s traktory značky John Deere o stejném výkonu. Hlavním rozdílem je navádění souprav na pozemku. Jde o použití přijímače StarFire 3000 oproti ručnímu navádění stroje obsluhou, která se orientuje dle rýhy na pozemku. V praktické části jsou porovnány secí stroje za provozu v polních pokusech. Jsou zde provedeny měření, která zahrnují plošnou výkonnost secích strojů, množství osiva, spotřebu pohonných hmot a čas strávený celkovou prací. Z těchto dat vyplývá, která z technologií je ekonomicky výhodnější a kolik financí daná technologie přináší do budoucna.

Klíčová slova: secí stroje, GPS, Horsch Pronto 6 DC, John Deere 740 A

Abstract

This baccalary work is about comparison seed drills Horsch Pronto 6 DC and John Deere 740 A in conventional and precision agriculture. Both seed drills are in aggregation with tractor from John Deere of the same power. The main difference is tractor guidance in field. The StarFire 3000 receiver is used against tractor operator manual guidance oriented by the furrow in field. In practical part are compared seed drills in work in field trials. There are made measurement include of area performance seed drills, amount of seed, fuel consumption and time spent at work. Those data shows which technology is economically economical and how much finance brings to future.

Key words: seed drills, GPS, Horsch Pronto 6 DC, John Deere 740 A

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kdo mě podporovali při tvorbě bakalářské práce. Především bych rád poděkoval farmám Agrapol Předmíř, a.s. a Výrobně obchodnímu družstvu Hvožd'any, kde jsem mohl provádět pokusy a měření. Také bych ovšem chtěl poděkovat panu Ing. Filipovi za systematické a důsledné vedení práce.

Obsah

Úvod.....	7
1. Historie setí a secích strojů	8
2. Setí	10
2.1 Vlastnosti vysévaných semen	10
2.2 Způsoby setí	10
3. Secí stroj a jeho konstrukce	12
3.1 Skříň na osivo.....	13
3.2 Výsevní mechanismy	13
3.2.1 Válečkové výsevní ústrojí	14
3.2.2 Hrotové výsevní ústrojí	15
3.2.3 Odstředivé výsevní ústrojí	15
3.2.4 Pneumatické výsevní ústrojí	16
3.2.5 Lžičkové výsevní ústrojí	17
3.2.6 Kotoučové výsevní ústrojí	17
3.3 Semenovody.....	18
3.4 Výsevní botky	19
3.4.1 Radličkové výsevní botky	19
3.4.2 Kotoučové výsevní botky.....	19
4. Precizní zemědělství.....	20
4.1 GNSS – Globální navigační satelitní systém	21
4.1.1 NAVSTAR GPS	21
4.1.2 Galileo.....	23
4.1.3 Glonass.....	24
4.1.4 BeiDou - 2 (Compass).....	24
4.2 Navádění zemědělské techniky na pozemku.....	24

4.2.1	Manuální navádění	25
4.2.2	Asistované řízení	25
4.2.3	Automatické řízení s autopiloty	26
4.2.4	Svahová kompenzace	27
4.3	Signál RTK (Real Time Kinematic)	28
4.4	Výnosové mapy	29
4.5	Diferencované aplikace	30
5.	Metodika	33
6.	Výsledky měření	46
6.1	S využitím GPS	46
6.2	Bez využití GPS	48
6.3	Ekonomické znázornění provozu sítí s použitím GPS	51
6.4	Ekonomické znázornění provozu sítí bez použití GPS	51
6.5	Dosažení úspor v oblasti sítí s technologií GPS	52
6.6	Porovnání dosažených výsledků	53
7.	Diskuze	55
	Závěr	58
	Seznam použitých zdrojů	59
	Literární zdroje	59
	Internetové zdroje	59
	Seznam použitých obrázků	63
	Seznam použitých tabulek	65
	Seznam použitých zkratk	66

Úvod

Od začátku 90. let 20. století se v zemědělství setkáváme s pojmem „precizní zemědělství“. S touto technologií farmáři provádějí pěstební zásahy v pravý čas na správném místě se správnou intenzitou. K tomu se ovšem v precizním zemědělství používá nové moderní technologie zvané GPS (Globální polohovací systém), GIS (Geografický informační systém), DZP (Dálkový průzkum Země). Dále se v precizním zemědělství používají senzory fungující na odrazivosti infračerveného záření nebo minimalistické zpracování půdy či setí zejména kukuřice, jakožto erozně ohrožené plodiny v pásech. Farmáři získávají o pozemku pomocí výše uvedených technologií více informací, které jim šetří čas a zefektivňují práci. Mezi základní informace patří složení půdy, množství jednotlivých látek v ní uložené a celkové zmapování pozemků včetně jejich překážek. Díky těmto informacím je s pozemky zacházeno jako s individuální oblastí a nikoli jako s homogenní, která se obdělává, hnojí a aplikuje postřiková dávka ve stejném množství bez ohledu na aktuální stav porostu. Systémy umožňují uložení map s nedostatkem či nadbytkem konkrétní živiny a dle toho na daném místě je hnojivo přidáno či úplně vynecháno. Farmáři se snaží pomocí daných technologií, zachovat půdu ve stejném nebo lepším stavu, než ve kterém byla před tím, nikoli naopak.

Celkové výnosy jednotlivých pozemků jsou ovlivněny mnoha faktory, přičemž v precizním zemědělství použitím moderních technologií, se farmáři snaží negativním faktorům vyhnout. To zabezpečují přesně naváděné stroje, a tudíž dochází při setí k výrazné úspoře osiva, postřikových látek při chemické ochraně rostlin a dále přesné rozmístění organické hmoty a tím i její úspory. S moderními technologiemi můžeme zamezit i velice problematickému a současnému utužování půdy, kdy kořeny rostlin nemají dostatečný prostor na to, aby získávali živiny z hlubších vrstev. Proto se zemědělské stroje pohybují pouze ve stejných kolejových řádcích.

1. Historie setí a secích strojů

Setí je známo dlouhou řadu let. V 19. století pracovalo v zemědělství mnoho českých obyvatel, ale technické vybavení převládalo německými a britskými značkami. Po zavedení dovozního cla se ovšem na českém trhu začaly objevovat i domácí výrobky, a to především od Františka Melichara z Brandýsa, který dominoval výrobou především secích strojů. Setí je pro rozvoj zemědělství a následně pro zajištění obživy jednou s nejdůležitějších pracovních operací (Šimek, 2011).

Mezi nejstarší způsoby setí patří rozhazování semen ručním způsobem, kdy farmáři chodili po pozemku a z takzvané rozsívky rozhazovali osivo po svrchní části ornice. Samozřejmě se osivo poté muselo zapravit do půdy pomocí mechanického zavláčování nebo mělkou orbou. Tímto způsobem docházelo k plýtvání osiva především za větrných podmínek a také ke ztrátě času.

K výraznému posunu došlo s bubínkovým secím strojem. K pohybu secího stroje sloužila především koňská síla, která byla dříve velice používaná. Těmito secími stroji už nedocházelo k rozhazování osiva po ploše, ale objevuje se zde první známka řádkového setí. Ovšem stále se semena musela po vypadnutí v řádcích zapravit mělkou orbou nebo mechanickým zavláčením. Používali se zejména k výsevu drobných semen jako je řepka, hořčice, mák a také řepa (Karber, 2012).

S dalším obrovským přínosem a zlepšením secího stroje přišel v 50. letech 19. století pan Melichar. Jeho secí stroje byly vybaveny lžičkovým výsevním ústrojím. Regulace výsevu probíhala pouhým otočením klíče. Tento secí stroj nazýval „unicum“ (viz obrázek č. 1.1) už byl ovšem zase o něco podobnější tomu současnému a to tím, že byl schopný ukládat osivo do půdy bez nutného zavláčování nebo použitím mělké orby (Šimek, 2011).



Obrázek 1.1: Historický secí stroj Františka Melichara (Coufal, 2007)

Jan Pracner již před I. Světovou válkou začal vyrábět secí stroje, které se dají považovat za téměř moderní, hodně se podobající současným. Nesl shodou okolností název „budoucnost“ (viz obrázek 1.2). Tentokrát místo lžičkového výsevního ústrojí zde nalezneme válečkové. Regulace dávky osiva se provádí zasouváním či vysouváním válečku a tím rozlišujeme také výsev drobných či větších semen. Válečkové výsevní ústrojí se používá i v současných moderních secích strojích (Kulovaná, 2001).



Obrázek 1.2: Historický secí stroj Jana Pracnera (Dvořák, 2021)

2. Setí

Setí je proces, při kterém secí stroje rovnoměrně rozmísťují semena pěstované plodiny tak, aby si rostliny nijak nekonkurovaly či nepřekážely a vzcházely rovnoměrně po celé ploše. K tomu je potřeba, aby všechny rostliny měly dostatečný přístup k vzduchu, vodě, světlu a živinám. Hloubka setí se odvíjí od velikosti vysévaného semena, druhu a vlhkosti půdy, přičemž se pohybuje v rozmezí 2 až 8 cm. Pokud je osivo větší velikosti je nutné ho uložit hlouběji a u menších naopak. Na suchých, lehkých půdách se seje do větší hloubky než na půdách těžkých a vlhkých. Na plochu 1 hektaru je potřeba rozmístit přibližně 2 až 5 miliónů semen (Neubauer, 1989 a Roh, 2003).

Setí (jařin) provádíme na jaře, stejně tak (ozimů) na podzim. Setí je nutné provést v co nejkratších agrotechnických lhůtách, které činí (8 až 12 dní). Je nutno také dodržet přirozený odstup od orby, kdy může po následném slehnutí půdy dojít k přetržení klíčku. Po orbě následuje předseťová příprava (smykování, brány, válení, kypření). Následně by měl povrch být rovný, bez větších hrud. Seťové lůžko pevné a vrchní část nad vysévaným semenem nakypřená (Neubauer, 1989).

2.1 Vlastnosti vysévaných semen

V průběhu setí nesmí dojít k nečekanému ucpání výsevních ústrojí či poničení semen, a proto se používají různé mechanické úpravy osiva (obrušování, leštění, a obalování). Nejdůležitější je tato úprava při přesném setí, kdy je potřeba co nejvíce přizpůsobit semeno kulovitému tvaru s hladkým povrchem (Neubauer, 1989).

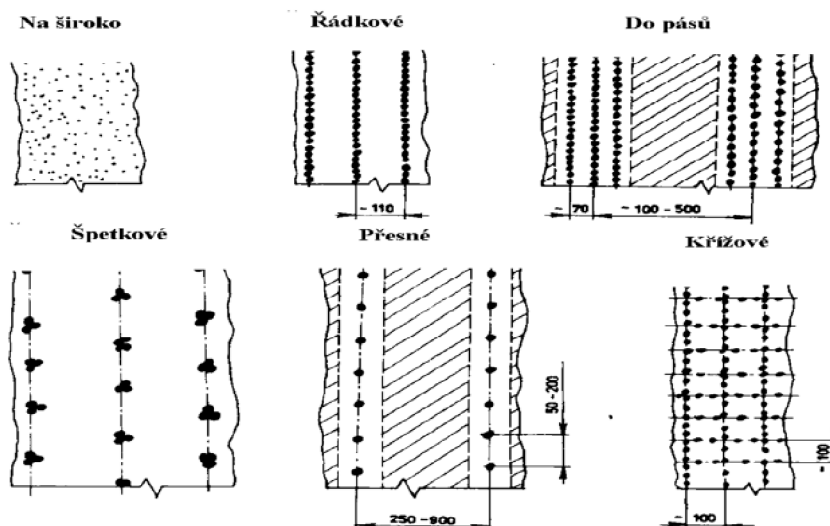
Při zakládání porostu je důležitý správný výběr osiva a jeho výsevek. V dnešní době je téměř nutností, aby vysévaná semena byla mořená. Zajistíme si tak jejich vyšší odolnost vůči chorobám, výkyvům teplot a lepší klíčivost. K výsevku musíme znát jednotku (HTS) hmotnost tisíce semen, která bývá u obilovin v rozmezí 15–50 gramů nebo (MKS) milion klíčivých semen. Díky oběma hodnotám jsme schopni poté spočítat konkrétní výsevek. Každá obilnina má samozřejmě jinou hodnotu MKS a je potřeba ve výpočtu brát ohled i na procentuální klíčivost a čistotu osiva (Honsová, 2019).

2.2 Způsoby setí

Způsoby setí (viz obrázek 2.1) rozdělujeme dle dávkování semen ze zásobní skříně na osivo. První varianta dávkuje osivo plynule a jedná se o způsoby (řádkové setí

a setí na široko). Jako další varianta je vysévání semen jednotlivě a potom se jedná o způsoby (přesného setí, křížové setí, špetkové setí), (Dolan, 2019).

Můžeme se setkat s farmami, kde na půdním bloku zůstává více rostlinných zbytků, například při nutnosti ponechání mulče u erozně ohrožených plodin. Z těchto důvodů se začali vyvíjet kotoučové výsevní botky (jednokotoučové a dvoukotoučové). Kotouče jsou vůči řádku ve svislém směru a dochází tak k odsouvání rostlinných zbytků do strany, zejména slámy. Nedochozí tak k zatlačování rostlinných zbytků pod osivo. Alternativou se začali používat kotouče na obvodu zvlněné, které jsou umístěny ještě před samotnými výsevními kotouči. Za úkol mají rozříznout půdu, přeřezat rostlinné zbytky, které následně šikmý výsevní kotouč odsune. Používat se začali při přesném setí do nezpracované půdy (Kulovaná, 2001).



Obrázek 2.1: Způsoby setí (Dolan, 2019)

Při plošném setí se provádí dvoufázový způsob. V první fázi se vybrané osivo rozhodí na urovnaný povrch půdy a následně se ve druhé fázi pomocí bran zapraví do půdy. Používá se i dodnes k setí jetelovin, trav či řepky nebo hořčice na zelené hnojení. Nevýhodou je nerovnoměrné vzcházení plodiny z důvodu rozdílné hloubky při zapravení (Neubauer, 1989).

Setí do řádku se do dnes používá ze všech způsobů nejvíce. Secí stroje pro tento způsob mají jednoduchou konstrukci a jsou spolehlivé. Osivo se ukládá do úzkých řádků, které mohou mít mezi sebou proměnlivou vzdálenost dle typu secího stroje. Při používání širokořádkových plodin se mezi řádky pohybuje plečkovací stroj, který zbavuje meziřádkový prostor vzrostlých plevelů, provzdušňuje půdu

a přerušuje kapilární vzlínavost vody. Během vegetačního období se do meziřádků aplikují také hnojiva (Kumhála, 2007).

Setí do pásu je protierozní metoda používaná zejména u širokořádkových plodin (kukuřice). Radlička při svém pohybu v půdě nadzvedává vrstvu zeminy, pod kterou je následně rozprostřeno osivo. Podle šířky radličky se odvíjí i šířka pásu, která bývá v rozmezí od 70 do 280 mm. Tím, že jsou semena v pásu rozmístěna nepravidelně, snižuje vzájemnou konkurenci rostlin a umožňuje lepší využití plochy. Hloubka uložení semen je stejná.

Špetkové setí je tvoření pravidelných shluků semen opět v konstantní rovině horizontální i vertikální. Když rostliny vzejdou, je nutné provést jejich protřídění a přebytečné vyhodit.

Při přesném setí jsou semena do půdy rozmístěna všechny stejně daleko od sebe. V rovině horizontální tak i vertikální. Tato metoda se používá zejména kvůli rostlinám, které jsou náročné na svoje okolí v průběhu vývoje (Neubauer, 1989).

Křížové setí není příliš používané z důvodů dvojnásobného počtu jízd a je tudíž neekonomické. Secí stroj jezdí kolmo na řádky, které vytvořil v předchozí jízdě a tím vznikají takzvané kříže (Roh, 2003).

3. Secí stroj a jeho konstrukce

Agrotechnické požadavky na secí stroj jsou: rovnoměrně rozmístit osivo po obdělávané ploše a dodržovat měrný výsevek. Výsevní ústrojí nesmí být citlivé na sklon a změnu pojezdové rychlosti, musí umožňovat změnu měrného výsevku, změnu vzdálenosti vysévaných řádků, změnu rozmístění semen v řádku a změnu hloubky setí. Dále se očekává snadná obsluha, vyprazdňování výsevní skříně a její čištění (Fríd, 2014).

Namořené osivo se nachází v zásobní skříně nejčastěji s kónickým tvarem. K výsevnímu ústrojí se nejčastěji osivo pohybuje volným pádem, v některých případech i nuceným pohybem, který používají pneumatické secí stroje (viz obrázek 3.1). Před výsevním ústrojím se nachází čechrač, který zabraňuje ucpání zásobní skříně osivem a zabezpečuje jeho plynulost dopravy. Osivo dále přichází do styku s výsevním ústrojím, které přesně a rovnoměrně tvoří jeho dávku, a to se semenovody dostává až k výsevním botkám. Výsevní botky vytvářejí na povrchu brázdu, do které padá osivo, a to musí být následně zahrnuto, případně utuženo válci (Neubauer, 1989).



Obrázek 3.1: Pneumatický secí stroj Bednar Efecta CE12000 (Vale, 2020)

1 – zásobní skříň na osivo, 2 – zásobní skříň na hnojivo, 3 – ventilátor, 4 – výsevní mechanismus, 5 – pneumatické potrubí, 6 – rozdělovací hlavice, 7 – semenovody, 8 – kotoučové výsevní botky, 9 – přítlačné botky, 10 – zavlačovače, 11 – diskové sekce pro zpracování půdy, 12 – opěrná kola

3.1 Skříň na osivo

Skříně na osivo jsou různé podle výsevního ústrojí. Secí stroje s individuálním výsevním ústrojím mají skříň na osivo stejně dlouhá jako šířka záběru secího stroje. U secích strojů s centrálním výsevním ústrojím tomu tak není. Uprostřed skříně na osivo se nachází čechrač, který zabezpečuje plynulý chod k výsevnímu ústrojí.

Sypný úhel obilí je 32° až 40° , tudíž skříně na osivo jsou kónického tvaru s úhlem přibližně 60° . Skříň musí mít dostatečný objem na to, aby se nemusela neustále plnit, ale nesmí být ani příliš velká z důvodu následné hmotnosti (Roh, 2003).

3.2 Výsevní mechanismy

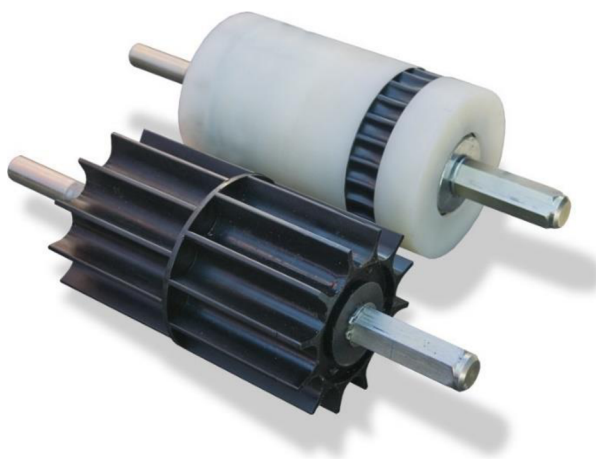
Výsevní mechanismy se rozdělují na individuální a centrální. Podle toho, do kolika řádků jsou semena dávkována. Individuální mechanismus je schopen dávkovat

semena do jednoho až dvou řádků a centrální vysévá do všech.

Individuální se rozdělují dále na válečkové výsevní ústrojí s hladkými, rýhovanými a hrotovými válečky. Lžičkové a motýlkové výsevní ústrojí. Centrální je tudíž rozděleno na odstředivé a pneumatické výsevní ústrojí (Roh, 2003).

3.2.1 Válečkové výsevní ústrojí

Válečkové výsevní ústrojí (viz obrázek 3.2) je nejrozšířenějším u secích strojů, které sejí do řádků.



Obrázek 3.2: Válečkové výsevní ústrojí pro výsev obilovin vpředu a olejnin vzadu (Pöttinger.at, 2013)

Základ tvoří posuvný rýhovaný váleček. Dno výsevní komůrky je vybaveno pružinou z důvodu průchodu nežádoucích předmětů, které by způsobili poškození výsevního ústrojí.

Válečkové výsevní ústrojí umožňuje horní a dolní výsev osiva. Rozhodujícím faktorem je ovšem velikost vysévaného semena. Pokud se bude semeno pohybovat mezi dnem výsevní komory a výsevním válečkem jedná se o spodní výsev, který slouží zejména pro výsev obilnin. Naopak při horním výsevu se bude váleček otáčet opačným směrem a semena bude unášet vrchní částí. Tento způsob slouží pro výsev menších nebo větších semen, než jsou semena obilnin.

Objem vysetého osiva za jednu otáčku válečku je dán součtem objemu semen ve žlábcích výsevního válečku dle vzorce:

$$V_z = S \cdot p \cdot l \cdot \beta \quad (3.1)$$

V_z – objem semen ve žlábcích (m^3)

S – průřezová plocha jednoho žlábků $S = S_1 + S_2$ (m^2)

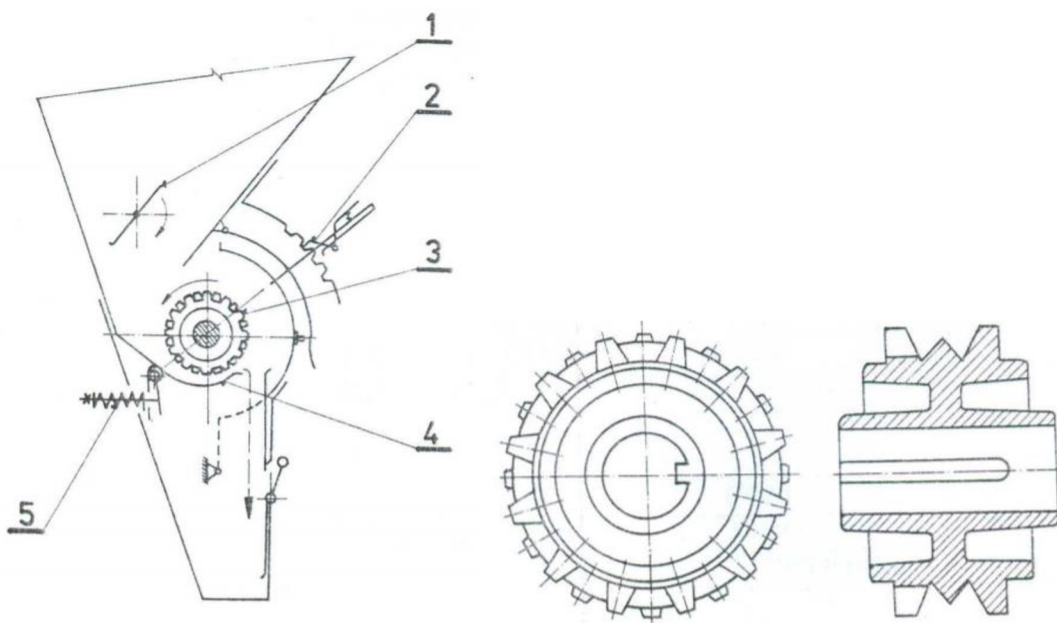
p – počet žlábků ve válečku

l – aktivní délka výsevního válečku (m)

β – součinitel zaplnění žlábků ($\beta = 0,7$ až $0,9$ větší hodnota pro drobná semena), (Neubauer, 1989).

3.2.2 Hrotové výsevní ústrojí

Používá se k výsevu více druhů semen. Oproti válečkovému výsevnímu ústrojí je daleko méně náchylné k ucpání, a proto se používá i k vysévání hůře vysévatelnému osivu. Výsev je prováděn podobně jako u předešlého výsevního ústrojí se spodním výsevem. Pro výsev větších semen se pákou (viz obrázek 3.3) oddálí dno výsevní komůrky. Výsevní váleček není posuvný a zasahuje do osiva ve skříní celou svojí délkou, na rozdíl od předešlého typu. Výsevek se mění otáčkami výsevního válečku, které jsou měněny převodovým ústrojím (Kroupa et al., 2002).



Obrázek 3.3: Hrotové výsevní ústrojí a hrotový váleček (Neubauer, 1989)

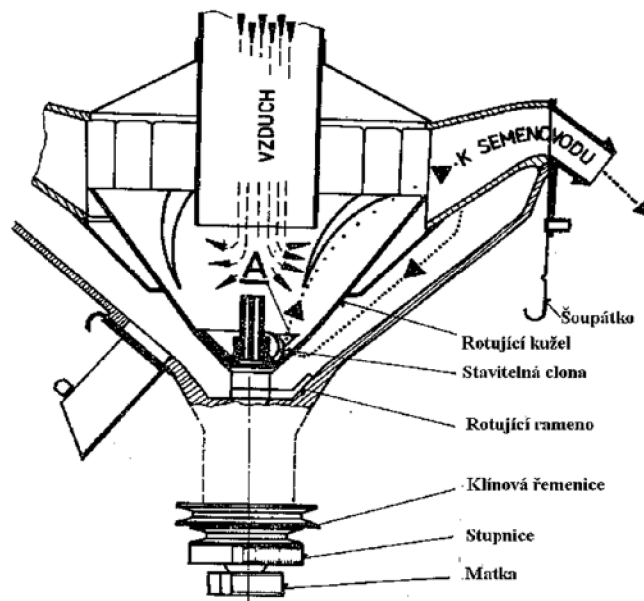
1 – čechrač, 2 – ovládací páka, 3 – váleček, 4 – dno výsevní komůrky, 5 – pružina

3.2.3 Odstředivé výsevní ústrojí

Secí stroje s odstředivým výsevním ústrojím jsou vybaveny centrální skříní na osivo. Ostatní měli skřín stejně širokou, jako byl záběr secího stroje. Je určeno k relativně

přesnému řádkovému setí. Umožňuje vysévat plodiny různé velikosti a tvaru s minimálním i dokonce s nulovým poškozením semena.

Semena přepadávají do výsevního ústrojí k rotujícímu kuželu (viz obrázek 3.4). Ve spodní části rotujícího kužele se semena dostávají do vnitřního prostoru kužele, kde lopatky urychlují osivo do horní části kužele k semenovodům. Výsevek je dávkován dle otáček náhonového hřídele, tudíž pro konstantní, měrný výsevek je nutné dodržet stálou rychlost, což může být především na svahovitém terénu problematické. Odstředivé výsevní ústrojí je schopné i při rychlostech 12 až 15 km.h⁻¹ zabezpečit rovnoměrnost výsevku.

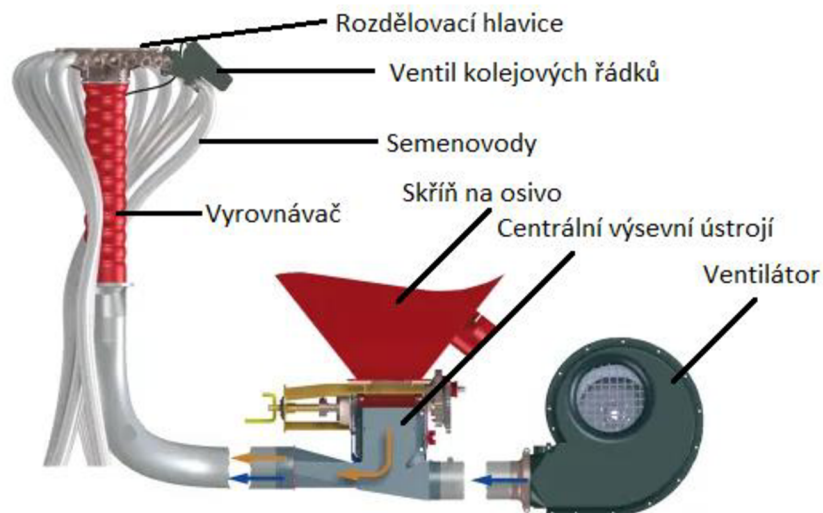


Obrázek 3.4: Odstředivé výsevní ústrojí (Dolan, 2019)

3.2.4 Pneumatické výsevní ústrojí

Pneumatické výsevní ústrojí slouží k výsevu všech semen od 1 mm do 10 mm. Obilnin, luskovin, olejin, travin, ale i pro výsev kukuřice. Secí stroje s pneumatickým výsevním ústrojím jsou tvořeny s centrální skříní na osivo, kde se nachází osivo a samospádem postupuje k dávkovači. Zde už je vytvořený proud vzduchu od ventilátoru. Osivo postupuje dále do vyrovnávače, kde se předešlé nerovnoměrné rozdělení osiva urovná ještě před konečným vpádem do semenovodů.

Takovéto secí stroje s použitím pneumatického výsevního ústrojí (viz obrázek 3.5) mají výrazně menší hmotnost, která připadá na 1 m záběru stroje, jelikož konstrukce výsevního ústrojí je velice jednoduchá. Další výhodou je skříně na osivo, která může být v libovolné vzdálenosti od výsevních botek (Kumhála, 2007).



Obrázek 3.5: Pneumatické výsevní ústrojí (Kverneland.com, 2014)

3.2.5 Lžičkové výsevní ústrojí

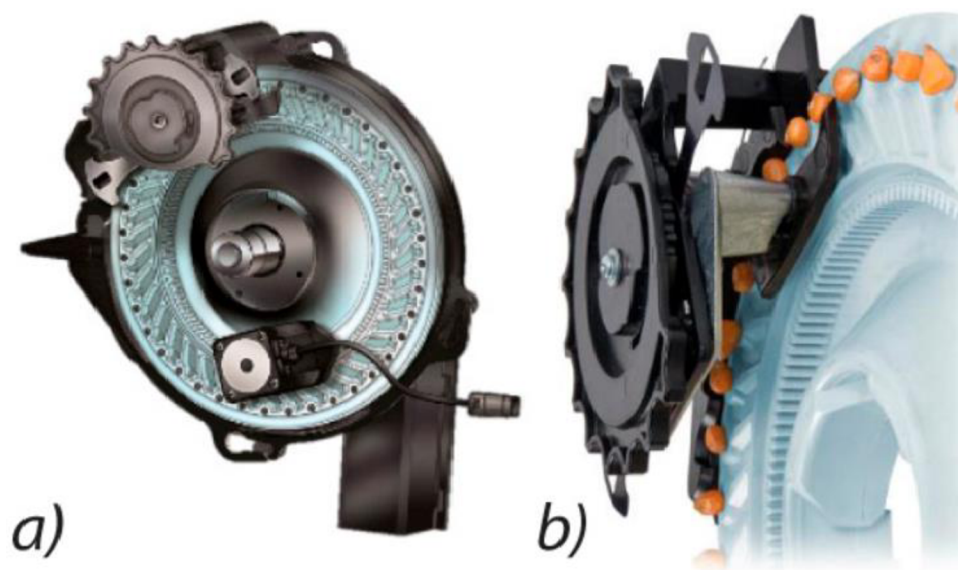
Tento typ výsevního ústrojí umožňuje vysévat semena obilnin do dvou řádků a zařazuje se do výsevních ústrojí pro přesné setí. Výsevní mechanismus se skládá ze dvou kotoučů a lžiček, které jsou připevněny na obvodu kotoučků střídavě. Oba kotoučky jsou pevně spojeny na pohyblivé hřídeli, čímž poté při posouvání kotoučků dochází ke změně velikosti nabírací plochy lžiček, tedy k regulaci výsevku. Při setí je důležité dbát na předepsanou pojezdovou rychlost secí soupravy. Při vyšších rychlostech by mohlo docházet k vyhazování semen ze lžiček odstředivou silou v nežádoucí poloze (Roh, 2003).

3.2.6 Kotoučové výsevní ústrojí

Tento typ výsevního ústrojí je nejvíce rozšířen na secích strojích pro přesné setí. Lze vysévat řepu, kukuřici, luskoviny a zeleninu. Podle názvu je patrné, že pracovní částí je zde kotouč s jamkami. Rovina jeho otáčení může být svislá, vodorovná či šikmá, což dodává výsevnímu ústrojí patrné výhody. Ovšem nejrozšířenější a nejpoužívanější variantou se jeví výsevní kotouč umístěn svisle.

Nabírání osiva se rozděluje dle způsobu, kterým je osivo do jamky uloženo. Mechanický či mechanickopneumatický způsob. Mechanický způsob funguje na principu kotouče, který má na svém obvodu jamky, do kterých zapadá osivo ze zásobní skříně. Do každé jamky je nutné dostat pouze jedno semeno, kvůli přesnému výsevku. Proto je zde stírací váleček, který přebytečná semena odstraní. Osivo je z jamky dále vpuštěno do semenovodů a následně do výsevní botky.

Mechanickopneumatický způsob (viz obrázek 3.6) je obdobný předešlému, přičemž je doplněn o podtlakovou komoru. Osivo postupuje opět ze zásobní skříně na osivo k výsevnímu kotouči. Kotouč přiléhá na podtlakovou komoru, z které je vysáván vzduch pomocí ventilátoru. Při průchodu výsevního kotouče vrstvou osivo jsou semena pod tlakem přisáta do jamek na výsevním kotouči a dále jsou unášena do spodní části výsevní skříně, kde je přerušen podtlak pryžovým válečkem, semena se uvolní vlastní hmotností a pokračují semenovody k výsevním botkám (Kroupa et al., 2002).



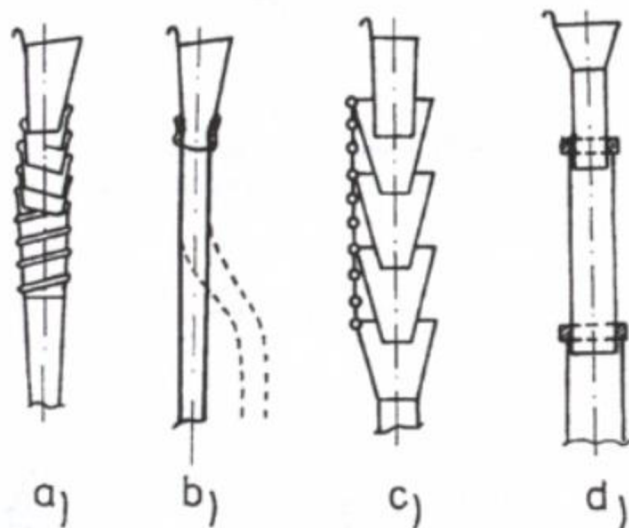
Obrázek 3.6: Kotoučové podtlakové výsevní ústrojí (Šedek, 2018)

3.3 Semenovody

Semenovody slouží k dopravení osiva k výsevním botkám, které ho následně zapraví do půdy. Horní část je nálevkovitého tvaru, připevněná k výsevnímu mechanismu. Dolní konec je hladký a volně vsunutý do horní části výsevní botky.

Semenovody musejí umožňovat také plynulou změnu celkové délky, aby výsevek byl konstantní i při nerovnostech na povrchu pozemku. Průměr semenovodů bývá zpravidla větší než 35 mm. Druhy semenovodů jsou použity i dle použití výsevního ústrojí. U přesného setí se semenovody nepoužívají z důvodu zabezpečení přesnosti výsevku. Celé výsevní ústrojí se tak přesune co nejbližší výsevní botce. Druhy semenovodů (viz obrázek 3.7) rozdělujeme následovně:

a) spirálový semenovod, b) hadicový semenovod, c) nálevkový semenovod, d) teleskopický semenovod, (Neubauer, 1989).



Obrázek 3.7: Semenovody (Roh, 2003)

3.4 Výsevní botky

Hlavní činnost výsevní botky spočívá v uložení osiva do brázdy, kterou si výsevní botka vytvořila. Výsevní botka je výškově nastavitelná s tolerancí $\pm 0,25$ předem nastavené hloubky, dle toho je obsluha schopna zajistit stejnoměrné klíčení na sušších, a naopak i utuženějších půdách. Vzhledem k druhům a vlastnostem půd se rozdělují i výsevní botky na kotoučové a radličkové výsevní botky (Kumhála, 2007).

3.4.1 Radličkové výsevní botky

Radličkové výsevní botky jsou vhodnější do kypré půdy. Dle natočení se mění i jejich úhel na ostrý, kdy půdu nadzvedávají a na úhel tupý, kdy půdu naopak stlačují. Tupý úhel je logicky vhodnější, jelikož utužená půda má mnohem lepší kapilární vztlakovost a tím pádem je zabezpečeno bezproblémové klíčení a následné vzcházení semena. Použití radličkových výsevních botek je vhodné pro výsev semen, které vyžadují mělké setí (60 mm), (Roh, 2003).

3.4.2 Kotoučové výsevní botky

Jsou tvořeny dvěma pasivně se odvalujícími kotouči (viz obrázek 3.8), které spolu svírají úhel 9 až 12°. Obvod kotoučků tvoří břit, který následně vniká do půdy a tvoří brázdíčku pro vysévané osivo. Uložení středu kotoučové výsevní botky je provedeno prachotěsným ložiskem.

Mohou pracovat i v hůře připravených či dokonce nepřípravených půdách, kdy se používá systém třech kotoučů, přičemž první, vpředu umístěný zde působí

jako krojidlo. Vhodné jsou i pro výsev do větších hloubek (nad 50 mm), (Neubauer, 1989).



Obrázek 3.8: Kotoučová výsevní botka (Agrozet.cz, 2016)

4. Precizní zemědělství

Precizní zemědělství, může být také označováno jako chytré zemědělství, se začalo vyvíjet začátkem 90. let dvacátého století. Princip precizního zemědělství spočívá v používání navigačních systémů, které navádějí zemědělskou techniku, v dnešní době s přesností až na 2,5 cm. Hlavním důvodem používání takových technologií je beze sporu úspora nákladů a zefektivnění polních prací s minimalizací utužení půdy a šetrné zacházení s krajinou (Neudert a Lukas, 2015).

Pokrokové technologie nejenom navádějí zemědělskou techniku, ale umožňují nám i sběr dat, které lze ukládat a posléze je aplikovat na každý půdní blok jednotlivě. Jedná se o množství uložených živin v půdě, variabilitě hloubkového zpracování půdy a výnosových map. Tím se liší výrazně od konvenčního typu zemědělství, kde půdní blok je brán jako homogenní jednotka. V precizním zemědělství je práce s informacemi a jejich přesné použití nejdůležitější složkou (Lukas et al., 2011).

4.1 GNSS – Globální navigační satelitní systém

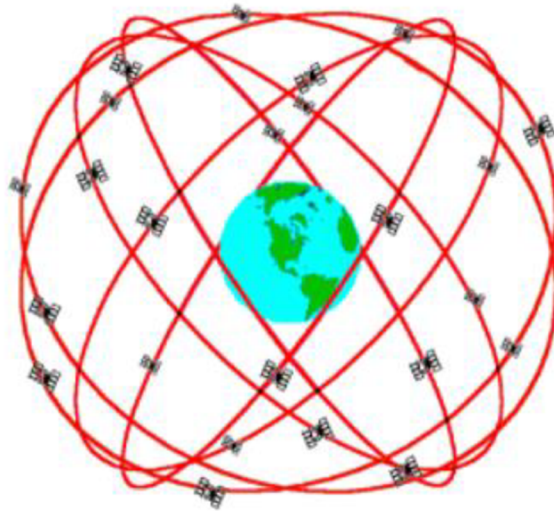
Globální navigační satelitní systém je označení systémů pro určování polohy. Tyto systémy využívají družice na oběžné dráze a pomocí rádiových signálů jsme schopni zjistit naši polohu (zeměpisnou šířku, zeměpisnou výšku a zeměpisnou délku).

V současné době se můžeme setkat s celkem čtyřmi navigačními satelitními systémy. Systém Spojených států amerických se nazývá Navstar GPS a provozovatelem je americká armáda. Jako dalšími zástupci zabývající se stejnou problematikou jsou evropský systém s názvem Galileo, dále ruský systém Glonass provozovaný opět armádou a čínský BeiDou (Compass), (Steiner a Černý, 2006).

4.1.1 NAVSTAR GPS

NAVSTAR GPS (Navigation System with Time and Ranging-Global Position System) Dříve byly funkce přístupné pouze pro armádu k vojenským účelům. Civilisté proto mohli pozorovat degradování těchto signálů. Po roce 2000 se začala GPS zcela používat i civilisty díky tehdejšímu prezidentovi Billu Clintonovi, který povolil selektivitu využití těchto signálů (Howell, 2018).

Systém disponuje svými 24 hlavními družicemi GPS, z toho 3 jsou určeny jako aktivní rezerva. Družice obíhají Zemi každých 11 hodin a 58 minut a jsou umístěny 20 200 km nad povrchem Země. Slouží k určení polohy a času na zemském povrchu za každého počasí. Informace jsou k dispozici 24 hodin denně. GPS systém je tvořen celkem ze tří segmentů, které se nazývají kosmický, kontrolní a uživatelský. Kosmický segment představuje družice rozmístěné na šesti kruhových drahách pod úhlem 55° k rovině rovníku. (viz obrázek 4.1). Detailní pohled na družici Navstar-2F GPS je zobrazen (viz obrázek 4.2).



Obrázek 4.1: Rozmístění drah a 24 družic systému GPS (Aldebaran.cz, 2005)



Obrázek 4.2: Družice Navstar – 2 F GPS (Howell, 2018)

Kontrolní segment je tvořen pěti monitorovacími stanicemi umístěnými rovnoměrně po obvodu země, nejbliže k rovníku. Dále se skládá ze čtyř pozemních vysílačů a hlavního řídicího střediska. Činností kontrolního segmentu je sledování drah družic a popřípadě jejich změny a pozice družic. Podílí se i na přípravě nových družic k vypuštění a následně i k stahování vysloužilých družic z oběžné dráhy. Uživatelský segment představuje široké spektrum přijímačů GPS (Aldebaran.cz, 2005).

4.1.2 Galileo

Galileo je Evropský projekt satelitní navigace, který má neomezenou dostupnost pro civilní obyvatele. Armáda tedy nemůže nijak zasahovat ani ovlivňovat provoz systému. První zmínky o vytvoření Galilea se objevily už v roce 1999. Galileo vylepšuje přesnost GPS v Evropě, jelikož vychází ze systému EGNOS, který byl jako první dokončený Evropskou unií v oblasti satelitní navigace. Galileo zahájil svou činnost v roce 2016 ovšem v omezeném režimu (Steiner a Černý 2006), (Euspa. eu, 2017).

Kosmický segment Galilea se skládá z 27 satelitů. Oproti předešlému systému obíhají pouze na třech oběžných dráhách ve výšce 23 222 km nad Zemským povrchem. Oběžné dráhy jsou vzájemně posunuty o 120°. Jako rezerva je počítána jedna družice na každé oběžné dráze. I přesto budou schopny vysílat signály a v případě poruchy i nahradit jinou z družic. Satelit obíhá Zemi po dobu 14 hodin a 7 minut.

Řídící segment a hlavní kontrolní centrum se nachází v italském Fucinu. Dříve sídlilo administrativní centrum v belgickém Bruselu, ale po roce 2012 bylo přesunuto do Prahy. Uživatelský segment je interoperabilní s existujícími navigačními systémy (Bezpalec, 2018 a Euspa. eu, 2017).

Díky požadavkům uživatelů bylo vytvořeno 5 služeb, které systém Galileo umožňuje využívat. První služba (OS – Open Service) je základní, volně dostupná služba. Slouží k určování polohy s využitím třech frekvenčních pásem L1, E5a a E5b. Dokonalost přesnosti závisí na schopnostech přijímače přijímat jednu, dvě nebo tři frekvenční pásma. Při použití všech frekvenčních pásem jsme schopni určit svoji polohu v přesnosti desítek až jednotek centimetrů. Dále se nabízí komerční služba (CS – Commercial Service). Tato služba je šifrována a zpoplatněna. Dokáže zajistit vyšší přesnost díky využití frekvence z pásma E6. Služba zajišťující bezpečnost (SoL – Safety of Life). Opět šifrovaná a následně doplněna daty o integritě, které budou přenášena ve službě OS. Využití najdeme především při letovém provozu. Vyhledávací a záchranná služba (SAR – Search and Rescue). Poskytovaná je pouze pro nouzovou lokalizaci s možností oboustranné komunikace, přenášena přes frekvenci L6. Regulovaná veřejná služba (PRS – Public Regulated Service). Tato služba je určena především k využití armádou a bezpečnostním

složkám státu. Signály jsou opět šifrovány a přenášeny přes frekvenci L1 a E6 (Bezpalec, 2021).

4.1.3 Glonass

Glonass je ruský satelitní systém, který je provozován a udržován armádou. Kosmický segment se skládá z 21 provozních družic a 3 záložních. Družice se sklonem $64,8^\circ$ k rovníku obíhají Zemi ve výšce 19 100 km za časovou dobu 11 hodin a 15 minut. Glonass se velice podobá americkému systému GPS s rozdílem pouze třech oběžných drah. Oběžné dráhy jsou vzájemně rozmístěny po 120° , takto rozmístěné družice umožňují nepřetržitý signál kdekoliv na světě.

Stejně tak jako předešlé satelitní systémy má i Glonass své monitorovací centrum, které se nachází nedaleko Moskvy. Další řídicí stanice jsou rozmístěné po celém Rusku a provádějí laserové měření mezi stanicemi (Kumhála, 2007).

4.1.4 BeiDou - 2 (Compass)

BeiDou - 2 neboli Compass je čínský satelitní systém, pojmenovaný po souhvězdí velkého vozu, jehož výroba byla formálně zahájena v roce 1994. Byl vyvinutý se záměrem konkurovat globálnímu polohovacímu systému GPS. Systém nabízí celosvětové pokrytí uživatelům s vysoce přesným určováním polohy a času. Ještě před Compass byl vytvořen systém BeiDou – 1, který byl původně zamýšlen jako navigační systém jen pro území Číny a jejího okolí. (Xie, 2020).

Nyní disponuje celkem 35 družicemi a z toho je 27 umístěno na středním zemském orbitě, které jsou ve výšce 21 500 km nad Zemí. Pohybují se na třech drahách, kde se na každé z nich pohybuje 8 aktivních družic a jednou rezervní. Další 3 jsou umístěné na geosynchronní dráze a dalších 5 družic na geostacionární dráze obě jsou ve výšce 35 800 km nad Zemí. Družice jsou schopny oběhnout Zemi za 12 hodin a 8 minut se sklonem 55° k rovníku (Bezpalec, 2021).

4.2 Navádění zemědělské techniky na pozemku

Navádění stroje na pozemku se rozděluje dle nutnosti obsluhy stroje zasahovat do řízení. Jde o tzv. manuální navádění, asistované řízení a automatické řízení s autopiloty. Využití navigačních systémů je uplatněno pro navazování pracovních operací při setí, hnojení, ochraně rostlin a v neposlední řadě i sklizni. Výhodou těchto technologií je zaručení přesnosti i za snížené viditelnosti zapříčiněné poletováním drobných částic půdy nebo při práci v noci. Obsluha se tak nemusí

soustředit na kolejové řádky či znamenáky. Základem pro manuální navádění stroje je anténa, integrovaný GPS/DGPS přijímač, světelná lišta, popřípadě grafický LCD monitor. Plně automatické navádění strojů obsahuje ještě snímače polohy, řídicí jednotku a další drobné prvky (Kumhála, 2007).

4.2.1 Manuální navádění

Tento způsob už je poněkud zastaralý a díky svým novým konkurentům se v moderní technice nevyskytuje. Způsob navádění spočívá v tom, že obsluha reaguje na světelnou lištu, která se nachází v horní části monitoru. Diody se po vychýlení soupravy z dané stopy rozsvítí a tím upozorňují řidiče, aby se udržel v zeleném spektru. To znázorňuje minimální a tolerovanou odchylku, kterou si může řidič dovolit. Počet rozsvícených diod na pravé nebo levé straně znázorňuje míru vychýlení z předepsaného směru. Kromě světelné signalizace upozorní řidiče i zvukovými signály, kterými je monitor (viz obrázek 4.3) vybaven (Kovaříček, 2005).

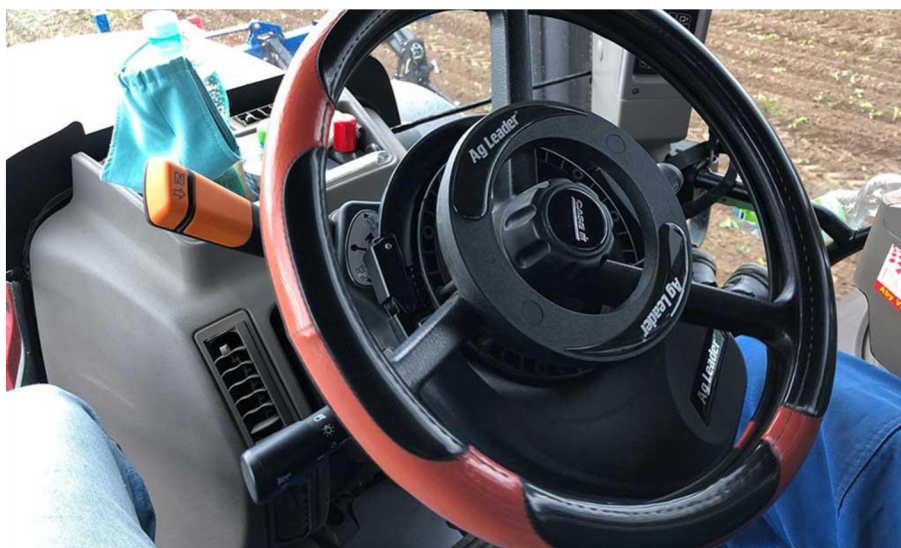


Obrázek 4.3: LCD monitor se světelnou lištou, EZ – Guide 500 (Aegrotec.cz, 2016)

4.2.2 Asistované řízení

Tento způsob navádění zemědělské techniky je obdobný jako manuální navádění. Má však modernizaci, která ulehčuje obsluze práci a zároveň ji zefektivňuje. Jedná se o systém složený z GNSS přijímače, kabeláže, monitoru, který komunikuje s volantem vybaveným elektromotorem a pastorkem, který volantem otáčí. Kromě elektromotoru s pastorkem můžeme na trhu najít systémy, které mají výměnný celý volant s vlastními převody uvnitř volantu. Způsob funkce spočívá opět ve vyhodnocování odchylek od dané linie a přes řídicí jednotku, která vysílá impulzy do elektromotoru a otáčí volantem (viz obrázek 4.4). Jedinou podmínkou je, abychom

mohli asistované řízení použít ve vlastní technice, musí být vybavena posilovačem řízení. Obsluha se tak může soustředit a věnovat více prováděné práci na poli (Kumhála, 2007).

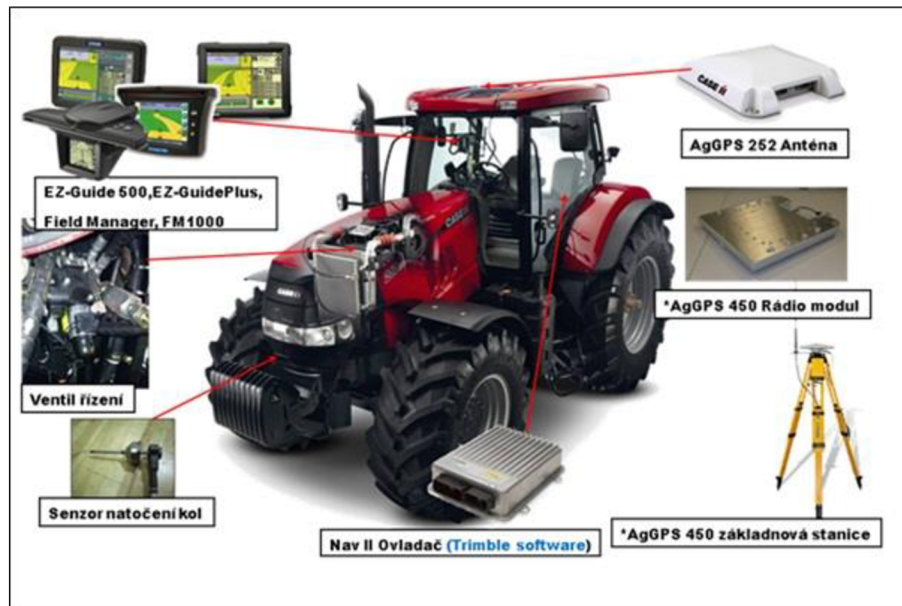


Obrázek 4.4: Asistované řízení ONTRAC3 od firmy Case (Voda, 2016)

4.2.3 Automatické řízení s autopiloty

Pro zajištění nejvyšší přesnosti se zemědělská technika vybavuje automatickým řízením s autopiloty. Tento způsob navádění stroje na pozemku je nejvíce finančně náročný, ale zaručí nejlepší přesnost a rychlejší odezvu řízení na pokyn navigačního systému. Takto přesné systémy se nejvíce využijí při přesném setí, orbě v režimu on-land, anebo metodou strip-till (Beneš, 2011).

Aby systém mohl fungovat je nezbytně nutné, aby stroj obsahoval polohový snímač volantu, snímač natočení kol, řídicí jednotku ventilu řízení, hydraulický ventil řízení, spínače aktivace automatického navádění a přijímač GPS (viz obrázek 4.5).



Obrázek 4.5: Komponenty potřebné k automatickému řízení (Agrisystem.cz, 2021)

Vedení soupravy v liniích, které byly předem vybrány, automatické otáčení na souvrati a také náradí za traktorem. O to vše se stará automatické navádění s autopilotem. Deaktivaci systému může obsluha přerušit zásahem do řízení a přebrat kontrolu nad strojem. Ovšem jsou zde obsaženy také bezpečnostní prvky, při jejichž porušení dojde taktéž k přerušení automatického navádění, jedním z nich může být sesednutí ze sedadla.

Systém umožňuje kromě pohybu po přímých liniích také automatický pohyb po souvrati, pokud je načtená z předešlých operací nebo ji obsluha objedná a systém bude souvrat' kopírovat. Dále při objíždění některého z exponentů na pozemku je stroj schopen se napojit opět do přímé linie nebo je nadále kopírovat.

4.2.4 Svahová kompenzace

Přijímače GPS umístěné na kabině v ose středu stroje jsou vybaveny akcelerometry, gyroskopy a elektronickou vodováhou. Takový systém zajistí vedení soupravy stále v přímém směru i v nerovnoměrném terénu. V případě (viz obrázek 4.6), kdy se stroj nachází na svahu, pozice stroje se vůči povrchu posune mimo středovou osu a dochází ke špatnému navádění. Zařízení dokáže rozpoznat úhel náklonu daného stroje a přes procesor přepočítá hodnoty pro správný směr jízdy.



Obrázek 4.6: Princip svahové kompenzace terénu T2 (Agrisystem.cz, 2021)

Svahová kompenzace není aplikována jen na traktory a další samochodné stroje, ale i na jimi tažené nářadí. Tento způsob kombinace zaručuje velice precizní práci za vysoké přesnosti zejména u setí na svahovitých pozemcích, kde dochází ke smýkání soupravy. Opět musí být GPS přijímač umístěn ve středu osy stroje. Oba přijímače jak na kabině traktoru, tak i na taženém zařízení jsou propojeny. Počítač v kabině traktoru dostává informace o poloze taženého zařízení a tím může upravovat směr jízdy traktoru (Agrisystem.cz, 2015)

4.3 Signál RTK (Real Time Kinematic)

Pro precizní zemědělství v dnešní době je nedílnou součástí nejvyšší přesnost satelitních navigačních systémů, které zajišťuje signál RTK. Jde o vylepšený signál, který disponuje přesností na 2,5 cm. Příjem signálu zajišťuje RTK snímač na střeše kabiny stroje (viz obrázek 4.7). Další výhodou oproti ostatním signálům je schopnost poskytovat opakovatelnost pojezdů po celý rok, a dokonce ve více sezónních pracích po sobě jdoucích. To nedokáže nabídnout žádný jiný signál v prodeji, jelikož ostatní signály umožňují opakovatelnost pojezdů pouze na dobu 9 měsíců. Uplatnění opakovatelnosti pojezdů se nachází zejména při zpracování půdy metodou Strip-Till nebo u postřikovače jedoucího v kolejových řádcích bez poškození dané plodiny v jejich blízkosti (Agroportal24h.cz, 2021).

Narozdíl od GPS signálů je RTK vždy placeným signálem. Existují dva způsoby, jakým můžeme zajistit RTK signál zemědělské technice. Jedním z nich je využívání korekčního signálu, který se vztahuje pouze na jeden stroj a roční náklady činí 15 000 až 30 000 Kč bez DPH. Tudíž s vyšším počtem strojů vybavených tímto signálem se roční náklady výrazně zvyšují.

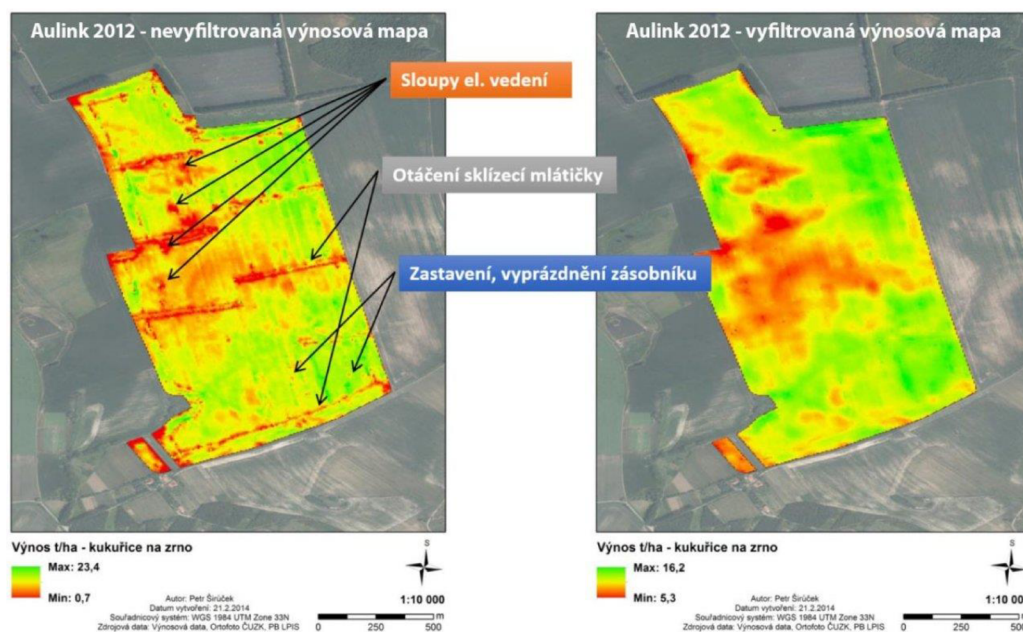


Obrázek 4.7: RTK přijímač od firmy John Deere (John Deere.cz, 2021)

Další možností, jak získat RTK signál je vybudování vlastní stanice. Roční náklady na provoz takovéto stanice činí 15 000 Kč bez DPH bez ohledu na počet strojů, které signál využívají. Ovšem přenos dat do počítače zemědělské techniky je řešen přes SIM karty, které činí roční náklady 2 800 Kč bez DPH. Lze si cenu stanovit přímo s aktuálním operátorem a získat tak levnější datový tarif. RTK stanice je schopna pokrýt signál v průměru 25 až 30 Km. Pro větší podniky lze vybudovat vícero stanic a propojit je mezi sebou (Agroportal24h.cz, 2021).

4.4 Výnosové mapy

Výnosové mapy slouží k záznamu výnosu na konkrétní části pozemku a provádí se sklízecími řezačkami, sklízecími mlátičkami, bramborovými kombajny a dalšími sklízecími stroji. Proměnlivý výnos může být způsoben polohou pozemku, svažitostí, mírou zastínění při okrajích lesa a hladinou spodní vody. To jsou faktory, které nemůžeme ovlivnit. Do výnosových map se ovšem zaznamenávají tzv. chybné prvky, které jsou způsobené objížděním překážek, zastavením pro vysípání zásobníku, chybným záznamem polohy stroje a záběru (viz obrázek 4.8). To jsou faktory, které je nutno před vytvořením výnosové mapy odstranit.



Obrázek 4.8: Rozdíl výnosových map po upravení filtrace (Lukas, 2021)

Dalším faktorem, který může ovlivnit výnosovou mapu, je sklizeň dvou sklízecích mlátiček na jednu pozemku současně. Každý může mít rozdílně provedenou kalibraci výnosoměrného čidla. V takovém případě musí proto dojít ke korekci viditelných přejezdů techniky. Následně může dojít k vytvoření finální, celoplošné výnosové mapy pomocí bodových záznamů (Lukas, 2021).

Kromě záznamů, které umožňuje provádět sklízecí technika, slouží k vytvoření výnosových map také DPZ (Dálkový průzkum Země). Některé společnosti, které se zabývají tvorbou výnosových map, z nichž jedna je Varistar, využívají kvalitních satelitních snímků pro zjištění stavu porostu v každé fázi růstu. Informace dokáže získat i z předchozích 10 let a zpřesnit tak finální snímek. Pořizování snímků a zpracování následných dat pracuje na principu odrazivosti světla. Jedná se konkrétně o využití infračerveného spektra, kterému je vegetace vystavena. Chlorofyl způsobuje, že rostliny jsou zeleného zbarvení a tím pádem pohlcují infračervené spektrum nejvíce. Ze snímků tak lze snadno rozpoznat, kde je vegetace silnější a kde naopak slabší (Varistar.cz, 2019).

4.5 Diferencované aplikace

Výnosové mapy slouží nejenom k zaznamenávání a ukládání výnosových hodnot. Můžeme je následně využít k dalším operacím na daném pozemku. Popisují nám jeho heterogenitu, podle které se navazující operace přizpůsobují. Přestává se pozemek zpracovávat či hnojit nebo ošetřovat jako celek, ale dávky se mění

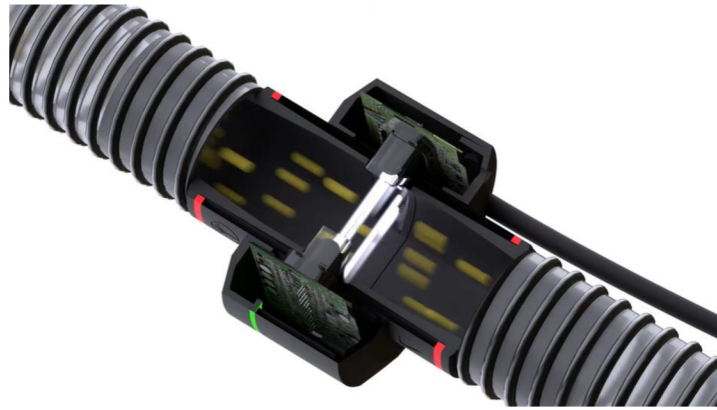
v závislosti na aplikačních mapách, které jsou předem vytvořeny pro každou operaci zvlášť (Lukas, 2021).

K variabilitě zpracování půdy nebo hloubky setí je určena technologie zvaná (Top soil mapper) neboli půdní senzor (viz obrázek 4.9). Tato technologie dokáže po celou dobu jízdy plynule měnit hloubku zpracování půdy v závislosti na hladině spodní vody, zhutnění půdy a její teplotě a vytvořit tak ideální podmínky pro klíčení semene. Půdní senzor je umístěn v předním závěsu traktoru, a přes ISOBUS propojen s agregovaným nářadím (Jedlička, 2018).



Obrázek 4.9: Půdní senzor od firmy Köckerling ve spolupraci s Case IH (Jedlička, 2018)

Jako další technologií pro diferencované aplikace jsou secí stroje, které umožňují plynule měnit v průběhu setí hustotu výsevu na základě aplikační mapy, která je instalována do terminálu traktoru. Takové secí stroje nazýváme variabilními secími stroji. Příkladem bude secí stroj od firmy Väderstad s označením Rapid A 800, který dokáže umožnit variabilitu výsevu přesně polovinou svého záběru, tudíž má dvě sekce. Přesné secí stroje umožňují variabilitu dávkování dle počtu výsevních botek. Variabilní secí stroje nenastavují výsevek dle hmotnosti semen, ale pracují s počtem semen na m^2 . Příkladem je technologie Seedeye, která pomocí laseru zaznamenává počet propadlých semen semenovody (viz obrázek 4.10).



Obrázek 4.10: SeedEye od firmy Väderstad (Väderstad.com, 2022)

V praxi je možné proměnlivý výsevek využít dvěma způsoby, přičemž oba mají své opodstatnění a logiku. Prvním z nich je zvýšení výsevku tam, kde je oblast výnosové úrovně vyšší a využít takové místo na maximum a následně v oblastech s nižší úrodností výsevek snížit. Druhý způsob je opačný, tudíž se výnosová úroveň na pozemku sjednotí. Volba způsobu využití je individuální a odráží se od konkrétních podmínek a požadavků farmáře (Opatrný, 2018).

5. Metodika

Hlavním cílem této práce bude porovnat technologie secích strojů v konvenčním a precizním zemědělství. Pro porovnání je potřeba naměřit reálné hodnoty, abychom zjistili ekonomickou úsporu dané technologie, která zahrnuje plošnou výkonnost, časovou náročnost, množství osiva, pohonných hmot, ale také náklady na zaměstnance.

Realizace vlastní práce bude vycházet z měření u secího stroje John Deere 740 A (viz obrázek 5.1) se záběrem 8 m a roztečí výsevních botek 15 cm, který bude tažen traktorem s označením John Deere 8 245 R o výkonu 180 kW (245 koní) v zemědělské společnosti Agraspol Předmíř, a.s.

Traktor je vybaven naváděcím systémem od firmy John Deere StarFire 3000 s vylepšeným signálem SF1 s přesností +/- 15 cm a automatickým řízením autopilota. Náklady na používání jsou nulové, jelikož se jedná o bezplatnou verzi od firmy John Deere. Tento typ navigačního systému je poněkud starší a už se nevyrábí.



Obrázek 5.1: Secí stroj John Deere 740 A naváděný pomocí navigace

V zemědělské společnosti Agraspol Předmíř, a.s, která obhospodařuje celkem 1190 ha, orná půda zaujímá 898 ha, přičemž hlavní plodiny zastupují obiloviny krmné i potravinářské kvality, ale také jsou určeny pro množitelské účely. Dále kukuřice pouze na objemná krmiva, řepka ozimá a v neposlední řadě také brambory průmyslové i konzumní. Zbylých 292 ha představují trvalé travní porosty.

Mimo rostlinné výroby se společnost také zabývá chovem skotu pro mléčné

i masné užití a chovem prasat. Zastoupena je zde i nezemědělská činnost, které představuje zpracování dřeva.

John Deere 740 A je pneumatický secí stroj s jednoduchou konstrukcí. Váží pouze 3600 kg bez osiva v zásobní skříni, přičemž disponuje konstrukčním záběrem 8 m s možností vypnutí poloviny secího stroje. Secí stroj není vybaven diskovou sekčí, tudíž je kladen důraz na kvalitnější přípravu půdy před samotným setím, hlavně v krátkém časovém rozmezí. Skříň na osivo není dělená, a proto secí stroj není konstruován pro přihnojování tzv. pod patu. Pod skříní na osivo jsou umístěny 2 výsevní válečkové ústrojí, které jsou ovládané mechanicky přes ostruhové kolo (viz obrázek 5.2). Pro uložení osiva do půdy bude sloužit dvoukotoúčová výsevní botka.



Obrázek 5.2: Ostruhové kolo pro ovládání výsevního ústrojí

Pro konvenční technologii setí používá VOD Hvožd'any (Výrobně obchodní družstvo Hvožd'any) secí stroj Horsch Pronto 6 DC (viz obrázek 5.3) se záběrem 6 m a roztečí výsevních botek 14,5 cm, vybavený dvěma diskovými sekcemi, které budou pracovat v hloubce 10 cm. Secí stroj bude tažen traktorem s označením John Deere 8320 o výkonu 183 kW (249 koní). Navádění soupravy na pozemku bude realizováno pomocí diskového znamenáku, který bude značit obsluze další dráhu soupravy po otočení na souvrati.



Obrázek 5.3: Secí stroj Horsch Pronto 6 DC naváděný znamenákem

Výrobně obchodní družstvo Hvozd'any obhospodařuje celkovou výměru 1196 ha. Pastviny a louky dohromady představují výměru 442 ha. Zbýlých 753 ha představuje orná půda, na které se osevními postupy střídají obiloviny, krmné i potravinářské kvality, a také sloužící jako množitelské porosty. Dále kukuřice pouze na objemné krmivo, řepka ozimá a pouze v malém množství konzumní a průmyslové brambory.

Horsch Pronto 6 DC je pneumatický secí stroj se složitější konstrukcí s hmotností 7 500 kg a konstrukčním záběrem 6 m, který udává výrobce. Váha je poněkud vyšší, jelikož v přední části secího stroje jsou umístěny 2 diskové sekce pro zpracování půdy. Následuje pneumatikový pěch, který představují kola v celém záběru secího stroje. V zadní části se nachází celkem 40 dvoukotoučových výsevních botek s roztečí 14,5 cm pro výsev osiva. Secí stroj je také vybaven dalšími 20 přihnojovacími botkami pro aplikaci hnojiva.

Zásobní skříň je tedy rozdělena na dvě komory s celkovým objemem 5 000 l, přičemž 3500 l stejně jako u John Deere 740 A, představuje zásobník pro osivo. Válečkové výsevní ústrojí je zde ovládáno laserovým snímačem pojezdové rychlosti soupravy (viz obrázek 5.4). V tabulce (viz tabulka 5.1) jsou shromážděny veškeré údaje potřebné k výpočtům.



Obrázek 5.4: Laserový snímač pojezdové rychlosti pro ovládání výsevního ústrojí

Tabulka 5.1: Hodnoty potřebné k výpočtům při setí bez / s využitím GPS

	Bez využití GPS	S využitím GPS
Měrný výsevek (kg.ha ⁻¹)	200	180
Konstrukční záběr (m)	5,8	7,8
Vyřazené botky při kolejových řádcích	-	4
Spotřebované osivo (t)	1,994	5,280
Cena osiva (Kč.t ⁻¹)	6 500	6 500
Cena pohonných hmot (Kč.l ⁻¹)	16,5	16,5
Spotřeba pohonných hmot (l)	71	120
Celková doba setí (h)	2,16	5,083
Hodinová mzda zaměstnance (Kč.h ⁻¹)	130	130
Osetá plocha dle terminálu (ha)	9,97	29,2
Počet výsevních botek	40	52
Rozteč výsevních botek (cm)	14,5	15

Pokusy proběhnou v krátkém časovém intervalu za srovnatelných půdních a klimatických podmínek, která budou zahrnovat pozemky s minimální sklonitostí, a suchým počasím z důvodů minimálního prokluzu kol. Pozemky od sebe budou vzdálené přibližně 7 km, jelikož je každý obhospodařován jiným podnikem. Secí stroje budou porovnávány pouze při setí pšenice ozimé.

Pohyb souprav bude probíhat tzv. člunkovým pohybem, přičemž jedna souprava bude naváděna pomocí navigačního systému GPS a druhá pomocí manuálního navádění obsluhou soupravy. U soupravy naváděné navigačním

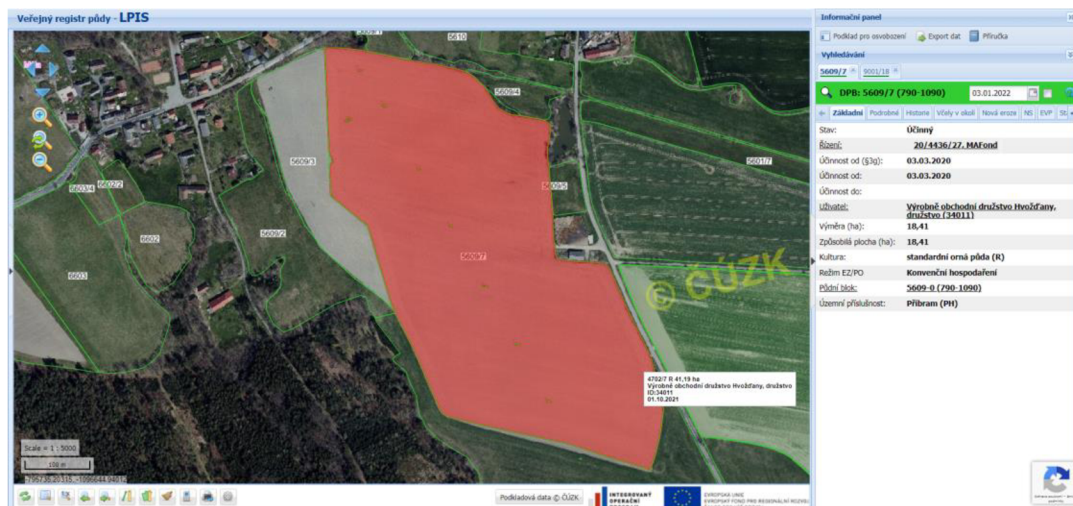
systemem bude zvoleno manuální otáčení na souvrati a následné navedení na linii navigace. Druhá souprava řízena obsluhou stoje, se bude orientovat dle rýhy na pozemku vytvořenou diskovým znamenákem, který bude značit další dráhu soupravy po otočení na souvrati.

Měření secího stroje pro precizní zemědělství bude probíhat na pozemku s označením dle LPIS DPB: 9001/18 o výměře 28,84 ha (viz obrázek 5.5). BPEJ se zde označuje čísly 7.29.01. Tudíž se pozemek nachází v mírně teplém, vlhkém prostředí s průměrnou roční teplotou 6–7 °C a roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 650–750 mm. Typickým půdním druhem je zde zastoupena půda hlinitopísčítá. Sklonitost pozemku je minimální a pohybuje se v rozmezí 0–3° (Bpej.vumop.cz. 2021).



Obrázek 5.5: DPB: 9001/18, setý pomocí GPS (Eagri.cz, 2021)

Měření secího stroje pro konvenční zemědělství bude probíhat na pozemku s označením dle LPIS DPB: 5609/7 o celkové výměře 18,41 ha (viz obrázek 5.6). BPEJ se zde označuje čísly 7.47.00. Tudíž se pozemek nachází úplně ve stejném klimatickém regionu s ohledem na roční průměrné teploty nebo úhrn srážek jako předešlý pozemek. Jako půdní druh se zde objevuje půda jílovitohlinitá, což má za následek horší propustnost vody a hloubkové zpracování. Opět se jedná o minimální sklonitost pozemku, která se pohybuje v rozmezí 0–3°. Z důvodu sklizně kukuřice a setí pšenice ozimé současně, bude setí prováděno na výměře 9,97 ha vybraného pozemku (Bpej.vumop.cz. 2021).



Obrázek 5.6: DPB: 5609/7, setý konvenčním způsobem (Eagri.cz, 2021)

U obou pokusů ještě před samotným setím bude potřeba nastavit výsevek u secích strojů. U secího stroje John Deere 740 A bude výsevek V_o nastaven na hodnotu $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ naopak u secího stroje Horsch Pronto 6 DC bude nastaven o něco vyšší a to na $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Následně se bude zjišťovat skutečný výsevek V_s , a jak moc se bude lišit od předem nastaveného. Výrobně obchodní družstvo Hvoždany nastavuje permanentně o trochu vyšší výsevky zvláště při pozdním setí.

Při pokusu bude měřen celkový čas T_c , který se spustí s prvním zahloubením secího stroje do půdy a skončí osetím vybrané plochy, případné prodlevy doplňováním osiva bude čas na stopkách pozastaven.

Dalším údajem bude sledována spotřeba nafty Q_t , která bude zaznamenávána v terminálu kabiny traktoru. Před zahájením práce budou oba stroje natankovány a po skončení pro kontrolu jejich nádrže opět dotankovány.

Jako další parametr, který bude pro měření důležitý je určení konstrukčního záběru Z_k , který samozřejmě udává i výrobce, ale mnohdy zaokrouhlený na celé metry. K měření bude postačovat měřicí pásmo, se kterým bude změřen později i pracovní záběr Z_p , který bude měřen na 10 přejezdech soupravy n . Pro přesnou hodnotu pracovního záběru bude také důležité přičíst ke konstrukčnímu záběru rozteč secích botek R_b .

Odchylka pracovního záběru O_{zp} bude měřena při 10 přejezdech secí soupravy kolmo na směr jízdy. Záporná hodnota bude představovat pás, který byl osetý dvakrát a kladná hodnota pás, který nebyl osetý vůbec. Výpočet bude proveden pomocí vzorce 5.1:

$$O_{zp} = \left[L_s - \left(Z_k + \frac{R_b}{100} \right) \cdot n \right] \quad (5.1)$$

O_{zp} – odchylka pracovního záběru (m),

L_s – zpracovaná šířka (m),

Z_k – konstrukční záběr (m),

R_b – rozteč secích botek (cm),

n – počet přejezdů.

Průměrný pracovní záběr Z_p bude měřen při 10 přejezdech secí soupravy dle vzorce 5.2:

$$Z_p = \frac{L_s - O_{zp}}{n} \quad (5.2)$$

Z_p – pracovní záběr (m),

L_s – zpracovaná šířka (m),

O_{zp} – odchylka pracovního záběru (m),

n – počet přejezdů.

Součinitel využití pracovního záběru β je spočten podílem pracovního a konstrukčního záběru dle vzorce 5.3:

$$\beta = \frac{Z_p}{Z_k} \quad (5.3)$$

β – součinitel využití pracovního záběru,

Z_p – pracovní záběr (m),

Z_k – konstrukční záběr (m).

Skutečná plošná výkonnost secího stroje Wp_s je podílem oseté plochy a celkovým časem dle vzorce 5.4:

$$Wp_s = \frac{S_t}{T_c} \quad (5.4)$$

Wp_s – skutečná plošná výkonnost ($\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$),

S_t – plocha osetého pozemku dle terminálu v traktoru (ha),

T_c – celkový čas setí (h).

Odchylka oseté plochy O_{ha} je rozdíl hodnot zobrazené na terminálu v traktoru a skutečně oseté dle vzorce 5.5:

$$O_{ha} = S_t - S_s \quad (5.5)$$

O_{ha} – odchylka skutečně oseté a zobrazené plochy dle terminálu v traktoru (ha),

S_t – plocha osetého pozemku dle terminálu v traktoru (ha),

S_s – skutečně osetá plocha (ha).

Skutečný výsevek osiva na hektar při skutečně oseté ploše dle vzorce 5.6:

$$V_s = \frac{Q_o}{S_s} \cdot 1000 \quad (5.6)$$

V_s – skutečný výsevek ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Q_o – množství vysetého osiva (t),

S_s – plocha skutečně osetého pozemku (ha).

Průměrná spotřeba paliva Qp_{ha} na osetý hektar dle vzorce 5.7:

$$Qp_{ha} = \frac{Q_t}{S} \quad (5.7)$$

Qp_{ha} – spotřeba paliva na zpracovaný hektar ($\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$),

Q_t – celková spotřeba pohonných hmot (l),

S – celková zpracovaná plocha (ha).

Spotřeba osiva kolejovými řádky $Q_{o.kř}$ dle vzorce 5.8:

$$Q_{o.kř} = \frac{V_o}{B_n} \cdot B_v \quad (5.8)$$

$Q_{o.kř}$ – spotřeba osiva kolejovými řádky ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),

V_o – Výsevek ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),

B_n – Počet výsevních botek secího stroje,

B_v – Počet výsevních botek vyřazených z provozu při tvorbě kolejových řádek.

Pro vyčíslení ekonomické stránky bude třeba zde zahrnout náklady na zaměstnance N_z , které budou odvozeny od hodinové mzdy M_h . V obou případech bude počítáno se mzdou $130 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$.

Dále bude třeba počítat s cenou pohonných hmot C_l , která opět v obou případech bude činit $16,50 \text{ Kč} \cdot \text{l}^{-1}$.

Do celkových úspor spotřeby osiva bude nutno počítat s velikostí osetých ploch pšenicí ozimou P_s v daném podniku. Cena osiva C_o bude opět v obou případech činit $6\,500 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$. Vliv na úsporu osiva a následné promítnutí do ekonomického zhodnocení budou mít i kolejové řádky a samozřejmě následné finanční promítnutí $C_{o.kř}$, které Agraspol Předmít, a.s. při seti vytváří a VOD Hvožd'any nikoli. Oba secí stroje při jejich tvorbě vyřazují celkem 4 výsevní botky z provozu. Z toho lze vypočítat kolik daný podnik kolejovými řádky uspoří osiva $C_{o.ha}$ či nikoli.

Všechny výsledky budou porovnány u systému s použitím a bez použití navigace. K určení nákladů na zaměstnance N_z , nákladů na pohonné hmoty N_{ph} , nákladů na spotřebované osivo kolejovými řádky $C_{o.kř}$ a nákladů osiva na ha $C_{o.ha}$ poslouží níže uvedené vzorce 5.9–5.12:

$$N_z = \frac{M_h}{W p_s} \quad (5.9)$$

N_z – náklady na zaměstnance (Kč),

M_h – hodinová mzda ($\text{Kč} \cdot \text{h}^{-1}$),

W_{ps} – skutečná plošná výkonnost ($ha \cdot h^{-1}$),

$$N_{ph} = Q_{pha} \cdot C_l \quad (5.10)$$

N_{ph} – náklady pohonných hmot na 1 hektar ($Kč \cdot ha^{-1}$),

Q_{pha} – spotřeba paliva na 1 hektar (l),

C_l – cena za 1 litr paliva (Kč),

$$C_{o,kř} = \frac{C_o \cdot Q_{o,kř}}{1000} \quad (5.11)$$

$C_{o,kř}$ – náklady na osivo u kolejových řádků ($Kč \cdot ha^{-1}$),

C_o – Cena osiva ($Kč \cdot t^{-1}$),

$Q_{o,kř}$ – spotřeba osiva kolejovými řádky ($t \cdot ha^{-1}$),

$$C_{o,ha} = \frac{C_o \cdot V_s}{1000} \quad (5.12)$$

$C_{o,ha}$ – náklady na osivo ($Kč \cdot ha^{-1}$),

C_o – Cena osiva ($Kč \cdot t^{-1}$),

V_s – skutečný výsevek ($kg \cdot ha^{-1}$).

U soupravy s naváděním pomocí GPS bude nutné do celkové kalkulace započítat náklady na provoz a pořízení navigačního systému oproti konvenčnímu způsobu. Výhodou pro traktory John Deere řady R je, že už z výroby obsahují prvky potřebné pro navigační systém. K provozu stačí tedy pořízení GPS přijímače, displeje konkrétně GS 2600 a aktivace signálu za celkové náklady 231 000 Kč.

Abychom mohli určit celkový rozdíl mezi těmito technologiemi, bude nutné počítat s výměrou zastoupení pšenice ozimé. (viz tabulka 5.2). K ostatním obilninám nebo plodinám se váží odlišné měrné výsevky, a proto nebudou zahrnuty ve výpočtech.

Tabulka 5.2: Celková výměra pšenice ozimé

	VOD Hvožd'any	Agraspol Předmíř, a.s.
Pšenice ozimá (ha)	225.15	229,43

Pro zjištění ročních finančních nákladů Fr_{GPS} u technologie setí s použitím GPS bude sloužit následující vzorec 5.13:

$$Fr_{GPS} = (N_z + N_{ph} - C_{o.kř} + C_{o.ha}) \cdot P_{\xi} \quad (5.13)$$

Fr_{GPS} – roční finanční náklady pro způsob setí s použitím GPS (Kč),

N_z – náklady na zaměstnance (Kč),

N_{ph} – náklady na pohonné hmoty ($Kč \cdot ha^{-1}$),

$C_{o.kř}$ – náklady na osivo u kolejových řádků ($Kč \cdot ha^{-1}$),

$C_{o.ha}$ – náklady na osivo ($Kč \cdot ha^{-1}$),

P_{ξ} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Pro zjištění finančních nákladů Fr_{konv} u konvenční technologie setí bude sloužit následující vzorec 5.14:

$$Fr_{konv.} = (N_z + N_{ph} + C_{o.kř} + C_{o.ha}) \cdot P_{\xi} \quad (5.14)$$

$Fr_{konv.}$ – roční finanční náklady pro konvenční způsob setí (Kč),

N_z – náklady na zaměstnance (Kč),

N_{ph} – náklady na pohonné hmoty ($Kč \cdot ha^{-1}$),

$C_{o.kř}$ – náklady na osivo u kolejových řádků ($Kč \cdot ha^{-1}$),

$C_{o.ha}$ – náklady na osivo ($Kč \cdot ha^{-1}$),

P_{ξ} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Roční úspora nákladů na zaměstnance rN_z bude vypočtena dle vzorce 5.15:

$$rN_z = (N_{z2} - N_{z1}) \cdot P_{\xi} \quad (5.15)$$

rN_z – roční úspora nákladů na zaměstnance (Kč.rok⁻¹),

N_{z2} – náklady na zaměstnance v konvenčním způsobu (Kč),

N_{z1} – náklady na zaměstnance s použitím GPS (Kč),

P_{\S} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Roční úspora nákladů na pohonné hmoty rQ_{ph} bude vypočtena dle vzorce 5.16:

$$rQ_{ph} = (Q_{ph2} - Q_{ph1}) \cdot P_{\S} \quad (5.16)$$

rQ_{ph} – roční úspora pohonných hmot (l.rok⁻¹),

Q_{ph2} – cena pohonných hmot na 1 hektar v konvenčním způsobu (l.ha⁻¹),

Q_{ph1} – cena pohonných hmot na 1 hektar s použitím GPS (l.ha⁻¹),

P_{\S} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Roční úspora osiva u kolejových řádků $rQ_{o.kř}$ bude vypočtena dle vzorce 5.17:

$$rQ_{o.kř} = (Q_{o.kř2} - Q_{o.kř1}) \cdot P_{\S} \quad (5.17)$$

$rQ_{o.kř}$ – roční úspora osiva kolejovými řádky (kg.rok⁻¹),

$Q_{o.kř2}$ – spotřeba osiva kolejovými řádky v konvenčním způsobu (kg.ha⁻¹),

$Q_{o.kř1}$ – spotřeba osiva kolejovými řádky s použitím GPS (kg.ha⁻¹),

P_{\S} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Roční úspora nákladů celkového osiva rC_o bude vypočtena dle vzorce 5.18:

$$rC_o = (C_{o.ha2} - C_{o.ha1}) \cdot P_{\S} \quad (5.18)$$

rC_o – roční úspora nákladů celkového osiva (Kč.rok⁻¹),

$C_{o.ha2}$ – náklady na osivo v konvenčním způsobu (Kč.ha⁻¹),

$C_{o.ha1}$ – náklady na osivo s použitím GPS (Kč.ha⁻¹),

P_{\S} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Roční úspora času rT bude vypočtena dle vzorce 5.19:

$$rT = \frac{P_{\S}}{Wp_{s2}} - \frac{P_{\S}}{Wp_{s1}} \quad (5.19)$$

rT – roční úspora času (h.rok⁻¹),

Wp_{s2} – skutečně plošná výkonnost v konvenčním způsobu (ha.h⁻¹),

Wp_{s1} – skutečně plošná výkonnost s použitím GPS (ha.h⁻¹),

P_{\S} – celková výměra pšenice ozimé (ha).

Celkový rozdíl ročních nákladů na provoz setí Fr bude vypočten dle vzorce 5.20:

$$Fr = Fr_{konv.} - Fr_{GPS} \quad (5.20)$$

Fr – celkový rozdíl v ročních nákladech (Kč.rok⁻¹),

$Fr_{konv.}$ – roční finanční náklady pro konvenční způsob setí (Kč.rok⁻¹),

Fr_{GPS} – roční finanční náklady pro způsob setí s použitím GPS (Kč.rok⁻¹).

6. Výsledky měření

Měření probíhala za srovnatelných podmínek s ohledem na sklonitost a vlhkost půdy, která byla optimální. Z těchto údajů byl také patrný zanedbatelný prokluz kol obou traktorů při setí. V obou případech šlo o setí pšenice ozimé odrůdy Frisky. Oba secí stroje jsme nastavili na stejnou hloubku uložení osiva, která byla následně změřena na hodnotu 4 cm.

6.1 S využitím GPS

Měření s využitím GPS proběhlo dne 7. října 2021 v odpoledních hodinách. Před samotným setím zde proběhla podmítka předplodiny a následovala orba. Pár hodin před setím zde proběhlo urovnání povrchu předseťovým kompaktorem, jelikož secí stroj není vybaven diskovými sekcemi pro zpracování půdy. Souprava se na pozemku pohyboval člunkovým pohybem s naváděním pomocí navigačního systému GPS. Signál SF1 i přes svoji vyšší toleranci přesnosti naváděl secí stroj s minimálními odchylkami (viz obrázek 6.1). Obsluha stroje převzala kontrolu pouze při otáčení se na souvratí. Následně (viz tabulka 6.1) jsou uvedeny odchylky pracovního záběru. Při pokusu byla naměřena spotřeba pohonných hmot 120 l a celkové množství osiva 5 280 kg při oseté ploše 28,84 ha. Celkový čas setí činil 5,083 hodin.



Obrázek 6.1: Výsledek setí s využitím GPS

Tabulka 6.1: Naměřené odchylky pracovního záběru secího stroje při použití GPS

Počet přejezdů	Naměřené hodnoty (m)
1	7,84
2	7,78
3	7,81
4	7,77
5	7,84
6	7,76
7	7,82
8	7,81
9	7,84
10	7,77
	78,04

Výpočet odchylky pracovního záběru secího stroje:

$$O_{zp} = \left[78,04 - \left(7,8 + \frac{15}{100} \right) \cdot 10 \right]$$

$$O_{zp} = -0,11 \text{ m}$$

Průměrný pracovní záběr při 10 přejezdech secí soupravy:

$$Z_p = \frac{78,04 - 0,11}{10}$$

$$Z_p = 7,793 \text{ m}$$

Součinitel využití pracovního záběru:

$$\beta = \frac{7,793}{7,80}$$

$$\beta = 0,99$$

Výpočet skutečné plošné výkonnosti secího stroje:

$$Wp_s = \frac{29,2}{5,083}$$

$$Wp_s = 5,74 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Odchylka oseté plochy zobrazené dle terminálu v kabině traktoru vzhledem k velikosti pozemku:

$$O_{ha} = 29,2 - 28,84$$

$$O_{ha} = 0,36 \text{ ha}$$

Skutečný měrný výsevek osiva, při následně změřené oseté ploše:

$$V_s = \frac{5,280}{28,84} \cdot 1000$$

$$V_s = 183,07 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Průměrná spotřeba pohonných hmot:

$$Qp_{ha} = \frac{120}{29,2}$$

$$Qp_{ha} = 4,10 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Úspora osiva kolejovými řádky:

$$Q_{o.kř} = \frac{180}{52} \cdot 4$$

$$Q_{o.kř} = 13,84 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

6.2 Bez využití GPS

Měření bez využití GPS proběhlo dne 10. října 2021 v odpoledních hodinách. Před samotným setím zde proběhla podmítka strniště kukuřice a následné kypření hloubkovým kypřičem. Souprava se pohybovala člunkovým pohybem a orientovala se pomocí rýhy na pozemku vytvořené znamenákem. Takový způsob navádění není příliš přesný (viz obrázek 6.2)

Teplota vzduchu byla přibližně 13 °C, obloha byla jasná a půda mírně vlhká z důvodu předchozích úhrnů srážek. Celková spotřeba pohonných hmot činila 71 l a 1 994 kg celkového osiva při oseté ploše 9,97 ha. Celkový čas setí činil 2,16 hodin. V níže uvedené tabulce (viz tabulka 6.2) jsou uvedeny odchylky pracovního záběru secího stroje.



Obrázek 6.2: Výsledek setí bez použití GPS

Tabulka 6.2: Naměřené odchylky pracovního záběru secího stroje bez použití GPS

Počet přejezdů	Naměřené hodnoty (m)
1	5,70
2	5,90
3	6,10
4	5,85
5	5,59
6	6,00
7	5,75
8	6,05
9	5,90
10	5,85
	58,69

Výpočet odchylky pracovního záběru secího stroje:

$$O_{zp} = \left[58,69 - \left(5,8 + \frac{14,5}{100} \right) \cdot 10 \right]$$

$$O_{zp} = - 0,76 \text{ m}$$

Průměrný pracovní záběr secí soupravy:

$$Z_p = \frac{58,69 - 0,76}{10}$$

$$Z_p = 5,793 \text{ m}$$

Součinitel využití pracovního záběru:

$$\beta = \frac{5,793}{5,80}$$

$$\beta = 0,99$$

Výpočet skutečné plošné výkonnosti secího stroje:

$$Wp_s = \frac{9,97}{2,16}$$

$$Wp_s = 4,61 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$$

Odchylka oseté plochy zobrazené dle terminálu v kabině traktoru a skutečně oseté plochy:

$$O_{ha} = 9,97 - 9,46$$

$$O_{ha} = 0,51 \text{ ha}$$

Skutečný výsevek osiva při následně změřené, oseté ploše:

$$V_s = \frac{1,994}{9,46} \cdot 1000$$

$$V_s = 210,78 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Průměrná spotřeba pohonných hmot:

$$Qp_{ha} = \frac{71}{9,97}$$

$$Qp_{ha} = 7,12 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Nevyužitá úspora osiva, z důvodu netvoření kolejových řádků:

$$Q_{o.kř} = \frac{200}{40} \cdot 4$$

$$Q_{o.kř} = 20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$$

6.3 Ekonomické znázornění provozu setí s použitím GPS

Náklady na zaměstnance:

$$N_z = \frac{130}{5,74}$$

$$N_z = 22,64 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Náklady na pohonné hmoty:

$$N_{ph} = 4,10 \cdot 16,5$$

$$N_{ph} = 67,65 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Náklady na osivo u kolejových řádků:

$$C_{o.kř} = \frac{6500 \cdot 13,84}{1000}$$

$$C_{o.kř} = 89,96 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Náklady na osivo:

$$C_{o.ha} = \frac{6500 \cdot 183,07}{1000}$$

$$C_{o.ha} = 1189,95 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Roční náklady na provoz setí pomocí GPS:

$$Fr_{GPS} = (22,64 + 67,65 - 89,96 + 1189,95) \cdot 229,43$$

$$Fr_{GPS} = 273\,085,94 \text{ Kč. } rok^{-1}$$

6.4 Ekonomické znázornění provozu setí bez použití GPS

Náklady na zaměstnance:

$$N_z = \frac{130}{4,61}$$

$$N_z = 28,19 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Náklady na pohonné hmoty:

$$N_{ph} = 7,12 \cdot 16,5$$

$$N_{ph} = 117,48 \text{ Kč. } ha^{-1}$$

Náklady na osivo u kolejových řádků:

$$C_{o,kř} = \frac{6500 \cdot 20}{1000}$$

$$C_{o,kř} = 130 \text{ Kč. ha}^{-1}$$

Náklady na osivo:

$$C_{o,ha} = \frac{6500 \cdot 210,78}{1000}$$

$$C_{o,ha} = 1370 \text{ Kč. ha}^{-1}$$

Roční náklady na provoz setí konvenčním způsobem:

$$Fr_{konv.} = (28,19 + 117,48 + 130 + 1370) \cdot 225,15$$

$$Fr_{konv.} = 370\,522,60 \text{ Kč. rok}^{-1}$$

6.5 Dosažení úspor v oblasti setí s technologií GPS

Roční úspora nákladů na zaměstnance:

$$rN_z = (28,19 - 22,64) \cdot 229,43$$

$$rN_z = 1273,33 \text{ Kč. rok}^{-1}$$

Roční úspora pohonných hmot:

$$rQ_{ph} = (7,12 - 4,10) \cdot 229,43$$

$$rQ_{ph} = 692,87 \text{ l. rok}^{-1}$$

Roční úspora osiva v kolejových řádcích:

$$rQ_{o,kř} = (20 - 13,84) \cdot 229,43$$

$$rQ_{o,kř} = 1\,413,28 \text{ kg. rok}^{-1}$$

Roční úspora nákladů na osivo pšenice ozimé:

$$rC_{o,ha} = (1\,370 - 1\,189,95) \cdot 229,43$$

$$rC_{o,ha} = 41\,308,87 \text{ Kč. rok}^{-1}$$

Roční úspora času:

$$rT = \frac{225,15}{4,61} - \frac{229,43}{5,74}$$

$$rT = 8,86 \text{ h. rok}^{-1}$$

Celkový rozdíl ročních nákladů ve prospěch technologie s využitím GPS:

$$Fr = 370\,522,60 - 273\,085,94$$

$$Fr = 97\,436,66 \text{ Kč.rok}^{-1}$$

6.6 Porovnání dosažených výsledků

V níže uvedené tabulce (viz tabulka 6.3) jsou uvedeny výsledky ze vzorců, do kterých byly dosazeny naměřené hodnoty při měření. Výsledné hodnoty se odrážejí od efektivity obou technologií a promítají se do finanční stránky podniků.

Tabulka 6.3: Výsledné hodnoty obou technologií

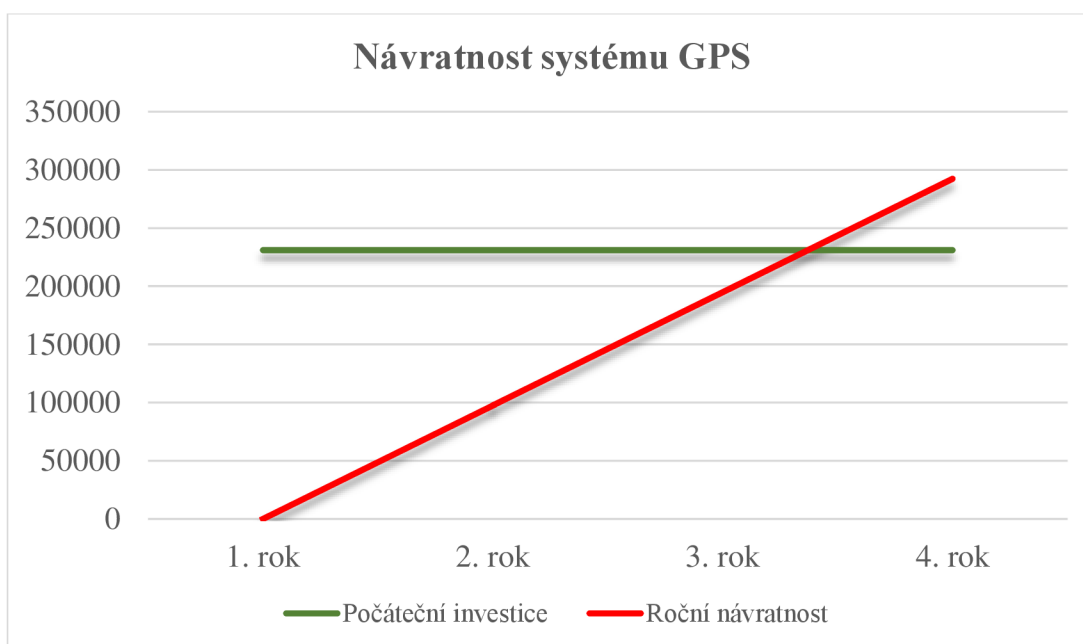
	S GPS	Bez GPS
Odchylka pracovního záběru (m)	-0,11	-0,76
Průměrný pracovní záběr (m)	7,793	5,793
Součinitel využití pracovního záběru	0,99	0,99
Skutečná plošná výkonnost (ha.h ⁻¹)	5,74	4,61
Odchylka oseté plochy (ha)	0,36	0,51
Skutečný výsevek osiva (kg.ha ⁻¹)	183,07	210,78
Průměrná spotřeba pohonných hmot (l.ha ⁻¹)	4,10	7,12
Úspora osiva kolejovými řádky (kg.ha ⁻¹)	13,84	-20
Náklady na zaměstnance (Kč.ha ⁻¹)	22,64	28,19
Cena pohonných hmot (Kč.ha ⁻¹)	67,65	117,48
Cena osiva u kolejových řádků (Kč.ha ⁻¹)	89,96	-130
Cena osiva (Kč.ha ⁻¹)	1 189,95	1 370
Náklady na pořízení GPS (Kč)	231 000	-
Celkové roční náklady (Kč.rok ⁻¹)	273 085,94	370 522,60

V tabulce (viz tabulka 6.4) jsou shromážděny celkové úspory získané technologií s využitím GPS. Roční úspory se váží na celkovou výměru pšenice ozimé daným podnikem, na které se úspora promítla.

Tabulka 6.4: Celkové roční úspory získané pomocí GPS při setí pšenice ozimé

Úspora nákladů na mzdy zaměstnanců (Kč.rok ⁻¹)	1 273,33
Úspora pohonných hmot (l.rok ⁻¹)	692,87
Úspora osiva v kolejových řádcích (kg.rok ⁻¹)	1 413,28
Celková úspora osiva (Kč.rok ⁻¹)	41 308,87
Časová úspora (h.rok ⁻¹)	8,86
Úspora celkových finančních nákladů na provoz (Kč.rok ⁻¹)	97 436,66

Celkové roční úspory u setí pomocí GPS jsou měřením prokazatelné a technologie se tak jeví ekonomicky výhodnější, ale ovšem i v mnoha dalších směrech. Pokud víme, že roční úspory pro technologii s GPS činí 97 436,66 Kč.rok⁻¹. Pořizovací cena samotného systému činila 231 000 Kč, lze vypočítat roční návratnost systému a následně predikovat finanční úsporu (viz obrázek 6.3).



Obrázek 6.3: Návratnost systému GPS

Z výše uvedeného grafu je patrné, že využívání systému GPS je velice ekonomicky výhodné. Návratnost, pouze při operaci setí pšenice ozimé na 229,43 ha, nastává už v první třetině čtvrtého roku. Při představě, že se sečí souprava používá k zakládání porostů u dalších obilovin a plodin a traktor využívá navigační systém GPS i pro další pracovní operace, návratnost nastane mnohem dříve.

7. Diskuze

Při porovnávání technologie setí v precizním zemědělství pomocí GPS oproti konvenčnímu způsobu, jsou zde značné výhody. Při veškerém měření u polních pokusů byly dosaženy lepší výsledky s využitím GPS. Celkové ekonomické úspory se odrazili už od plošné výkonnosti secího stroje a dále i spotřeby pohonných hmot, osiva a samotného času využitého setím, a proto také došlo ke snížení nákladů na zaměstnance.

Konstrukční záběr, který činil u systému s GPS 7,8 m, byl přesně o 2 m větší, tudíž souprava u konvenční technologie disponovala záběrem pouze 5,8 m. I přesto, že obě soupravy mají součinitel využití pracovního záběru 0,99, je zde jistá nevýhoda pro systém bez GPS, jelikož plošná výkonnost u menšího záběru bude vždy nižší. Souprava s využitím GPS disponuje plošnou výkonností 5,74 ha.h⁻¹, oproti konvenčnímu způsobu, u kterého plošná výkonnost byla pouze 4,61 ha.h⁻¹. To také potvrzují odchylky pracovního záběru, kde při použití technologie GPS secí souprava při 10 přejezdech disponuje odchylkou 0,11 m. U konvenčního způsobu činí odchylka při 10 přejezdech 0,76 m. Kdyby šlo o porovnání stejných konstrukčních záběrů, výsledné hodnoty by mohli v celkové finanční kalkulaci provést jisté změny. To ovšem nemění nic na faktoru, že technologie bez využití GPS při oseté ploše 9,46 ha přesela dvakrát 0,51 ha. V porovnání s technologií, která byla naváděna pomocí GPS, dvakrát přeseta plocha činila pouze 0,36 ha na celkově oseté výměře 28,84 ha. Důvodem byla nepravidelnost pozemku, která v určitých částech vytvářela klíny, které secí stroj John Deere 740 A nedokázal přesetí eliminovat. Secí stroj John Deere 740 A je sice vybaven vypínáním sekce poloviny záběru, ale ani to nepomohlo více eliminovat dvakrát přesetu plochu.

I přes signál SF1 s přesností +/- 15 cm dokázala secí souprava toleranci udržet v řádu jednotek cm. Jde totiž o to, že přesnost uvádějící firma John Deere je maximální možná odchylka za určité časové období. V praxi, jak se již potvrdilo, je i tento signál k běžnému setí vyhovující, i když ho firma nedoporučuje. Pokud se setí provádí kontinuálně, je zcela nepravděpodobné, že se k maximální odchylce přiblížíme. Možné to je v okamžiku, kdy dojde k přerušení práce a předem nastavené linie se posunou. Obsluha si poté jednoduše může naváděcí linie vycentrovat zpět do původní polohy na terminálu v kabině traktoru. Následně už přesnost nemusí být jen v řádech jednotek cm. Proto se firma John Deere snaží vyzdvihovat přesnější

a placený signál SF3, který s vysokou přesností uloží předem nastavené linie po dobu 9 měsíců.

Měrný výsevek je dalším důležitým parametrem, který se u obou technologií výrazně lišil. Když vezmeme v úvahu výše zmíněné dvakrát oseté plochy a pracovní přesnost souprav, je evidentně znát ekonomičtější způsob setí. V tabulkách jsou uvedeny rozdíly měrných výsevků, která v obou případech nebyly stejné. Důležitá je odchylka od předem nastaveného měrného výsevku. Samozřejmě, kdyby obě soupravy měly nastaveny stejné měrné výsevky, celkový ekonomický rozdíl nebude tak markantní, ale stále bude. Technologie s využitím GPS disponuje odchylkou měrného výsevku $3,07 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a spotřebou osiva 5 280 kg při oseté ploše 28,84 ha. U konvenčního způsobu činí odchylka měrného výsevku $10,78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Jelikož ve VOD Hvozdřany byl nastaven měrný výsevek o $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ více a celková spotřeba osiva činila 1 994 kg při oseté ploše 9,46 ha.

Spotřeba pohonných hmot se mohla alespoň přibližně predikovat ještě před samotným polním pokusem. Oba traktory disponovaly stejným jmenovitým výkonem, ale každý byl v agregaci se secím strojem o jiném záběru. Samotná spotřeba se navýšila ještě u konvenčního způsobu svojí pracovní nepřesností až na $7,12 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ a celková spotřeba činila 120 l. Souprava naváděná pomocí GPS svojí spotřebu udržela na $4,10 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ a celková spotřeba činila 71 l. Taková to spotřeba je dána pouze konstrukčním a pracovním záběrem, který ovlivňuje plošnou výkonost stroje. Vhodnější a přesnější způsob porovnání by nastal při stejných technických podmínkách secích strojů. Rozdíl by nebyl tak markantní, ale na zvýhodnění GPS systému by to nic nezměnilo. Celkově tedy technologie s využitím GPS na pohonných hmotách ušetří $3,02 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Promítnutím do finančního zatížení uspoří $49,83 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$. Při zohlednění celkové výměry pšenice ozimé se úspora dostává až na 11 432,49 Kč.

Žádné klimatické nebo půdní vlivy polní pokusy neovlivnily, jelikož byly prováděny zcela za totožných podmínek. Teplota vzduchu se v obou případech pohybovala kolem $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Sklonitost pozemků byla opět v obou případech zanedbatelná od 0 do 3° , tíčm pádem prokluz kol traktoru zde nehrál žádnou roli a výsledky by neovlivnil. Půda byla optimálně vlhká, a tak byly vytvořeny optimální podmínky pro vzcházení pšenice ozimé.

Jedinou lokální výhodou pro systém s využitím GPS oproti konvenčnímu způsobu mohl být tvar pozemku, který připomínal více obdélník a plošná výkonnost

mohla být zde opět o něco vyšší, a proto celkový čas setí činil 5,083 h. Pozemek u konvenčního způsobu připomínal více tvar lichoběžníku, tudíž souprava musela provést více otoček na souvrati a tím ztratila i čas, který byl 2,16 h. Z výše uvedených výsledků je patrné, že technologie s využitím GPS je také výrazně úspornější při nákladech na zaměstnance, které činily 22,64 Kč.ha⁻¹. U konvenční technologie náklady na zaměstnance byly 28,19 Kč.ha⁻¹. Celková úspora ve prospěch technologie s využitím GPS byla 5,55 Kč.ha⁻¹ a při osetí celkové výměry pšenice ozimé 1 273,33 Kč.

Další zajímavý faktor při porovnání těchto technologií je tvorba kolejových řádků. Tento rozdíl mezi VOD Hvožd'any, které kolejové řádky nedělá a Agraspol Předmíř, a.s., která je dělá, se může zdát na první pohled zanedbatelný. Ovšem pouze při osetí 225,15 ha pšenice ozimé náklady osivo u kolejových řádků ve VOD Hvožd'any činily 20 kg.ha⁻¹ a celkové finanční náklady se vyšplhaly na 29 269,5 Kč. Naopak Agraspol Předmíř, a.s. při osetí 229,43 ha pšenice ozimé na kolejových řádcích uspořila 13,84 kg.ha⁻¹ osiva a 20 639,52 Kč. Když vezmeme v úvahu, že každá společnost pěstuje další obiloviny, jako jsou ječmen ozimý/jarní, oves jarní, žito ozimé, triticales, a další olejniny nebo luskoviny, tak úspory pouze z hlediska tvorby kolejových řádků jsou nepředstavitelné. Finanční rozdíl ve spotřebě osiva je tedy při celkově oseté ploše pšenice ozimé 41 308,87 Kč ve prospěch technologie s využitím GPS.

Z výše uvedených poznatků a výsledků zjištěných při polích pokusech se ve všech směrech jeví jako výhodnější hospodaření s využitím GPS. S automatickým naváděním strojů se úspory neodrážejí jen ve spotřebě pohonných hmot s úsporou 33,88 %, osiva, ale i celkového času a také celkových finančních nákladů. Kromě ekonomických výhod, automatické navádění strojů má pozitivní vliv i na vizuální a zdravotní stav zemědělských půd, které jsou důležitou součástí pro dlouhodobě udržitelné zemědělství. Návratnost systému GPS pouze při operaci setí pšenice ozimé na 229.43 ha nastává už v první třetině čtvrtého roku. Při představě, že secí souprava je používána k zakládání porostů u dalších obilovin a plodin a samotný traktor vybavený GPS není používán jen při setí, návratnost nastává mnohem dříve.

Závěr

Využívání moderních technologií v zemědělství má značný význam pro jeho současný stav a představuje vhodnou cestou pro následující období. Se snižováním počtu pracovních sil a ubývajícím množstvím ploch pro hospodaření je zjevné, že se hospodaření nemá možnost rozšiřovat. Proto je důležité polní práce a všechny zemědělské operace zefektivňovat a k tomu slouží právě moderní technologie, jako jsou: automatické navádění strojů, CTF systém, při kterém dochází ke sjednocení pohybu zemědělské techniky ve stejných stopách, dále půdní sondy, letecké snímky, výnosové mapy, variabilita dávkování a telematické aplikace výrobců zemědělské techniky například od firmy Case nebo John Deere. Je třeba být k půdě šetrný a práce maximálně sjednotit. S vývojem větší a těžší zemědělské techniky je třeba méně utužovat podorniční vrstvu, zabránit vodní erozi a obnovit zadržování vláhy v půdě. V dnešní době je technologie velice vyspělá a dokáže takové podmínky zajistit.

Od výše zmíněných výrobců jsou k dispozici pro zemědělské podniky aplikace, ve kterých je možné spravovat hranice pozemků, samotné pole, naváděcí linie a praporky pro různé označení na pozemku. Všechna data jsou možná přenášet z aplikace rovnou do terminálu traktoru a stejně tak je exportovat zpět. Takovéto aplikace umožňují dokonalý přehled o pozemcích s veškerými údaji: spotřeba pohonných hmot a osiva, aplikované dávky, čas a mnoho dalších informací. Následná evidence je mnohem zjednodušena, a navíc lze dále vytvářet aplikační mapy pro variabilní aplikace.

Pomocí GPS jsou stroje schopny pracovat s vysokou přesností, kterou potvrzují výše zmíněné výsledky z polních pokusů. Můžeme hovořit o téměř 100% přesnosti stroje. Vysokou přesnost neovlivní ani nepříznivé klimatické podmínky, které představují mlhu, tmu a při silném větru oblak jemných prachových částic půdy. S vysokou přesností za nepříznivých podmínek přináší GPS úspory pohonných hmot, spotřeby osiva, času a také celkové mzdy na zaměstnance. Jedinou nevýhodou je vysoká pořizovací cena GPS systému, ovšem návratnost je v řádech jednotek let. V našem případě se návratnost navigačního systému projevila v první třetině čtvrtého roku. Obecně platí pravidlo, že čím je podnik větší, používání navigačních systémů dostává větší smysl a přináší samozřejmě vyšší úspory než u malých farem.

Seznam použitých zdrojů

Literární zdroje

Kovaříček, P. (2005). *Strojní linky pro hnojení*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 80-86884-10-4.

Kroupa, P. et al. (2002). *Stroje pro pěstování a sklizeň zrnin*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 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*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-562-1.

Neubauer, K. (1989). *Stroje pro rostlinnou výrobu*. 1. vyd. SZN, Praha. ISBN 80-209-0075-6.

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

Roh, J. (2003). *Stroje používané v rostlinné výrobě*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0614-9

Steiner, I. a Černý, J. (2006). *GPS od A do Z*. V Praze: eNav., ISBN 8023975161.

Internetové zdroje

Agrisystem.cz (2021). *Autopilot* [online] [cit. 23. 12. 2021]. Dostupné z: <http://www.agrisystem.cz/autopilot>

Agrisystem.cz (2021). *Jednotka T2* [online] [cit. 25. 12. 2021]. Dostupné z: <http://www.agrisystem.cz/jednotka-t2>

Agroportal24h.cz (2021). *Kupujete korekční signál do navigačních systémů? Co takhle pořídit si vlastní RTK stanici* [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/kupujete-korekcni-signal-do-navigacnich-systemu-co-takhle-poridit-si-vlastni-rtk-stanici>

- Agrotec.cz (2016). *Precizní zemědělství od New Holland* [online] [cit. 23. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/52581210/precizni-zemedelstvi-od-new-holland>
- Agrozet.cz (2016). *Pöttinger VITASEM* [online] [cit. 17. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/pottinger-vitasem-d77239.html>
- Aldebaran.cz (2005). *Kosmický segment GPS a jeho budoucnost* [online] [cit. 27. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php
- Beneš, P. (2011). GPS navigace – správná cesta k úsporám. [online] Zemědělec [cit. 23. 12. 2021]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/gps-navigace-spravna-cesta-k-usporam/>
- Bezpečec, P. (2021). Lokalizace a navigace [online] Publi [cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/231/05.html>
- Bpej.vumop.cz. (2021). *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.* [online] [cit. 28. 12. 2021]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
- Coufal, J. (2007). Historický secí stroj Františka Melichara z roku 1958 [online] Muzeum historických strojů Velký Újezd [cit. 7. 2. 2021]. Dostupné z: https://historie-zt.estranky.cz/fotoalbum/_fotogalerie---vystavy/vystava-kreman/
- Dolan, A. (2019). Stroje pro zpracování půdy [online] Zemědělská fakulta JU [cit. 21. 2. 2021]. Dostupné z: <http://kzt.zf.jcu.cz/studentum/vyukove-materialy/studijni-materialy-b4131/>
- Dvořák, (2021). J. Pracner secí mašina Roudnice n. Labem [online] Bazoš [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: <https://stroje.bazos.cz/inzerat/132069419/jpracner-seci-masina-roudnice-nlabem.php>
- Eagri.cz (2021). *Veřejný registr půdy – LPIS* [online] [cit. 28. 12. 2021]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
- Euspa.eu (2017). *Co je to Galileo?* [online] [cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=d207x5FHRrQ>
- Fríd, M. (2014). Sazení a setí půdy [online] Zemědělské fakulta JU [cit. 21. 2. 2021]. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2014/02/sazeni_a_seti.pdf

- Honsová, H. (2019). Velikost semen a produktivita porostu ječmene [online] Agromanual [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/velikost-semen-a-produktivita-porostu-jecmene>
- Howell, E. (2018). Navstar: Satelitní síť GPS [online] Space [cit. 21. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.space.com/19794-navstar.html>
- Jedlička, M. (2018). Case IH začne nabízet půdní senzor a vznikne první kompletní balíček ISOBUS na světě [online] Agroportal24h [cit. 4. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/case-ih-zacne-nabizet-pudni-senzor-a-vznikne-prvni-kompletni-balicek-isobus-na-svete>
- John Deere.cz (2021). RTK [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs//precizni-rizeni-zemedelskych-praci/displeje-prijimace/system-rtk/>
- Karber, Z. (2012). Setí jarního ječmene za pomoci koní pana Nesvadby [online] Velké Pavlovice [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.velke-pavlovice.cz/rozpucene-jaro-rzani-koni-skrivanci-vyzpevovani->
- Kulovaná, E. (2001). Jak se vyvíjely sečí stroje [online] Mechanizace zemědělství [cit. 7. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/jak-se-vyvijely-seci-stroje/>
- Kulovaná, E. (2001). Setí [online] Mechanizace zemědělství [cit. 21. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/seti/>
- Kverneland.com (2014). *Pneumatický výsevní ústrojí*. [online] [cit. 19. 10. 2021]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/silver/kverneland-accord-pneumatic-seed-drills>
- Lukas, V. (2021). Význam zpracování aplikačních map pro lokálně cílenou agrotechniku zemědělských plodin. [online] Agromanual [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/vyznam-zpracovani-aplikacnich-map-pro-lokalne-cilenou-agrotechniku-zemedelskych-plodin>
- Opatrný, M. (2018). Aktuálně z terénu - variabilní setí se stává realitou [online] CPZ [cit. 7. 1. 2022]. Dostupné z: <https://cpz.czu.cz/cs/r-12241-aktuality/aktualne-z-terenu-variabilni-seti-se-stava-realitou.html>

- Pöttinger.at (2013). *Secí stroj terrasem - typy výsevních válečků pro jednotlivé druhy osiv* [online] [cit. 19. 10. 2021]. Dostupné z: https://www.poettinger.at/cs_cz/Newsroom/Artikel/5957/seci-stroj-terrasem-typy-vysevnich-valecku-pro-jednotlive-druhy-osiv#
- Šedek, A. (2018). Novinky v oblasti přesného setí od firmy Kinze. [online] Agromanual [cit. 18. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/novinky-v-oblasti-presneho-seti-od-firmy-kinze>
- Šimek, R. (2011). František Melichar: secí stroje pro Evropu [online] Redakce Euro [cit. 20. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/frantisek-melichar-seci-stroje-pro-evropu-863817>
- Varistar.cz (2019). *Tři kroky k variabilní aplikaci* [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.variabilni-aplikace.cz/cs/variabilni-aplikace/3-kroky-k-variabilni-aplikaci>
- Vale, S. (2020). 12.0m Efecta extends Bednar drill options [online] Profi the farm machinery magazine [cit. 30. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.profi.co.uk/news/120m-efecta-extends-bednar-drill-options>
- Väderstad.com (2022). *Rapid A 400-800S* [online] [cit. 7. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.vaderstad.com/cz/seti/seci-stroje-rapid/rapid-a-400-800s/>
- Voda, V. (2016). Asistované řízení ontrac3 Evropa [online] P&L [cit. 23. 12. 2021]. Dostupné na: <https://www.pal.cz/reference/zemedelska-technika/navigace/asistovane-rizeni-ontrac3,-plodinove-senzory-optrx>
- Xie, J. (2020). Čínský rival GPS navigace s sebou nese velká rizika [online] Voanews [cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: https://www.voanews.com/a/east-asia-pacific_voa-news-china_chinas-rival-gps-navigation-carries-big-risks/6192460.html

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1.1: Historický secí stroj Františka Melichara (Coufal, 2007)	9
Obrázek 1.2: Historický secí stroj Jana Pracnera (Dvořák, 2021)	9
Obrázek 2.1: Způsoby setí (Dolan, 2019)	11
Obrázek 3.1: Pneumatický secí stroj Bednar Efeca CE12000 (Vale, 2020).....	13
Obrázek 3.2: Válečkové výsevní ústrojí pro výsev obilovin vpředu a olejnin vzadu (Pöttinger.at, 2013)	14
Obrázek 3.3: Hrotové výsevní ústrojí a hrotový váleček (Neubauer, 1989).....	15
Obrázek 3.4: Odstředivé výsevní ústrojí (Dolan, 2019)	16
Obrázek 3.5: Pneumatické výsevní ústrojí (Kverneland.com, 2014)	17
Obrázek 3.6: Kotoučové podtlakové výsevní ústrojí (Šedek, 2018).....	18
Obrázek 3.7: Semenovody (Roh, 2003).....	19
Obrázek 3.8: Kotoučová výsevní botka (Agrozet.cz, 2016)	20
Obrázek 4.1: Rozmístění drah a 24 družic systému GPS (Aldebaran.cz, 2005).....	22
Obrázek 4.2: Družice Navstar – 2 F GPS (Howell, 2018).....	22
Obrázek 4.3: LCD monitor se světelnou lištou, EZ – Guide 500 (Aegrotec.cz, 2016)	25
Obrázek 4.4: Asistované řízení ONTRAC3 od firmy Case (Voda, 2016).....	26
Obrázek 4.5: Komponenty potřebné k automatickému řízení (Agrisystem.cz, 2021).....	27
Obrázek 4.6: Princip svahové kompenzace terénu T2 (Agrisystem.cz, 2021)	28
Obrázek 4.7: RTK přijímač od firmy John Deere (John Deere.cz, 2021)	29
Obrázek 4.8: Rozdíl výnosových map po upravení filtrace (Lukas, 2021)	30
Obrázek 4.9: Půdní senzor od firmy Köckerling ve spolupráci s Case IH (Jedlička, 2018)	31
Obrázek 4.10: SeedEye od firmy Väderstad (Väderstad.com, 2022)	32
Obrázek 5.1: Secí stroj John Deere 740 A naváděný pomocí navigace.....	33
Obrázek 5.2: Ostruhové kolo pro ovládání výsevního ústrojí.....	34

Obrázek 5.3: Secí stroj Horsch Pronto 6 DC naváděný znamenákem	35
Obrázek 5.4: Laserový snímač rychlosti soupravy pro ovládání výsevního ústrojí ..	36
Obrázek 5.5: DPB: 9001/18, setý pomocí GPS (Eagri.cz, 2021)	37
Obrázek 5.6: DPB: 5609/7, setý konvenčním způsobem (Eagri.cz, 2021).....	38
Obrázek 6.1: Výsledek setí s využitím GPS	46
Obrázek 6.2: Výsledek setí bez použití GPS	49
Obrázek 6.3: Návratnost systému GPS	54

Seznam použitých tabulek

Tabulka 5.1: Hodnoty potřebné k výpočtům při setí bez / s použitím GPS.....	36
Tabulka 5.2: Celková výměra pšenice ozimé	43
Tabulka 6.1: Naměřené odchylky pracovního záběru secího stroje při použití GPS.	47
Tabulka 6.2: Naměřené odchylky pracovního záběru secího stroje bez použití GPS	49
Tabulka 6.3: Výsledné hodnoty obou technologií	53
Tabulka 6.4: Celkové roční úspory získané pomocí GPS při setí pšenice ozimé	54

Seznam použitých zkratk

a.s. – akciová společnost

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

CTF – (Controlled Traffic Farming) – řízený provoz zemědělských strojů

DGPS – Diferenční globální polohovací systém

DZP – Dálkový průzkum Země

GIS – (Geographic Information System) - Geografický informační systém

GPS – (Global Positioning System) - Globální polohový systém

HTS – hmotnost tisíce semen

MKS – milion klíčivých semen

RTK – (Real Time Kinematic Positioning) - Kinematické polohování v reálném čase

tzv. – tak zvaný