

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

**Technicko-marketingová analýza využívania vybraných
technických prvkov v systéme presného poľnohospodárstva
na podnikovej úrovni**

Diplomová práca

Študijný program: Poľnohospodárska technika a komerčné činnosti

Študijný odbor: 4112800 Poľnohospodárska a lesnícka technika

Školiace pracovisko: Katedra strojov a výrobných systémov

Vedúci práce: doc. Ing. Jozef Ďuďák, CSc.

Nitra 2011

Bc. Jaroslav Maga

Abstrakt

Systemy pre navádzanie strojov po poli s podporou GPS môžu zvyšovať presnosť práce, znižovať únavu obsluhy a prispievať k šetreniu s materiálom. Systemy na navádzanie strojových súprav sa môžu rozdeliť na systemy manuálneho navádzania (napr. svetelná lišta), systemy asistovaného riadenia (otáčanie volantu navádzacím systémom) a systemy automatického riadenia (systém je napojený na hydrauliku traktora). V rámci tejto práce bolo vykonané experimentálne meranie, ktoré porovnávalo presnosť pri rôznych spôsoboch sejby kukurice. Ukazovateľom presnosti sejby bolo meranie medziriadkovej vzdialenosti dvoch susedných radov. Druhou sledovanou veličinou bola plošná výkonnosť prostredníctvom merania pracovnej rýchlosti strojovej súpravy. Strojová súprava na sejbu sa skladala z traktora značky Fendt a z presnej jednozrnkovej sejačky so záberom 4,5 m. Pri navádzaní pomocou GPS bola použitá najvyššia možná presnosť navádzania pomocou RTK signálu. Meranie sa uskutočnilo v katastri obce Košúty v Trnavskom kraji. Na ploche 66 ha sa sialo klasickým spôsobom s pomocou značkovača, potom pomocou automatického navádzania so signálom RTK. Strojová súprava bola automaticky navádzaná pomocou navádzacieho systému zn. TOPCON. Meraním sa zistilo 30% navýšenie presne navedených riadkov s podporou automatického navádzania v porovnaní pri sejbe so značkovačom.

Kľúčové slová: globálne polohovacie systemy, presné poľnohospodárstvo, navádzanie strojových súprav, geografické informačné systemy, presnosť navádzania.

Abstract

GPS supported tracking systems of the agriculture machines working on the field can increase the work accuracy, reduce the fatigue and save resources. GPS supported tracking systems of agriculture machines can be divided in the systems of manual tracking (for example lighting lath), the systems of assisted tracking (wheel rotation by the tracking system) and the systems of automatic tracking of machines (system is connected to the hydraulic system of a tractor). The aim of this study was an experimental measuring, that was compared the accuracy of maize seeding. The indicator of the seeding accuracy was the measuring of the interlinear distance of two neighbouring seeding lines. The second measured indicator was the area performance, which was judged by the measuring of the seeding speed. Machine unit for seeding was consisted of a Fendt tractor and of a precise one grain seeding machine with 5 m seeding scope. During work was used the highest possible precision of tracking, using the RTK signal. The measuring was performed in the land registry of Košúty village in the region of Trnava. 66 ha field was seeded with a standard way of seeding with use of a marker, later with automatic tracking with RTK signal. The machine unit was automatically tracked by TOPCON tracking system. The measuring showed 30% higher accuracy of exact tracked lines with use a automatic tracking system in comparison with the standard way of seeding.

Key words: global positionig systems, exact agriculture, geographical information systems, tracking accuracy.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Podpísaný Jaroslav Maga týmto prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne a že som uviedol všetku literatúru použitú v súvislosti s riešením diplomovej práce.

Nitra 11.4.2011

.....
podpis

POĎAKOVANIE

Týmto vyslovujem poďakovanie pánovi doc. Ing. Jozefovi Ďuďákovi, CSc. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky, ktoré mi poskytol pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

Nitra 11.4.2011

.....
podpis

Použité skratky

CORS – Continously Operating Reference Stations

DGPS – Diferenciálny Globálny Polohový Systém

EC - European Commission

ESA - European Space Agency

GIS – Geografický Informačný Systém

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPRS – General Packet Radio Servise

GPS – Globálny Polohový Systém

M_{vs} – Medziriadková vzdialenosť

NATO – Severoatlantická Aliancia

PHM – Pohonné hmoty

RS – Referenčná Stanica

RTK – Real Time Kinematic

SA – Selective Availability

SKPOS – Slovenská Priestorová a Observačná Služba

USB – Universal Serial Bus

Z_s – Konštrukčný záber stroja

Obsah

Úvod	11
1. Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	12
1.1 Globálne polohové systémy	12
1.1.1 História GPS	12
1.1.2 Štruktúra globálnych polohovacích systémov	13
1.1.3 Technické údaje o GPS	14
1.1.4 Princíp práce GPS	14
1.1.5 Zdroje chýb	15
1.2 Korekcia GPS	16
1.3 RTK	17
1.4 Ostatné satelitné navigačné systémy	18
1.4.1 GLONASS	18
1.4.2 Galileo	19
1.5 Presné poľnohospodárstvo.....	20
1.6 Geografické informačné systémy	21
1.7 Navádzanie strojových súprav	22
1.7.1 Navádzanie bez GPS	22
1.7.2 Navádzanie s podporou GPS.....	23
1.8 Komerčné riešenia navádzania strojových súprav.....	24
1.8.1 Fendt Auto-Guide	24
1.8.2 John Deere.....	26
1.8.3 AgLeader.....	26
1.8.4 Trimble.....	27
2. Cieľ práce	28
3. Metodika práce	29

3.1 Výber poľnohospodárskeho podniku využívajúceho produkty precízneho poľnohospodárstva a jej krátka charakteristika	29
3.2 Charakteristika a štúdium podnikom používaných podporných prostriedkov presného poľnohospodárstva z rôznych dostupných zdrojov, najmä reklamných materiálov a internetu	29
3.3 Zrealizovanie experimentálneho merania pri konkrétnej pracovnej operácii vykonávanej s podporou prvkov navádzania strojových súprav	32
3.4 Vyhodnotenie informácií získaných na základe experimentálnych meraní	34
3.5 Zhodnotenie daného podporného systému pre presné poľnohospodárstvo a poukázanie na možnosti využitia výsledkov v praxi	35
4. Výsledky práce	36
4.1 Charakteristika poľnohospodárskeho podniku	36
4.2 Technológia pestovania osivovej kukurice.....	37
4.3 Popis použitej strojovej súpravy na siatie.....	42
4.4 Namerané hodnoty a vyhodnotenie výsledkov.....	43
4.4.1 Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so značkovačom.....	43
4.4.2 Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so systémom GPS	44
4.4.3 Namerané hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pri použití značkovača.....	44
4.4.4 Namerané hodnoty medziriadkových vzdialeností s využitím GPS	48
4.4.5 Porovnanie výsledkov v závislosti od použitej technológie	50
5. Diskusia	53
6. Návrh na využitie výsledkov	56
7. Záver	57
8. Použitá literatúra	58

Úvod

Pestovaniu poľnohospodárskych plodín sa človek venuje už tisícročia. V priebehu tejto doby si pomáhal rôznymi nástrojmi. Od prvých primitívnych pomôcok postupne využíval pomoc ťažných zvierat, až po prvé motorom poháňané stroje. Dnešné poľnohospodárstvo sa vyznačuje modernými technológiami, ktoré vo veľkej miere napomáhajú, uľahčujú, alebo dokonca nahrádzajú namáhavú ľudskú prácu. Stávajú sa neoddeliteľnou súčasťou nášho života a stávajú sa „pravou rukou“ našich každodenných činností.

Na prelome tisícročí sa pod inovačný charakter poľnohospodárstva podpísalo využívanie navádzania strojových súprav, komplexné zaznamenávanie, spracovávanie a vyhodnocovanie údajov. Takáto činnosť sa dá pomenovať pojmom presné poľnohospodárstvo. Štúdiom týchto údajov sa využíva pri správnom odpovedaní na otázky ako: kde, ako a čo pestovať, ako zefektívniť výrobu, aké stroje použiť, v akom množstve doplniť živiny v tom danom mieste na poli a podobne. O veľkej váhe týchto technológií hovorí aj neustále vynakladanie ďalších investícií na tieto systémy. Samozrejme vzhľadom na relatívne zložité systémy sa kladú zvýšené nároky na vzdelanie obsluhy, pracovnú disciplínu, ale aj na obstaranie takýchto technológií a zaradenie do každodenného výrobného procesu.

Technológie takéhoto typu majú za úlohu zvyšovať produktivitu práce, znižovať náklady používateľa, ale napríklad aj znižovať používanie pesticídov a hnojív. Znižovanie vstupov do výroby môže mať pozitívny vplyv napr. na životné prostredie, na ktoré sa v posledných rokoch kladie veľký dôraz.

Súčasný trh ponúka veľmi veľký sortiment rôznych technologických riešení prvkov presného poľnohospodárstva. Je na individuálnom zhodnotení každého používateľa, pre ktorú technológiu alebo značku sa rozhodne.

Táto práca hodnotí takýto systémov z hľadiska presnosti navádzania súpravy na poli a porovnáva ho s klasickým spôsobom vykonávania pracovnej operácie sejba.

1. Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Globálne polohové systémy

Globálny polohový systém (GPS) je satelitný navigačný systém. Armáda USA ho označuje ako NAVSTAR GPS – NAVigation Signal for Timing And Ranging. Poskytuje používateľom vybaveným prijímačmi GPS informáciu o svojej okamžitej polohe, smere a rýchlosti pohybu, ako aj o presnom čase. Systém pracuje nepretržite a je možné ho využívať na ktoromkoľvek mieste na Zemi nezávisle na aktuálnych meteorologických podmienkach. Používa zostavu aspoň 24 satelitov na strednej zemskej orbite. Systém bol vyvíjaný najmä pre vojenské účely, no neskôr bol s určitými obmedzeniami sprístupnený aj pre civilný sektor. Dnešná sieť GPS má 31 aktívnych satelitov a ďalšie dva záložné satelity (Výskumný ústav spojov, 2010).



Obr.1: Satelit GPS na obežnej dráhe (www.navcen.uscg.gov)

1.1.1 História GPS

Systém GPS bol pôvodne vytvorený pre armádne a spravodajské využitie v dobe vrcholiacej studenej vojny v 60. rokoch 20. storočia, hoci podnet prišiel s vypustením sovietskej rakety Sputnik v roku 1957. Transit bol prvý satelit vypustený USA a testovaný námorníctvom USA v roku 1960. Už päť satelitov obiehajúcich okolo Zeme umožnilo lodiam stanoviť svoju polohu raz za hodinu. Jeho nástupcom bol v roku 1967 satelit s názvom Timation, ktorý jasne dokázal, že presné atómové hodiny je možné použiť vo vesmíre. Od 17. decembra 1973 riadi rozvoj programu GPS spoločná programová skupina (Joint Program Office) kozmického oddelenia veliteľstva systémov vzdušných síl USA. JPO je zložená zo zástupcov letectva, námorníctva, armády, námornej pechoty, pobrežnej stráže, obrannej kartografickej agentúry, zástupcov štátov NATO a Austrálie. Krátko potom došlo k vytvoreniu GPS pre armádne účely s celkovým počtom 11 satelitov „Block

I", ktoré boli vypustené v rozmedzí rokov 1978 a 1985. V tejto fáze boli vybudované aj pozemné riadiace strediská. Zostrelenie kórejského civilného lietadla - let 007 - v roku 1983 Sovietskym zväzom viedlo štátnu správu USA prezidenta Reagana k sprístupneniu služby GPS pre civilné využitie ako letectvo, lodná preprava, čím doprava po celom svete mohla stanoviť svoju polohu a vyhnúť sa náhodnému zablúdeniu do uzavretej cudzej oblasti. Katastrofa raketoplánu SS Challenger spomalila vylepšovanie GPS systému a prvé satelity Block II tak boli vypustené až v roku 1989. Do leta 1993 vypustili USA na obežnú dráhu 24. satelit Navstar, ktorý dokončil modernú GPS konšteláciu satelitov - sieť 24 - známa teraz ako Systém globálnej navigácie alebo GPS. 21 satelitov v konštelácii bolo aktívnych kedykoľvek, ďalšie 3 satelity boli náhradné. Dnešná sieť GPS má 31 aktívnych satelitov a ďalšie dva záložné satelity (Mio technology, 2010, Wikipedia, 2011).

1.1.2 Štruktúra globálnych polohovacích systémov

Systém GPS je tvorený tromi základnými segmentmi (Rapant, 2002):

Kozmický (satelitný) segment je tvorený sústavou družíc, ktoré sú rozmiestnené systematicky na obežných dráhach a vysielajú navigačné signály. Plná konštelácia kozmického segmentu pozostáva z 24 družíc z toho troch záložných. Od roku 2007 je to 31 aktívnych satelitov vysielajúcich signál. Tieto družice obiehajú okolo Zeme po šiestich obežných dráhach vo výške asi 22 000 km. Obežná dráha každej družice je 11 hodín a 58 minút. Toto zoskupenie umožňuje, aby bolo na každom mieste na Zemi viditeľných aspoň 6 satelitov. Družice po vypustení pracujú prakticky nepretržite, s výnimkou krátkych prestávok vo forme periodických údržieb ako je napr. údržba cériových hodín.

Riadiaci (kontrolný) segment je zodpovedný za riadenie celého globálneho polohovacieho systému. Z užívateľského hľadiska je jeho hlavnou úlohou aktualizovať údaje obsiahnuté v navigačných správach vysielaných jednotlivými družicami kozmického segmentu. Riadiaci segment je tvorený sústavou piatich pozemných monitorovacích staníc umiestnených na veľkých vojenských základniach americkej armády.



Obr.2: Mapa rozmiestnenia staníc riadiaceho segmentu (www.sgs.edu.sk)

Monitorovacie stanice merajú signály vysielané družicami a získané údaje prenášajú do Hlavnej riadiacej stanice. Tu sú na základe prijatých výsledkov vypočítané presné údaje obežných dráh (tzv. efemeridy) a korekcie hodín pre jednotlivé družice a sú prenesené na vysielacie stanice. Vysielacie stanice potom minimálne jedenkrát denne vysielajú efemeridy a údaje o nastavení hodín na jednotlivé družice. Tieto družice potom vysielajú prostredníctvom rádiových signálov (družice GPS používajú základnú frekvenciu 10,23 MHz) efemeridy svojich obežných dráh a presný čas do GPS prijímačov.

Užívateľský segment sa skladá z GPS prijímačov, užívateľov a vyhodnocovacích nástrojov a postupov. GPS prijímače prevedú na základe prijatých signálov z družíc predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc (x, y, z a t) je potrebné prijímať signál aspoň zo štyroch družíc. Tieto prijímače sú používané predovšetkým na určovanie polohy, určovanie presného času, navigáciu ale i špeciálne vyvinuté GPS pre astronomické observatóriá, telekomunikačné zariadenia a podobne.

1.1.3 Technické údaje o GPS

Umelé družice vysielajú nepretržite 2 nosné signály L1 a L2. Tieto sú fázovo modulované sériami kódov, ktoré sú potom nosičmi informácií o údajoch časového systému GPS a o údajoch dráhových elementov družíc. V prijímacej stanici sa nosné signály dekodujú, čím sa získajú potrebné údaje na presné určenie pozície družice v danom čase (Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, 2010).

Dve nosné frekvencie L1 a L2:

- a) L1 (1575,42 MHz, vlnová dĺžka 19 cm) – štandardný polohový systém
- b) L2 (1227,60 MHz, vlnová dĺžka 24 cm) – presný polohový systém

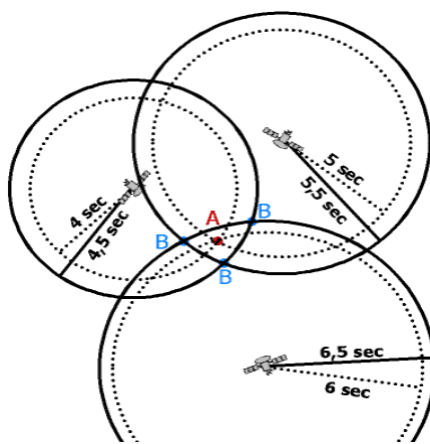
Frekvencie sú modulované týmito kódmi:

- C/A – Štandardný polohový systém (využívajú ho civilné prijímače). Má frekvenciu 1,023 MHz
- P – kód, ktorý moduluje obe nosné frekvencie (využíva sa tiež na civilné účely). Má frekvenciu 10,23 MHz
- Y – kód, ktorý je vlastne P kód, zašifrovaný a používaný armádou (nie je určený pre civilné využitie)

P a Y kód tvoria základ presného polohového systému (Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, 2010).

1.1.4 Princíp práce GPS

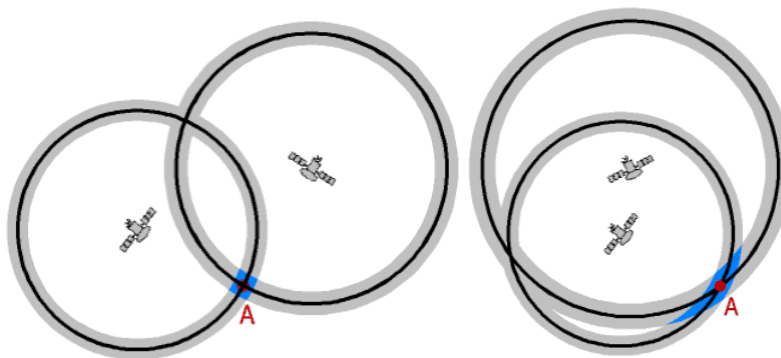
Družice vysielajú signály (je v nich okrem iného informácia o čase vyslania signálu a informácia o pozícii družice v okamihu vyslania signálu), ktoré prijímajú prijímače používateľov. Z informácií o čase vyslania signálu družicou a čase jeho prijatia prijímačom používateľom, dokáže prijímač vypočítať vzdialenosť ku družici. Ak prijímač prijíma signály minimálne od štyroch družíc, je schopný pomocou sústavy štyroch rovníc o štyroch neznámych (štyri rovnice sú potrebné z toho dôvodu, že časové základne družíc a prijímača nie sú navzájom zosynchronizované) vypočítať svoje súradnice (x, y, z) v priestore (Výskumný ústav spojov, 2010).



Obr.3: Princíp učenia pomocou satelitov (www.kowoma.de)

1.1.5 Zdroje chýb

Najpodstatnejší zdroj chýb v systéme GPS bol odstránený v roku 2005 zrušením tzv. **Výberového prístupu – Selectiv Availability (SA)**, ktorý predstavoval zámerne vnášanú chybu v podobe skreslenia signálu. Táto chyba sa pohybovala v rozmedzí 50 až 100m. Ďalším faktorom vplývajúcim na presnosť stanovenia polohy je **geometria satelitov**. Ide o vzájomnú polohu satelitov a polohu vzhľadom k prijímaču GPS (Kowoma, 2008).



Obr.4: Vplyv geometrie satelitov na presnosť určenia pozície (www.kowoma.de)

K ďalším zdrojom chýb patria **atmosférické vplyvy**. Podľa Uka (2008) má náprava chýb spôsobených rozdielmi v atmosfére pri prechode signálu zemskou atmosférou a ionosférou zásadný vplyv na presnosť výpočtu pozície. Tieto vplyvy sa dajú zahrnúť do matematického modelu a znížiť ich vplyv. Pretože ionosférické omeškanie ovplyvňuje rýchlosť mikrovlnných signálov rôzne v závislosti na frekvencii, príjem dvoch rôznych frekvencií je schopný tento efekt značne eliminovať. Tieto efekty sa menia pomaly a preto je možné spriemerovať ich hodnoty za určitú dobu. Efekty pre každé miesto môžeme jednoducho spočítať a porovnať merané GPS lokalizácie s blízkymi známymi. **Efekty efemeridy a chýb časovačov** sú spôsobené tým, že správa zo satelitu je odosielaná iba raz za 30 sekúnd. Tento fakt môže spôsobiť, že signál, ktorý bol práve prijatý je zastaraný. Ďalej časovače na družici, aj keď sú veľmi presné, majú drobnú odchýlku čo môže spôsobiť odchýlku až dva metre.

Podľa Rapanta (2002) môže byť kvalita prijímaných signálov výrazne znížená odrazom signálov od okolitých objektov s vysoko odrazovým povrchom (kovové, sklenené budovy a podobne). Tento jav sa nazýva **viaccestný efekt**. Anténa prijímača potom prijíma v zásade dva druhy signálov:

1. Priamy signál z družice
2. Nepriamy signál odrazený od povrchu blízkeho objektu alebo zemského povrchu.

Vplyv týchto odrazov na kvalitu signálov je najväčší u družíc, ktoré sú nízko nad obzorom.

1.2 Korekcia GPS

Použitím diferenčnej (rozdielovej) metódy merania sa dosiahne významného zvýšenia presnosti určovania polohy v reálnom čase. Vychádzame pri tom z poznatku, že diferencie údajov meraných dvoma blízkymi GPS prijímačmi sú zatiaľčené podstatne menšími chybami ako samotné namerané údaje. To je spôsobené vysokou koreláciou (vzájomnou závislosťou) chýb oboch meraní. Signál sa šíri od družice k oboj prijímačom po skoro rovnakej dráhe, preto ionosférické a troposférické oneskorenie signálu je zhruba rovnaké. Podobne sa prejavajú aj chyby efemerid družíc. Za nekorelované (nezávislé) môžeme považovať len chyby spôsobené samotnými prijímačmi a mnohocestným šírením signálu (rôzne odrazy od objektov, rušenia...). Mnohocestné šírenie potom môžeme považovať za hlavný faktor výslednej chyby diferenciálneho GPS. Meranie polohy pomocou DGPS je trochu zložitejšie ako pri GPS, pretože sú potrebné minimálne dva GPS

prijímače. Jeden prijímač je umiestnený stacionárne na známej polohe, ktorá sa určila geodetickým meraním. Tento prijímač sa nazýva RS - referenčná stanica. Táto stanica neustále uskutočňuje merania ku všetkým viditeľným družiciam, zmerané pseudovzdialenosti porovnáva s predpokladanými hodnotami (údajmi o svojej polohe) a ich rozdiely vysiela vlastným samostatným kanálom ku všetkým užívateľom DGPS. V prijímačoch ostatných DGPS užívateľov sa prijaté korekcie použijú k oprave merania a tak sa významne zvýši presnosť určenia ich polohy v reálnom čase. Korekčný údaj sa aktualizuje v intervale 1 až 15 sekúnd. Platnosť korekcií je v polomere 10 km centimetrová až decimetrová a v polomere 400 km je metrová. Formát opráv pre ich prenos bol navrhnutý v dokumente RTCM (Wikipedia, 2010).

Najznámejšie bezplatné korekčné signály sú európsky EGNOS, americký WAAS a japonský MSAS.

EGNOS predstavuje systém, ktorý zabezpečuje zvyšovanie presnosti satelitných navigačných systémov pre územie Európy. Systém pozostáva zo sústavy transpondérov (odpovedačov) umiestnených na troch geostacionárnych satelitoch pokrývajúcich územie východnej časti Atlantického oceánu a Európy a zo siete cca 40 pozemných staníc a štyroch kontrolných centier Gatwick (VB), Langen (Nemecko), Torrejon (Španielsko) a Fucino (Taliansko). Pozemné stanice systému EGNOS prijímajú signály vyslané satelitmi amerického systému GPS-NAVSTAR. Informácie o presnosti a spoľahlivosti týchto signálov sú ďalej šírené k užívateľom prostredníctvom transpondérov geostacionárnych satelitov EGNOS. Vďaka tomu získavajú užívatelia možnosť určiť polohu s presnosťou 2 m v porovnaní s presnosťou 20 m samotného signálu GPS. Verejné služby systému EGNOS sú poskytované zadarmo a v súčasnosti sú na odber týchto signálov pripravené takmer všetky moderné prijímače GNSS signálov. EGNOS predstavuje prvý celoeurópsky satelitný navigačný systém a je výsledkom spolupráce Európskej vesmírnej agentúry (ESA), Európskej komisie (EC) a organizácie Eurocontrol, európskej organizácie pre bezpečnosť leteckej navigácie (Kubík, 2009).

Môžeme sem zaradiť aj ďalšie komerčne dostupné signály ako napr. StarFire spoločnosti John Deere alebo OmniSTAR.

OmniSTAR je celosvetová diferenčná služba, využívajúca satelitné vysielanie. Pre sub-metrové služby sú využívané dáta z celosvetovo rozložených referenčných staníc. Pre vysokú presnosť HP sú využívané práve tieto referenčné stanice. Pre presnosť XP sú používané satelity na orbite Zeme a údaje korekcie hodín, ktoré sú nezávislé na umiestnení referenčných staníc (Omnistar, 2010).

1.3 RTK

Real Time Kinematic (Nozdrovický a kol.,2008) je najpresnejším systémom, ktorý umožňuje absolútnu presnosť určenia polohy v rozmedzí ± 2 cm. Princíp spočíva v prijímaní RTK signálu z rôznych pozemných korekčných staníc. Tento signál je šírený prostredníctvom rádiových vln alebo prostredníctvom technológie GPS. Signál prijímaný prostredníctvom rádiových vln z lokálnej základňovej stanice využíva bezplatné frekvencie. S cieľom získať presnejšie signály sa môžu využívať aj licencované frekvencie. Stanica má dva komponenty, rádio a satelitný prijímač. Satelitný prijímač musí byť umiestnený na stálom mieste, rádio môže byť umiestnené inde. Dosah týchto staníc býva 10 km, za touto vzdialenosťou nie je dosahovaná požadovaná presnosť. Spoľahlivosť je ovplyvňovaná členitosťou terénu, preto sa používajú zosilňovače signálu. Aby mohlo byť realizované opakovateľné učenie polohy RTK stanicou, musí byť stanica umiestnená na rovnakom mieste, alebo musí byť opakovane postavená na to isté miesto. Presnosť určenia polohy v rámci niekoľkých mm je možné dosiahnuť aj využitím niektorých „národných“ korekčných sietí, ktoré sú čoraz viac dostupné aj farmárom. Ide o tzv. kontinuálne pracujúce referenčné stanice CORS, ktoré prenášajú signál cez GPRS prostredníctvom mobilných operátorov.

1.4 Ostatné satelitné navigačné systémy

1.4.1 GLONASS

Podľa Rapanta (2002) je GLONASS družicový navigačný systém umožňujúci určovanie polohy, rýchlosti a času v trojrozmernom priestore, kdekoľvek a kedykoľvek na Zemi. Je určený pre:

- riadenie a zvýšenie bezpečnosti leteckej a námornej dopravy,
- geodéziu a kartografiu,
- monitorovanie pozemnej dopravy,
- synchronizáciu času medzi odľahlými miestami,
- ekologický monitoring,
- pre potreby vyhľadávacích a záchranných služieb.

Systém GLONASS je spravovaný Ruskými kozmickými silami pre potreby Ruskej federácie a je k dispozícii aj civilným užívateľom. Systém GLONASS sa skladá z troch častí (Rapant, 2002):

1. *Konštelácia družíc* - v súčasnosti je systém zložený z 14 družíc v troch orbitálnych rovinách vo výške 19100 km.
2. *Pozemné riadiace komplexy* – ktoré sú situované na území Spoločenstva nezávislých štátov. Hlavné riadiace centrum sa nachádza blízko Moskvy. Ďalšie sú umiestnené v Ternopole, St.Peterburgu, Jenisejsku, Komsomolsku, Amure a v Balkaši.



Obr.5: Rozmiestnenie staníc pozemného riadiaceho komplexu GLONASS (Rapant,2002)

3. *Navigačné vybavenia užívateľov* - užívateľský segment tvoria prijímače, užívatelia a postupy merania. Pretože je budúcnosť systému GLONASS nejasná, počet typov prijímačov je veľmi obmedzený. Prijímače vyrábané v Rusku, sú robustnej konštrukcie, určené hlavne pre vojenské použitie. Novšia generácia prijímačov je postavená na technológii integrovaných obvodov a má možnosť spracovávať aj GPS signál. Umožňujú kódové aj fázové merania.

1.4.2 Galileo

Navigačný systém Galileo je plánovaný kozmický systém, ktorý by sa mal stať alternatívou k americkému armádou kontrolovanému systému GPS a ruskému systému GLONASS. Jeho výstavbu realizuje Európska únia. Systém Galileo mal byť prevádzkyschopný od roku 2010, ale jeho realizácia sa oddiaľuje (Wikipedia, 2010).

Systém má pozostávať z 27 operačných družíc, obiehajúcich vo výške približne 23 tisíc kilometrov nad povrchom Zeme. Ďalšie tri družice budú tvoriť operačnú zálohu na obežnej dráhe, aby systém mohol byť pri technickom výpadku ktorejkoľvek družice okamžite doplnený na plný počet (Wikipedia, 2010).

Mal by poskytovať (Wikipedia, 2010):

- Vyššiu presnosť (v porovnaní s existujúcimi navigačnými systémami) dostupnú všetkým používateľom.

- Väčšie pokrytie signálom družíc obiehajúcich na vyšších obežných dráhach. Z tejto výhody bude ťažiť napríklad Škandinávia, ako najsevernejšia európska oblasť.
- Galileo by sa mal stať spoľahlivým, verejnosti celosvetovo dostupným satelitným navigačným systémom, využitelným súčasne európskymi štátmi aj pre vojenské účely.

Služby systému Galileo

Galileo bude poskytovať služby vo viacerých úrovniach zabezpečenia, od voľne prístupných až po služby štátnych záujmov s najvyšším zabezpečením (Kysucká hvezdáreň, 2011):

1. Open Service – OS - (verejná služba) – voľná, základná služba pozostáva z kombinácií voľných frekvencií, ktoré budú bez poplatkov. Umožní určovanie polohy a času aj pomocou iných GNSS systémov. Hlavné využitie sa predpokladá v mobilných telefónoch a v prenosných osobných počítačoch, to znamená služba pre širokú verejnosť. Je porovnateľná s GPS, ale s vyššou presnosťou a spoľahlivosťou.
2. Safety Of Life Service – SoF - (Služba „Bezpečného života“) – dopĺňa základnú službu, bude poskytovaná s vyššou presnosťou. Jej využitie bude najmä pre aplikácie, ktoré musia mať zabezpečený kvalitný signál, ako sú letecká a námorná doprava. Poskytuje informáciu účastníkovi, keď zlyhá integrita signálu do 6 sekúnd kdekkoľvek na svete. Bude mať zabezpečenú certifikáciu a garanciu.
3. Commercial Service – CS – (Komerčná služba) – Poskytuje lepší výkon, vyššiu presnosť a väčšie množstvo informácií ako základná služba. Je využitelná pre komerčné a profesionálne účely, na vývoj profesionálnych aplikácií. Bude spoplatnená, umožní prístup k dvom signálom s vysokou prenosovou rýchlosťou.
4. Public Regulated Service – PRS - (Služba obmedzená pre verejnosť) – poskytuje najvyššiu presnosť, hlavne pre národné a nadnárodné záujmy, najmä v oblasti bezpečnosti (civilná ochrana, ochrana štátnej bezpečnosti, polícia, záchranný systém, neverejné telekomunikačné siete). Bude prístupná iba pre autorizovaných užívateľov, signály budú kódované, odolné voči rušeniu.
5. Search and Rescue Service – SaR - (Pátracia a záchranná služba) – Bude slúžiť pre záchranné systémy, bude v ňom možné vysielat' a prijímat' núdzové signály a na zlepšenie medzinárodného záchranného systému COPPAS – SARSAT .

1.5 Presné poľnohospodárstvo

Presné poľnohospodárstvo predstavuje nový prístup hospodárenia na pôde založený na rozvoji informačných technológií. Od tradičného hospodárenia sa odlišuje tým, že zohľadňuje skutočnosť, že pole ako celok, ako aj pôda svojimi vlastnosťami, zásobami živín a vlhkosťou je priestorovo diferencované prostredie. Zdá sa byť logické efektívne využiť znalosti o variabilite produkčného potenciálu pôdy a prispôbiť jednotlivé prístupy hospodárenia k charakteru pôdno-klimatických podmienok konkrétnej lokality (AGRO Divízia s.r.o. Selice, 2010).

Podľa Rataja (2000) je pojem presného poľnohospodárstva úzko spojený so zavádzaním a využívaním informačných technológií v poľnohospodárstve. Presné poľnohospodárstvo spočíva v tom, že nechápe pole ako celok. Registruje ho ako diferencovanú plochu zloženú z mnohých dielčích plôch s rozličnými vlastnosťami. Ide najmä o tieto vlastnosti ako stav pH pôdy, obsah živín v pôde, zaburinenie, obsah vody v pôde, stav zhutnenia pôdy, mapa úrody.

Presné poľnohospodárstvo prináša viaceré výhody a nevýhody (Rataj, 2000).

Výhody:

- vytvorenie rovnomerne pokrytej zásoby živín na celej plánovanej parcele,
- aplikovanie živín len v tých miestach, kde je to nevyhnutne potrebné,
- zefektívnenie nákladov spojených s nákupom hnojiva,
- zníženie zaťaženia životného prostredia prehnojením,
- vytvorená mapa môže slúžiť na dopĺňanie údajov pre všetky nasledujúce obdobia.

Nevýhody:

- nutnosť spracovania mapy využiteľných živín,
- nutnosť spracovania aplikačnej mapy hnojenia,
- nutnosť využívania modernej aplikačnej techniky (dnes vo väčšine prípadov formou služieb),
- nutnosť využívania jednozložkových hnojív na rozdiel od tradičných viaczložkových.

1.6 Geografické informačné systémy

Geografický informačný systém (GIS) je informačný systém na získavanie, ukladanie, analyzovanie a manažovanie dát a príslušných vlastností, ktoré sú priestorovo

viazané k Zemi. Inak povedané, je to počítačový systém schopný integrácie, uchovávanía, úpravy, analýzy, zdieľania a zobrazovania geografických informácií (Wikipedia, 2010).

GIS je predovšetkým nástroj, ktorý umožňuje používateľom vytvárať interaktívne požiadavky, vyhodnocovať priestorové informácie, upravovať dáta a prezentovať výsledky všetkých týchto činností. Technológia geografických informačných systémov môže byť použitá na vedecké výskumy, vojenské použitie, v pôdohospodárstve, pri ochrane životného prostredia, plánovaní výstavby miest, kartografii, histórii, marketingu, pri návrhu výstavby ciest, elektrických alebo telekomunikačných vedení alebo pri ochrane proti prírodným katastrofám. Napríklad pri protipovodňovej ochrane možno pomocou GIS vypočítať možnú úroveň zaplavenia. Sú softvérové aplikácie umožňujúce prácu s digitálnou mapou územia so vzájomným napojením databáz k vlastným objektom definovaným v mape. Geografický informačný systém tak ponúka konečnému užívateľovi nielen možnosť nahradiť klasickú mapu so všetkými previazanými údajmi, ale poskytne všetkým možnosť dynamickej, teda užívateľsky prispôsobivej práce s mapou (Wikipedia, 2010).

Geografické údaje môžu byť v GIS organizované 2 základnými modelmi údajov. Táto reprezentácia sa následne odráža i v možnostiach spracovania, uloženia, analyzovania a prezentovania údajov. Ide o nasledovné dva modely (Lesy SR, 2010):

- Vektorový model údajov odráža reálne objekty ako výplň priestoru 3 základných typov prvkov v zvolenom súradnicovom systéme.
- Rastrový model údajov je charakterizovaný množinou bodov rovnakej veľkosti, pravidelne usporiadaných v riadkoch a stĺpcoch, podobne ako akýkoľvek iný obrázok v počítači. Presnosť daného modelu je potom určená veľkosťou bodu, ktorý má danú vlastnosť – farbu.

GIS ponúka možnosť geografického modelovania a analýzy na témy úplne nové, vytvorené na základe kombinovaných výberov z pôvodných grafických vrstiev. V GIS je obsiahnutá rada užívateľských nástrojov pre prácu s vektorovými a rastrovými údajmi, ktoré umožňujú údaje ďalej podrobne rôznymi spôsobmi a metódami spracovávať a analyzovať. Neoddeliteľnou súčasťou práce s mapou je i prehľadná prezentácia spracovaných údajov. Geografický informačný systém vo svojom ucelenom poňatí integruje zdroje z rôznych záujmových oblastí spracovania a nasadenia GIS a vo svojej komplexnej forme spolu s integrujúcimi sa prvkami, stáva sa efektívnym a racionálnym nástrojom výkonu správy v danom celku (Lesy SR, 2010).

1.7. Navádzanie strojových súprav

Navádzanie strojových súprav je možné rozdeliť do dvoch skupín. Ide o navádzanie strojových súprav bez využitia GPS a navádzanie s využitím GPS.

1.7.1 Navádzanie bez GPS

Landerl (2009) charakterizuje systémy navádzania bez GPS ako systémy, ktoré navádzajú traktor alebo iný mobilný energetický prostriedok pozdĺž riadkov rastlín, zemných násypov alebo pozdĺž brázdy. Navádzanie je založené na princípe kamery, ultrazvuku, mechanickej ruky alebo lasera (napr. Laser Pilot, firma Claas). Navádzanie je podobné ako u navádzania pomocou GPS. Stroj sa musí po otočení manuálne naviesť na správny riadok, potom preberá riadenie navádzací systém. Výhodou tohto riešenia je, že nie je potrebný žiadny korekčný signál, preto nemôžu ovplyvniť presnosť signálu žiadne vonkajšie vplyvy. Tieto systémy sú v mnohých prípadoch lacnejšie. Navádzacie systémy bez GPS sú v princípe využiteľné pre mechanizované práce, pri ktorých sa navádza podľa hmatateľných riadiacich línií napr. línie porastu (kukurica, cukrová repa). Ťažkosť majú tieto navádzacie systémy predovšetkým na plochách, kde navádzanie z dôvodu vysokej hustoty porastu nemá dostatočnú funkčnosť.

K dispozícii sú nasledovné systémy (Landerl, 2009):

- Mechanické hmatače – sú určené predovšetkým pre porasty, ktoré odolávajú mechanickému poškodeniu. Mechanické hmatače nie je možné nasadiť na hustých porastoch.
- Ultrazvukové senzory – rozoznávajú riadky rastlín a navádzajú stroj pozdĺž tohto riadku.
- Stereokamery – pomocou vpredu namontovanej stereokamery je možné monitorovanie priestoru. Táto kamera rozoznáva riadky rastlín, koľajové riadky alebo zemné hrádze. Nočné práce sú možné pri silnom umelom osvetlení.
- Laserové senzory – patria sem predovšetkým systémy navádzania kombajnov, ktoré pomocou lasera snímajú okraj porastu.

1.7.2 Navádzanie s GPS

Zariadenia na navádzanie strojov pozostávajú z GPS antény, prijímača a zobrazovacieho prvku umiestneného v kabíne mobilného energetického prostriedku. Existuje viacero variant navádzania pracovných súprav. Najčastejšie sú (Nozdrovický

a kolektív, 2008): model úvrat', centrálny pivot, A-B línia, identická krivka, voľný tvar, adaptívna krivka a podobne.

V súčasnosti je možné riadiť strojové súpravy tromi spôsobmi (Nozdrovický a kolektív, 2008):

1. Manuálne – operátor riadi stroj na základe zobrazovacích prvkov na monitore navigačného zariadenia. Zobrazovacie prvky môžu byť vo forme napr. svetelnej lišty, ale okrem svetelných signálov systém upozorňuje aj signálom akustickým. Samozrejme musí byť terminál umiestnený v zornom poli vodiča.
2. Systém asistovaného riadenia – zariadenie otáča volantom a tým sa znižuje únava obsluhy. Systém je spravidla tvorený zariadením, ktoré otáča volantom traktora alebo nejakého mobilného energetického prostriedku. Takéto zariadenia zvyknú byť prenosné.
3. Systém automatického riadenia – systém je pripojený na hydrauliku mobilného energetického prostriedku a s použitím GPS údajov riadi stroj automaticky. Aj tu môžu byť využité rôzne úrovne presnosti. Najčastejšie sú autopiloty využívané so systémom RTK.

1.8 Komerčné riešenia navádzania strojových súprav

1.8.1 Fendt Auto-Guide

Na úvod z užívateľského hľadiska treba uviesť, že systém AUTO-GUIDE je možné využiť na traktoroch značky Fendt série 700, 800, 900 Vario, ktoré sú vybavené 6-valcovým motorom. Medzi výrobnotechnické výhody tohto systému patria väčšia plošná výkonnosť traktorovej súpravy, dokonalejšie využitie šírky záberu pripojeného náradia, zníženie námahy obsluhy, úspora osiva, úspora paliva a času, vyššia produktivita práce (Žikla, Jablonický, Abrahám, 2009).

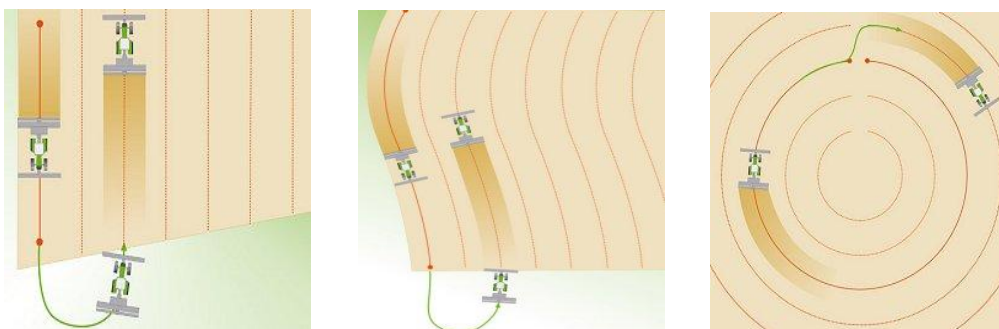
Systém Fendt Auto-Guide sa vyznačuje veľmi jednoduchou obsluhou čo vytvára predpoklad, že tento systém dokáže obsluhovať každý, kto dokáže obsluhovať základné prvky traktora. Pracovník získa pomerne rýchlo návyky a skúsenosti na obsluhu aj napriek celkovej zložitosti systému. Pre obsluhu znamená tento systém tieto výhody (Žikla, Jablonický, Abrahám, 2009):

- jednoduchá obsluha cez farebnú obrazovku,
- uľahčenie práce obsluhy,
- zníženie fyzickej a duševnej námahy.

V priebehu práce s traktorom možno sledovať jazdnú stopu z vtáčej perspektívy, pri otáčaní na úvratí možno sledovať pozíciu traktora. Po dosiahnutí úvrate systém vydáva akustický a optický signál. Na obrazovke sú ošetrené zábery vyznačené farebne a jednotlivé hranice pozemku sú vyznačené bodmi. Tento systém je vybavený systémom mapovania, čo znamená, že pri prerušení práce s traktorom sa uloží do pamäti aktuálna poloha a traktor môže pokračovať po návrate na pole presne v bode prerušenia práce. Ďalej možno vložiť do pamäte prekážky alebo iné okolnosti, ktoré bránia ošetroeniu pôdy. Pre režim Fendt pro Line je možné akustické upozornenie na prekážku. Systém Fendt Auto-Guide používa službu korekčného signálu Omni-Star (Fendt, 2010).

Vodiace vzory Auto-Guide (Fendt, 2010):

1. **Fendt – pro Line** – klasické navádzanie pozdĺž presných paralelných záberov dvoma bodmi po presných líniách (obr.č.6a).
2. **Fendt - proContour** – navádzanie pozdĺž zakrivených paralelných záberov (obr.č.6b).
3. **Fendt – proCircle** – navádzanie v kruhových záberoch, používané sú najmä v Austrálii a Severnej Amerike (obr.č.6c).



Obrázok 6a: Fendt-proLine Obrázok 6b: Fendt-proContour Obrázok 6c: Fendt - proCircle

Presnosť systému Fendt Auto-Guide^{PRO}

Presnosť systému je prepínateľná do viacerých volieb presnosti. Jednotlivé stupne presnosti sú rozdelené do troch skupín. Sú to VBS s presnosťou na 80 cm vhodná pre málo presné práce ako obrábanie pôdy. Ďalej je to druhý stupeň presnosti HP s presnosťou na 10 cm vhodný najmä na aplikáciu pesticídov, hnojív atď. Stupeň s najväčšou presnosťou nesie označenie BS vhodný najmä na sejbu. S týmto systémom je možné jazdiť aj po dlhšom časovom období po tej istej dráhe. Systém je vybavený funkciou, ktorá automaticky prepína presnosť signálu z VSB na HP. Toto kolísanie vzniká najmä pri prejazde pri stromoch, alebo pri iných prekážkach, ktoré znižujú kvalitu signálu. K dispozícii nie je len korekčný signál, ale aj vlastná referenčná stanica, ktorá vyšle korekčný signál nezávisle od

predplatenia. Použitie referenčnej stanice sa odporúča najmä pri zlom korekčnom signáli (Fendt, 2010).

Výhody referenčnej stanice sú nasledovné:

- žiadne poplatky,
- je možné využiť jednu stanicu pre viac traktorov,
- na stanicu nemá vplyv kvalita korekčného signálu.

Reálna presnosť závisí hlavne od kvality GPS signálu, presnosti korekčného signálu, faktorov systému traktora, nastavenia systému, prevádzkových podmienok na poli (Fendt, 2010).

Tabuľka 1: Základné parametre FENDT AUTO-GUIDE systému (Žikla, Jablonický, Abrahám, 2009)

System	Auto-Guide Standard VBS	Auto-Guide Precision HP	Auto-Guide High Precision BS
Korekčný signál	OmniSTAR VBS	OmniSTAR HP	Basisstation
Presnosť	±80 cm	±10 cm	±2 cm
Použitie	Obrábanie pôdy, hnojenie	Sejba, ochrana rastlín	Sejba, ochrana rastlín

1.8.2 John Deere

Spoločnosť ponúka riešenia na všetkých úrovniach riadenia strojových súprav. Využíva pri tom signály SF1, SF2 a RTK. Ide o tieto systémy (Nozdrovický a kolektív, 2008, John Deer, 2010):

1. Paralell tracking – manuálne navádzanie stroja, pomocou výstražných zvukových alebo svetelných signálov.
2. AutoTrack Universal Steering Kit – určený hlavne pre staršie generácie značky John Deer a traktory iných značiek. Obsahuje riadiaci motor a nový volant. Je prenosný medzi jednotlivými strojmi.
3. AutoTrack Integrated – integrovaný do stroja, neprenosný.

1.8.3 AgLeader

Spoločnosť AgLeader ponúka široký sortiment riešení pre navádzanie strojov na poli. Ponúka všetky tri stupne presnosti od 30 až po 2 cm. K dispozícii sú nasledovné možnosti riadenia stroja (AgLeader, 2010):

- Manuálne navádzanie s použitím displeja EDGE a INTEGRA - Oba displeje EDGE a INTEGRA disponujú vstavaným, plne vybaveným navádzacím systémom so svetelnou lištou priamo na displeji. To je ideálne pre prevádzkovateľov, ktorí chcú úplný systém presného poľnohospodárstva s integrovaným navádzaním - alebo pre prevádzkovateľov, ktorí chcú navádzanie, ale očakávajú rozšírenie používania presných technológií a nechcú nadbytočné investície do navádzacieho systému. Ako doplnok sa môže použiť svetelná lišta L160.
- Pre systém asistovaného riadenia sú určené produkty OnTrac 2 a ParaDyme. Asistenčný systém riadenia OnTrac2 od firmy Ag Leader je ekonomickou cestou k automatickému riadeniu traktorov, kombajnov, postrekovačov a naviac – bez zapojenia do hydrauliky.
- Automatický systém navádzania ParaDyme je najdokonalejším automatickým systémom riadenia v teréne. Patentovaný dual-anténny latový modul umožňuje operátorovi riadenie s centimetrovou presnosťou, znižuje vstupné náklady a únavu pri zvýšení presnosti.

1.8.4 Trimble

Spoločnosť Trimble ponúka pre navádzanie strojových súprav široký rad produktov ako sú svetelná navádzacia lišta EZ-250, alebo EZ-500. Užívateľ má k dispozícii zo všetkých úrovní presnosti navádzania. EZ Guide 500 je unikátna navádzacia svetelná lišta s mnohými funkciami a možnosťou rozšíriť systém o asistované riadenie EZ Steer. Systém pozostáva z motora systému, ktorý prijíma signál z kontroleru. Ten predáva informácie a inštrukcie elektromotoru. EZ-500 pracuje so signálom Omnistar XP/HP alebo s RTK stanicou. Systém asistovaného riadenia EZ Steer je zároveň vybavený funkciou kompenzácie naklonenia T2. V prípade využitia RTK signálu ide o systém automatického riadenia (AGRI CS Slovakia, 2010).

2. Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce je:

1. Uskutočniť technicko-marketingovú analýzu ponuky a využitia technických prostriedkov v oblasti podpory prevádzky navádzania techniky v systéme presného poľnohospodárstva. Poukázať na možnosti využitia týchto podporných prvkov ako aj na kladné a záporné stránky týchto technológií.

2. V podmienkach konkrétneho poľnohospodárskeho podniku a na príklade takéhoto systému je hlavným cieľom:

- Zrealizovať a vyhodnotiť meranie pri určitej pracovnej operácii.
- Porovnať presnosť tradičného spôsobu presnosti navádzania strojovej súpravy s tým, ktorý je navádzaný systémom asistovaného navádzania.
- Na základe týchto poznatkov poukázať na prínos systémov presného poľnohospodárstva a na efektívnosť prevádzky poľnohospodárskej techniky a tým aj celkovej výroby uskutočňovanej s podporou týchto systémov.

3. Metodika práce

3.1 Výber poľnohospodárskeho podniku využívajúceho produkty precízneho poľnohospodárstva na podnikovej úrovni a jeho krátka charakteristika

Experimentálne meranie sa uskutočnilo v podniku SEMA HŠ s.r.o., ktorý disponuje technológiou automatického navádzania strojových súprav.

3.2 Charakteristika a štúdium podnikom používaných podporných prostriedkov presného poľnohospodárstva z rôznych dostupných zdrojov, najmä reklamných materiálov a internetu

Sprostredkovateľom hardvérových podporných systémov je spoločnosť **GEODIS SLOVAKIA spol. s r.o.**, ktorá je dcérskou spoločnosťou GEODIS BRNO spol. s r.o. Je obchodnou a fotogrametrickou spoločnosťou zaoberajúcou sa predajom geodetických, GPS, laserových prístrojov, lekárskej techniky a zariadení pre tlač, poskytuje služby v oblasti fotometrie a geodézie.

Obchodná divízia spoločnosti pôsobí na území Slovenskej republiky, zastupuje výrobcu TOPCON CORPORATION, MUTOH INDUSTRIES a niektoré ďalšie. Ťažisko obchodnej činnosti spočíva v predaji positioning prístrojov a optických a oftalmologických prístrojov pre optiky, optomeristov a očných lekárov. Dôležitou súčasťou obchodnej činnosti je distribúcia špičkových technológií digitálnej tlače, technológií pre veľkoformátovú tlač, vrátane všetkých spotrebných materiálov (Geodis, 2010).

Presné navádzanie strojových súprav na poli realizuje podnik pomocou navádzacieho systému PCS-150.

Navádzací systém TOPCON PCS-150

V dnešnej dobe sa veľké množstvo farmárov nezameriava iba na vyššie výkony, ale taktiež na citlivé hospodárenie a ochranu životného prostredia. Do tohto náročného prostredia začínajú prenikať nové technológie, ktoré prinášajú farmárom zvýšenie zisku, úsporu nákladov na ochranu rastlín a s tým súvisiaca ochrana prírody. Samostatný GPS navigačný systém pre precízne poľnohospodárstvo je navrhnutý ku zvýšeniu produktivity práce na poli a ku zníženiu nákladov na aplikované materiály (Skoupý, 2010).



Obr. 7: Komunikačný terminál obsluhy s navigáciou

Navigačné systémy japonskej firmy TOPCON využívajú na svoju prevádzku nielen družice systému GPS (USA), ale tiež systém Glonass (ruský vojenský systém) a aj družice európskeho systému Galileo (v súčasnosti sa pripravuje). Práve pre tento fakt sa stáva tento systém spoľahlivejší, pretože oproti technológiám komunikujúcim s jedným systémom sa znižuje pravdepodobnosť, že v dosahu nebude žiadna družica (Paulová, 2010).

Automatické riadenie stroja

Systém TOPCON PCS-150 umožňuje automatické riadenie stroja alebo samohybného postrekovača. Systém disponuje funkciou pre automatickú kontrolu rozpoznávania hraníc a úvratí a tým zjednoduší obracanie stroja na úvrati a napojenie na ďalší riadok. Obsluha komunikuje s navigáciou prostredníctvom riadiacej jednotky umiestnenej v kabíne. S funkciou mapovania hraníc pozemku je systém schopný vytvoriť vonkajšie obrysy pola, ktoré môžeme kedykoľvek v budúcnosti použiť na akúkoľvek aplikáciu na poli. Na základe znalosti presnej výmery, tvaru pozemku je schopný presnejšie plánovať napríklad množstvo postrekov aplikovaných na poli a aj dobu potrebnú na vykonanie danej pracovnej operácie. Hlavným prínosom funkcie automatického mapovania pokrytia je hlavne spätná väzba a kontrola kvality pracovných operácií robených na poli. Mapovanie je automaticky spustené pri pracovnej operácii a po skončení práce je možné tieto informácie preniesť pomocou USB do počítača (Skoupý, 2010).

Súčasťou navádzacieho systému je aj **satelitný prijímač GPS AGI-3** ako kompletne riešenie pre riadenie smeru strojov na poli. Prijímač disponuje funkciou „GYRO“, ktorá má za úlohou kompenzáciu naklonenia súpravy na poli. Satelitný prijímač

je schopný prijímať všetky druhy dostupných D-GPS korekčných signálov vrátane RTK a je v nej umiestnený elektronický kompas (Skoupý, 2010).



Obr. 8: Satelitný prijímač GPS AGI-3 namontovaný na streche traktora

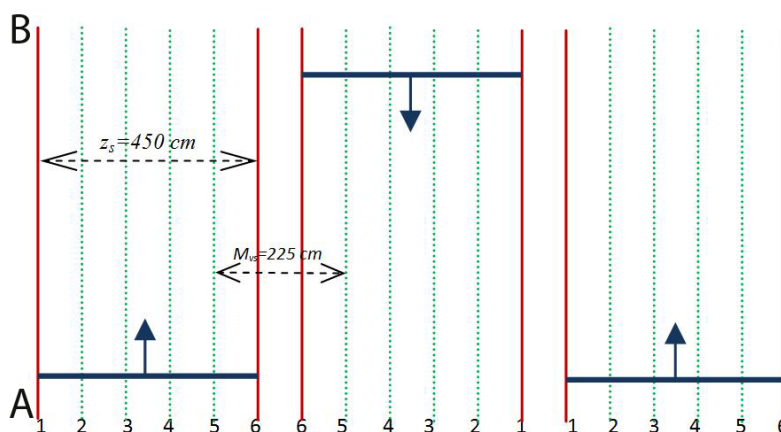
Presné elektronické riadenie AES-25 (servovolant) je systém plne kompatibilný s riadiacimi jednotkami PCS-150 (aj PCS-200 firmy TOPCON). Volant otáča súpravu pomocou elektromotoru. Výhodou tohto systému je kompletná zostava na automatické riadenie, ktorá je jednoducho prenášateľná medzi strojmi rôznej značky. Systém presného elektronického riadenia sa vyznačuje týmito vlastnosťami (Skoupý, 2010):

- rýchla a presná reakcia,
- dvojcentimetrová presnosť, plná kompenzácia naklonenia terénu, spätný chod,
- pohodlná a jednoduchá inštalácia, ľahko prenášateľný,
- kompatibilný so systémami PCS-150 (aj PCS-200) spoločnosti TOPCON,
- pri chytení volantu počas jazdy autopilot automaticky vypne a smer riadenia preberá obsluha.



Obr.9: Presné elektronické riadenie AES-25

Spôsob sejby znázorňuje aj nasledovná schéma, pričom zelená bodkovaná farba čiary znázorňuje aktívne sekcie sejačky, ktoré sú zároveň materskými rastlinami. Červená farba znázorňuje vypnuté sekcie a neskoršie uloženie osiva otcovských rastlín. Z_s označuje konštrukčný záber stroja všetkých šiestich sekcií. M_{vs} je medziriadková vzdialenosť dvoch na seba nadväzujúcich pracovných jázd, čiže vzdialenosť dvoch susedných materských rastlín. Zároveň je to vzdialenosť, ktorá bola predmetom merania.



Obr.11: Schéma realizovaného spôsobu sejby

Pri sejbě bol navádzací systém nastavený v režime „presná línia“, pri ktorej obsluha spravila prvý prejazd z bodu A, kde bol začiatok siatia do bodu B kde sa sejba končila. Všetky nasledujúce prejazdy boli vedené navádzacím systémom podľa tejto línie.

Otcovské rastliny sa siali „naslepo“ v troch opakovaníach prejazdom po koľajových riadkoch pomocou upravenej pneumatickej sejačky Becker. Úprava spočíva v znížení počtu aktívnych sekcií sejačky a prispôbení výsevných pätičiek sejačky požadovanej medziriadkovej vzdialenosti.

Na základe merania času, za ktorý strojová súprava prejde konštantnú vzdialenosť 100 m sa vypočítala rýchlosť pohybu strojovej súpravy po poli. Meranie času sa vykonalo 15 krát pre strojovú súpravu navádzanú pomocou systému GPS a pre súpravu pracujúcu pomocou značkovača. Celkom bolo meraných 5 prejazdov. Výsledná rýchlosť sa vypočítala pomocou vzťahu:

$$v = \frac{s}{t} \text{ ,m.s}^{-1} \quad (1)$$

kde:

s - prejdená dráha,

t – čas potrebný na prejazd dráhy.

Meranie medziriadkovej vzdialenosti sa uskutočnilo po vzídení porastu materských rastlín pre súpravu navádzanú systémom GPS a súpravu s podporou značkovača. Meranie sa uskutočnilo v 5 radoch celkom po 15 meraní. Aby bolo meranie čo najpresnejšie jednotlivé merania sa vykonávali vo vzdialenosti asi 50 m. Na meranie sa použilo geodetické posuvné meradlo (obr. 12).



Obr.12: Meranie medziriadkovej vzdialenosti

3.4 Vyhodnotenie informácií získaných na základe experimentálnych meraní.

Získané informácie sa vyhodnotili pomocou tabuľkového softvérového produktu MS Excel. Určili sa jednotlivé triedne intervaly, do ktorých sa zaraďovali jednotlivé hodnoty. V ďalšom kroku sa určovala relatívna početnosť nameraných údajov priradením hodnôt do jednotlivých intervalov. Na základe takto spracovaných údajov sa tieto zobrazili graficky pomocou histogramu, ktorý predstavuje grafické zobrazenie rozdelenia jednotlivých absolútnych alebo relatívnych početností zvolených tried. Medzi použité základné matematicko-štatistické ukazovatele patria smerodajná odchýlka, aritmetický priemer, rozptyl, modus, medián, minimálna hodnota a maximálna hodnota.

Aritmetický priemer patrí do skupiny číselných veličín, okolo ktorých sa jednotlivé údaje sústreďujú. Je to stredná hodnota zo všetkých hodnôt štatistického súboru.

Aritmetický priemer sa vypočíta nasledovne:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

kde:

x_i - hodnota premennej i -tej hodnoty,

n – počet hodnôt.

Smerodajná odchýlka hovorí o tom, ako široko sú rozložené hodnoty v množine.

Smerodajná odchýlka sa vypočíta:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

kde:

x_i - hodnota premennej i -tej hodnoty,

n – počet hodnôt,

\bar{x} – aritmetický priemer.

Rozptyl určuje strednú kvadratickú odchýlku jednotlivých nameraných hodnôt od výberového priemeru. Rozptyl sa vypočíta z nasledovného vzťahu:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

kde:

x_i - hodnota premennej i -tej hodnoty,

n – počet hodnôt,

\bar{x} – aritmetický priemer.

Modus je hodnota, ktorá sa v danom štatistickom súbore vyskytuje najčastejšie.

Medián je hodnota, ktorú definujeme ako prostrednú hodnotu usporiadaného štatistického súboru, ktorá ho rozdeľuje na dva početne rovnako veľké čiastkové súbory.

3.5 Zhodnotenie daného podporného systému pre presné

poľnohospodárstvo a poukázanie na možnosti využitia výsledkov

v ďalšej praxi.

Zhodnotiť a porovnať systémy navádzania bez GPS a s GPS a zhodnotiť vplyv technológií s podporou GPS na vykonávanie pracovných operácií.

4. Výsledky práce

4.1 Charakteristika poľnohospodárskeho podniku

Spoločnosť SEMA HŠ s.r.o. sa zaoberá najmä poľnohospodárskou prvovýrobou, kde hlavnú výrobnú činnosť tvorí rastlinná výroba. Poľnohospodársky podnik sa nachádza v kukuričnej oblasti, kde je možné pestovanie plodín náročnejších na dlhšie vegetačné obdobie. Spoločnosť je etablovaná na Trnavskej tabuli, kde je rovinný terén bez rizika veľkých vodných a veterných erózií.

Dominanciu v pestovaní si udržiavajú obilniny, najmä pšenica, jačmeň a kukurica, ktorých ročná produkcia sa v podniku pohybuje medzi 4000 až 4200 ton ročne. Ďalej sa pestujú aj strukoviny, predovšetkým hrach. Pre diverzifikáciu RV a striedanie plodín sa pestujú aj ďalšie plodiny, najmä lucerna. Od roku 1997 je spoločnosť registrovaná v ekologickom poľnohospodárstve ako výrobca bioproduktov. Ekologické poľnohospodárstvo je založené na zásade neznečisťovania okolitého životného prostredia. Spoločnosť sústreďuje export svojich bioproduktov najmä na západný trh.

V súčasnosti spoločnosť SEMA HŠ s.r.o. hospodári na 1313 ha poľnohospodárskej pôdy v katastrálnych územiach týchto obcí: Abrahám, Pusté Úľany, Malá Mača, Sládkovičovo, Veľký Grob.

Ďalej sa spoločnosť zaoberá živočíšnou výrobou. V roku 2004 investovala 11 mil. Sk do výkrmne ošípaných z fondov EÚ hlavne z projektu SAPARD. Touto investíciou stúpne ročne produkcia ošípaných z 200 t ročne na 500 t ročne.

K činnosti spoločnosti patrí aj poskytovanie poľnohospodárskych služieb, na základe objednávok a potrieb zákazníkov. Štruktúra poskytovaných služieb je odvodené od vozového a strojového parku, pričom charakter služieb nie je obmedzený iba na poskytovanie služieb v odvetví poľnohospodárstva.

Spoločnosť má pomerne moderný strojový park. Najmä vďaka investíciám sa podarilo strojový park obnoviť a zmodernizovať. V strojovom parku podniku sa nachádzajú traktory Fendt od radu 300 až po rad 900, ktoré úplne nahradili predošlé traktory používané v podniku. K zberu poľnohospodárskych plodín majú k dispozícii obilné kombajny značky Claas. Na vysokej úrovni sú tiež stroje na prepravu materiálu. Podnik má k dispozícii nákladné automobily Iveco a prívesné vlečky ZDT Nové Veselí vybavené s vyprázdňovacím dopravníkom. V prípade potreby dodatočného zavlažovania má podnik k dispozícii pásové zavlažovače. Je možno uviesť, že podnik má k dispozícii relatívne modernú techniku pre každú pracovnú operáciu.

4.2 Technológia pestovania osivovej kukurice

Technologický postup výroby osivovej kukurice použitý v roku 2009/2010:

Tabuľka č.2: Technologický postup výroby osivovej kukurice

Pracovná operácia	Termín	Poznámky	
Hnojenie priemyselnými hnojivami	28.10.2009	N = 30 kg P ₂ O = 30 kg K ₂ O = 30 kg	Obr.č.13
Orba	21.11.2009	Druh pôdy: ťažká Pôdny typ: černoziem pH pôdy: 7,5	Obr.č.14
Kompaktorovanie	9.4.2010	Aplikácia Azoteru	Obr.č.15
Hnojenie priemyselnými hnojivami	19.4.2010	N = 37 kg P ₂ O = 42 kg K ₂ O = 22 kg	
Sejba matky	22.4.2010	Aplikácia dusíka N = 30 kg	Obr.č.16
Aplikácia herbicídov	27.4.2010	Dual Gold 960EC preemergentne	Obr.č.17
Sejba 1.otca	1.5.2010	Sejačka Becker	Obr.č.18
Sejba 2.otca	8.5.2010	Sejačka Becker	
Ošetrovanie herbicídmi 1	10.5.2010	Callisto 480SC 2-3 listy matky	
Sejba 3.otca	13.,23.5.2010	Sejačka Becker	
Plečkovanie 1	8.-9.6.2010	4-5 listov +30kg N/močovina	Obr.č.19
Hnojenie dusíkom	9.6.2010	Aplikácia dusíka N = 30 kg 4-5 listov	
Ošetrovanie herbicídmi 2	23.6.2010	Laudis 5-6 listov matky	
Plečkovanie 2	28.6.2010	6 listov	
Selekcia	2.7.2010	Pred metaním, odstraňovanie slonov, iné vyššie rastliny, iná odroda	
Orezávanie	9.-12.7.2010	Pred kvitnutím, strojová kastrácia	Obr.č.20
Vyťahovanie metlín	14.-15.7.2010	Odstraňovanie metlín,	Obr.č.21
Ošetrovanie insekticídmi	16.7.2010	Integro Mora, víjačka, kukuričiar	
Ručná kastrácia	9.-22.7.2010	Pred kvitnutím, odstraňovanie metlín, oprava po stroji	
Vykášanie otca	23.8.2010	Po opelení, likvidácia otcovských riadkov	
Zber	28.9.2010	Vlhkosť zrna 25%, Bourgoin – zber klasov	Obr.č.22



Obr. 13: Rozhadzovač priemyselných hnojív Vicor



Obr. 14: 7-radličný otočný pluh Ostrom-Opava



Obr. 15: Kompaktor s možnosťou prihnojovania Ostrom-Opava



Obr. 16: Sejba matky presnou jednozrnkovou sejačkou MOREAU AGRI Monosem



Obr. 17: Postrekovače na aplikáciu herbicídov



Obr. 18: Sejačka Becker so špeciálnou úpravou na siatie otcovských rastlín



Obr. 19: Plečka MOREAU AGRI s možnosťou prihnojovania



Obr. 20: Detail orezávacieho ústrojenstva používaného na vyrovnávanie porastu



Obr. 21: Detail vyťahovacieho ústrojenstva



Obr. 22: Zberač klasov Burgion

Medzi charakteristické črty výroby osivovej kukurice v podniku patrí hlavne rozdelené sietie materských a otcovských riadkov. Otcovské sietie sa robí v dvoch opakovaniach za sebou asi s týždňovým oneskorením (obr. 23). Ďalej je to ošetrovanie porastu plečkovaním a úprava porastu pracovnými operáciami, medzi ktoré patrí orezávanie metlín, vyťahovanie metlín. Medzi najnáročnejšie operácie z hľadiska potreby živej pracovnej sily patrí ručná kastrácia, ktorá slúži ako oprava kastrácie po stroji. V procese zberu sa zberajú celé klasy, z ktorých sa vyrába osivová kukurica. Na zber klasov využíva okrem vlastných zdrojov aj služby.



Obr. 23: Porast kukurice po vzídení

4.3 Popis použitej strojovej súpravy na siatie

Pri technologickej operácii sejba používa podnik presnú jednozrnkovú sejačku MOREAU AGRI Monosen a traktor Fendt 312 Vario.

Charakteristika traktora Fendt 312 Vario je uvedená v tabuľke č.3:

Tabuľka č.3: Technické parametre Fendt 312 Vario

Menovitý výkon (kW/PS) (ECE R24)	81 / 110
Menovitý výkon (kW/PS) (EG 97/68)	91 / 124
Max. krútiaci moment (Nm/ot.)	515 / 1450
Zdvihový objem(cm ³)	4038
Max. rýchlosť (km/h)	40
Počet valcov	4
Druh prevodovky	plynulá prevodovka Vario
Druh vstrekovania	Common-Rail
Celková dĺžka (mm)	4150
Celková šírka (mm)	2385
Celková výška (mm)	2800

Charakteristika sejačky MOREAU AGRI Monosen:

Sejačka MOREAU AGRI Monosem je 6 riadková sejačka. Skladá sa z nosného rámu, zásobníka na zrnó s celkovým objemom 52 litrov a zásobníka na priemyselné hnojivo. Pracovný záber tejto sejačky je 4,5 m a nastavená medziriadková vzdialenosť bola 75 cm.



Obr.24: Strojová súprava Fendt 312 a presná sejačka Monosem

4.4 Namerané hodnoty a vyhodnotenie výsledkov

4.4.1 Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so značkovačom

Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy navádzanej pomocou značkovača sa vyhodnotili na základe merania času, za ktorý prejde strojová súprava vzdialenosť 100 m.

Namerané hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy sú uvedené v tabuľke č.4:

Tabuľka č.4: Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so značkovačom

	t (s)	s (m)	v_p (m.s⁻¹)	v_p (km.h⁻¹)
1.	49,3	100	2,02	7,30
2.	49,6	100	2,01	7,25
3.	49,1	100	2,03	7,33
4.	49,2	100	2,03	7,31
5.	48,8	100	2,04	7,37
6.	49,4	100	2,02	7,28
7.	49,2	100	2,03	7,31
8.	49,4	100	2,02	7,28
9.	48,8	100	2,04	7,37
10.	49,4	100	2,02	7,28
11.	48,4	100	2,06	7,43
12.	49,5	100	2,02	7,27
13.	49,2	100	2,03	7,31
14.	49,1	100	2,03	7,33
15.	48,9	100	2,04	7,36

Postupným pozorovaním vidieť, že pracovná rýchlosť je vo všetkých meraniach veľmi podobná. Je to spôsobené tým, že strojník strojovej súpravy použil na regulovanie rýchlosti pohybu stroja po poli tempomat. Tento bol nastavený na hodnotu 7,0 km.h⁻¹. Hodnota pracovnej rýchlosti približne zodpovedá hodnotám, ktoré sa zistili pomocou meraní.

Možné odchýlky pri meraní mohol spôsobiť hlavne pozorovateľ predčasným spustením alebo oneskoreným vypnutím použitého meradla (stopky), alebo možnou odchýlkou pracovnej rýchlosti, ktorú mohol spôsobiť regulačný systém rýchlosti traktora t.z. tempomat.

4.4.2 Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so systémom GPS

Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so systémom automatického riadenia stroja sú uvedené v tabuľke č.5:

Tabuľka č.5: Hodnoty pracovnej rýchlosti strojovej súpravy so systémom GPS

	t (s)	s (m)	v_p (m.s ⁻¹)	v_p (km.h ⁻¹)
1.	49,2	100	2,03	7,31
2.	49,2	100	2,03	7,31
3.	49	100	2,04	7,34
4.	48,8	100	2,04	7,37
5.	49,4	100	2,02	7,28
6.	49,5	100	2,02	7,27
7.	49,5	100	2,02	7,27
8.	48,4	100	2,06	7,43
9.	49,2	100	2,03	7,31
10.	49,1	100	2,03	7,33
11.	49,4	100	2,02	7,28
12.	49,2	100	2,03	7,31
13.	48,9	100	2,04	7,36
14.	49,5	100	2,022	7,27
15.	49	100	2,04	7,34

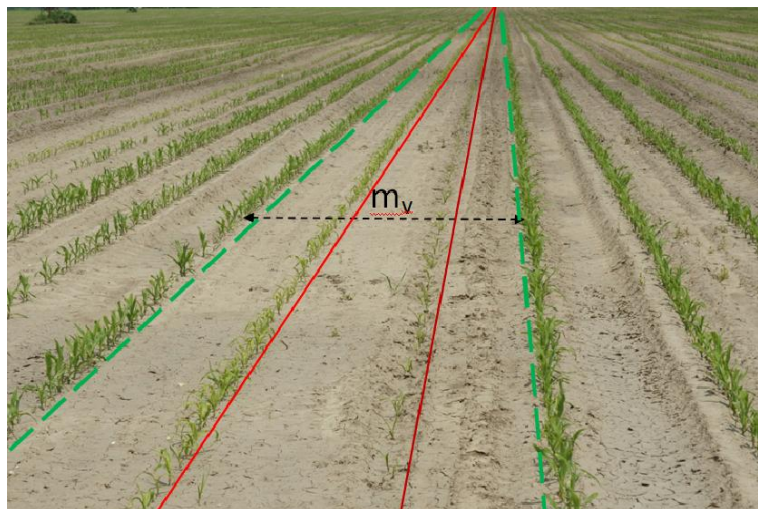
Postup pri meraní pracovnej rýchlosti s navádzacím systémom bol rovnaký ako so značkovačom. Ako aj pri meraní so značkovačom možné odchýlky pri meraní mohol spôsobiť hlavne pozorovateľ predčasným spustením alebo oneskoreným vypnutím stopiek alebo miernym kolísaním pracovnej rýchlosti strojovej súpravy traktora.

Nakoľko pracovné rýchlosti strojových súprav boli v oboch prípadoch takmer identické a regulované tempomatom nebolo možné zistiť ako sa mení plošná výkonnosť strojových súprav závislosti na použitej technológii.

4.4.3 Namerané hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pri použití značkovača

Pre účely tejto práce je medziriadková vzdialenosť dvoch susedných jász klúčová. Je to vzdialenosť medzi dvomi krajnými riadkami materských rastlín. Meranie tejto vzdialenosti sa vykonalo po čiastočnom vzídení porastu pomocou vysúvacieho geodetického meradla. V podstate táto vzdialenosť určuje presnosť pohybu strojovej súpravy na poli. Na obrázku č.25 je znázornený už vzídený porast, kde zelenou farbou sú

zvýraznené materské riadky a červenou farbou sú zvýraznené otcovské rady a taktiež je označená meraná medziriadková vzdialenosť.



Obr.25: Vyznačenie medziriadkovej (meranej) vzdialenosti dvoch susedných jazd

Pri meraní hodnôt sa odmerala medziriadková vzdialenosť v každom meranom riadku celkom 15 krát. Počet riadkov, na ktorých sa uskutočnilo meranie bolo päť. Namerané hodnoty sú uvedené v nasledovnej tabuľke č.6:

Tabuľka č.6: Namerané hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pri použití značkovača

	Medziriadková vzdialenosť (cm)				
	<i>Riadok č. 1</i>	<i>Riadok č. 2</i>	<i>Riadok č. 3</i>	<i>Riadok č. 4</i>	<i>Riadok č. 5</i>
1.	222	221,5	223	225	228
2.	219	222	221	225,5	225,5
3.	219,5	219,5	215,5	218,5	221
4.	220	221,5	221,5	222	219
5.	225,5	220	220,5	224,5	221,5
6.	215	221,5	218	223,5	222
7.	217	223	220	223	220,5
8.	217,5	222	221,5	220	218,5
9.	218	223	218	225	226,5
10.	217	223,5	229	226,5	227
11.	221	224,5	220	225	222,5
12.	220,5	224	220	223	224
13.	221,5	220	219	221	222
14.	220	222,5	223	224	220
15.	218,5	224	225,5	224	219
Σ	3292	3332,5	3315,5	3350,5	3337
m_v priem.	219,4666667	221,5666667	221,0333333	223,3666667	222,4666667

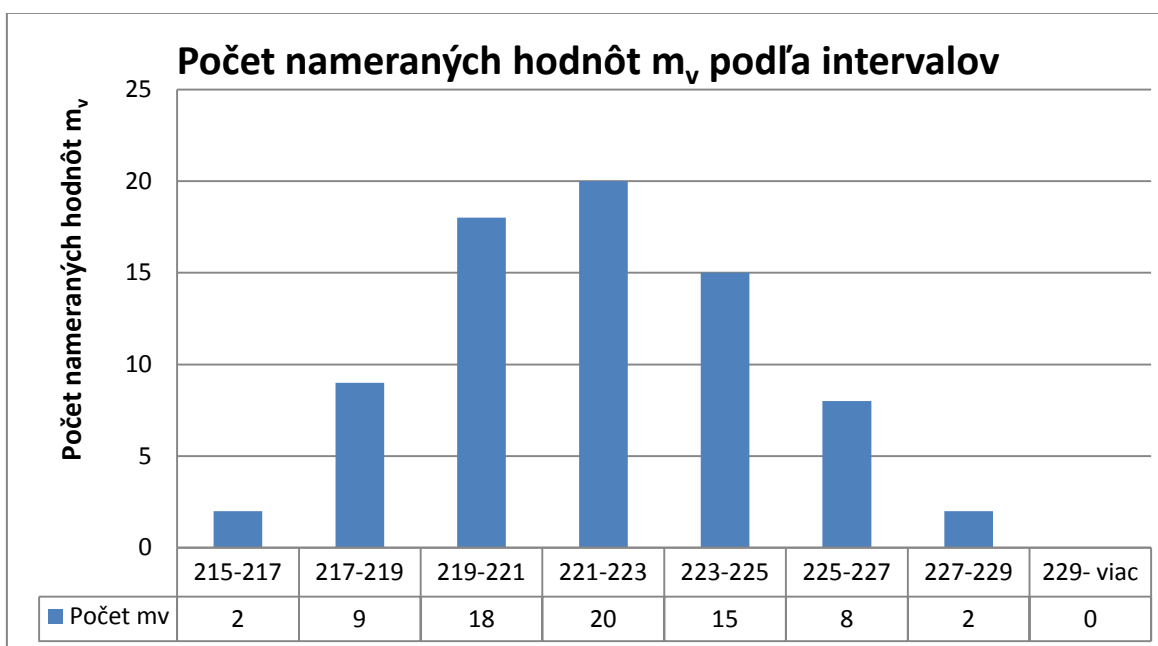
Z nameraných hodnôt vyplýva, že najmenšia hodnota nameranej medziriadkovej vzdialenosti je 215 cm a najvyššia hodnota medziriadkovej vzdialenosti je až 229 cm. Priemerná hodnota medziriadkovej vzdialenosti je 221,72 cm. Nasledujúcim krokom bolo rozdelenie nameraných hodnôt medziriadkových vzdialeností do triednych intervalov.

Rozdelenie do intervalov ako aj početnosť v jednotlivých intervaloch je uvedená v tabuľke č.7:

Tabuľka č.7: Počet hodnôt medziriadkových vzdialeností v intervaloch pri použití značkovača.

Interval	Počet nameraných hodnôt m_v	Percentuálny podiel
215-217	2	3%
217-219	9	12%
219-221	18	24%
221-223	20	27%
223-225	15	20%
225-227	8	11%
227-229	2	3%
229- viac	0	0%

Z tabuľky č.7 vyplýva, že podmienke presnosti sejby ± 2 cm od požadovanej hodnoty medziriadkovej vzdialenosti 225 cm vyhovuje 31% z celkového počtu uskutočnených meraní čo predstavuje 23 úspešne dodržaných medziriadkových vzdialeností z meraného súboru 75 hodnôt. V grafickom vyjadrení je zastúpenie jednotlivých medziriadkových vzdialeností nasledovné:



Graf č.1: Rozdelenie nameraných medziriadkových vzdialeností v závislosti od rozdelenia do intervalov pri použití značkovača.

Z grafu vyplýva, že hodnoty medziriadkových vzdialeností sú posunuté vľavo. Preto sa nachádza väčší počet nameraných hodnôt pod hodnotou 223 cm. Tento počet predstavuje až 69% všetkých nameraných hodnôt.

Pre údaje namerané pri využití značkovača patria nasledovné základné štatistické ukazovatele uvedené v tabuľke č.8:

Tabuľka č.8: Základné štatistické ukazovatele pre technológiu so značkovačom.

Aritmetický priemer	221,72
Smerodajná odchýlka	2,9308
Rozptyl	8,5898
Medián	221,5
Min hodnota	215
Max. hodnota	229

Pri meraní jednotlivých hodnôt medziriadkových vzdialeností treba brať v úvahu možné chyby merania. Chyby pri meraní môžu plynúť z chybného odčítania údaju z meradla pri meraní medziriadkovej vzdialenosti. Ďalšou možnou chybou mohlo byť zlé priloženie meradla k rastline a tak predĺženie alebo skrátenie meranej vzdialenosti. Nakoľko sa merala presnosť siatia na ± 2 cm je možné povedať, že údaje sú veľmi citlivé na presnosť merania.

4.4.4 Namerané hodnoty medziriadkových vzdialeností s využitím GPS

Namerané hodnoty medziriadkových vzdialeností sú uvedené v tabuľke č.9:

Tabuľka č. 9: Namerané hodnoty medziriadkových vzdialeností s využitím systému GPS.

	Medziriadková vzdialenosť (cm)					
	Riadok č. 1	Riadok č. 2	Riadok č. 3	Riadok č. 4	Riadok č. 5	Riadok č. 6
1.	225	222,5	214,5	224	227,5	222
2.	225,5	227	215	223,5	224,5	223
3.	221	226	210	225	228	223,5
4.	225	227	213	224	229,5	224
5.	222,5	227	217	223,5	224,5	223
6.	224,5	228,5	214,5	224,5	224,5	221,5
7.	224	225	215	224	223,5	222,5
8.	221,5	222	215	227	223,5	227
9.	221	223	217	228	224,5	225,5
10.	225	226,5	213	222,5	227	224
11.	224,5	225	216,5	223	223	223,5
12.	224,5	222,5	215	225	225	226,5
13.	221	222	207	224	225	227,5
14.	222	225	216,5	219	224,5	228
15.	218,5	223,5	218,5	221,5	222,5	224,5
Σ	3568,5333	3597,3333	3227,5	3358,5	3377	3366
m _v priem.	223,03333	224,83333	215,16667	223,9	225,133333	224,4

Pri siatí kukurice na osivo využívala v druhom prípade strojová súprava navádzací systém GPS. Využívala pritom presnosť navádzania RTK, ktorá zabezpečuje navádzanie strojovej súpravy na presnosť ± 2 cm. Zdroj RTK signálu poskytovala služba SKPOS a bola prijímaná pomocou mobilného telefónu, ktorý bol s navigáciou prepojený technológiou bluetooth. Strojová súprava bola ďalej vybavená servovolantom pre zabezpečenie maximálnej presnosti navádzania pri sejbe. Obsluha mala za úlohu otáčanie na úvratiach a navedenie na približný smer jazdy, po ktorom riadenie strojovej súpravy preberala navádzacia technika.

Pri meraní 3. riadku boli namerané permanentne asi o 10 cm nižšie hodnoty. Dôvod tejto nezhody sa nezistil, ale tento riadok sa vyhodnotil ako hrubá chyba a nezaradil sa do výpočtov.

Pri meraní medziriadkových vzdialeností sa použil rovnaký postup ako pri meraní presnosti sejby s podporou značkovača. Merania sa opakovali v šiestich riadkoch, každých 20 metrov a v každom rade po 15 opakovaní. Ako pri meraní siatia so značkovačom aj tu sa merala vzdialenosť dvoch krajných riadkov materských rastlín, medzi ktorými boli

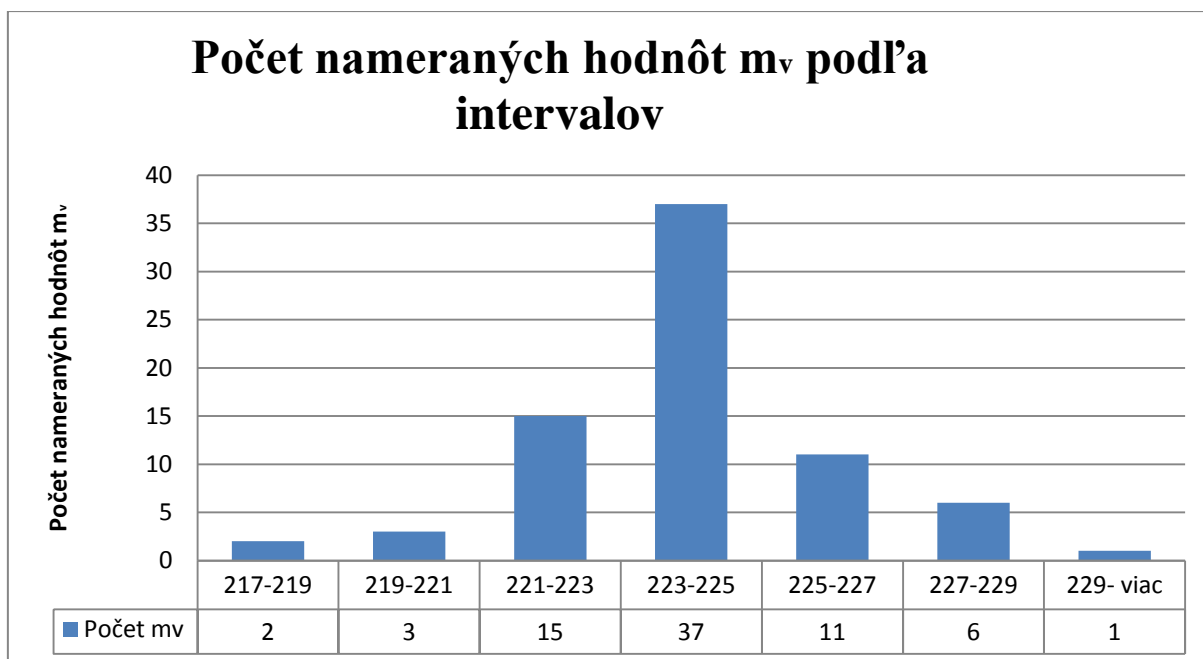
umiestnené otcovské rastliny. Aj v tomto prípade určuje táto vzdialenosť presnosť navádzania. V nasledujúcej tabuľke (tabuľka č.10) sú namerané medziriadkové vzdialenosti rozdelené do intervalov a sú určené ich početnosti:

Tabuľka č.10: Počet hodnôt medziriadkových vzdialeností v intervaloch pri použití automatického riadenia.

Interval	Počet nameraných hodnôt m_v	Percentuálny podiel
217-219	2	3%
219-221	3	4%
221-223	15	20%
223-225	37	49%
225-227	11	15%
227-229	6	8%
229- viac	1	1%

Z tabuľky č.10 vyplýva, že podmienke presnosti sejby ± 2 cm od požadovanej hodnoty medziriadkovej vzdialenosti 225 cm vyhovuje 61% z celkového počtu uskutočnených meraní čo predstavuje 48 úspešne dodržaných medziriadkových vzdialeností z celkového počtu 75 meraných hodnôt.

V grafickom vyjadrení je zastúpenie jednotlivých medziriadkových vzdialeností nasledovné:



Graf č.2: Rozdelenie nameraných medziriadkových vzdialeností v závislosti od rozdelenia do intervalov pri použití systému GPS.

Na grafickom vyjadrení vidieť, že 61% nameraných hodnôt sa nachádza v požadovanom intervale ± 2 cm od požadovanej medziriadkovej vzdialenosti 225 cm, čo predstavuje 48 úspešných meraní z celkového počtu 75 meraných hodnôt.

Presnosť sejby mohla ovplyvniť aj vôľa v konštrukcii sejačky, vôľa pri uchytení sejačky na zadný trojbodový záves traktora. Tieto skutočnosti mohli ovplyvniť uloženie osiva do pôdy aj viac ako o ± 2 cm aj pri plne funkčnom navádzaní. Pri absolvovaní skúšobnej jazdy na súpave som spozoroval občasné vypadávanie RTK signálu v dôsledku prerušeného prenosu dát z mobilného telefónu. V dôsledku tohto výpadku prestal fungovať servovolant. Tento výpadok trval iba dovtedy, kým obsluha stlačením hardwarového tlačidla neobnovila funkciu autopilota. Táto doba trvala asi niekoľko sekúnd. Takýto výpadok bol zaregistrovaný asi pri dvoch pracovných jazdách. Ďalším faktorom, ktorý mohol ovplyvniť presnosť sejby a konečnom dôsledku aj vyhodnocované údaje bol smer vyklíčenia osiva v zemi. Nakoľko bolo počasie v priebehu sejby aj merania veľmi daždivé aj tento faktor mohol ovplyvniť celkový výsledok merania.

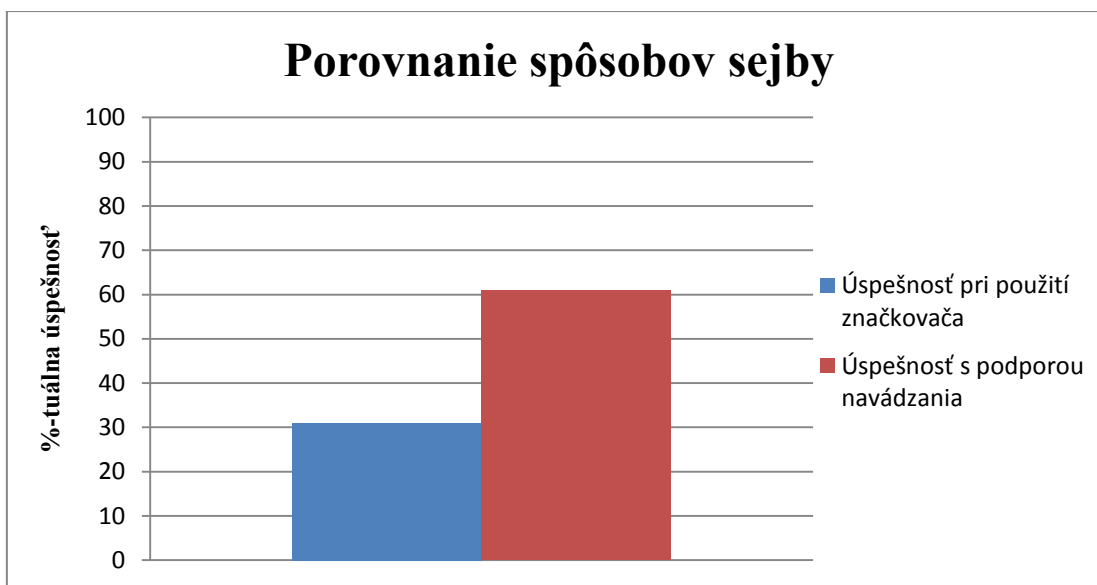
Pre namerané hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pre navádzanú strojovú úpravu som vypočítal nasledovné základné štatistické ukazovatele uvedené v tabuľke č.11:

Tabuľka č.11: Základné štatistické ukazovatele pre technológiu so systémom GPS.

Aritmetický priemer	222,63
Smerodajná odchýlka	4,30
Rozptyl	18,35
Medián	223,75
Modus	225
Minimálna hodnota	218,5
Maximálna hodnota	229,5

4.4.5 Porovnanie výsledkov v závislosti od použitej technológie

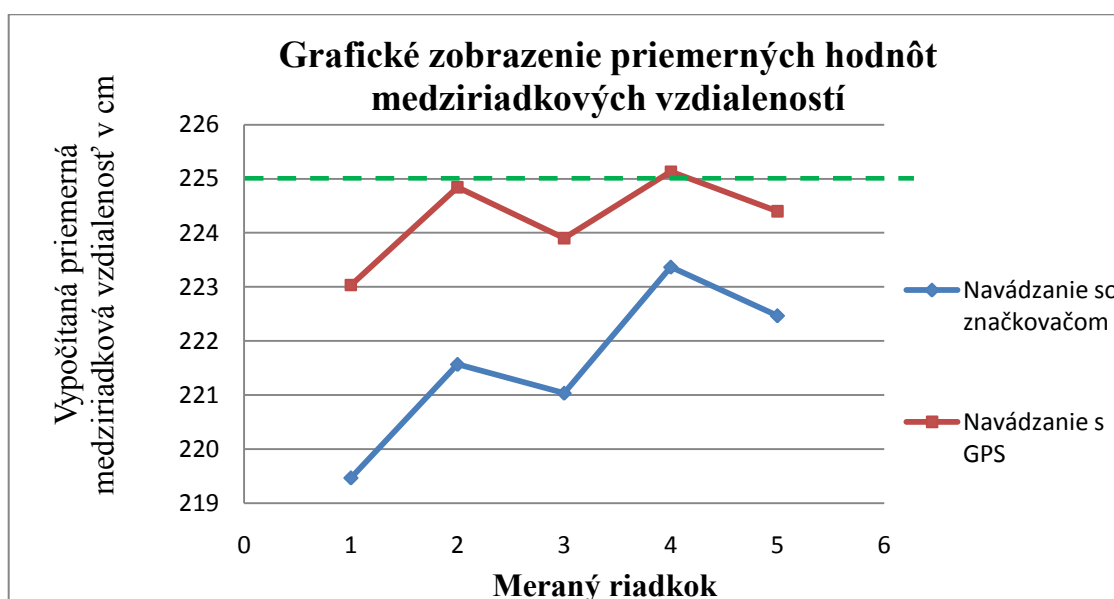
V závislosti od použitej technológie podpory navádzania strojových súprav na poli som dospel k záveru, že navádzanie strojovej súpravy pomocou technológie GPS, kde sme dosiahli výsev na konečnú vzdialenosť v 61% všetkých nameraných hodnôt. Pri sejbe pomocou značkovača sme dospeli k hodnote 31%. Tento rozdiel je znázornený a nasledujúcom grafe:



Graf č.3: Porovnanie sejby pomocou značkovača a sejby s podporou technológie GPS

Z uvedeného grafu vyplýva, že pri sejbě kukurice s podporou technológie navádzania sme dosiahli o 30% vyššiu úspešnosť uloženia osiva do pôdy na požadovanú vzdialenosť v intervale ± 2 cm od hodnoty medziriadkovej vzdialenosti (m_{vs}) dvoch krajných riadkov materských rastlín. Táto predstavovala hodnotu 225 cm.

Na nasledujúcom grafe sú zobrazené priemerné hodnoty, ktoré sa namerali a vypočítali pre každý riadok. V každom riadku bola medziriadková vzdialenosť meraná celkom 15 krát s odstupom 25 m pre čo najpresnejší výsledok. Každému bodu na grafe patrí príslušná priemerná hodnota medziriadkovej vzdialenosti v danom riadku pre ručné navádzanie a pre automatické navádzanie strojovej súpravy.



Graf č.4: Grafické zobrazenie priemerných hodnôt nameraných medziriadkových vzdialeností

Za nami chcenú medziriadkovú vzdialenosť považujeme vzdialenosť dvoch susedných materských rastlín, ktorej hodnota je 225 cm. Vzdialenosť je vyznačená na grafe zelenou čiarou. Použitý systém automatického navádzania TOPCOM s technológiou RTK navádza na presnosť ± 2 cm. Potom môžeme považovať interval od 223 po 227 cm za podmienku presnosti sejby. Na grafe č.4 je vidieť, že všetky priemerné hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pre systém automatického riadenia sa nachádzajú v tomto intervale. Naopak pre tradičný spôsob navádzania pomocou značkovača je táto podmienka dosiahnutá iba v riadku č.4. Priemerné hodnoty zvyšných riadkov nameranej medziriadkovej vzdialenosti značkovača ležia pod úrovňou 223 cm.

Predmetom merania bolo aj meranie dosahovanej pracovnej rýchlosti, od ktorej sa odvíja plošná výkonnosť. Nakoľko pri meraní strojovú súpravu reguloval tempomat, zistenie závislosti zmeny plošnej výkonnosti od použitej spôsobu navádzania nebolo preukazné.

5. Diskusia

Predmetom merania v rámci tejto práce bolo meranie medziriadkovej vzdialenosti pri siatí kukurice na osivo. Pri pracovnej operácii sejba bola použitá technológia automatického navádzania stroja poli. Hardvérovo bola navigácia zabezpečená produktmi značky TOPCON. Uvedená technológia sa skladala z antény prijímača GPS signálu, terminálu navigácie, servovolantu a mobilného telefónu zn. Nokia. Strojová súprava bola navádzaná na konečnú presnosť 2 cm, na ktorú je potrebný aj príjem RTK signálu. Signál RTK bol poskytovaný službou SKPOS a prijímaný prostredníctvom mobilného telefónu.

Z porovnania výsledkov v podkapitole 4.5.5 vyplýva výrazné zvýšenie presnosti sejby s podporou technológie automatického riadenia stroja po poli. Počet odmeraných medziriadkových vzdialeností pri sejbe so značkovačom, ktoré zodpovedali podmienke ± 2 cm od požadovanej vzdialenosti sejby bol 23, čo predstavuje 31% z celkového počtu meraní. Pri sejbe s využitím automatického riadenia súpravy bola táto hodnota až 48 čo predstavuje 61% z celkového počtu meraní. Z uvedeného vyplýva, že nastalo navýšenie presnosti sejby až o 30% oproti konvenčnému spôsobu sejby so značkovačom, ktoré je znázornené aj na grafe č.3 v podkapitole 4.5.5. Na grafe č.4 je zobrazené uloženie priemerných hodnôt medziriadkových vzdialeností pre riadky 1-5. Pri technológií navádzania pomocou GPS leží 100% hodnôt v intervale 223 až 227 cm, čiže vyhovujú odchýlke ± 2 cm od požadovanej medziriadkovej vzdialenosti. Naproti tomu pri práci so značkovačom leží v tomto intervale iba 1 riadok z 5.

Landerdl (2009) z Pôdoznaleckej univerzity vo Viedni vo svojej diplomovej práci porovnáva 3 spôsoby navádzania. Ide o tradičné ručné navádzanie bez podporných systémov, navádzanie pomocou navádzacieho asistenta (napr. diódová lišta) a pomocou navádzacieho automatu (systém otáča volantom traktora). Použitá technika pozostávala z traktora John Deer 8530, 5 m širokých brán a navádzacieho systému firmy John Deer pre asistované navádzanie Parallel Tracking a pre automatické navádzanie AutoTrac SF1 pracujúce na presnosť 20 až 30 cm. Súprava prijímala bezplatný korekčný signál EGNOS. V prípade hodnotenia presnosti týchto systémov sa nesústreďuje na počet presne dodržanej medziriadkovej vzdialenosti ako je to v prípade tejto práce, ale sa sústreďuje na zmeranie prekrytia jednotlivých jázd. Vo výsledkoch uvádza, že percentuálne prekrytie pri jazde s 5 m širokým náradím bez využitia navádzania je na úrovni 13%, pri asistovanom navádzaní klesá táto hodnota na 1,5% a pri využití automatického navádzania je táto hodnota 1,3%.

Landerl (2009) ďalej porovnáva aj vplyv využitia jednotlivých spôsobov navádzania strojových súprav na spotrebu času a spotrebu pohonných hmôt. Vo výsledkoch uvádza, že úspora pracovného času v porovnaní s tradičným ručným riadením traktora bez podporných systémov pri využití asistovaného navádzania je 13,4% a pri automatickom navádzaní je táto hodnota 8,5%. Takisto bola zaznamenaná klesajúca tendencia spotreby PHM pri asistovanom riadení 9,8% a pri automatickom riadení až 9%.

Zhrnutím výsledkov oboch prác možno povedať, že:

- systémy navádzania strojových súprav zvyšujú presnosť vykonania pracovných operácií,
- znižuje sa prekrytie oproti práci vykonávanej bez navádzania,
- znižuje sa spotreba PHM,
- znižuje sa spotreba pracovného času,
- pri automatickom navádzaní, kde systém preberá kontrolu nad strojovou súpravou možno uviesť, že dochádza k zníženiu únavy vodiča, nakoľko slúži ako kontrolný element.

Siatie s presnosťou 2 cm sa môže považovať vo všeobecnosti za relatívne náročný cieľ. Vysiatie osiva môže ovplyvňovať celé rada rušivých faktorov. Tieto nepresnosti uloženia môžu plynúť napr. z novej konštrukčnej vôle na sejačke, alebo na iných častiach strojovej súpravy. Počas merania bol zaregistrovaný aj výpadok funkčnosti autopilota. Táto nefunkčnosť trvala iba dotedy, pokiaľ obsluha strojovej súpravy znova neaktivovala autopilota hardvérovým tlačidlom na obslužnom paneli systému navádzania (asi 10 sekúnd). Nakoľko sa korekčný signál RTK prijímal prostredníctvom mobilného telefónu spôsobením preťaženia siete alebo malou rýchlosťou prenosu dát prostredníctvom technológie GPRS, mohla byť táto skutočnosť príčinou výpadku autopilota. Druhým rušivým faktorom mohla byť umiestnenie vysokonapäťového vedenia prechádzajúceho priamo nad poľom. Nevyhnutnou podmienkou zabezpečenia bezporuchovej a spoľahlivej prevádzky je neustále zdokonaľovanie týchto technológií. K rušeniu signálu odrazom z okolitých budov tzv. „viaccestnému efektu“ nemohlo dôjsť, nakoľko sa v okolí poľa nenachádzala žiadna vysoká budova. Nozdrovický a kol. (2009) uvádza, že viaccestný efekt sa prejavuje tak, že signál sa dostane k prijímaču neskôr, v porovnaní s priamym signálom, čo spôsobí chybu v rozpätí niekoľko metrov. V produkčnom období pestovanej plodiny bol pomerne veľký výskyt zrážok, čo mohlo tiež ovplyvniť merania. Medzi tieto faktory môže patriť aj smer vyklíčenia osiva. Výsledky merania mohli ovplyvniť čiastočne

aj ľudský faktor napr. chybným odčítaním hodnoty medziriadkovej vzdialenosti zo stupnice meradla.

Nakoľko ide o pomerne nové a málo rozšírené technológie v podmienkach slovenského poľnohospodárstva je dôležité povedať, že aj celková kvalifikácia obsluhujúcich ľudí a osвета v tomto obore môže výrazne ovplyvniť funkčnosť a efektívnosť takýchto zariadení. Práve v deň merania pri sejbe v prvom prejazde došlo k chybe zo strany strojníka, ktorý nevedel dokonale nastaviť požadované parametre medziriadkovej vzdialenosti, nakoľko tento systém používal iba prvý mesiac.

Záverom diskusie možno konštatovať, že systémy navádzania pomocou technológie GPS jednoznačne zvyšujú presnosť vykonávaných pracovných operácií a prinášajú so sebou celý rad ďalších výhod.

6. Návrh na využitie výsledkov

Na základe experimentálnych meraní sa porovnával tradičný spôsob sejby pomocou značkovača so sejbou, ktorá bola riadená pomocou technológie automatického riadenia. Z výsledkov meraní vyplýva, že došlo k zvýšeniu presnosti pomocou automatického riadenia strojovej súpravy značky TOPCON o 30% oproti siatiu so značkovačom. Z časti Diskusia možno poukázať aj na rad mnohých iných výhod automatického riadenia stroja po poli. Sú to hlavne zníženie potreby pracovného času, zníženie spotreby PHM, zníženie prekrytia pri práci.

Výsledky meraní môžu byť využité ako podklad pre rozhodnutie sa subjektu o kúpe takéhoto systému a majú určitú vypovedaciu schopnosť o spoľahlivosti a funkčnosti tohto systému. Taktiež môžu slúžiť aj ako zdroj, pomocou ktorého je možné porovnanie systému asistovaného riadenia od firmy TOPCON s inými dostupnými komerčnými systémami.

7. Záver

Cieľom diplomovej práce bolo popísanie technológie slúžiacej na navádzanie strojových súprav a vykonanie prieskumu trhu, aké najpoužívanejšie technológie trh ponúka. Hlavným cieľom práce bolo uskutočnenie experimentálneho merania. Meranie malo za úlohu posúdiť spoľahlivosť a korektnú funkčnosť systémov na navádzanie strojov po poli.

Na základe výsledkov z meraní medziriadkovej vzdialenosti možno uviesť, že táto technológia zvýšila presnosť sejby v porovnaní s klasickým spôsobom sejby so značkovačom až o 30%. K zvýšeniu presnosti slúži aj poznatok, že priemerné hodnoty medziriadkovej vzdialenosti pre každý riadok ležali v intervale 223 až 227 cm (graf č.4) pri automatickom navádzaní. Pozitívny vplyv majú tieto technológie aj na samotnú obsluhu, nakoľko dochádza k zníženiu fyzického a psychického zaťaženia. Celkovo prispievajú tieto systémy k šetreniu času, pohonných hmôt a zamedzujú k tvorbe veľkých prekrytí alebo vynechávok. Obsluha má k dispozícii asistované alebo automatické riadenie strojovej súpravy. Jej základnou úlohou je kontrola práce náradia a otáčanie strojovej súpravy na úvrati.

Na druhej strane k negatívom patria vysoké nadobúdacie náklady, zvýšenie nákladov pri zakúpení signálu pri potrebe navigácie na vyššiu presnosť, aj keď tento nie je potrebný po celý rok, ale hlavne pomerne vysoké nároky na kvalifikáciu a celkovú znalosť o týchto technológiách kladených na obsluhu.

Technológie navádzania strojových súprav sa vďaka svojim výhodám stávajú neoddeliteľnou súčasťou moderného hospodárenia na pôde aj napriek ich finančnej náročnosti a potrebe ich dokonalej znalosti. Z potreby finančnej náročnosti je nutné, aby každý subjekt uvážene rozhodoval o zaobstaraní takejto technológie.

8. Použitá literatúra

1. AgLeader – Produkty [s.a.] [online] [cit. 2010-18-11]. Dostupné na internete:
< <http://www.agleader.sk/produkty.html>>
2. Auto-Guide - Das automatische Spurführungssystem [s.a.] [online] [cit.2010-18-11]. Dostupné na internete: < <http://www.fendt.com/de/download/pdf/Auto-G-3.0-9-07.pdf>>
3. Družicové polohové systémy. [s.a.] [online] [cit.2011-12-12],str.6. Dostupné na internete: < www.astrokysuce.sk/cez/data/dns.doc>
4. EZ Guide 500 [s.a.] [online] [cit. 2010-23-11]. Dostupné na internete:
< <http://polnohospodarske-stroje.agrics.sk/modely/?rada=58>>
5. Fehlerquellen bei GPS [200802-13] [online] [cit. 2010-11-15]. Dostupné na internete:
< <http://www.kowoma.de/gps/Fehlerquellen.htm>>
6. Galileo (navigačný systém). 2010 [online] [cit. 2010-12-12]. Dostupné na internete:
<[http://sk.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(navigačný_systém\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Galileo_(navigačný_systém))>
7. Geografický informačný system. 2010 [online] [cit. 2010-18-12]. Dostupné na internete: < http://sk.wikipedia.org/wiki/Geografický_informačný_systém>
8. GIS všeobecne. [s.a.] [online] [cit.2010-20-12]. Dostupné na internete:
< <http://www.lesy.sk/showdoc.do?docid=603>>
9. Global Positioning System. 2011 [online] [cit. 2010-11-14]. Dostupné na internete:
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System>
10. Globálny polohový systém – GPS [s.a.] [online] [cit. 2010-13-12]. Dostupné na internete:
<http://www.kemt.fei.tuke.sk/predmety/PristupoveSiete/_materialy/PrS_zadania0910/GPS_Gabik.pdf>
11. História systému GPS [s.a.] [online] [cit. 2010-13-12]. Dostupné na internete:
<http://eu.mio.com/sk_sk/global-positioning-system_historia-systemu-gps.htm>
12. Katalóg produktov. GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ ÚSTAV BRATISLAVA 2009. [online] [cit.2011-25-01]. Dostupné na internete:
< http://www.gku.sk/docs/KP_GKU.pdf>
13. KUBÍK, D. 2009. EGNOS - verejné služby. 2009 [online] [cit.2010-01-12]. Dostupné na internete: <<http://geodezia.org/200910041021/GNSS-Gps-Navstar-Glonass-Galileo/egnos-open-service.html>>

14. LANDERL, G. 2009. Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren. Diplomová práca Viedeň: Universität für Bodenkultur Wien 2009. [online] [cit.2011-22-02]. Dostupné na internete:
<https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=7467&property_id=107>
15. Navádzacie systémy [s.a.] [online] [cit.2010-18-11]. Dostupné na internete:
http://distributor.deere.com/sk/ag_equipment/ams/guidance_systems/index.html
16. NOZDROVICKÝ, L. a kol. 2008: PRESNÉ PÔDOHOSPODÁRSTVO Implementácia s podporou informačných technológií a techniky. SPU Nitra, 2008, 168 s. ISBN 978-80-552-0123-8.
17. OMNISTAR Homepage, Welcome to OmniStar [s.a.] [online] [cit. 2010-12-12]. Dostupné na internete: <<http://www.omnistar.com/index.html>>
18. PAULOVÁ, M. 2010. Využívá systému GPS i GLONASS. 2010 [online] [cit.2010-20-11]. Dostupné na internete: <http://www.mechanizaceweb.cz/@AGRO/informacni-servis/Vyuziva-systemu-GPS-i-GLONASS__s544x47146.html>
19. RAPANT, P. 2002: Družicové polohové systémy. VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2002. 200 str. ISBN 80-248-0124-8. Dostupné na internete:
<<http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps>>
20. RATAJ, V. 2005. Geografické informácie pre poľnohospodárstvo. 2005 [Online] [cit.2008-14-12]. Dostupné na internete: <<http://cdesign.zive.cz/Clanky/Geograficke-informacie-pre-polnohospodarstvo/sc-3-a-20019/default.aspx>>
21. SKOUPÝ, O. 2009. Manuální naváděcí systém TOPCON PCS 110 a PCS-150. 2009 [online] [cit.2011-20-01]. Dostupné na internete:
<<http://www.geodis.sk/polnohospodarstvo/manualni-navadeci-system-topcon-pcs-110-a-pcs-150-sk?highlightWords=topcon+pcs150>>
22. SKOUPÝ, O. 2009. Zemědělský systém AES-25 Přesné elektronické řízení. 2009 [online] [cit.2011-20-01]. Dostupné na internete:
<<http://www.geodis.sk/polnohospodarstvo/aes-25-presne-elektronicke-rizeni-sk?highlightWords=AES-25>>
23. Systém GPS [s.a.] [online] [cit. 2010-11-12]. Dostupné na internete:
<<http://www.vus.sk/vusres/Gps/page3.html>>

24. Systém GPS [s.a.] [online] [cit. 2010-11-12]. Dostupné na internete: <<http://www.vus.sk/vusres/Gps/page4.html>>
25. UKO, T. 2008. GPS navigace na FPGA. Diplomová práce Praha: České vysoké učení technické v Praze 2008. [online] [cit.2010-18-11], str. 8-9. Dostupné na internete: <https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/ukot1_2008dipl.pdf>
26. Úvod do agroinformačných technológií [s.a.] [online] [cit. 2010-6-13]. Dostupné na internete: <<http://www.agro-divizia.sk/ait.html>>
27. ŽIKLA, A. – JABLONICKÝ. J. – ABRAHÁM. R. 2009. FENDT AUTO – GUIDE systém, popis a využitie. In Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve, roč. 12, 2009,č. 1, str. 14-16