

O T D K D O L G O Z A T

Fehér Ákos

2022.



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
MÉRNÖKI KAR

PRECÍZIÓS TECHNOLÓGIA A MEZŐGAZDASÁGBAN

OTDK DOLGOZAT

Fehér Ákos

IV. évfolyamos mechatronikai mérnök BSc hallgató

Témavezető:

Dr. Molnár Tamás Géza PhD

főiskolai docens

SZEGED

2022.

ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban a modern mezőgazdaságban használatos technológiákat vetettem vizsgálat alá, ami segít abban, hogy a földművelés jövedelmező, versenyképes, és természetkímélő ágazat maradjon. Ezek a technológiák közül az egész precíziós gazdálkodást alapozó eszköz, a műholdakat és az ehhez kapcsolódó technológiákat vizsgáltam, mint az erőgépekben használt önvezetés, az ISOBUS rendszer. Összehasonlításokat végeztem az említett technikákkal használt műtrágya kijuttatásnál a világ vezető márkájú műtrágyaszóróinál, ahol a differenciál kijuttatást helyeztem fő szempont elé. Továbbá saját földterületeinken végeztünk drónos föld feltérképezést. A felvételeken digitális képfeldolgozást végeztünk, amiket a későbbiekben felhasználtuk az említett technológiákkal. Vizsgálatom célja az volt, hogy kivizsgáljam, valóban olyan előnyei vannak -e ezeknek a technikáknak, amik csökkentik a költségeket, időt spórolunk, és védjük a környezetünket.

ABSTRACT

In my thesis, I examined these modern agricultural technologies, which help farming become more profitable, competitive and to stay as green as it possible. From these technologies the whole precision farming preparatory tool, I examined the Satellites and the satellite connected technologies, such as autonomous driving machines and the ISOBUS system. I made a comparison of the mentioned technologies for fertilizer spreading between the world-leading fertilizer spreader brands, where the differential application was highlighted. Furthermore with a drone, we mapped our land. We did digital image processing, which could be used with the mentioned technologies. The purpose of my investigation was to examine whether these techincs have advantages such as reducing costs, saves time, and protects the enviroment.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	6
2.	Irodalmi áttekintés.....	7
2.1.	Precíziós mezőgazdaság fogalma	7
2.2.	Történelmi áttekintés	8
2.3.	Műholdak és korrekciós jelek.....	10
2.4.	Precíziós eszközök.....	12
2.4.1.	Automata kormányzás	12
2.4.2.	Nitrogén szenzor	16
2.4.3.	Talaj szenzorok	19
2.4.4.	Környezeti szenzorok	20
2.5.	Föld feltérképezések	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.5.1.	Gyomtérképek.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.5.2.	Hozamtérképek	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.6.	ISOBUS	21
2.7.	Szakasz vezérlés	24
2.8.	Differenciált kijuttatás	27
3.	Anyag és módszer	29
3.1.	Vizsgálat előzményei.....	29
3.2.	Vizsgálat területe és körülményei.....	30
3.3.	Vizsgálatok	31
3.3.1.	GPS- es kijuttatás.....	31
3.3.2.	Hagyományos kijuttatás.....	32
3.3.3.	Differenciált kijuttatás	33
3.4.	Hosszirányú szórás egyenlőtlenség meghatározása	34
3.4.1.	Közepes eltérés	35
3.4.2.	Variációs tényező (VK)	36

3.4.3.	Legnagyobb eltérés ($e_{\max/\min}$).....	37
3.5.	Költség számítások.....	37
3.5.1.	Differenciált kijuttatás	37
3.5.2.	Hagyományos kijuttatásnál.....	39
3.6.	Műholdas felderítések.....	41
3.6.1.	Növények számlálása.....	42
3.6.2.	Stressz meghatározása	43
3.7.	Vitalitás követése.....	44
4.	KÖVETKEZTETÉS.....	47
5.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
6.	Irodalomjegyzék.....	48
7.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

1. BEVEZETÉS

A precíziós gazdálkodás olyan műszaki, informatikai, információs technológiai és terméstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek hatékonyabbá teszik a szántóföldi növénytermesztést valamint a mezőgazdasági gépüzem szervezést. Mindent úgy, hogy közben támogatja a környezetvédelmi és fenntarthatósági elvárásokat. Előnyei továbbá az optimalizált gépesítés(automatikus gépbeállítás, automata kormányzás), a minimális műveleti átfedés (az automata kormányzásnak köszönhetően), gépfelügyelet (telemetria), objektív alapadatok (terménytérkép, szenzorok), input optimalizálás (nitrogén szenzor, talaj minta, változtatható adagolási térkép), és nem utolsósorban, ami a jelen mezőgazdaság egyik legnagyobb kincse, az időmegtakarítás.

A mezőgazdaság fejlődését korszakokra osztották, és elnevezték őket, -1.0, -2.0, -3.0 és Mezőgazdaság 4.0 -nak. Mindegyik korszaknak a termésjavítás volt a célja. Ennek érdekében vetődött fel a Precíziós Mezőgazdaság fogalma az 1980-as években Amerikában, Minnesotában. Ekkor kezdődött el a földművelés harmadik periódusa.

A fejlődés rohamosan haladt. Az automata kormányzású erőgépek 2018-ban már meghaladta a 16 800 000-es számot. A mezőgazdaság belépett a teljesen digitalizált világba; föld feltérképezés, hozamtérképezés, drónok, robotok, differenciál kijuttatás, ISOBUS.

Mérnöki tanulmányaim és a földművelésben részt vett munkám eredményezte a különleges érdeklődést a téma iránt, és ez miatt is választottam dolgozat témaként.

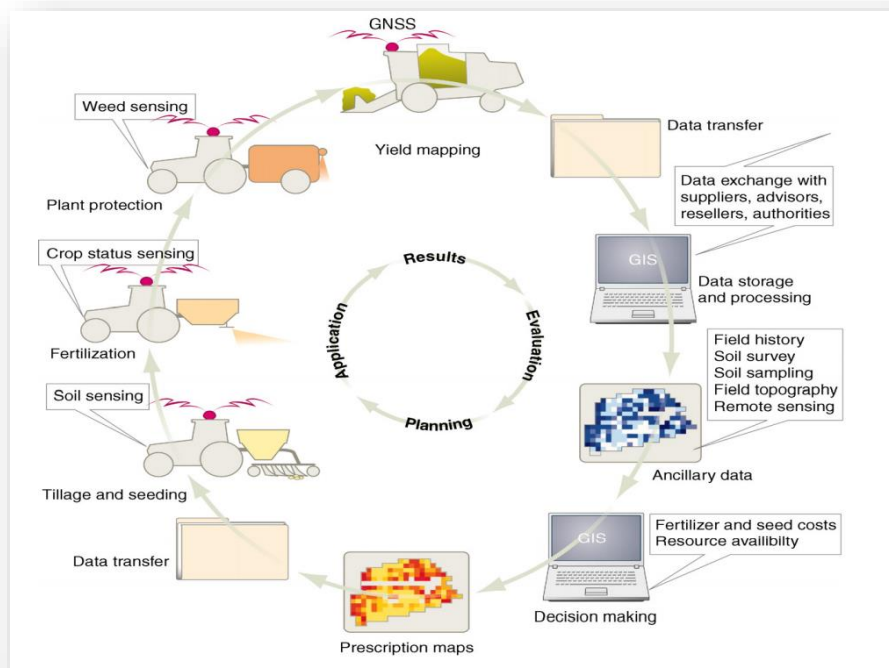
Kutatómunkám során, elsősorban felkutattam a legalapvetőbb technikai eszközöktől, egészen a mai nap legfejlettebb eszközeit ennek az ágazatnak. Legfőbb célom az volt, hogy összehasonlítást végezzek a termőföldről készült légi felvételek által alkalmazott beavatkozások, mint a differenciál kijuttatás, és az e nélküli földművelés közötti hasznokat és előnyöket. A dolgozatomban legfőbb hangsúly a műtrágya szóráson van, mivel ezen beavatkozás során tökéletesen be lehet mutatni a precíziós technika előnyeit. Gyakorlati vizsgálatom Trimble XCN 2050 navigációs rendszer segítségével történt, ami RTK jelkorrekcióval rendelkezik.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Precíziós mezőgazdaság fogalma

A precíziós mezőgazdaság, műholdas mezőgazdaság vagy helyspecifikus gazdálkodás olyan rendszerek összessége, ami megfigyelésen, méréseken és a földek közötti és földeken található növényeken való beavatkozásokon alapul.

A Nemzetközi Precíziós Gazdálkodási szervezet (ISPA) hivatalos definíciója szerint: A precíziós mezőgazdaság egy olyan menedzsment stratégia, amely időbeli, térbeli és egyedi adatokat gyűjt, dolgoz fel és elemez, valamint azokat egyéb információkkal egészíti ki, annak érdekében, hogy támogassa a táblán belüli változatosságot kezelő döntéstámogatási folyamatokat, növelve ezzel az erőforrások felhasználásának hatékonyságát, a produktivitást, a minőséget, a jövedelmezőséget és a fenntarthatóságot a mezőgazdasági termelés során. [Deákvári, Milics, 2013]



1. ábra Precíziós növénytermesztés folyamat.

Forrás: [<https://www.mgi.naik.hu/,2021>]

Elsősorban az angol szakirodalom hatására azonban számos bizonyos részfunkciót jobban kiemelő névvel is illetik ezt a rendszert. A termőhelyhez alkalmazkodó gazdálkodás (Site specific production- SSP) a környezeti igényeket jobban figyelembe vevő, a fenntartható gazdálkodási igényeket kielégítő gazdálkodási forma jellegét jobban hangsúlyozza, míg a termőhelyhez alkalmazkodó technológia (Site specific technology - SST) a termőhelyi

sajátosságokat jól kihasználó technológiai rendszerre utal. Ugyancsak a technológiai aspektusokat emeli ki a térben változó technológiai név (Spatial variable technology - VRT) kevésbé figyelembe véve az adatgyűjtést és összetett térbeli döntéstámogatást (Spatial decision supporting system - SDSS). A műholdról vezérelt technológia (Satellite farming) elnevezés a globális helymeghatározási rendszer (GPS) és a távérzékelés jelentőségét emeli ki egyoldalúan, kevésbé mutat rá a földi szenzorok és műveleti fedélzeti számítógépek hasonló fontosságára.

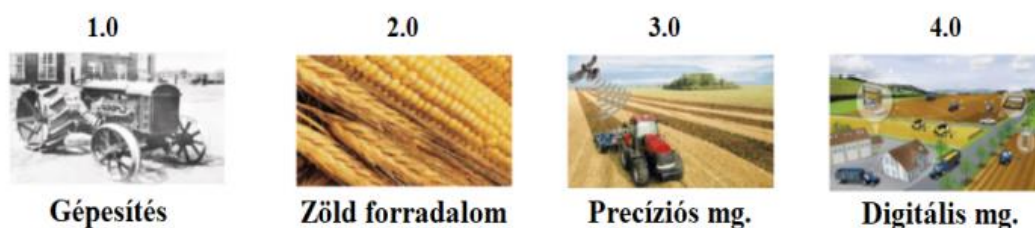
A helyspecifikus növénytermesztés lényege, hogy táblánk minden pontján a maximális jövedelmezőségre törekszik. Éppen ezért nem tábla szinten, hanem azon belüli zónákban gondolkodik. Ezeket a zónákat vizsgálja és hozza meg a döntést a felhasználó input anyagokról és azok mennyiségéről, külön-külön. Ehhez információkra van szükségünk. Zóna szinten, kellő pontossággal és kellően széles körben, hogy megbízhatóan meg tudjuk határozni az egyes zónák termőképességét, meg tudjuk határozni a szükséges tápanyagok mennyiségét.

2.2. Történelmi áttekintés

A demográfiai növekedésben tapasztalható csökkenés ellenére is évente 75 millió fővel gyarapodik a népességszám. 2025-re a becslések alapján a világ lakosságának száma eléri a 8 milliárdot. A lakosság növekedésével párhuzamosan csökken az egy főre jutó erőforrások nagysága, így csak nagyobb termelékenységgel, hatékonyabb termeléssel lehet az élelmiszerigényt kielégíteni. A következő két évtizedben a fejlődő országok élelmiszertermelésének 70 százalékkal kell növekedjen. [Dobos, Attila, 2013]

A magas termésátlagok elérését, a hatalmas külső energia bevitel (üzemanyag, műtrágya stb.) romló hatékonysága mellett valósította meg. Az agrár-ökoszisztémában fel nem használt anyagok potenciálisan veszélyeztették a környezetet. Az energia- és környezeti válság, a romló mezőgazdasági hatékonyság, csökkenő támogatások, valamint a föld lakosságának és az éhező szegények rohamos növekedése rámutatott arra, hogy a mezőgazdaság globális válságban van. A válság kezelésére számos rész vagy teljes megoldási alternatíva jelent meg, amely megoldással biztatott: biogazdálkodás, alacsony ráfordítású termelés stb. Ezek egyik fő problémája, hogy alkalmazhatóságuk termőhelyi, termesztéstechnológiai vagy gazdasági okok miatt korlátozott. Igazi áttörést az Információs Társadalom és az Információs Technológia (IT) megjelenése és tömegessé válása jelenti. Ennek az Információs Társadalomnak a mezőgazdasági szakterületen a leképeződése az ún. precíziós mezőgazdaság.

[Tamás, 2011]



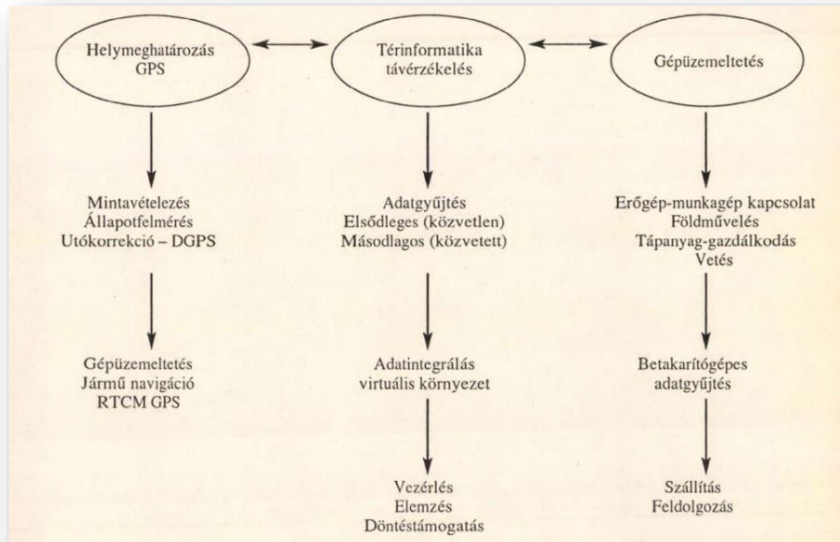
2. ábra Technikai fejlődés. Forrás:[<https://www.mgi.naik.hu,2021>]

A térbeli gondolkozásnak nagy hagyománya van hazánkban, mind a gyakorlatban, mind a tudományos kutatásban. Elég csak néhány nevet megemlíteni, mindenekelőtt: Kreybig Lajosét, Stefanovits Pálét, Sarkadi Jánosét, Bocz Ernőét, Láng Gézáét, Györffy Béláét, Várallyay Györgyét, akik már évtizedekkel ezelőtt felhívták a figyelmet a magyar termőhelyek és ezen belül főleg a talajok mozaikosságára, térbeli változatosságára. A precíziós gazdálkodással kapcsolatban Györffy (1999) megállapítja, hogy ez magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, a táblán belül változó technológiát, az integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, a távérzékelést, a térinformatikát, a geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe. Talajterképek mellett terméstérképek készítését és a termésmodellezést. Talajterképek összevetését a terméstérképekkel, kártevők, gyomok, betegségek táblán belüli eloszlásának törvényszerűségeit. [Gaál, Péter, Takácsné, Illés, Kiss, Sulyok, Domán, Keményné, 2017]

Ennek a technológia alkalmazásához a következő legfontosabb adatok elkerülhetetlenek:

- Tábla határvonalak – alapvető adatok, hajlamosak vagyunk megfeledezni jelentőségükről, pedig ezek adják meg adataink alapvető térbeliségét – minden további adatunk ezekhez kötődik.
- Zónatérképek – a helyspecifikus gazdálkodás valódi egységei, melyek egyúttal a talajmintavételezés mintatereit is kijelölik, pontosságukon múlik, hogy reális képet kapunk-e tábláink tápanyag ellátottságáról. Tápanyag gazdálkodási szaktanácsaink, kijuttatási terveink ezekre fognak vonatkozni.
- Talajmintavételi eredmények
- Kijuttatási tervek

- Az elvégzett munkák, kijuttatások adatai, hozamtérképek – fontos kontroll a terv teljesülését illetően.
- Egyéb agronómiához köthető adatok – pl. távérzékelésből származó vegetációs aktivitás térképek, meteorológiai adatok



3. ábra Precíziós mezőgazdaság feltételrendszere.
Forrás:[Dr. Tamás János,Precíziós mezőgazdaság]

2.3. Műholdak és korrekciós jelek

Jelenleg a piacon GPS-ünkhöz több pontossági szint közül választhatunk. Ezek közül az egyik ingyenesen igénybe vehető, ami Európában rendelkezésre áll, az EGNOS műholdas (SBAS, Satellite Based Augmentation System) jelkorrekció. Ennek előnye, hogy a készülék bekapcsolását követően szinte azonnal hozzáférhető, korrekciós pontossága viszont megközelítőleg csak egy méteres élességet érhet el ideális körülmények között, így nem minden művelet végrehajtásakor használható. Csatlakozáskor nagyjából 30 cm-es pontosság érhető el vele, de a visszatérésnél a pontatlanság méterek is lehetnek. Széles körben használják, főleg olyan munkáknál, ahol eszközünket kézi kormányzás mellett kívánjuk alkalmazni. Ilyen a különböző növényvédelmi illetve tápanyag-visszapótlási munkálatok. Ez a jelkorrekció típus eltérő nevekkkel egyéb Európán kívüli helyeken is elérhető, a rendszer központi finanszírozású.



4. ábra Glonass műhold. Forrás:[<https://www.everythingrf.com,2021>]

A kontinentális rendszerek mellett magánbefektetők is üzemeltetnek piaci alapon működő műholdas kiegészítő rendszereket. Ilyen például a mezőgazdaságban is használt OmniSTAR rendszer.

Az OmniSTAR VBS (Virtual Base Station) már pontosabb, ami méter alatti, az OmniSTAR XP deciméteres pontosságú, az OmniSTAR HP (High Performance) szolgáltatás használata pedig 10 cm-nél alacsonyabb eltérésű helymeghatározást eredményez. Az OmniSTAR korrekció, széleskörűen elérhető, jó lefedettséggel rendelkező műholdas korrekció, viszont havonta előfizetést igényel. Azoknak érdemes a munkavégzések során ezt a korrekciót választani, akiknek a legpontosabb és legprecízebb irányítás szükséges, mivel a CENTERPOINT RTX jelnél akár a 3,8 cm-es garantált visszatérési pontosság elérhető. Ez már szinte minden növénytermesztési munkálathoz elég. Ennek a korrekciós szolgáltatásnak talán az egyetlen hátránya, hogy a rendszer hidegindításakor hosszú időre van szüksége a felépüléshez.

[Smuk, Milics, 2013]

A jelkorrekciós rendszerek közül fontos megemlíteni a deciméteres élességű differenciál korrekciót (DGPS), amely akár valós időben is elérhető. A magyarországi jelkorrekciós, úgynevezett GNSS Szolgáltató Központ a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) penci Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumában található. A szolgáltatónál az előfizetés ellenében nem csak ez a pontosság érhető el, hanem a jóval pontosabb RTK-jelvétel is. Ez a valóságban és a legtöbb gyártó által ismertetett, 2,5 cm-es

pontossággal hirdetnek, ami optimális esetekben 1 cm alatt is lehet. Fontos megemlíteni, hogy a jel választása előtt szükséges meggyőződnünk, hogy az alkalmazott műholdjellevő képes-e a korrekciós jelek vételére.

Jelenleg a legpontosabb korrekció, mely a mezőgazdasági felhasználók részére elérhető, a korábban már említett valós idejű kinematikus, azaz RTK (Real Time Kinematic). [Smuk, Milics, 2013]. Az első táblázatban látható azoknak a jeleknek a tulajdonságai, amit a precíziós technikákban alkalmaznak.

	Csatlakozási pontosság	Visszatérési pontosság
EGNOS	15-20 cm	+/- 90 cm
OmniStar XP	7-12 cm	+/- 20 cm
OmniStar HP	5-10 cm	+/- 10 cm
Centerpoint RTX	3,8 cm	+/- 3,8 cm
RTK GPS vagy GPS+GLONASS	2,5 cm	+/- 2,5 cm

1. táblázat Korrekciós jelek

2.4. Precíziós eszközök

2.4.1. Automata kormányzás

Az autómata kormányzásnál a Trimble termékkínálatát elemeztem több okból. Az egyik, hogy világ szinten az egyik legsűrűbben alkalmazott berendezések. Másik ok, hogy kiemelkedően sok fajta megoldásuk van, a precíziós technikák alkalmazására.

EZ-Steer:

A kormányrásegítés-rendszer hordozható, kézi beavatkozást nem igénylő gazdálkodási megoldás, több mint 1200 különböző gyártmányú traktormodellhez. A Trimble® EZ-Steer® kormányautomatika-rendszer egyszerű, hordozható, kézi beavatkozást nem igénylő gazdálkodást tesz lehetővé több mint 1200 régi és új mezőgazdasági traktortípusra. Az EZ-Steer rendszer a kormánykereket egy dörzskerék és egy tetszőleges Trimble kijelzőtől érkező vezérlés segítségével forgatja automatikusan. Ez a traktort hatékonyan, erőlködés nélkül kormányozza és tartja a soron a mezőgazdasági munkák során.

Funkciók:

- A műszerpanelhez való egyszerű hozzáférés érdekében közvetlen a kormányoszlopba van beépítve
- Gond nélküli kézi kormányzást tesz lehetővé, ha a kormányautomatika nincs bekapcsolva
- Dőléskompenzálási technológiát alkalmaz a nehéz terepviszonyok esetén is magas precizitáshoz
- Ideális nagy területen végzett, alacsony precizitást igénylő munkákhoz, és nagy precizitást igénylő sorterményekhez egyaránt
- Minden táblamunkához, gyors és precíz
- Csökkentse a gépkezelő fáradtságát, és növelje a biztonságot
- Dolgozzon nappal vagy éjjel, poros környezetben, vagy rossz látási viszonyok között

[Trimble mezőgazdasági termékkínálat, 2017]



5. ábra EZ-Steer kormányrendszer. Forrás:[<https://hu.agriculture.trimble.com>,2021]

EZ-Pilot:

Kormányrásegítés beépített elektromotoros hajtással a megfizethető árú precizitáshoz. A Trimble® EZ-Pilot® kormányautomatika-rendszer nagy pontosságú kormányzást tesz lehetővé elérhető áron. A jármű vezetése közben az EZ- Pilot rendszer a vonalon tartás és a

hatékonyság javítása érdekében egy, a Trimble kijelzők sorvezetését felhasználó kis méretű villanymotoros hajtással automatikusan elforgatja a kormánykereket. A sokoldalú kormányrendszer ideális mind a pontosságra nem érzékeny gabonafélék kijuttatásához, mind a nagy pontosságot igénylő sortermények számára.



6. ábra EZ-Pilot. Forrás:[<https://hu.agriculture.trimble.com>,2021]

Funkciók:

- Kézi beavatkozást nem igénylő sorvezetés több traktortípushoz
- A műszerpanelhez való egyszerű hozzáférés érdekében közvetlen a kormányoszlopba van beépítve
- Gond nélküli kézi kormányzást tesz lehetővé, ha a kormányautomatika nincs bekapcsolva
- Dőléskompenzálási technológiát alkalmaz a nehéz terepviszonyok esetén is magas precizitáshoz
- Ideális nagy területen végzett, alacsony precizitást igénylő munkákhoz, és nagy precizitást igénylő sorterményekhez egyaránt
- Minden táblamunkához, gyors és precíz
- Csökkentse a gépkezelő fáradtságát, és növelje a biztonságot
- Dolgozzon nappal vagy éjjel, poros környezetben, vagy rossz látási viszonyok között

[Trimble mezőgazdasági termékkínálat, 2017]

AUTOPILOT robotpilóta rendszer:

Automatizált, kézi beavatkozást nem igénylő kormányrendszer, ami közvetlenül a hidraulikarendszerhez csatlakozik, és a legprecízebb kormányzást biztosítja bármilyen talajon. A Trimble® Autopilot™ robotpilóta-rendszer maximális precizitás mellett automatikusan a vonalon tartja traktorát. Ha a traktor letér a sorról, az Autopilot jelzi, hogy módosítsa helyzetét és kövesse a helyes nyomvonalat, függetlenül a földterület mintázatától vagy a domborzattól.



7. ábra Autopilot. Forrás:[<https://hu.agriculture.trimble.com>,2021]

Funkciók:

- Automatikus kormányzást biztosít traktorjának 2,5 centiméternél pontosabb ismételhetőséggel
- Közvetlenül beépíthető a traktor hidraulikarendszerébe a fedélzeti vezérlők áttekinthetőségéhez
- Dőléskompenzálási technológiát alkalmaz a nehéz terepviszonyok esetén is magas precizitáshoz
- Ideális a legnagyobb kihívást jelentő sorterményekhez
- Számos sorvezetésre alkalmas traktorba csatlakoztatható, így nincs szükség további berendezésekre
- Minden táblamunkához, gyors és precíz
- Csökkentse a gépkezelő fáradtságát, és növelje a biztonságot
- Dolgozzon nappal vagy éjjel, poros környezetben, vagy rossz látási viszonyok között

[Trimble mezőgazdasági termékkínálat, 2017]

2.4.2. Nitrogén szenzor

A szenzortechnológia a növényállományok felmérésére is rendelkezésre állnak, amik ugyanúgy fontos szerepet töltenek be a talaj vizsgálati szenzorok mellett. Ezek a berendezések a növények nitrogén ellátottságát mérik, vagyis a klorofill tartalmát. [Milics, Kauser]

A tavaszi fejtrágyázásnak egyik leghatékonyabb és legtakarékosabb módja a lokálisan alkalmazható, biomassza- és N-szenzorokkal kontrollált műtrágyakijuttatás. A kijuttatás elve azon alapszik, hogy a tápanyag hiányában szenvedő növények fejletlenebbek (kisebb a biomassza tömegük) és nem tartalmaznak annyi zöld klorofillt és ezáltal halványabb, olykor sárgább a színük. A kijuttatáskor ezeket érzékelik a fejtrágyázást végző gépcsoportokon elhelyezett szenzorok és a tápanyaghiány nagyságának megfelelően vezérlik a tápanyagkijuttatást. A reflektancia elvén dolgozó szenzorok általában vörös és infravörös fényt bocsátanak ki a mérőfelületre és a visszavert fény intenzitása alapján állapítják meg a tápanyaghiányt. [Hajdú, 2013]

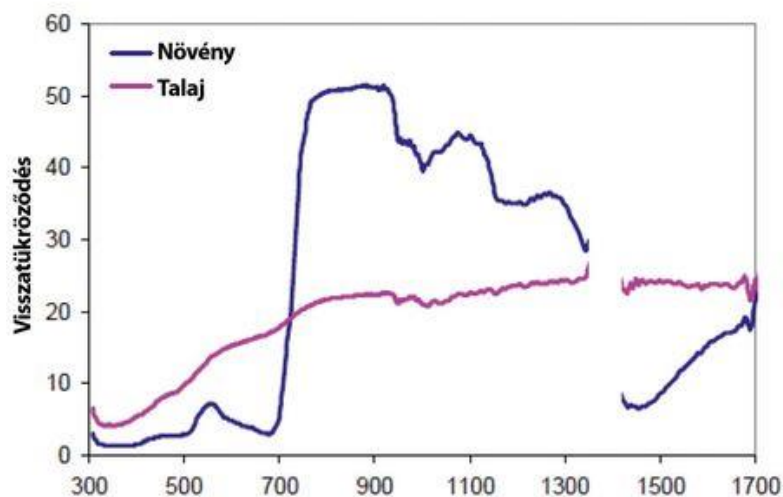
Gyakran előfordul, hogy a már amúgy is fejlett biomasszával rendelkező részeket nitrogénnel túltápláljuk. Ennek eredményeképp, ezeken a részeken a szárdőlés fokozottabban jelentkezhet, valamint a vegetatív részek (szár és levél) túlsúlya a beérést késlelteti a tábla más, biomassza tekintetében gyengébben fejlett részeihez képest, ami hozamvesztést eredményez. A növények fejlettségét figyelembe véve, egy egyedi tápanyagszükséglet hozzárendelésével és a felesleges tápanyag-kijuttatás elkerülésével valósul meg a cél: a maximális hozam elérése.

A traktorra felszerelt úgynevezett „online” szenzorok valós idejű részspecifikus tápanyag- (nitrogén) kijuttatást tesznek lehetővé, miközben folyamatosan rögzítik a szkennelés során begyűjtött adatokat (GPS-koordináták, biomassza értékek, kijuttatott nitrogénmennyiség stb.). A piacon jelenleg használatban lévő rendszerek többsége az ún. optikai szenzorok családjába tartozik. Ezen belül öt különböző gyártótól származó típus van jelen az európai gazdaságokban, amit a 8. ábrán láthatunk tulajdonságaikkal feleruházva. [Siflis, 2015]

Szenzor	N-Sensor ALS	N-Sensor II	Greenseeker	Cropcircle	Cropsensor
Gyártó	Yara	Yara	Trimble	Holland Scientific	Fritzmeier
Forgalmazó Németországban	AgriCon	AgriCon	Landdata Eurosoft	Ag Leader Europe	Fritzmeier/ Claas
Fényforrás	Xenon égő	napfény	LED	LED	LED
Optimális távolság	0,4 – pár méter	független	0,7 - 1,1 m	0,4 – 1,4 m	0,8 m
Nitrogénellátottság	++	++	+	++	++
Biomassza felismerés	++	++	+	++	++

8. ábra Nitrogén szenzorok. Forrás: [<https://www.agronaplo.hu,2021>]

Ezen szenzorok működési elve többnyire hasonlít egymáshoz. A növények felületéről visszatükröződő fényt különböző spektrumtartományban vizsgálják, úgy mint az emberi szemmel látható- és az infravörös közeli tartományban. A növényállomány a látható fény (350–790 nm) közel teljes egészét képes elnyelni. A talaj ezzel szemben másként nyeli el és tükrözi vissza a sugarakat. A kék fénytartomány (430 nm) hullámaint kismértékben, míg a vöröset nagy mértékben reflektálja vissza, amit a 9. ábrán látható diagram mutat be. Eltérő talajszín és talajnedvesség eltérő hullám-visszaverődést eredményez az infravörös színtartományban. A növényállomány sűrűségének pontos felmérésében éppen ezért az infravörös fény játssza a legfontosabb szerepet, mivel a talaj és növény közötti különbség ebben a tartományban a legnagyobb. Az infravöröshöz közeli fényskálán a növények különbözőképp viselkednek, ami azt jelenti, hogy a visszatükröződés növény mértéke a növényborítottság erősségétől függ. A talajról visszaverődő infravörös és a vörös fénytartomány különbségéből rendkívül jól kiszámítható a növényborítottság értéke. Ez a mutató azonban egy majdnem teljes növénylefedettségénél minimális eltérést mutat, ami annak tudható be, hogy a növényi pigmentek ekkorra már olyan erős fényelnyelésre képesek, hogy a különbség a különböző tartományok között minimális lesz. A növények nitrogénigénye és a biomassza erőssége alapján egy infravörös tartományhoz közeli index segítségével könnyen meghatározható. [Siflis, 2015]



9. ábra Fénytartomány (nm) növénynél a talajnál.

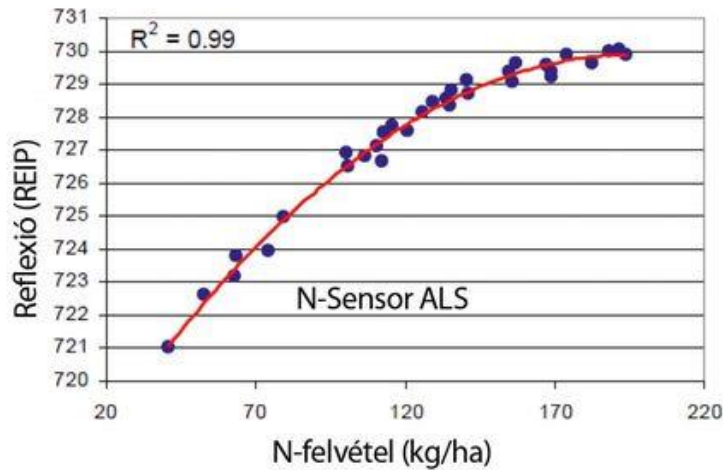
Forrás: [<https://www.agronaplo.hu,2021>]

Saját fényforrású és természetes fényforráson alapuló szenzorok

Az N-Sensor™ úgy határozza meg a nitrogénszükségletet, hogy megméri a növény fényreflexióját körülbelül 50m²-es területen. A méréseket másodpercenként végzi a rendszer, amelyet normál üzemi sebességre és szélességre terveztek. Az alkalmazott érzékelési technológia a vegetáció jellemző fényvisszaverési görbéjére épül. A N-Sensor™ meghatározott, a növény klorofilltartalmára és biomasszájára jellemző hullámhosszon méri a fényvisszaverődést. Az eszközben kettő darab spektrométer található. Az egyik közülük a napfény sugárzásának erősségét, míg a másik a növényállományról visszatükröződő fényt méri. A szenzor kiszámolja a két spektrométer által mért érték alapján az ún. „reflexiós értéket”, ami a 10. ábrán láthatunk. Ebből pedig azután kiszámítja a növény tényleges N-felvételét. Az optimális kijuttatási arányt az N-felvételi adatokból lehet meghatározni. Ezt az adatot a rendszer elküldi az állítható adagolású szóró- vagy permetezőgéphez, amely ennek megfelelően állítja be a műtrágya mennyiségét.

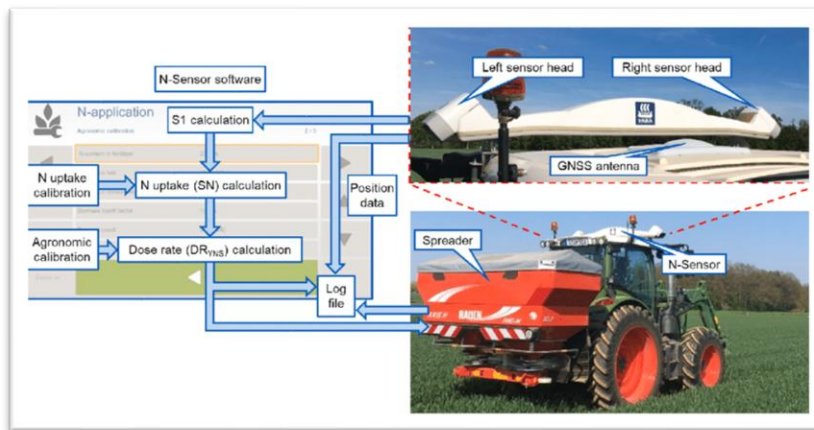
A növény nitrogénigényének meghatározását célzó folyamat, valamint a megfelelő mennyiségű műtrágya kijuttatása azonnal, késedelem nélkül játszódik le. [www.yara.hu,2021] [Siflis, 2015]

Az ALS (Active Light Source - aktív fényforrás), amely a klasszikus N-Sensor™-hoz hasonlóan működik a növény nitrogénigényének meghatározásánál: ez is a növény fényreflexióját méri. Mindkét rendszer ugyanazt a helyszíni próbákra alapuló mezőgazdasági algoritmust használja az optimális helyspecifikus műtrágyázáshoz, és mindkettő a gépjárművön található terminálra csatlakozik, ahol a növényi és a GPS adatok tárolásra és feldolgozásra kerülnek. A legfőbb különbség a két N-Sensor™ között az, hogy az ALS szenzor saját beépített fényforrással rendelkezik. Ahelyett, hogy a napfényt használná a mérésekhez, az N-Sensor™ ALS folyamatosan fényt sugároz a növényre saját fényforrásából (ehhez Xenon lámpákat használ), és rögzíti a visszaverődést. Ez lehetővé teszi, hogy az N-Sensor™ ALS a környezeti fényviszonyoktól függetlenül működjön, akár éjszaka is. [www.yara.hu,2021] [Siflis, 2015]



10. ábra Összefüggés nitrogénfelvétel és reflexió index között őszi búzánál.

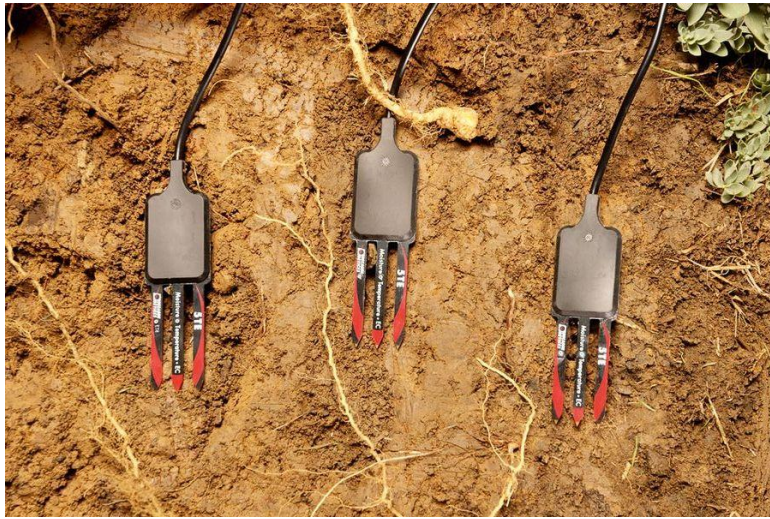
Forrás:[<https://www.agronaplo.hu,2021>]



11. ábra Yara N-Sensor. Forrás:[<https://www.researchgate.net,2021>]

2.4.3. Talaj szenzorok

Talajszenzorok segítségével meghatározható a talaj dielektromos permittivitása, elektromos vezetőképessége, a talajhőmérséklet és a térfogati nedvességtartalom. Az amerikai Decagon cég 5TE talajszenzorával például egymástól függetlenül méri a talaj dielektromos permittivitását, a hőmérsékletét és az elektromos vezetőképességét. Az ásványi talajok nedvességtartalmát pedig az adatok alapján számítja. Egy vízérzékelő szenzorral mérhető a talajvíz szintje és a talajvíz hőmérséklete, ami segíthet a talaj vízháztartásának követésében. Ezek az adatok felhasználhatók az öntözéstervezéshez vagy a növénybetegségek előrejelzéséhez. A mérésekből következtetni lehet a talaj sótartalmára, ami főleg a szárazabb területeken jelentősen befolyásolhatja a növények fejlődését. A fenti adatok alapján megalapozott döntéseket lehet hozni, hogy mikor kell vagy éppen felesleges öntözni. Az adatok segítségével így optimalizálni lehet az öntözővíz-felhasználást, ami megtakarításokhoz vezet.



12. ábra Decagon talajszenzor

Forrás: [<http://www.decagon.com/en/education/application/plant-ecology/,2021>]

2.4.4. Környezeti szenzorok

Ide tartoznak például a helyi meteorológiai szenzorok mérik a napsugárzás intenzitását, a helyi légnedvességet, a léghőmérsékletet, a csapadékot vagy akár a levélfelület nedvességét, ezekből az adatokból pedig jó előre lehet jelezni egyes növénybetegségek (pl. peronoszpóra, lisztharmat) megjelenését. Ezáltal gyorsabban be lehet avatkozni, és csökkenthető a termés károsodásának veszélye. állomásának szenzorai mérik a relatív páratartalmat, a léghőmérsékletet, a napsugárzást, a csapadékmennyiséget, illetve a szél sebességét és irányát. Szenzor segítségével jól mérhető a napsugárzás, vagy akár a fotoszintetikusan aktív sugárzás (a növények által a fotoszintézishez felhasznált hullámhossz-tartományú fény) intenzitása. Az intenzitásadatok időbeli lefutásából a napsütéses órák száma is meghatározható.

[Élős, Szármes, 2017]



13.ábra Meteorológiai állomás (balról) és levél nedvesség szenzor (jobbról)

Forrás:[<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/gepesites/szenzorok-a-precizios-gazdalkodasban,2021>]

2.5. ISOBUS

A kezdetekben az úgynevezett CANBUS-rendszer létezett, amely erőgépek belső kommunikációját volt hivatott segíteni, elsőként a tehergépjárműveken, majd később a mezőgazdasági és építőipari erőgépeken jelent meg. Segítségével a vezető a fedélzeti terminál segítségével informálódhatott a jármű vagy erőgép beállítási adatairól, belső egységeinek (motor, sebességváltó, hidraulika stb.) működéséről. [Hajdú, 2016]

Megállapodtak az egységes, 9-pólusú csatlakozókról, valamint a jel- és adatátvitel módjáról, illetve arról is, hogy a kontinensünkön használt traktorok termináljai a mi intenzívebb gazdálkodási igényeinknek mindenben eleget tevő, univerzális szolgáltatást nyújtsanak. Európa vezető gépgyártói – Amazone, AGCO, Claas, Grimme, John Deere, Kverneland, New Holland és Pöttinger – a bináris adatátvitelre szolgáló egységes BUS (Binary Unit System) rendszerben találták meg a szabványosított kommunikáció legjobb módját az elektronikával ellátott munkagép és a vezetőfülkében levő vezérlőterminál között. Megszületett a nemzetközi ISO 11783 szabvány, röviden az ISOBUS. Ez egységes rendszerbe foglalja a traktor és munkagép közötti adatátvitelt és kommunikációt. [Tátrai, 2017]

- CAN = Controller Area Network (Beltéri ellenőrző hálózat)
- ISO = International Organisation Standardization (Nemzetközi Szabványosítási Szervezet)
- BUS = Elektronikus csatlakozás adatátviteli célra.



12. ábra ISOBUS csatlakozó és aljzat. Forrás:[<https://www.agronaplo.hu,2021>]

Egy modern ISOBUS-rendszer különböző komponensekből áll, beleértve a traktort, a terminált és a munkagépet. Az AEF szerint, 9 olyan funkciója van a rendszernek, amik megkönnyítik és precízebbé teszik a mezőgazdaságot. Ezek közül 3 még fejlesztés alatt áll. [www.aef-online.org, 2015]

- ***UT- Universal Terminal***

A munkagép működtetésének kapcsolatabármilyen terminállal; továbbá egy terminál használata különböző munkagépek irányítására, követésére.

- ***Auxiliary Control***

További vezérlőelemek, amelyek megkönnyítik az berendezések működését, mint például a joystick

- ***TC-BAS – Task Control basic***

A teljes értékek dokumentációját írja le amelyek az elvégzett munka szempontjából relevánsak. Ezeket az adatokat a munkagép szolgáltatja. A gazdaságok közötti adatcsere a gazdaság rendszere és a Task Controller között az ISO-XML formátumot használja. Az megtervezett munkák, adatok könnyen importálhatók az említett Task Controllerbe, illetve a kész dokumentáció később exportálható is.

- ***TC GEO – Task Control geo-based***

- A helyalapú adatok megszerzésének további lehetősége - illetve a helyalapú adatok tervezése, munkák tervezése, mint például a differenciál térkép alkalmazása műtrágya szóráshoz.

- **TC-SC - Task Control Section Control**

Automatikus szakaszvezérlés, például növényvédelemben, vetésben, műtrágyaszórásban, ami GPS- és pozicionálás alapján történik.

- **TECU – Basic Tractor ECU**

A traktor ECU a traktor munkaszámlálója. Ez olyan információkat szolgáltat, mint például a sebesség, a teljesítményleadás, fordulatszám stb. Ennek a funkciónak a működéséhez a munkagép hátoldalán egy csatlakozó és a fülkében található terminálból egy csatlakozó szükséges. [www.aef-online.org, 2015]

Az ISOBUS előnyei a felhasználók részére:

- Egyetlen terminálról vezérelheti az erő- és munkagép kapcsolatokat.
- Standardizálja a vezérlési beállításokat, csökkenti a csatlakozási és szerelési időt, minimalizálja a beépítési és kapcsolási problémákat, hibákat.
- Nincs szükség a rendszer kalibrálására, egyszerű a csatlakoztatás és a kezelés.
- Optimalizálja a munkavégzést.

Az ISOBUS alkalmazásokkal számos munkagépféleségnél lehet találkozni az ekétől, a vető-, műtrágyaszóró, permetezőgépeken át a betakarítógépekig. Segítségével valósíthatók meg a különböző beállítások, ellenőrizhetők a működések, dokumentálható a munkavégzés számos adata.



13. ábra ISOBUS terminálok. Forrás: [<https://www.agronaplo.hu/,2021>]

A fentebb említett funkciók a gépkapcsolatban a következő szerepeket kapják: a traktor és a munkagép közötti ISOBUS adatátviteli rendszer három fő egységből áll. A traktor oldali TECU (Tractor Electronic Control Unit) modulból, amely a traktor motor, sebességváltó, hidraulika és TLT vezérlését és ellenőrzését végzi, ill. fogadja a munkagéppoldali jeleket. Kiegészítve GPS-szel és GSM-mel alkotja a Traktor-BUS egységet. A munkagép oldali ECU (Electronic Control Unit) modellből, amely a munkagépen elhelyezett érzékelőket (szenzorokat), szabályzókat foglalja magába és jeleket továbbít a TECU-ra. Kiegészítve GPS-szel a munkavégzés paramétereinek programozási lehetőségeivel (területteljesítmény, magmennyiség, műtrágyamennyiség stb.) számos adatot képes közölni, ill. különböző térképek is elkészíthetők vele. A két modult köti össze az ISOBUS kábel, amely kilencpólusú dugaszokban végződik. A traktorban található az ISOBUS terminál, amely a rendszer operációs középontja. Az ISOBUS terminálok többféle 5,6 colltól 12,1 collig terjedő átlóval többnyire Multitouch-Glasfront kivitelben készülnek military, rázkódásmentes rögzítéssel a fülkében. [Hajdú, 2016]



14. ábra Universal Terminal. Forrás:[[Saját,2021](#)]

2.6. Szakasz vezérlés

Az automatikus szakaszvezérlés (ASC) és a GPS automatizált irányítási rendszerek (AG), olyan precíziós technológiák, amelyek csökkenthetik a költségeket. A szántóföldi művelet során az ASC kikapcsolja az ültetőgép/szóró szekciókat vagy sorokat a szántóföld azon területein, ahol már kijuttattak inputanyagokat, vagy ki-be kapcsolja a fordulónál, fedéseknél, vízzel borított területeknél, csökkentve vagy megszüntetve az inputanyagok túlzott kijuttatását. [Fulton, Mullenix, Brooke, Winstead, Ortiz, 2011]

A szakasz vezérlés a precíziós mezőgazdaság egyik kiemelkedő előnyei közé tartozik. Ezt a lehetőséget többféle műveletnél használatba lehet venni, például vetésénél, permetezésnél, műtrágya szórásnál, a legújabb technikák lehetővé teszik a sorközművelésnél is már. Természetesen ezekhez a műveletekhez úgy navigációs rendszerre és úgy ISO BUS csatlakozásra is szükség van. A navigációs rendszer egyértelműen tárolja a föld területek pontjait vagy határait, ami gyártótól függ, az ISO BUS, pedig az előzőleg említett módon kommunikál a kapcsolt eszköz rendszerével, ami vezérli, ennek a funkciónak a működését, többnyire hidraulikus munka henger segítségével. Növény védelem esetében másképp dolgozik a vezérlés. Régebben a szóró keretet 3, 5 illetve 7 részre lehetett felosztani a pontosabb munka érdekében, de a legújabb fejlesztések lehetővé teszik a szórófejenkénti ki-be kapcsolást.

Velandia et al. (2013) megállapították, hogy az ültetőgépek automatikus szakaszvezérlési technológiáinak bevezetésével járó megtakarítás hektáronként 4 és 26 dollár között lehet, attól függően, hogy egy mezőgazdasági üzemben a szántóföldek hány százaléka minősül alacsony, közepes és magas minőségű szántóföldnek.

A gyomirtó- és növényvédő szerek permetezése során az egymást átfedő vegyszerek növelik a költségeket, miközben a környezetre gyakorolt potenciális károkat kockáztatják. E technológiák hatékony használata hozzájárul a vegyi anyagok által gyengén érintett zónákra, például a vizekre kijuttatott más növényekre. Az üzemanyag-felhasználás csökkenése és a műtrágya gazdaságosabb kijuttatása a precíziós mezőgazdaságban azt jelzi, hogy a mennyiség- és szakaszszabályozási technológiák hatalmas szerepet játszhatnak a levegő- és vízszennyezés csökkentésében. [Rushing, 2015]



23. ábra Szakaszvezérlés a növényvédelemben

Forrás: [<https://www.deere.co.uk/en/agricultural-management-solutions/precision-farming/section-control/>, 2021]

A gyomirtó- és növényvédő szerek permetezése során az egymást átfedő vegyszerek növelik a költségeket, miközben a környezetre gyakorolt potenciális károkat kockáztatják. E technológiák hatékony használata hozzájárul a vegyi anyagok által gyengén érintett zónákra, például a vizekre kijuttatott más növényekre. Az üzemanyag-felhasználás csökkenése és a műtrágya gazdaságosabb kijuttatása a precíziós mezőgazdaságban azt jelzi, hogy a mennyiség- és szakaszszabályozási technológiák hatalmas szerepet játszhatnak a levegő- és vízszennyezés csökkentésében. [Rushing, 2015]

A gyakorlatban a 23. ábra szerinti módon történik. A már lepermetezett területre ha elkerülhetetlen a belehajtás, a szóró fejek, a már lepermetezett terület felé bekerülés függvényében záródnak el, természetesen egyenként, vagy olyan szakaszonként, amilyen tulajdonsággal rendelkezik a gépünk.

Tapasztalati szempontból legközelebb áll, ezért meg kell említenem a műtrágya szórásban is ezt a funkciót. Ebben az esetben a terület érzékelés megegyezik a többi műveletével, itt viszont a kapcsolt gép működése változatos. A rendszer lényege az hogy a munkaszélességet minimum 1 m-es szakaszokra tudjuk bontani. Maximum 54 szakasz lehetséges a 20 méteres szórási szélességen, ezen felül a rendszer képes lekapcsolni a szakaszokat a gép közepén, így a nem kívánt átfedés a minimálisra csökkenthető. A pontosabb munka érdekében, a legfejlettebb gépek 4 db mérőcellából és a referencia szenzorral vannak ellátva a legpontosabb munkaért. [www.kverneland.com, 2021]



24. ábra Szakaszvezérelt műtrágyaszóró

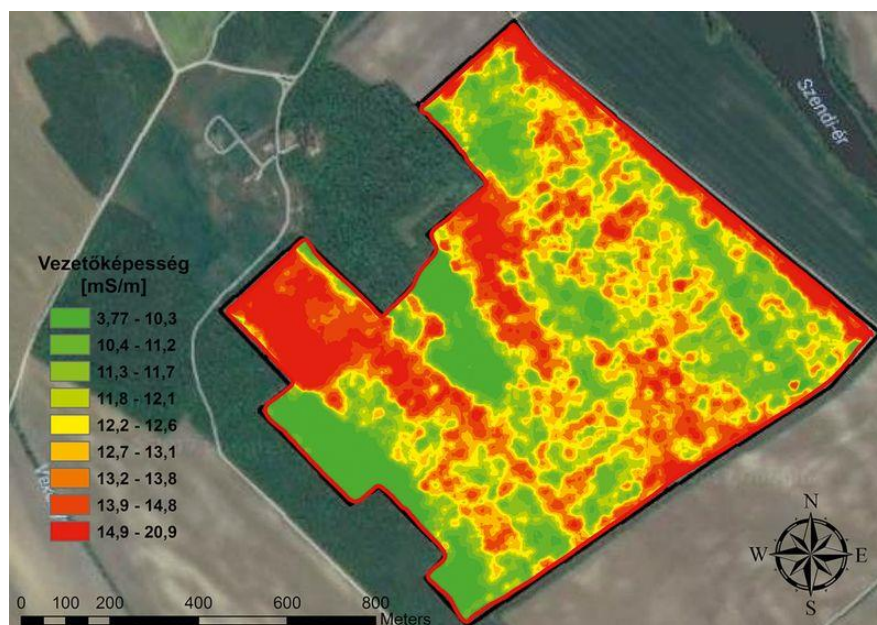
Forrás: [<https://download.kvernelandgroup.com/Media/Images/Kverneland-Disc-Spreader-exacta-0055>, 2021]

A rendszer a tolózár pozícióját (anyagáramlás és feladási pont kontrolálása) folyamatosan mért adatok alapján elektromosan vezérli miközben a röpitő tárcsa fordulatszámát (munkaszelesség, és szóraskép) is szabályozza. A hidraulikus hajtás és elektromos tolózár vezérlés lehetővé teszi a munkaszelesség GPS jel alapján történő változtatását (VariSpread), így ennek köszönhető a szabálytalan alakú táblákon a már leszórt területek túldozirozása. [Sallai, 2021]

A rendszer segítségével a lehető legnagyobb pontossággal csökkenthetik a munkaszelességet 1 méteres szakaszokban. A szakaszok ki/bekapcsolása a szórótárcsák feladási pontjának és a műtrágyaszóró kijuttatási mennyiségének egy időben történő változtatásával érhető el. Mivel a tárcsák sebessége szakaszvezérlés közben állandó, a két tárcsa között az átfedést nem befolyásolja semmilyen tényező, így a szóraskép minden esetben állandó, valamint a szakaszok ki/bekapcsolása gyorsan történik. [www.kverneland.com, 2021]

2.7. Differenciált kijuttatás

Differenciált kijuttatás, vagy jobban elterjedt, nemzetközi elnevezése a Variable Rate Control. Ez olyan technológia megoldás, amely lehetővé teszi a kijuttatott anyagok mennyiségének és/vagy összetételének menet közbeni változtatását. Az egész funkciónak az alapja a navigációba betáplált, a föld adatai, jellemzői alapján kreált differenciál térképek, amiket ahhoz használunk, hogy az ilyen tulajdonsággal rendelkező kapcsolt eszközt, többnyire permetező, műtrágyaszóró, ültető, - a térkép alapján vezérelni tudjuk. [Pályi, 2019]



25. ábra Differenciál térkép

Forrás:[<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/05/szantofold/egyrol-a-kettore-precizios-gazdalkodas-gazdaszemmel-ii-resz, 2021>]

A rendszer működése a 25. ábrán látható térképhez alapján kezdődik, amikor a földterületünk régiókra vannak osztva, és mindegyik külön értékek közé tartoznak. Ez az értékek függhetnek a talaj minőségétől, pH értékétől, meszességtől. Különböző beavatkozásoktól függnnek a térképek adatai és kinézetei. Az említett értékek alapján, a kapcsolt eszközünk menet közben úgy állítja a dózist, hogy a betáplált tartományok között legyenek, helyhez függően. Differenciál térképeinket 3, előzőleg már említett technikák alapján tudjuk elkészíteni. Az első a talajvizsgálati eredményekre alapozás, a másik a nitrogén szenzorok szerinti online alapozás, és végül a távérzékelési adatokra támaszkodva is lehet differenciálni. [Kauser, 2018]

Miután eldöntésre került a technológia használata, az örök „filozófiai” kérdést fel kell tenni, hogy a gyengébb területre szeretnénk többet szórni, ezáltal a kiegyenlítetttségre törekedni, vagy a gyengébbre kevesebbet szeretnénk kijuttatni, ezzel jobban a termőhelyi potenciálhoz igazítani a kijuttatást. [Kauser, 2018]. Oparnica (2021) azt állítja, hogy egy differenciál térképet nem elég egyetlen év adatai alapján elkészíteni, hanem több évi tapasztalat gyűjtés és a föld földrajzi helyzete, tulajdonságai ismeretében ajánlott az alkalmazása.

A differenciál technika alkalmazása a vetésben is jelen van. Legelterjedtebb alkalmazása a tőszám változtatása. A kukorica esetében a is ez a legelterjedtebb. A kukorica nemesítőházak minden hibrid esetében javaslatot tudnak tenni a minimális és maximális kivetendő vetőmag mennyiségre. A kukorica mellett a napraforgó tőszám szabályozásával találkozhatunk a leggyakrabban, mely egyre nagyobb területen alkalmazott technológiai elem. A szója táblán belüli változtatott tőszámmal történő vetése nem általános technológia, viszont a kukoricához hasonlóan, itt is kaphatunk adatokat az alkalmazásához. Búza, repce, illetve egyéb őszi kultúrák vetésénél nem alkalmazzák a technológiát, bár próbálkozások már történtek.

[Milics, Kauser, 2021]

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataim célja az volt, hogy valós eredmények alapján bemutassam a precíziós technológiák előnyeit. Legfőbb cél kitűzésnek helyeztem a költség csökkentés forrásait, amiket technikák alapján sorba állítottam, és összehasonlítottam őket. A kutatásokat szántóföldi szilárd műtrágya szórásnál hajtottam végre. Több okból választottam ezt a műveletet. Nem csak az az oka, hogy a saját mezőgazdasági vállalkozásunk rendelkezik ilyen berendezéssel, hanem mert a felfebb említett műveletnek a technológiája az egyik legrégebben megvalósított technológia, és ebből kifolyólag a legkifinomultabb és legpontosabb is.



26. ábra Műtrágyaszórás modern technikákkal Forrás: [Saját, 2021]

3.1. Vizsgálat előzményei

Három féle műtrágya kijuttatást hasonlítottam össze. Az első hagyományos, GPS és ISO BUS kapcsolat nélküli, idősebb géppel történt. A második, úgy a traktor, úgy a műtrágyaszóró GPS által vezérelt, hagyományos kijuttatással, a harmadik az előzővel megegyezik, viszont itt **differenciált kijuttatást** hajtottunk végre.

Előzőleg szükségem volt 24 darab mérőtálca elkészítésére, amit vastag karton dobozokból sikerült kiviteleznem. Mindegyik tálca 900x700 mm nagyságú lett és 50 mm magas oldallal rendelkezett. A tálcákat az eszköz közepétől egyforma távolságra, a teljes szórás szélességig helyeztük el. Feladata, a kijuttatott műtrágya terület alapú felfogása volt, ami alapján tudtam számolni.

A differenciált kijuttatás alapja, egy helyspecifikus térkép. Ezt a térképet, ahogy már említettem, többféleképpen lehet elkészíteni. Ennél a parcellánál a műholdas, NDVI -os

technológiát használtuk. Segítségül szolgált a Solorow applikáció. Ez az applikáció térkép alapú, terület kijelöléssel vizsgálja az adott földterület 5 évi visszamenőleges heterogenitását és ezek az adatok összeállításával alkotja meg a differenciált zónákat. A program egy alapértelmezett, 2% -os értékkülönbséget ajánl a zónák közötti eltérésekben. A zónák számát, és az értékkülönbséget saját szükség szerint tudjuk beállítani. Az én esetemben 5 zónát és 5% -os különbséget vettem, a látszólagosabb eredmény végett. Természetesen ezt a föld típus ismeretében, és a trágyázás szükségességének függvényében kell beállítani. Mivel a területünk homokosabb csernozjom talaj volt, ezért a beállításaim is megfeleltek.

A program minden zónát más színnel vizualizál. Minden színhez egy adott érték tartozik, amit a traktorunk és az eszközünk majd helyspecifikusan, GPS segítségével fel fog használni. Továbbá vizualizálja számunkra, hogy mindegyik zónához mekkora terület tartozik, és hogy milyen mennyiségű műtrágya szükséges oda.



27. ábra Solorow applikáció, Forrás:[Saját,2021]

3.2. Vizsgálat területe és körülményei.

Mérésemet a körülmények a jelen változékony időjárásának köszönhetően igen megnehezítették. A helyszín, egy távoli, nyílt környezetű szója tarló volt, dél -délkeleti széllel. Ebből kifolyólag és egyetemi éveim alatt hallott mondanéból, hogy egy mérés nem mérés, többször elvégeztem a próbát.

A jellemzők meghatározásához a műtrágyaszóró gép üzemi állapotának megfelelő beállítás mellett mérőtálcasor fölött halad át. A gép haladási irányára merőlegesen, a várható

teljes szórásszélességben, szorosan egymás mellé elhelyezett mérőtálcák 500×500 mm méretűek. [Szendrő, 2000]. Én nem meghatározott okokból, 900×700 mm -es mérőtálcákkal végeztem. Ez nem befolyásolta mérésemet, mivel a terület nagyságát ehhez képest viszonyítottam. A próba tálcákat 3 sorban, 2,5 méterenként négyet jobbra és négyet balra helyeztem el, hogy minél több adatot tudjak összehasonlítani.



28. ábra Vizsgálatok a földeken, Forrás:[Saját,2021]

3.3. Vizsgálatok

A GPS- es terminálban, a tábla határok tavalyi adatait használtuk, ami megfelelő volt. A műtrágyaszóró ISOBUS kábel csatlakoztatása után az Universal Terminál rögtön megjelenítette a virtuális gépet, ami fentebb, a 22. ábrán látható is. A kijuttatandó mennyiséget 400 kg/ha- ra állítottuk. A szórási szélesség 20 méter volt, ami jobbra 10 méter és balra 10 méter szórást jelent. A gép a földre érve kihagyta föld végére szórandó távolságot és a függőleges irányú szórást kezdte el. Jómagam is innen kezdtem végezni a méréseket.

3.3.1. GPS- es kijuttatás

GPS- es kijuttatásunk során egy Kverneland Exakta TL Geospread repítőtárcsás műtrágyaszórót használtunk, ami ISOBUS- os összeköttetéssel kommunikált a navigációs terminállal. Ez a fajta technológia abban segített és tette precízebbé a kijuttatás, hogy arra a szórási területre, amit már kijuttattunk, nem fog szórni még egyszer.

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	25,1	2,5	25,2
2.	5	25	5	25,1
3.	7,5	25,2	7,5	25,2
4.	10	25,2	10	25,3

2. táblázat: 1. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	25,2	2,5	25,3
2.	5	25,1	5	25,2
3.	7,5	25,1	7,5	25,2
4.	10	25,2	10	25,2

3. táblázat: 2. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	25,2	2,5	25,2
2.	5	25,3	5	25,2
3.	7,5	25,2	7,5	25,3
4.	10	25,1	10	25,2

4. táblázat: 3. tálcasor értékei

3.3.2. Hagyományos kijuttatás

Hagyományos kijuttatásnál, egy röpitőtárcsás, Amazone ZAM 1000 műtrágyaszórót használtunk. Fontos megemlíteni, hogy semmi féle precíziós technikával nem volt ellátva és a traktor sem rendelkezett sorvezetővel. Ezek a berendezések hiánya miatt történt traktor kilengés illetve fedés. Az előzőleg említett hátrányok műtrágya többlet kijuttatáshoz, több üzemanyag fogyasztáshoz, taposáshoz, illetve idő veszteséghez vezet.

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	28,2	2,5	28,6
2.	5	25,4	5	26,2
3.	7,5	26,4	7,5	26,5
4.	10	19,7	10	20,2

5. táblázat: 1. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	28	2,5	28,4
2.	5	25,7	5	25,8
3.	7,5	25,6	7,5	26
4.	10	26	10	27

6.táblázat: 2. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	28,9	2,5	29
2.	5	25,5	5	26
3.	7,5	25,5	7,5	25,9
4.	10	26,4	10	27,2

7.táblázat: 3. tálcasor értékei

3.3.3. Differenciált kijuttatás

Differenciált kijuttatásunknál úgy alkalmaztuk a dobozok elhelyezését, hogy az 3 zónába essen. Az első sor dobozai a 425 kg/ha, a második sor bal oldali dobozai a 405 kg/ha, a jobb oldalé pedig ismét a 425 kg/ha szórási nagyság területére lett helyezve. Az első sor bal oldali tálcái 405 kg/ha, illetve a jobb oldaliak a 385 kg/ha szórási területre jutottak. Az egy dobozra jutó műtrágya mennyiségek, szórási mennyiségektől függően a következők:

425 kg/ha – 26,76 g

405 kg/ha – 25,52g

385 kg/ha – 24,26 g

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	26,4	2,5	26,6
2.	5	26,6	5	26,8
3.	7,5	26,6	7,5	26,8
4.	10	26,6	10	26,9

8. táblázat: 1. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	25,3	2,5	26,6
2.	5	25,4	5	26,8
3.	7,5	25,5	7,5	26,8
4.	10	25,5	10	26,9

9. táblázat: 2. tálcasor értékei

	Szórás tásvolság BALRA [m]	Szórás mennyiség [g]	Szórás tásvolság JOBBRA [m]	Szórás mennyiség [g]
1.	2,5	25,3	2,5	24,3
2.	5	25,4	5	24,5
3.	7,5	25,6	7,5	24,5
4.	10	25,6	10	24,6

10. táblázat: 3. tálcasor értékei

3.4. Hosszirányú szórás egyenlőtlenség meghatározása

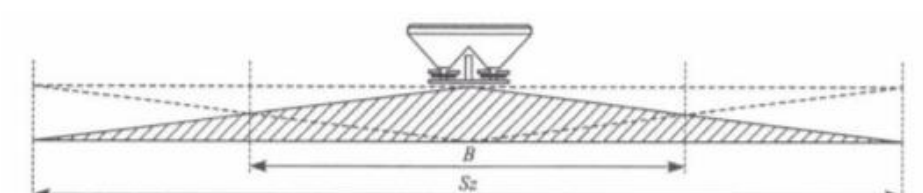
A műtrágyaszórók keresztirányú szórás egyenlőtlenségét három érték jellemzi, a közepes eltérés, a variációs tényező és a legnagyobb eltérés. [Szendrő, 2000]

Ezeket az értékeket a műtrágyaszóró, mérő tálcák feletti elhaladása után lehetett meghatározni. Minden dobozból egyenként egy edénybe gyűjtöttem, amit mérleggel, tizedes

pontossággal lemértem és feljegyeztem. Ezek az értékek találhatók, technikától függően a 2. táblázattól egészen a 10. táblázatig.



29. ábra Mérési folyamatok, Forrás:[Saját, 2021]



30. ábra Háromszög alakú keresztirányú szóráskép, Forrás:[Szendrő,2000]

3.4.1. Közepes eltérés

$$e_k = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

1. képlet, Forrás:[Szendrő,2000]

GPS-es kijuttatásnál:

$$\begin{aligned}
 e_k &= \frac{100}{\bar{x}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \% = \\
 &= \frac{100}{25,1875} \cdot \frac{|(25,2-2,1875)+(25,15-25,1875)+(25,2-25,1875)+(25,2-25,1875)|}{24} = \\
 &= \frac{100}{25,1875} \cdot \frac{0,075}{24} = 0,075\%
 \end{aligned}$$

Hagyományos kijuttatásnál:

$$\begin{aligned}
 e_k &= \frac{100}{\bar{x}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \% = \\
 &= \frac{100}{26,17} \cdot \frac{|(28,52-26,17)+(25,77-26,17)+(25,98-26,17)+(24,42-26,17)|}{24} = \\
 &= \frac{100}{26,17} \cdot \frac{4,69}{24} = 0,75\%
 \end{aligned}$$

3.4.2. Variációs tényező (VK)

$$V_k = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{2. képlet, Forrás:[Szendrő,2000]}$$

GPS-es kijuttatásnál:

$$\begin{aligned}
 V_k &= \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \\
 &= \frac{100}{25,1875} \sqrt{\frac{((25,2-25,1875)^2+(25,15-25,1875)^2+(25,2-25,1875)^2+(25,2-25,1875)^2)}{24-1}} \\
 &= \frac{100}{25,1875} \cdot \sqrt{\frac{0,00187}{23}} = 0,036\%
 \end{aligned}$$

Hagyományos kijuttatásnál:

$$V_k = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$$

$$= \frac{100}{26,17} \cdot \sqrt{\frac{((28,52-26,17)^2 + (25,77-26,17)^2 + (25,98-26,17)^2 + (24,42-26,17)^2)}{24-1}}$$

$$= \frac{100}{26,17} \cdot \sqrt{\frac{8,7811}{23}} = 2,36\%$$

3.4.3. Legnagyobb eltérés ($e_{\max/\min}$)

$$e_{\max} = \frac{100}{\bar{x}} (X_{\max} - \bar{x}) \quad \text{3. képlet, Forrás: [Szendrő, 2000]}$$

GPS-es kijuttatásnál:

$$e_{\max} = \frac{100}{\bar{x}} (X_{\max} - \bar{x}) = \frac{100}{25,1875} (25,2 - 25,1875) = 0,0496\%$$

$$e_{\min} = \frac{100}{\bar{x}} (\bar{x} - X_{\min}) = \frac{100}{25,1875} (25,1875 - 25,15) = 0,1489\%$$

Hagyományos kijuttatásnál:

$$e_{\max} = \frac{100}{\bar{x}} (X_{\max} - \bar{x}) = \frac{100}{26,17} (28,52 - 26,17) = 8,98\%$$

$$e_{\min} = \frac{100}{\bar{x}} (\bar{x} - X_{\min}) = \frac{100}{26,17} (26,17 - 24,42) = 6,69\%$$

3.5. Költség számítások

A mezőgazdaságban a befektetések többnyire hosszútávú megoldásként születnek. A precíziós eszközökre nem úgy kell gondolni mint egy betakarító gépre, mivel az a földön évente csak egyszer megy át. Ezek a berendezések évente egy földön akár 4x áthaladnak. Ezért határoztam meg a költség megtakarítást 100 hektáros nagyságrendbe.

3.5.1. Differenciált kijuttatás

Differenciált kijuttatás esetén, a föld területünk 5 zónára volt felosztva. A tudomány vizsgálata végett, olyan fogás szélességet állítottunk be, ami biztos legalább 3 régiót lefed. A kijuttatandó műtrágya mennyiség, a 8,45 hektáros darabon, a differenciál kijuttatás alapján, a 11. táblázatban meghatározottak szerint alakult:

Szórás mennyiség [kg/ha]	Terület [ha]	Kiszórando mennyiség [kg]
307	0,1	44,6
385	2,12	901
405	2,78	1125,9
425	2,18	839,3
446	1,27	466,09
		Összesen: 3376,89

11.táblázat

A GPS által vezérelt műtrágyaszóráskor, a vizsgálataim alapján biztonságban tudok támaszkodni a terminál által kimutatott értékekre. Ezért a kijuttatott mennyiség a következő képen alakult:

Előzőleges papír alapú számolás:

$$m = A \cdot n = 8,45 \text{ ha} \cdot 400 \text{ kg/ha} = \mathbf{3380 \text{ kg}}$$

3. képlet

Utólagos, terminál alapú adat:

$$\sum m = \mathbf{3388 \text{ kg}}$$

A kétféle módszer közötti különbség:

$$m_{\text{gps}} - m_{\text{diff}} = 3388 \text{ kg} - 3377 \text{ kg} = \mathbf{11 \text{ kg}}$$

4. képlet

A differenciált kijuttatás által kijuttatott mennyiség a terület növekedésével a 15. táblázat szerint alakulnak a kijuttatott mennyiségek:

[ha]	Kevesebb kijuttatott mennyiség [kg]
8,45	11
10	13
100	130,1
1000	1301

12. táblázat

A 2021. évi, novemberi árak alapján:

- Az orosz Phosagro UREA kereskedelmi ára 0,91 €/kg.
- Promist 16:16:16- os NPK műtrágya kereskedelmi ára 0,6€/kg.

Ez 100 hektáron az UREA esetében 118,3 €

az NPK esetében 85,2 € megtakarítást jelent.

3.5.2. Hagyományos kijuttatásnál

Hagyományos kijuttatásnál az elszórt műtrágya mennyiséget nem tudtuk túl pontosan meghatározni, mivel a műtrágyaszóró nem rendelkezett sem mérleggel, sem terminállal, ami terület alapján számolta volna a kijutott mennyiséget. Ennek fényében GPS terület mérő segítségével kimértünk 5 ha területet, és 2200 kg műtrágyát töltöttünk a szóróba. A kijuttatandó terület elvégzése után, a benne maradt mesterséges trágyát kieresztettük és lemértük a súlyát. A kieresztett mennyiség 14 kg volt, ami 186 kg többlet szórást jelent. Ha a kimért területen arányosan szétosztjuk ezt a mennyiséget, a kijuttatás a 13. táblázatban található adatok szerint történt.

Szórás mennyiség [kg/ha]	Terület [ha]	Kiszórt mennyiség [kg]
400	1	437,2
400	2	874,4
400	3	1311,6
400	4	1748,8
400	5	2186

13. táblázat

GPS- es beavatkozásnál, az előző terminálos adatra hagyatkoztam, ami ebben, az 5

hektáros esetben $\sum m = 2005 \text{ kg}$ -ot jelent.

GPS – es és hagyományos kijuttatást a 14. táblázatban tudjuk összehasonlítani:

Szórás mennyiség [kg/ha]	Terület [ha]	GPS- el kiszórt mennyiség [kg]	Hagyományosan kiszórt mennyiség [kg]
400	1	401	437,2
400	2	802	874,4
400	3	1203	1311,6
400	4	1604	1748,8
400	5	2005	2186

14. táblázat

A kétféle módszer közötti különbség:

$$m_{\text{hagy}} - m_{\text{GPS}} = 2186\text{kg} - 2005\text{kg} = \mathbf{181\text{kg}}$$

5. képlet

A terület növekedésével a 15. táblázat szerint alakulna a kijuttatott mennyiségek:

[ha]	Kevesebb kijuttatott mennyiség [kg]
5	181
10	362
100	3620
1000	7240

15. táblázat

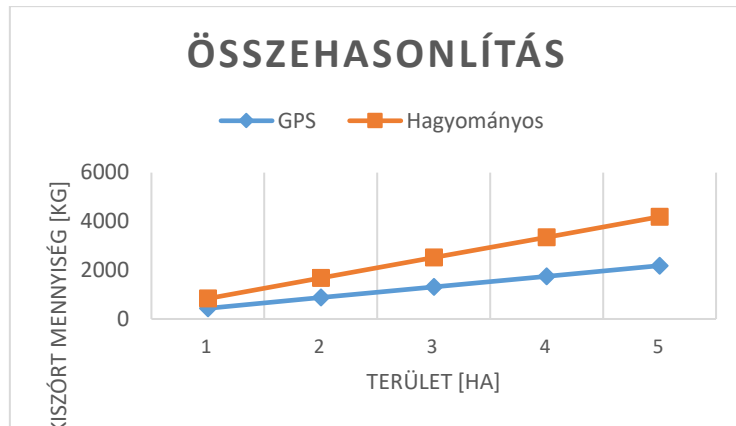
A 2021. évi, novemberi árak alapján:

- Az orosz Phosagro UREA kereskedelmi ára 0,91 €/kg.
- Promist 16:16:16- os NPK műtrágya kereskedelmi ára 0,6€/kg.

*Ez 100 hektáron az UREA esetében **3330 €***

*az NPK esetében **2172 €** megtakarítást jelent.*

Az 1. diagramon egyértelműen látható a Precíziós technikák szembetűnő hatásossága a régebbi technológiákkal szemben. A sárgával jelölt adatsor, a hagyományos kijuttatás nem kis értékkel, hanem jelentősen magasabb értékkel rendelkezik a modern beavatkozással szemben.

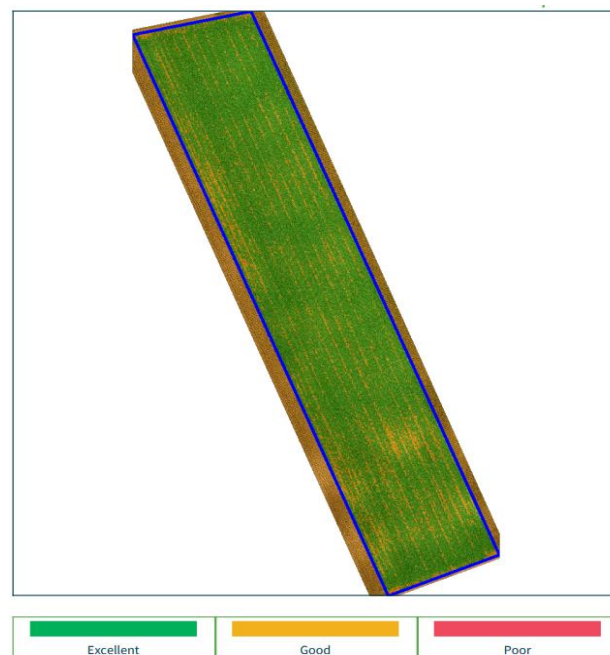


1. diagram

3.6. Műholdas felderítések

Kutatásom során szerettem volna minél több fajta technikával megismerkedni, ezért nem csak differenciált térkép elkészítésével foglalkoztam. Egy 6,20 hektáros földterületen elterülő kukorica tábláról készítettünk egyéb felvételeket műholddal és drónnal is.

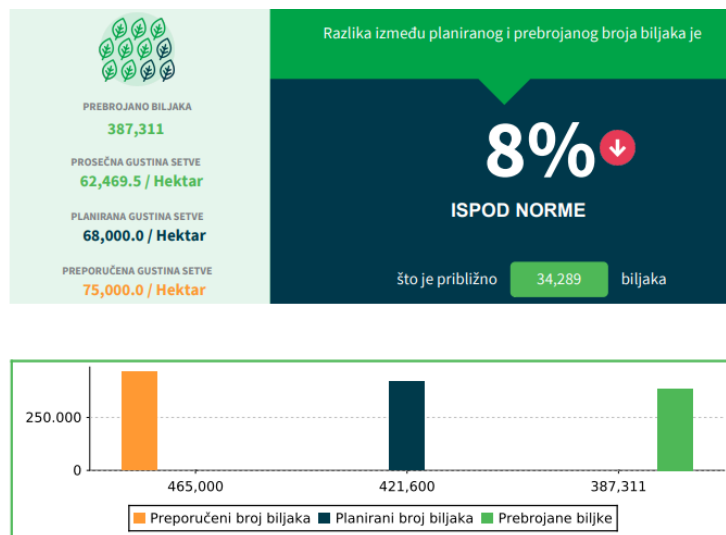
31. ábra NVDI felvétel, Forrás:[Saját,2021]



Az utóbbival, NVDI kamera segítségével megállapítottuk a terület megművelhető százalékát (31. ábra), különböző magassági pontokat, és a növények számát. Kétszer hajtottunk végre e féle felderítést. Az első Június 11. -én , a második pedig Augusztus 14. -én történt.

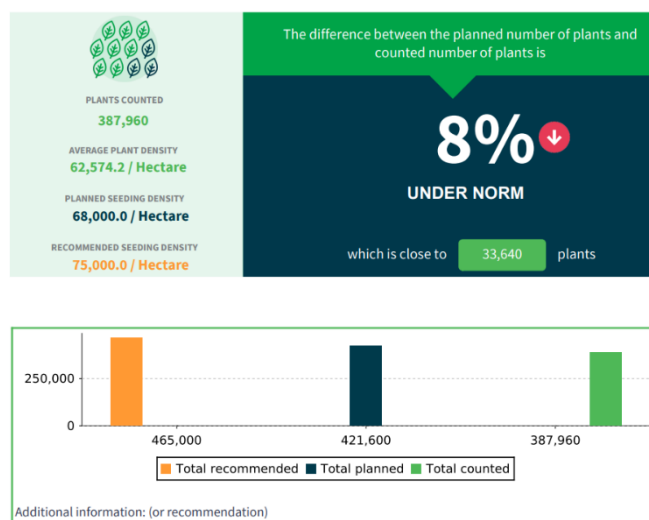
3.6.1. Növények számlálása

Ültetéskor 68 000 mag/ha volt tervezve, ami 421 600 növényt jelent. A felderítés segítségével megszámoltuk az aktívan vegetációban álló növények számát és százalékos értékkel tudtunk tervezni a veszteség nagyságát. A 32. ábrán látható, hogy a megszámolt növények 387 311 volt, ami 8% -al kevesebb a tervezettől.



32. ábra NVDI felvétel során készített egyed adatok, Forrás:[Saját,2021]

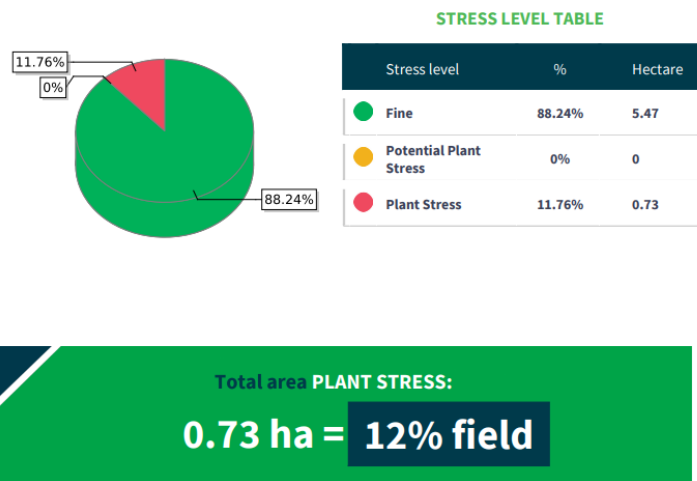
Második mérésünk során viszont már más adatokat kaptunk. Ezek olyan okból kifolyóak, mint permetezés, sorközművelés során letaposott növények, amelyek fejlődése jóval lemarad a többihez képest. Ezeket a növényeket ezennel a drónnal végzett felderítésünk során a rendszer már felismerte, és az élő egyedek közé sorolta. Ezeknek a száma a második felmérésnél már 387 960 volt, ami tisztán látszódik a 33. ábrán.



33. ábra NVDI felvétel során készített egyed adatok, Forrás:[Saját, 2021]

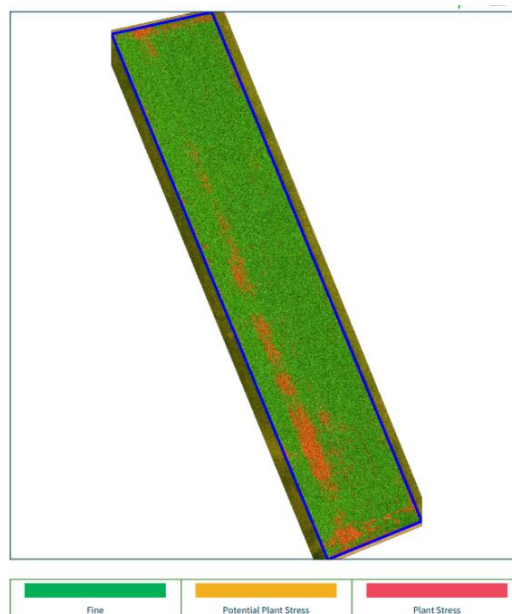
3.6.2. Stressz meghatározása

Stressz meghatározásakor megállapítottuk, hogy mekkora területen terülnek el a nehezebben vegetáló növények, és mekkora területen életerősek. Az eredmények azt mutatták, hogy az addigi környezeti hatások, főleg az időjárás, befolyása a 6,20 hektáros darabnak csupán 11,76% -a szenvedett, ami 0,73 hektárnak felel meg. Itt természetes a parcella területi fekvésének is voltak befolyási tényezői.



34. ábra Stressz meghatározása, Forrás:[Saját,2021]

A 35. ábrán látható piros foltok, a stresszel ért növények. A területnek ezek a részei erősen homokosak, ami száraz időben természetesen hátrány.



35. ábra Stressz alatt álló növények fekvése, Forrás:[Saját, 2021]

A 36. ábrán látható a területnek azon pontjai, amelyek nem egy síkban vannak, vagyis eltérőek a magasság pontjaik. Esős időben fenn áll a lehetőség, hogy meg áll a víz, ami termés kieséshez vezet.

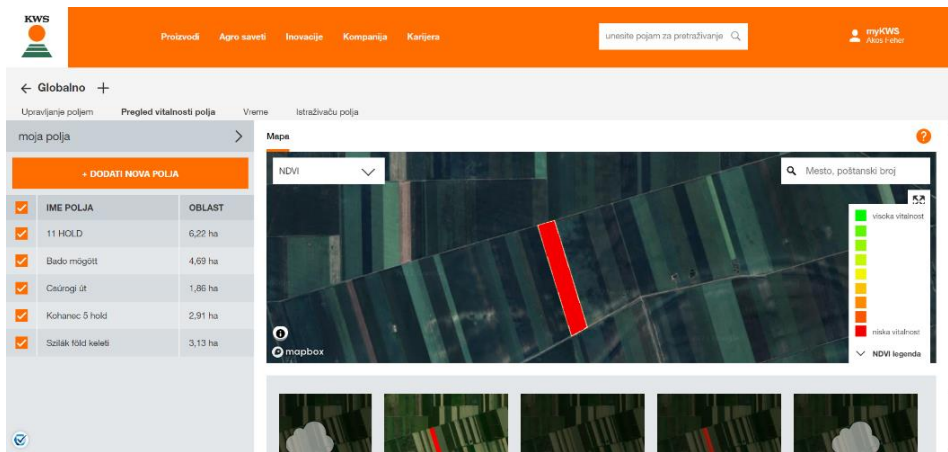


36. ábra A terület magassági pontjai

3.7. Vitalitás követése

Műholdas megfigyelés a <https://www.kws.com/rs/sr/fieldvitalitycheck/> weboldalon keresztül történt. Ennek a segítségével a növények vitalitását tudtuk ellenőrizni bizonyos időszakonként. A mezőgazdasági célokra használt műhold a SENTINEL nevet viseli. Az első lépésünk egy SHAPE file elkészítése volt, amit a <https://a3.geosrbija.rs/> oldalon tudtam elkészíteni. A SHAPE file egy területet tartalmazó dokumentum, amit pontosan meg tudunk alkotni megfelelő kataszteri számok alapján az utóbbi weblapon. Ezt a file-t feltöltve, kirajzolódott a műholdnak a vizsgálni kívánt terület. A mezőgazdasági műholdakról tudni kell, hogy 5-10 napig tart újabb átfedést csinálnia, vagyis új adatokat adnia. [www.copernicus.eu].

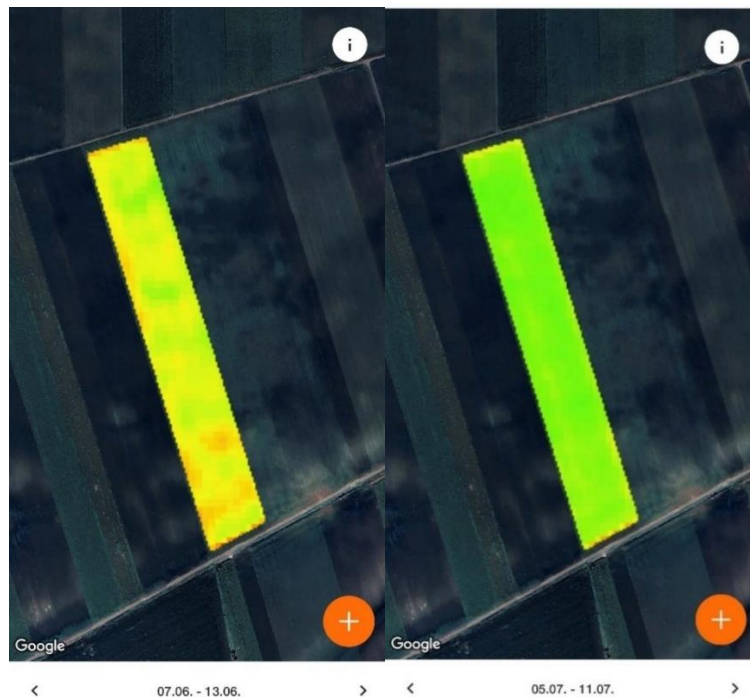
Az általam végzett applikációban, 6 naponta kaptam új képeket a földjeimről. Ennek segítségével, nyomon tudtam követni a termés állapotát anélkül, hogy kilátogattam a hozzá. A 34. ábrán a dátum alapján látható, hogy a június 7- 13. -ikai periódusban kisebb volt a kukorica vitalitása mint a július 5-11 -ikei periódusban. Ez azért van, mert július elején 70-100 liter eső esett.



37. ábra KWS field vitality check, Forrás:[Saját,2021]

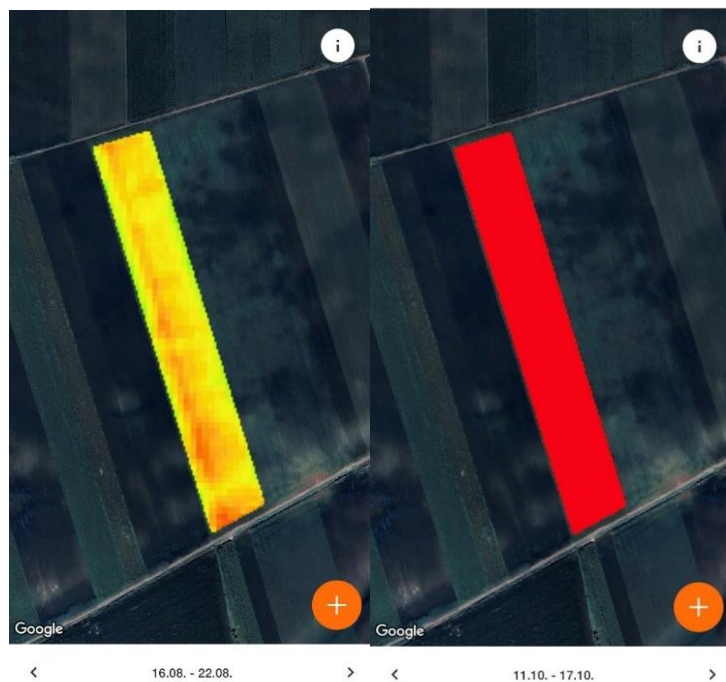
A mezőgazdasági műholdakról tudni kell, hogy 5-10 napig tart újabb átfedést csinálnia, vagyis új adatokat adnia. [www.copernicus.eu].

Az általam végzett applikációban, 6 naponta kaptam új képeket a földjeimről. Ennek segítségével, nyomon tudtam követni a termés állapotát anélkül, hogy kilátogattam a hozzá. A 38. ábrán a dátum alapján látható, hogy a június 7- 13. -ikai periódusban kisebb volt a kukorica vitalitása mint a július 5-11 -ikei periódusban. Ez azért van, mert július elején 70-100 liter eső esett.



38. ábra Vitalitás térkép júniusban és júliusban, Forrás:[Saját,2021]

A 39. ábrán látható, hogy az érés folyamatával csökken a növények vitalitása. Az augusztusi hónapban már látszódnak a feljebb bemutatott térképek alapján, a rosszabb területeken a kevésbé vitális növények, míg körülötte valamelyest vegetáció még fennáll. A jobb oldali kép pedig már októberben készült, amikor eljött a betakarítás ideje. Egyértelmű képet kapunk, hogy a növény már nem fejlődik.



39. ábra Vitalitás térkép augusztusban és októberben, Forrás:[Saját,2021]

4. KÖVETKEZTETÉS

Dolgozatomban, a mezőgazdaság fejlődését elemeztem a kezdetektől a mai napig kifejlődött technikákig. Hangsúlyt helyeztem az elektronika fontosságára ebben a szakmában, és elemeztem a mechanikával együttműködő tulajdonságait, működéseit. Elsődlegesen a precíz mezőgazdaság alappilléret, a műholdakról számoltam be, ami a GPS vezérlés nélkülözhetetlen eleme. Ha szántóföldi precíziós technikáról beszélünk, a navigációs rendszerek adják a további lehetőségeknek az alapjait, ezért ide soroltam a nitrogén szenzorokat, amiket bemutattam működési elveik szerint. Továbbá elemeztem pár fontosabb talaj- és környezet szenzort, ami elengedhetetlen a mai modern mezőgazdaság vezetésében. Munkám során lehetőségem volt differenciál térképek megismerkedésével, és készítésével, az NDVI technika fontosságával ebben a szakmában.



40. ábra Mezőgazdaság szépsége, Forrás:[Saját, 2021]

A mezőgazdaság 4.0 többnyire a költségek csökkentése végett jött létre, és dolgozatomban is ezeknek a csökkenéseknek a valós eredményeit kutattam. Méréseim során a precíziós technikákkal rendelkező gépek, pontosabban a műtrágyaszórógép pontosságára kaptam választ, ugyanis pár gramm eltérési pontossággal működtek, ami nagyobb mennyiségen elenyésző. A szórás egyenlőtlenség számításakor olyan eredményekre jutottam, ami azt igazolja, hogy megéri a modern gépekbe való befektetés. Költség számításakor szintén biztató eredmények születtek, amik bizonyították a technikák valós hatásosságát.

Következtetés képen azt tudom megállapítani, hogy a változó éghajlat, árak, életszínvonal amik befolyásolják a mezőgazdaságot, és nehezítik a szakma végzését, a munkámban említett összes technikával tudjuk szabályozni és jövedelmezőbbé tenni. Természetesen bízni kell ebben, és bátorság kell a befektetéshez.

5. IRODALOMJEGYZÉK

CSIBA Mátyás : Mérési módszerek fejlesztése precíziós növénytermesztési technológiáknál : PhD értekezés, Nyugat Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Mosonmagyaróvár , 2010

Dobos, Attila Csaba : Precíziós növénytermesztés, 2011 Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, 2013

Dr. Milics Gábor- Kauser Jakab, Precíziós szántóföldi növénytermesztés

Dr. habil Reisinger Péter, Dr. Kukorelli Gábor PhD, Dr Borsiczky István PhD, Precíziós növényvédelem

Dr. Sallai László: Precíziós megoldások tápanyag pótlásnál olvasólecke (2021)

Dr. Tamás János : Precíziós mezőgazdaság, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest, 2001

Dr. Tátrai György: Lenne-e precíziós gazdálkodás ISOBUS nélkül?, Mezőgazdasági technika, 2017

Kemény Gábor, Lámfalusi Ibolya, Molnár András : A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata, Agrárgazdasági Kutató Intézet Budapest, 2017

K. R. Krishna, PhD: Precision Farming, Soil Fertility and Productivity Aspects, Apple Academic Press Mistwell Crescent Oakville, 2013

Nagy Sándor, Doktori PhD értekezés: A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez, 2004

Szendró Péter :Mezőgazdasági gépszerekezetan, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest, 2000

S.A. Shearer, J.P. Fulton, S.G. McNeill, and S.F. Higgins: Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation, 1999

Velandia, M., Edge, B., Boyer, C., Larson, J., Lambert, D., Wilson, B., Buschermohle, M., Rejesus, R., Falconer, L. & English, B. (2016). Factors influencing the adoption of automatic section control technologies and GPS auto-guidance systems in cotton production. Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting, Boston, Massachusetts, 2016.

Dr. Sallai László: Precíziós megoldások tápanyag pótlásnál olvasólecke (2021)

https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2019-01/dr_jori_j_istvan_a_precizios_gazdalkodas_gepesitesi_kerdesei.pdf (2021.03.29.)

http://csl.ftn.kg.ac.rs:99/projects/Workshop_BIO/Presentations-WS/06%20S%20Gvozdenac.pdf (2021.03.29)

<https://www.axial.hu/cikkek/hirek/trimble-power-zone-a-szakszeru-helyspecifikus-gazdalkodas-alapkove> (2021.03.29)

<https://www.yara.hu/tapanyagellatas/eszkozok/n-sensor/> (2021.03.30)

http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_79/precizios_fejtragyazas_biomassza_es_n_sz_enzorok_13_04.pdf (2021.03.30)

http://precgazd.hu/uploads/downloads/KITE_prec_gazd-A4_2016_jav%C3%ADtott_ut%C3%A1nnyom%C3%A1s_NYK_jav_s_65eca4ded865c146266a1d53a4dafed41f3c8093.pdf (2021.03.29)

<https://hu.agriculture.trimble.com/> (2021.05.03)

<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2016/03/gepesites/isobus-kommunikacio-traktor-es-munkagep> (2021.05.03)

<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2003/9/novenyvedelem/gyomfelvetelezesi-mintaterrek-kijelolese-es-gyomterkepek-keszítése-precizios-gyomszabalyozashoz> (2021.05.03)

<https://amazone.hu/hu-hu/tervez%C3%A9s-gazd%C3%A1lkod%C3%A1s/gazd%C3%A1lkod%C3%A1s/pflanzenschutz-der-zukunft-wird-sich-aendern/pflanzenschutz-der-zukunft-wird-sich-aendern-muessen-227408>
(2021.05.03)

<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2015/02/szantofold/tapasztalatok-es-lehetosegek-precizios-nitrogenellatasban> (2021.05.03)

<https://www.axial.hu/gps/gps-vezereelt-termek/trimble/hozameres> (2021.05.03)

<https://hu.kverneland.com/Mutragyaszorok-eszkozei/Tarcsas-mutragyaszorok/Kverneland-Exacta-TL-GEOSPREAD>
(2021.10.01)

<https://www.solorrow.com/features> (2021.11.08)

<https://www.copernicus.eu/hu/kopernikus-program/infrastruktura/ismerje-meg-muholdjainkat> (2021.11.09)

https://www.aef-online.org/fileadmin/user_upload/Content/pdfs/AEF_handfan_EN.pdf (2021.11.09)

https://blog.agcocorp.com/2015/08/rate-and-section-control-technology-critical-in-the-next-wave-of-precision-farming-evolution/#_ftn1 (2021.11.10)

<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2019/06/gepesites/precizios-helyspecifikus-permetezesi-eljarasok> (2021.11.10)

www.digitalisagrarakademia.hu (2021.11.10)