



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet



SZAKDOLGOZAT

Helyspecifikus gazdálkodás bevezetése mezőgaz- dasági vállalkozásban

OE-AMK

2022

Hallgató neve: Csapó Norbert

Hallgató törzskönyvi száma: T000675/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Csapó Norbert

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000675/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakember

Specializáció:

A dolgozat címe: Helyspecifikus gazdálkodás bevezetése egy mezőgazdasági vállalkozásban

A dolgozat címe angolul: Introduction of site-specific cultivation in agricultural company

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján foglalja össze a precíziós növénytermesztés technológiát!
2. Ismertesse a digitális adatok és elemzésükből nyert információ szerepét a döntéshozatalban!
3. Vállalkozás és vizsgált mintaterület bemutatása
- A mintaterületen alkalmazott termesztéstechnológiájának ismertetése
4. Vizsgálatokhoz felhasznált adatok részletes jellemzése
5. Különböző forrásból származó adatok feldolgozásának szempontjai
6. Multitemporális műholdas adatok alapján vegetációs indexek számítása és elemzése
7. Kombájn adatainak feldolgozása
8. Hozamtérképek és vegetációs indexek összehasonlítása, összefüggések vizsgálata.
9. Tapasztalatok és eredmények összefoglalása, jövőbeni fejlesztési irányok megfogalmazása.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Csornai Gábor, ügyvezető

Munkahelye: COSIMA Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 14.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2022. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a záródolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült záródolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: SZEKES FEHÉRVÁR 2022.12.10.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés.....	1
2.	Irodalmi áttekintés	3
2.1	A precíziós gazdálkodás fogalma és jellemzői	3
2.2	A precíziós gazdálkodás fejlődése	5
2.3	A helyspecifikus gazdálkodás technikai háttere	6
2.3.1	Helymeghatározás.....	6
2.3.2	Térinformatika	7
2.3.3	Adatgyűjtés és feldolgozás	9
2.4	Hibrid kukorica termesztés technológiája.....	9
3.	Anyag és módszer.....	12
3.1	Célok ismertetése	12
3.2	Vállalkozás bemutatása	12
3.3	Mintaterületek bemutatása	13
3.4	Mintaterületek talajtani adottsága:	14
3.5	Mintaterületeken alkalmazott termesztés technológia	16
3.6	Felhasznált adatok és feldolgozása	17
3.6.1	Meteorológiai adatok	17
3.6.2	Műhold felvételek	20
3.6.3	Kombájn adatok.....	24
4.	Eredmények Ismertetése	25
4.1	NDVI és NDMI értékek bemutatása	25
4.2	NDMI értékek változása öntözött és öntözetlen területeken.....	27
4.3	Hozamtérképek bemutatása	29
5.	Következtetések és javaslatok	34
6.	Összefoglaló.....	36
7.	Summary.....	38
8.	Irodalomjegyzék	40

9. Ábrajegyzék	44
10. Táblázatjegyzék	44

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰTÉS

A precíziós, helyspecifikus gazdálkodás megoldást jelenthet a növénytermesztést érintő új kihívásokra?

A XXI. századi modern mezőgazdaság folyamatosan új kihívások elé állítja a gazdálkodókat. 2022-ben a világ lakossága a KSH adatai szerint 7,975 milliárd ember, ez 2050-re 9,7 milliárd lesz. A növekvő lakosság az élelmiszerellátásban is nagyobb igényekkel jelentkezik. Több terményt kell előállítani a világon, mindezt folyamatosan változó környezeti feltételek mellett. Kijelenthetjük, hogy a globális felmelegedés itt kopogtat az ajtónkon. A prognózisok szerint a klímaváltozás nem csak az átlaghőmérséklet emelkedésével jár, hanem például a csapadékviszonyok megváltozásával, hosszabb, szélsőségesebb időjárási eseményekre számíthatunk. Az uniós agrárpolitika e két fő probléma mentén fogalmazza meg célkitűzéseit az elkövetkezendő évekre. A 2023 és 2027 időszakra a megfogalmazott célok az éghajlatváltozás, a természeti erőforrások fenntarthatósága és a biodiverzitás megőrzése köré épülnek fel. Ezen kihívásokból következik, hogy a gazdálkodóknak is reagálni kell az új környezetre. Környezetileg és gazdaságilag fenntartható gazdálkodást kell kialakítaniuk. A környezeti fenntarthatóságban a természeti erőforrásokkal úgy gazdálkodva, hogy az a jövő nemzedékeinek is megfelelő minőségben rendelkezésre álljon, gazdasági szemponttól nyereségesen működve, társadalmi kapcsolatait kölcsönös előnyösségre alapozva.

Versenyképes és hatékony gazdálkodás alapja a precíziós technológiák nyújtotta lehetőségekben lehet. Ezen lehetőségek megfelelő, szakszerű használatával tevékenységünk fenntarthatóbbá és eredményesebbé tehető. A mezőgazdaságban használt technológiák fejlődése folyamatosan újabb lehetőségeket kínál a gazdálkodók számára. A digitalizáció betörésével a termelésbe döntéstámogató rendszert építhetünk fel gazdaságunkban. Ezzel a gazdálkodás vezetői az eddiginél több és újabb információkhoz juthatnak döntéseik meghozatalában.

A modern technikák térhódításával, a gazdálkodók körében felvetődik a kérdés, hogy a helyspecifikus gazdálkodás bevezetését megelőzően milyen adatok által szolgáltatott

információkra támaszkodjanak? 2022-ben precíziós munka végzéséhez alkalmas kombajn, traktor, szemenkénti vetőgép, műtrágyaszóró, illetve precíziós szolgáltatási csomagra nyertpályázatot a Carota Bt., dolgozatomban a cég által művelt területeken jelöltem ki mintaterületeimet, ahol öntözött és öntözetlen körülmények között műhold képek feldolgozása alapján vizsgáltam a vegetációs időszakot és hozamtérképeket készítettem. Munkám során több forrásból származó adatokat használtam a táblán belüli variabilitás kimutatásához és térképezéséhez, továbbá összefüggéseket kerestem a műholdas felvételekből levezetett vegetáció és nedvesség index képek és termésadatok között. Az elemzéseket öntözött és öntözés nélküli táblákon végeztem. Célom volt, hogy vizsgáljam, hogy a helyspecifikus gazdálkodás bevezetése során a műhold képek nyújtotta táblán belüli heterogenitások szolgáltatnak-e olyan információkat, amelyek alapján később érdemes-e a cég által művelt területeken táblán belül zónákat kijelölni.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A precíziós gazdálkodás fogalma és jellemzői

A precíziós mezőgazdaság első hivatalos meghatározása az Egyesült Államok Képviselőházától származik 1997-ből, amely a precíziós mezőgazdaságot "egy integrált információs és termelési alapú gazdálkodási rendszerként azonosította, amelynek célja a hosszú távú, helyspecifikus és a teljes gazdaság termelési hatékonyságának és jövedelmezőségének növelése, minimalizálva emellett a nem szándékos hatásokat a vadon élő állatokra és környezetre" (USA Képviselőháza, 1997, Bill No. H.R.2534). Ez a meghatározás az információs technológiát alkalmazó irányítási stratégiát helyezi előtérbe, és kiemeli a termelés javulását, miközben csökkenti a környezeti hatásokat. Fontos megemlíteni, hogy a precíziós mezőgazdaságot nemcsak a növénytermesztési rendszerekre, hanem az állattenyésztésre, a halászatra, az erdőgazdálkodásra is alkalmazni lehetne.

Az Egyesült Államok Kongresszusa által bemutatott meghatározás megjegyezte, hogy a precíziós mezőgazdaság egy fejlődő gazdálkodási stratégia. Fő jellemzője az erőforrás-felhasználással kapcsolatos döntéshozatal, és nem feltétlenül az információs technológia átvétele. A jobb megoldások számos előnnyel járhatnak (gazdasági, környezeti és társadalmi), amelyek jelenleg ismertek vagy sem.

A precíziós mezőgazdaságnak sok más definíciója is létezik, amelyek a kifejezés különböző elképzeléseitől függenek. Egyes definíciók a precíziós gazdálkodás stratégiai természetére összpontosítanak: arra a képességére, hogy adatokat szerezzenek és azokat a jövőbeli döntéshozatalhoz szükséges információkká alakítsák át (Lowenberg-DeBoer és Boehlje, 1996). Más definíciók a precíziós mezőgazdaságra, mint termelési rendszerre és a menedzsment adaptációjára koncentrálnak (McBratney et al., 2005; Seelan et al., 2003; van Meirvenne, 2003; Nemenyi et al., 2003, Cook és Bramley, 1998; Cook et al., 1996). Egyes szerzők a precíziós mezőgazdaságot tágabb kontextusban vizsgálják, és a kifejezést a menedzsment filozófiai váltásaként határozzák meg. A precíziós gazdálkodás fő célja a hosszú távú, helyspecifikus és az egész gazdaság termelékenységének optimalizálása, valamint a környezetre gyakorolt hatások minimalizálása (Whelan és McBratney, 2000, 2001).

Egyes tanulmányok a precíziós gazdálkodást a mezőgazdaságban alkalmazott információs technológiaként határozzák meg (Lowenberg-DeBoer és Boehlje, 1996). Ez a definíció tágabb, mint a többi, mert megfigyelte a precíziós gazdálkodás lehetséges előnyeit, amelyek túlmutathatnak a gazdaság kapuján. Ide tartozik még a termékkövetés, a minőségellenőrzés és a környezeti teljesítmény mérése (McBratney et al., 2005).

Többek által a precíziós mezőgazdaság legegyszerűbb leírása egy módja annak, hogy „a megfelelő kezelést a megfelelő helyen, a megfelelő időben alkalmazzuk” (Gebbers és Adamchuk, 2010).

A precíziós mezőgazdaság és az információs technológiák alkalmazása a termelési tapasztalatokkal együtt a következőkhöz vezethet: a termelés hatékonyságának és minőségének optimalizálása; a környezeti hatások és kockázatok minimalizálása.

Az elmúlt években a precíziós gazdálkodás fejlődik, és ma egy „környezetbarát rendszer-megoldásként határozzák meg, amely optimalizálja a termék minőségét és mennyiségét, miközben minimalizálja a költségeket, az emberi beavatkozást és a kiszámíthatatlan természet okozta változást” (Gebbers és Adamchuk, 2010). A precíziós gazdálkodás ezen definíciói tartalmazzák a kockázattal, a környezeti hatásokkal és a degradációval kapcsolatos kifejezéseket, mint a 21. század jelentős kérdéseit. A precíziós mezőgazdaság egyre nagyobb érdeklődésre számot tartó gazdálkodási gyakorlattá válik, mivel olyan kulcsfontosságú hajtóerőkhöz kapcsolódik, amelyek közvetlenül kapcsolódnak olyan világméretű kérdésekhez, mint a fenntartható mezőgazdaság és az élelmiszer-biztonság (Gebbers és Adamchuk, 2010).

A precíziós mezőgazdaság magában foglalja a technológiák és agronómiai elvek alkalmazását a mezőgazdasági termelés minden vonatkozásával összefüggő térbeli és időbeli változás kezelésére a terméstermés javítása, a ráfordítások megtérülésének és a környezeti minőség optimalizálása, valamint a környezeti hatások csökkentése érdekében (Rees et al., 2018; Garibaldi et al., 2017). Ezenkívül az Európai Bizottság (2016) a precíziós gazdálkodás következő előnyeiről számol be: megnövekedett termelés, valós idejű adatok és termelési információk, jobb minőség, jobb állategészségügyi és alacsonyabb termelési költségek.

A precíziós gazdálkodás olyan innovatív megközelítés, amely technológiákat valósít meg a költségek, a kockázatok csökkentése, valamint a termelékenység, a jövedelmezőség és a fenntarthatóság megőrzése érdekében (Beluhova-Uzunova és Dunchev, 2019).

2.2 A precíziós gazdálkodás fejlődése

Habár egyes szerzők már az 1920-as évekre teszik az első táblán belüli heterogenitást figyelembe vevő helyspecifikus gazdálkodás kezdetét. Az alaptechnológia, amely a precíziós gazdálkodás koncepciójának kidolgozásához vezetett, a GPS-rendszer volt az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által az 1970-es évek végén.

A mai értelemben vett precíziós mezőgazdasági kutatások hozammérő eszközök, szenzorok, a változtatható mennyiségű kijuttatás és a helymeghatározó rendszerek fejlesztésével az 1980-as években kezdődtek meg.

A precíziós gazdálkodást először az Egyesült Államokban, Európában és Ausztráliában alkalmazták, és mára széles körben elterjedt Argentínában, Brazíliában és számos ázsiai országban használják (Fountas et al., 2005). Jelenleg ez a technológia a leggyakoribb az Egyesült Államokban, ahol 2016-ban a gazdálkodók kétharmada érintett (Griffin et al., 2017).

Az alaptechnológia, amely a precíziós gazdálkodás koncepciójának kidolgozásához vezetett, a GPS-rendszer volt az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által az 1970-es évek végén (Beluhova-Uzunova és Dunchev, 2019).

A precíziós gazdálkodási technológiák az 1990-es évek elején kerültek kereskedelmi forgalomba (Swinton és Lowenberg-DeBoer, 1998, Lowenberg-DeBoer, 2015). Ezt követően 1992-ben került megrendezésre az Egyesült Államokban az első nemzetközi konferencia, továbbá Yang és Lee (2013), beszámolnak arról, hogy ezt követően indult el a Precision Agriculture című nemzetközi tudományos folyóirat.

1997-ben a precíziós mezőgazdaság első hivatalos meghatározása történt az Egyesült Államok Képviselőházától (USA Képviselőháza, 1997, Bill No. H.R.2534).

A precíziós gazdálkodás fejlődése a Globális Navigációs Műholdrendszer (GNSS) gyors fejlődésével és pontosságának javításával párhuzamosan megy végbe 1999 óta.

Hazánkban több mint két évtizede 1999-ben jött létre Mosonmagyaróváron a „Precíziós növénytermesztési módszerek” Doktori Iskola, valamint megjelentek hazai publikációk is a témával kapcsolatban (Győrffy, 2000; Neményi et al., 2001; Tamás, 2001).

2.3 A helyspecifikus gazdálkodás technikai háttere

A helyspecifikus technológiákban a táblát nem egyként, hanem több kisebb-nagyobb egységként kezeljük, tehát a differenciálás elvét alkalmazzuk. A heterogenitásnak számtalan forrása lehet, jelentkezhet talajfoltokban, művelésből származó eltérésekben, gyomfoltokban, tápanyag-szolgáltató képességben stb. Ezekre a különbözőségekre nem is olyan egyszerű meghatározni a technológiai válaszokat, ezért is indokolt a több évnyi adatgyűjtés. A kapott adatokból termőképesség alapján lehet a technológiát tervezni, vagyis az agrotechnológia a megcélzott hozamhoz van igazítva (Internet, 1).

2.3.1 Helymeghatározás

A gyors és hatékony adatgyűjtést egyaránt igénylik a mezőgazdasági és térinformatikai rendszerek, amelyek feldolgozva közvetlenül felhasználhatóak a döntéstámogatói modellekbe. A GPS- rendszerek rohamosan terjednek és a precíziós gazdálkodás nélkülözhetetlen helymeghatározó eszközeivé nőttek ki magukat (Tamás, 2001).

A GPS műholdakon alapuló helymeghatározási rendszer a teljes kiépítését követően a föld bármely pontján, bármilyen időjárási körülmények között képes a nap 24 órájában pozíció és idő adatok szolgáltatására.

A GPS lehetővé teszi a terület térbeli változékonyságának rögzítését azzal, hogy adott időközönként meghatározza az aktuális pozíciót, így a korábbiaknál sokkal részletesebb adatbázis készíthető a mezőgazdasági területekről (Neményi et al., 2003).

A helymeghatározás számos tényezőtől függ (Milics és Tamás, 2007):

- a jellevőtől
- a vevő által látott műholdak számától,
- a mérési módszertől,
- az alkalmazott korrekciós eljárásoktól.

A GPS rendszer számos előnnyel bír a hagyományos geodéziával és navigációval szemben (Tamás, 2001):

- a hagyományos rendszereknél a vízszintes és a függőleges koordináták elválnak, míg a GPS rendszereknél sem a mérés sem a feldolgozás során nem történik ez meg és automatikusan 3D,
- nem szükséges összelátás a mérések elvégzéséhez, amely kiépítése költséges és nehézkes egy hagyományos rendszer esetében,
- bármilyen időjárási körülmények között elvégezhetőek a mérések, határidőre tervezhetőek a mérések, nem zavaró tényezők, a szél, a napsütés és az eső sem,
- Nincs szükség kézi módszerekre, mivel a mérés teljesen automatizált, továbbá a rendszerek memóriája nagymennyiségű adat tárolására alkalmas, melyeket direkt módon letölthetünk a számítógépekre. Később a feldolgozó szoftverekből az adatok GIS (Földrajzi Információs Rendszer) és CAD (Számítógéppel Támogatott Tervezés) rendszerekbe exportálhatóak.

A hétköznapi életben alkalmazott navigációs GPS, amely néhány méter pontosságú, csak korlátozottan alkalmazható a precíziós gazdálkodásban. A pontossággal nő a költség is, így érdemes tehát megfontolni, hogy milyen szintet érdemes alkalmazni (Milics és Tamás, 2007).

Deciméteres csatlakozási pontosság megfelelő lehet betakarítás, növényvédelem és műtrágyázás esetén, azonban vetés és kultivátorozás során elengedhetetlen a néhány centiméteres pontosság, amely RTK (valós idejű kinematikus rendszer) használatával érhető el (Gaál et al., 2017).

A valós idejű GPS berendezés a szállítások során is effektíven alkalmazható. A műholdas navigáció segítségével megtalálható a legrövidebb vagy leggyorsabb út a tárolókhoz, vagy felhasználókhoz, ezzel csökkentve a szállítási költségeket (Internet, 2).

2.3.2 Térinformatika

A térinformatika egy speciális térbeli információs rendszer, amely a szervezeti hatékonyságot növeli. Számtalan névvel említik, de a térinformatika mellett a legáltalánosabban elterjedt elnevezése a GIS (Földrajzi Információs Rendszer).



1. ábra: Hogyan épül fel a Földrajzi Információs Rendszer? (Forrás: Internet, 3)

A GIS egy olyan számítógépes rendszer, amely magába foglalja az adatok gyűjtését, kezelését, elemzését és megjelenítését (1. ábra). Stombaugh és társai (2001) a precíziós növénytermesztés bevezetésének első és legfontosabb lépéseként egy térinformatikai rendszer beszerzését javasolja. Térinformatikai módszerekkel történő adatkezelést és feldolgozást kíván a helyspecifikus adatok kezelése, a különböző adatrétegek közötti összefüggések vizsgálata, a hozam- és profitérképek, valamint kijuttatási tervek készítése (Szabó et al., 2007).

Néhány másodpercenként történik adatgyűjtés, mely pontok összekötésével követhető a munkagépek útvonala (Berry, 1999), de jelen van a mérnöki, tervezési, irányítási, logisztikai, szállítási stb. tevékenységek területén is.

A távérzékelés napjaink leghatékonyabb térinformatikai adatnyerés módszere. A földfelszín és tárgyai, a növényzet által különböző hullámhosszon visszavert vagy kisugárzott elektromágneses hullámok adatait gyűjtik a műholdakra szerelt szenzorok, melyek a vizsgált területekről megfelelő képfeldolgozást követően szolgálnak információkkal. Ez a módszer képes elemezhető módon térképes módon megjeleníteni a talaj és a növényzet

állapotát és összetételét. Az NDVI, az egyik kifejlesztett alkalmazása, amely a növény vegetációs aktivitását ábrázolja (Kapusi, 2020).

2.3.3 Adatgyűjtés és feldolgozás

A technikai fejlődés révén olyan szenzorok és mérőeszközök állnak a gazdák rendelkezésére, melyekkel könnyen, hatékonyan és gyorsan tudnak hajszálpontos méréseket végezni (Internet, 4).

Az agráriumban jelenleg is nagy mennyiségben állnak rendelkezésre adatok, melyeket a precíziós technológiák termelnek, továbbá az állami rendszerek is sok adatot gyűjtenek és hoznak létre (Internet, 5). A kormány által meghozott döntések alapján a magán- és közadatok összekapcsolásával létrejöhet a hazai agrár adatpiac (Internet, 4).

A vezetői döntések támogatásához sok, összekapcsolható adatra van szükség, melyekből minőségi, hasznosítható információkat lehet előállítani (Internet, 5).

A környezeti adatok nem csak tartalmukban, de informatikai formájukat is tekintve rendkívül heterogének és komplexek. Feldolgozásuk egységes környezetben ezért speciális adatstruktúrát és adatfeldolgozási algoritmusok alkalmazását igényli, mely műveletben már másodlagos adatforrásokkal dolgoznak (Tamás, 2001).

A termelők egy részének nincs meg a tudása, illetve kapacitása, hogy adatokat üzemi szinten gyűjtsön, tároljon és elemezzen, így előfordulhat, hogy hiába állnak rendelkezésre az okos gépek a termelés hatékonysága nem változik (Internet, 5).

2.4 Hibrid kukorica termesztés technológiája

Dolgozatomban azért a hibrid kukorica termesztéssel foglalkozom, mert cégünk legnagyobb felületen ezt a növényt termeszti.

A sikeres kukorica termesztés nagyban befolyásolják a területi és talaj adottságok, mivel igényesebb növény, mint pl. az őszi búza. Elmondható, hogy ha a talajszerkezet és a talaj tápanyag és vízszolgáltató képessége jó, akkor a gazdaságos termesztés lehetősége adott. Normál időjárási viszonyok mellett a hibrid kukorica a középkötött mezősegi és erdőtalajokon, illetve réti és öntéstalajokon magas termést ad. Alacsonyabb, átlagos termést ad humuszos homoktalajokon, kötött réti talajokon és erodált talajokon. Ezen területeken a

termesztés biztonsága még jobban ki van téve az időjárási viszonyoknak, leginkább a csapadék mennyiségének és annak eloszlásának (Internet, 6).

Györffy Béla akadémikus kutatásaiból is látszik, hogy a kukoricatermesztés sikerességet a következő tényezők befolyásolják:

- Termesztési környezet 40%
- Agrotechnika 30%
- Megfelelően kiválasztott hibridek genetikai tulajdonságai 30% (Kiss, 2011).

Fontos, hogy gazdaságunkban a fajtaválasztáshoz megfelelő stratégiát építsünk fel a meglévő adottságainkhoz mérten. A fajtaválasztás fontos szerepet tölt be, miből és mennyit termelünk, mivel ez a döntés hatással van az eredményeinkre (Kiss, 2011).

A talajművelést meghatározza az elővetemény. Korán lekerülő előveteménynél tarlóhántás és a talaj lezárása szükséges nedvesség megőrzés miatt, és a gyommagvak csírázásának gátlására. Későn lekerülő előveteménynél a szármaradvány aprítása és egyenletes terítésére kell törekedni. Az alapműveléssel a cél, hogy a gyökérzet fejlődése zavartalan legyen. Az alapművelés lehet szántás, lazítózás vagy sávós művelés talajaink állapotától függően lehetőleg ősszel. Tavasszal csökkentve a taposást, aprómorzsás, megfelelő nedvességtartalmú homogén talajállapotot szükséges elkészíteni a vetéshez. Ez történhet kombinátorral vagy kompaktossal. A kukorica nagyon érzékeny a korai gyomosodásra, ezért célszerű preemergens gyomirtást alkalmazni, majd állományban a posztemergensen gyomirtást elvégezni. Kultivátorozás során célszerű megvárni, hogy minél több gyom ki keljen, de ne megerősödött állapotban történjen. Így a gyomokra gyakorolt hatása intenzívebb lesz (Internet, 15).

A kukoricatermesztés során a növénynek egyenletes, harmonikus tápanyag ellátásra van szüksége a gazdasági szempontok szerinti terméstmeg eléréséhez. A tápanyagellátás szempontjából a kukoricának 1 tonna termés előállításához 20 kg nitrogén 11 kg foszfor és 30 kg kálium beépülésére van szüksége (Internet, 6). A talajban is számíthatunk felvehető tápanyagokra, ezért ez nem azt jelenti, hogy az előző számokat felszorozva a tervezett mennyiséggel kapjuk meg a kijuttatandó mennyiségeket. Az 1. táblázatban láthatjuk a kijuttatandó tápanyag mennyiségeket magasabb termésátlagokra tervezve, figyelembe véve az előveteményünket és a meglévő tápelem ellátottságot (Internet, 7).

1. táblázat: A kukorica fajlagos tápanyag igénye

Kultúra	kg/ha		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kukorica (szemes) 9-10 t/ha	120-160	50-70*	70-120*
Silókukorica 50-60 t/ha	130-160	50-70*	90-130*
Csemegekukorica (csőtermés) 20-25 t/ha*	140-180**	60-80**	100-130**

A foszfort és a káliumot az őszi folyamán célszerű kijuttatni, de ha elmaradna akkor tavasszal a fagyok elmúltával, viszont a jobb hasznosulás érdekében célszerűbb az előző időpontot választani. A nitrogén kijuttatás tavasszal két részletben történhet alap és kiegészítő trágyázásként. Történhet fele-fele arányban is vagy kétharmad-egyharmad arányban. Fontos a folyamatos tápanyag ellátottság, mert a kukorica címerhányásig intenzíven veszi fel a tápelemeket, leginkább a nitrogént (Internet, 7).

A vetés idejének megválasztását a környezeti feltételek alakítják. Általában április 15-30 közé tehető az az időszak, mikor a talaj a vetésmélységben eléri minimum 10 °C-ot a reggel 7-8 óra közti időszakban. Fontos a jó időzítés, a korán elvetett kukorica esetén kelésünk vontatott lehet és fent állhat a csirapusztulás lehetősége. Késői vetések esetében a talaj felső rétege kiszáradhat, amely kelési nehézségeket okozhat. A vetésmélység tekintetében fontos, hogy olyan mélyre vessünk, ahol elegendő nedvesség, meleg és levegő áll rendelkezésre a csírázáshoz (Internet, 6). A megfelelő töszám beállítás hozammeghatározó tényező, amelyet a talajadottságainkhoz, a kiválasztott fajtánkhoz és egyéb körülményekhez igazítva határozzunk meg.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Célok ismertetése

700 hektáros gazdaságban 220 hektáron tervezzük bevezetni a helyspecifikus gazdálkodást nyertes pályázat keretei között. Dolgozatomban öntözött és öntözetlen kukoricatáblákon a Carota Bt. által végzett termesztéstechnológia mellett gyűjtöttem adatokat, amelyek részletes bemutatása után júniustól augusztussal bezáróan letöltött űrfelvételek feldolgozásával NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) és NDMI (Normalized Difference Moisture Index) indexeket számítottam, amelyekben egyes időpontok közti változások hatásit vizsgáltam. Továbbá nedvesség indexek eredményeit összehasonlítottam öntözött és öntözetlen területekre. Hozamtérképeket összehasonlítottam a vegetációs, nedvességi és termés adatokkal és kerestem az összefüggéseket. Az így létrejött adatokra és talajmintavételi eredményekre alapozva a precíziós gazdálkodás által nyújtotta agrotechnikai műveletek bevezetésére teszek javaslatot. Eredményeim tükrében a műhold képék feldolgozása során nyert információ szerepét mutattam be a precíziós technológiák bevezetése során.

3.2 Vállalkozás bemutatása

A Carota Mezőgazdasági Termelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Bt.-t 1992-ben alapították. Ekkor három család tulajdonában volt, majd 1997-ben történt tulajdonosi szerkezetváltozással alakult ki jelenlegi formája. A kezdeti években gyökérzöldséget-sárgarépat, petrezselymet, pasztinákot- termeltek hűtőipari és szárítmány készítési célra. Később kerültek a szántóföldi kultúrák a cég profiljába. A Bt. versenyelőnye az, hogy 420 ha öntözhető földterülettel rendelkezik, amely jelenleg körülbelül a Fejér megyei öntözhető földek 40 %-át teszi ki.

Jelenleg 660 ha-on gazdálkodunk, melyből 580 ha szántó, 30 AK/ha értékű kiváló minőségű földterület. A családtagok földjeivel együtt körülbelül 1000 ha-t művelünk meg.

Termesztett főbb növényeink:

- gyökérzöldségek 60 ha (sárgarépa 43 ha, petrezselyem 2 ha, pasztinák 15 ha)
- vetőmagborsó 100 ha

- takarmánykukorica 400 ha
- őszi búza 100 ha

A Bt. az ország meghatározó gyökéreződség termelője, a teljes megtermelt mennyiséget hűtőházaknak (AUSTRIA JUICE, SUGO-FOOD Kft., JÁSZ-TÉSZ Kft.) értékesítjük. 20 000 tonna tároló kapacitással rendelkezünk szemestermény esetében, amely az értékesítés kapcsán jelentős előnyt jelent. Gépeinket folyamatosan cseréljük hatékonyságunk megőrzése érdekében, illetve korszerű gépparkra törekedünk. Ezért is pályáztunk a 2021-es „Mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztések támogatása” című kiírásra. Támogatást nyertünk precíziós munka végzéséhez alkalmas kombájn, traktor, szemenkénti vetőgép, műtrágyaszóró, illetve precíziós szolgáltatási csomagra. Ez a beruházás teljes mértékben megvalósult. Jelenleg az adatgyűjtés és szaktanácsolás kezdeti szakaszában vagyunk. Tervezzük a precíziós technológiák bevezetését.

3.3 Mintaterületek bemutatása

Vizsgálataimhoz 4 soponyai táblát választottam (2. ábra). Soponya Fejér-megyei falu, Székesfehérvártól 30 km-re délre, a Balatontól 30 km-re keletre található. A Sárvíz völgyének nyugati oldalán fekszik, a Mezőföld része.

Éghajlati viszonyainkat tekintve az évi középhőmérséklet +10 Celsius fok, a csapadék éves eloszlása 550-600mm és az évi napsütéses órák száma 1850-1900.

1. tábla:

kerülete 1505m, területe 7 ha. A táblán mikro domborzat van, legmagasabb pontja 135m, a legalacsonyabb 126 m dél-keleti lejtéssel.

2. tábla

kerülete 1904m, területe 19,8 ha. A táblán mikro domborzat van, legmagasabb pontja 131 m, a legalacsonyabb 121 m.

3. tábla

kerülete 2114m, terület 22,7 ha. A táblán mikro domborzat van, legmagasabb pontja 130 m, a legalacsonyabb 117 m.

4. tábla

kerülete 2011 m, területe 18,3 ha. A táblán mikró domborzat van, legmagasabb pontja 120 m, a legalacsonyabb 109 m.



2. ábra: A vizsgálatokhoz választott 4 mintaterület sorszámozva.

A táblákról egységesen elmondható, hogy kisebb mértékű eróziós foltok láthatók egyes helyeken, továbbá látható, hogy a terület változó termőréteg vastagsággal rendelkezik. A területek ÉNY-i sarkában mérhetőek a magasabb pontok, míg a DK-i sarkában az alacsonyabbak. A változó magasságokból és a lejtőkből adódik a tábla heterogenitása.

3.4 Mintaterületek talajtani adottsága:

A mintaterületek 30 aranykorona értékkel bírnak, talajtani besorolásuk mészlepedékes csernozjom, amely minden esetben karbonátos talajképző közeten alakul ki. A talajok onnét kapták az elnevezésüket, hogy 30-70 cm mélységben egy penészszerű hártya (mészlepedék) vonja be a talaj szerkezeti elemeket.

A csernozjom, vagy más néven mezőszégi talajok Magyarország termőterületének 22%-át teszik ki.



3. ábra: Mészlepedékes csernozjom talaj

Jellemző erre a típusra, hogy felső termőrétege („A” szint) humuszban gazdag (3. ábr), jó termőképességű, sötét színű, laza, morzsás szerkezetű. Mélyebben (30-60 cm), az altalajhoz érünk, amely világosabb színű, kevesebb humuszt tartalmaz („B” szint). A „B” szint alatt a „C” szint humuszt már nem tartalmaz.

A területeken 2022.03.09-én talaj mintavételezés történt a KITE Zrt. precíziós szaktanácsolásának részeként.

2. táblázat: A mintaterületek talajtani eredményei

		1. tábla	2. tábla	3. tábla	4.tábla
pH (KCl)		7,47	7,53	7,36	7,32
KA		39,33	42,29	40,83	39,89
Összes só	%m/m légsz. a.	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
CaCO ₃	%m/m légsz. a.	10,10	10,43	7,68	6,90
Humusz	%m/m légsz. a.	1,91	1,85	2,01	2,02
P ₂ O ₅ (AL oldható)	mg/kg légsz. a.	146,00	127,29	176,33	142,11
K ₂ O (AL oldható)	mg/kg légsz. a.	162,33	132,43	163,83	166,11
NO ₃ + NO ₂ - N (KCl	mg/kg légsz. a.	8,80	14,27	6,32	9,77
Na (AL oldható)	mg/kg légsz. a.	48,33	54,14	48,33	53,44
Cu (EDTA oldható)	mg/kg légsz. a.	1,60	1,39	2,08	2,14
Mg (KCl oldható)	mg/kg légsz. a.	184,00	208,86	237,50	204,89
Mn (EDTA oldható)	mg/kg légsz. a.	32,00	18,87	72,77	76,51
SO ₄ -2-S (KCl old-	mg/kg légsz. a.	3,27	15,54	10,98	8,97
Zn (EDTA oldható)	mg/kg légsz. a.	0,89	0,71	0,82	0,96

A mintaterületeken zónánként vett, majd átlagolt talajtani eredményeket a 2. táblázatban szemléltetem. A területekről elmondható, hogy kémhatásukat tekintve gyengén lúgosak, kis sótartalmúak, közepesen meszesek, humusztartalmuk közepes és fizikai féleségüket tekintve vályog talajok.

A tápanyagszintet tekintve foszforban és magnéziumban jól, káliumban közepesen, rézben és cinkben gyengén ellátott. A mintákból mért nátrium tartalom bizonyos nem kívánt folyamatokra utal.

3.5 Mintaterületeken alkalmazott termesztés technológia

2021-ben az összes táblán kukorica volt az elővetemény, a betakarítást követően a szármaradványt nehéztárcsával dolgoztuk be, majd ezt követően 35 cm mélyen szántás következett. A korai februári jó időben simítózással készítettük elő a talajt. 200kg / ha karbamid műtrágyát szórtunk ki, ami 92 kg nitrogén hatóanyag /ha dózisnak felel meg, majd kompaktossal bedolgoztuk és előkészítettük a magágyat egymenetben.

Fajtaválasztásunkat befolyásolja, hogy területeink fenyércirokkal igen fertőzöttek, ezért DUO-s kukoricák mellett kell döntenünk. Lexxtour DUO hibrid kukoricát vetettünk az 1-es és 2-es táblán 2022.04.20-án, a 3-as táblán 2022.04.29-én, míg a 4-es táblán 2022.04.26-án 75 ezer szem/ha mennyiséggel, amiből hektáronként 70 ezer növényt vártunk. Vaderstad Tempo F8 vetőgéppel, mellyel egy menetben MAP műtrágyát szórtunk. 120kg/ha mennyiségben ez 14,4 kg nitrogén és 62,4 foszfor hatóanyag/hektárnak felel meg.

Az öntözés Valmont lineár berendezéssel valósult meg, mellyel a növények számára kedvező, esőztető öntözés érhető el. A tenyészidő során három alkalommal történt az öntözött táblák öntözése 25 mm-es normával.

A területeken a növényvédelmi munkákat a 3. Táblázat szemlélteti

3. Táblázat: Növényvédelmi munkák a mintaterületeken

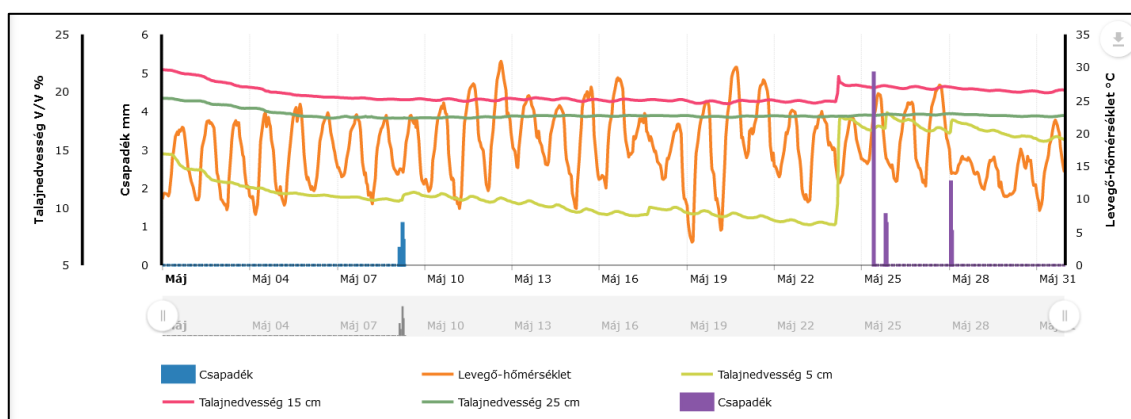
Dátum	Márkanév	Hatóanyag	Dózis	Károsító szervezet
2022.04.21-30.	Adengo	ciproszulfamid, izoxaflutol, tienkarbazon-metil	0,4 l/ha	magról kelő egy- és kétszikű gyomok
2022.05.23-30.	Focus Ultra	cikloksidim	2 l/ha	Agropyron repens, Cynodon dactylon, egyéves és évelő egy-szikű gyomok, őszi búza árvakelés, Sorghum halepense
2022.06.02-09.	Dell Agro Plus	növénykondicionáló	4 l/ha	

A gyomirtások után 1-1 sorközművelés történt Unica kultivátorral.

3.6 Felhasznált adatok és feldolgozása

3.6.1 Meteorológiai adatok

A KITE Zrt. által kifejlesztett agrometeorológia állomást használjuk, amely a vizsgált területek közvetlen szomszédságában van elhelyezve. PrecMet alkalmazás a precíziós gazdálkodást támogatva az Országos Vízügyi Főigazgatóság hálózatára támaszkodva szolgáltatja az információkat. Dolgozatomban a vizsgált időszakban mért adatokat mutatom be havi lebontásban és összesítem ezeket. A májustól augusztusig mért meteorológiai adatokat havi bontásban szemléltetem (4. ábra, 5. ábra, 6. ábra, 7. ábra).



4. ábra: Májusi meteorológiai adatok

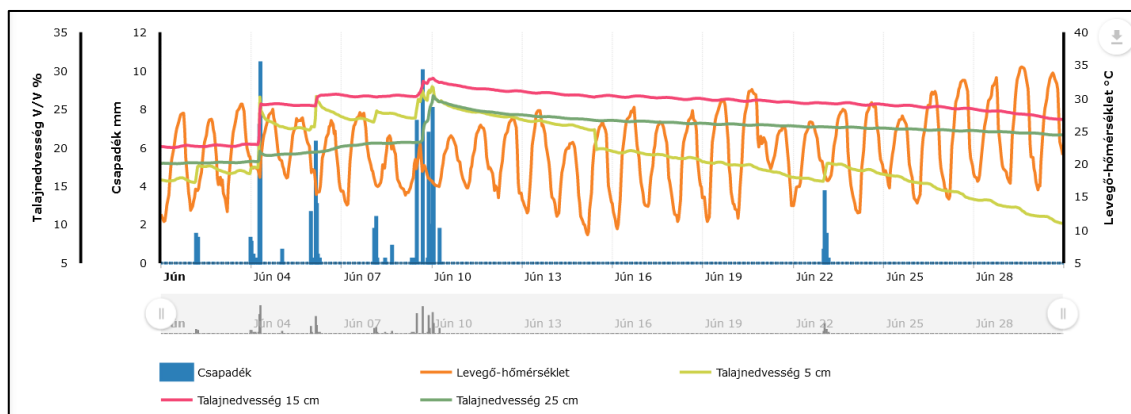
Csapadék: Összes csapadék: 2.4 mm

Levegő-hőmérséklet: Min: 3.0 °C | Max: 31.4 °C | Átlag: 17.8 °C

Talajnedvesség 5 cm: Min: 8.48 V/V % | Max: 18.23 V/V % | Átlag: 12.10 V/V %

Talajnedvesség 15 cm: Min: 18.98 V/V % | Max: 22.35 V/V % | Átlag: 19.79 V/V %

Talajnedvesség 25 cm: Min: 17.68 V/V % | Max: 19.48 V/V % | Átlag: 18.04 V/V %



5. ábra: Júniusi meteorológiai adatok

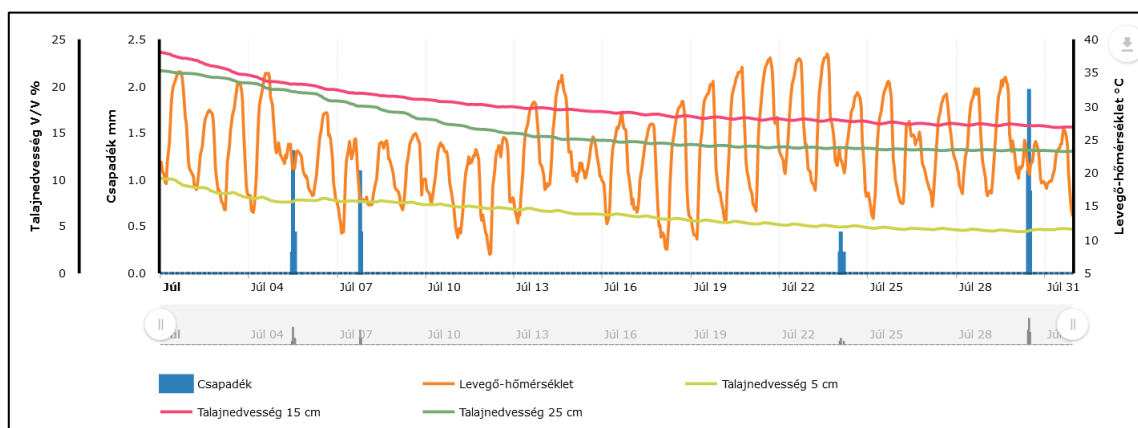
Csapadék: Összes csapadék: 89.0 mm

Levegő-hőmérséklet: Min: 9.0 °C | Max: 35.0 °C | Átlag: 21.7 °C

Talajnedvesség 5 cm: Min: 10.14 V/V % | Max: 29.28 V/V % | Átlag: 19.15 V/V %

Talajnedvesség 15 cm: Min: 20.01 V/V % | Max: 29.09 V/V % | Átlag: 25.52 V/V %

Talajnedvesség 25 cm: Min: 17.91 V/V % | Max: 26.82 V/V % | Átlag: 22.01 V/V %



6. ábra: Júliusi meteorológiai adatok

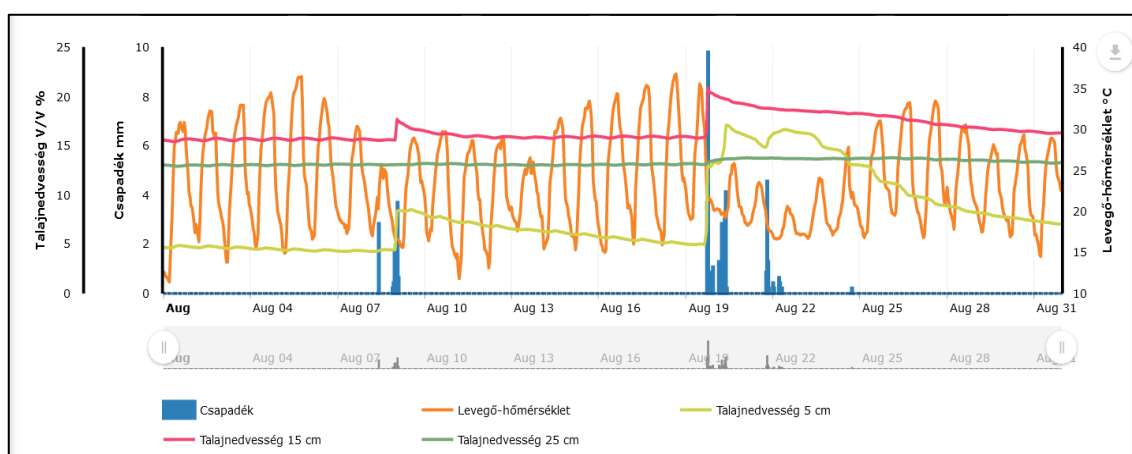
Csapadék: Összes csapadék: 8.2 mm

Levegő-hőmérséklet: Min: 7.4 °C | Max: 38.5 °C | Átlag: 23.1 °C

Talajnedvesség 5 cm: Min: 4.44 V/V % | Max: 10.15 V/V % | Átlag: 6.35 V/V %

Talajnedvesség 15 cm: Min: 15.55 V/V % | Max: 23.63 V/V % | Átlag: 17.83 V/V %

Talajnedvesség 25 cm: Min: 13.00 V/V % | Max: 21.64 V/V % | Átlag: 15.45 V/V %



7. ábra: Augusztusi meteorológiai adatok

Csapadék: Összes csapadék: 50.6 mm

Levegő-hőmérséklet: Min: 10.8 °C | Max: 37.1 °C | Átlag: 23.4 °C

Talajnedvesség 5 cm: Min: 4.26 V/V % | Max: 17.10 V/V % | Átlag: 8.00 V/V %

Talajnedvesség 15 cm: Min: 15.38 V/V % | Max: 21.45 V/V % | Átlag: 16.62 V/V %

Talajnedvesség 25 cm: Min: 12.89 V/V % | Max: 13.76 V/V % | Átlag: 13.26 V/V %

3.6.2 Műhold felvételek

A SENTINEL-2, amelyet az Európai Bizottság Kopernikusz programjának részeként indítottak el 2015. június 23-án kifejezetten arra készült, hogy rengeteg adatot és képet szállítson. A műhold opto-elektronikus multispektrális érzékelővel van felszerelve, amely 10-60 m-es felbontással a látható, közeli infravörös (VNIR) és a rövidhullámú infravörös (SWIR) spektrális zónákban, beleértve 13 spektrális csatornát, amely biztosítja a vegetáció állapotbeli különbségeinek rögzítését, beleértve az időbeli változásokat is és minimálisra csökkenti a légköri fotózás minőségére gyakorolt hatást.

A pálya átlagos magassága 785 km, és két műhold jelenléte a küldetésben lehetővé teszi az egyenlítőn 5 naponta, a középső szélességeken pedig 2-3 naponta ismételt felméréseket (Internet, 8).

Sentinel-2 műholdképeket töltöttem le a <https://efold.gov.hu/> oldalról TIF. formátumban.

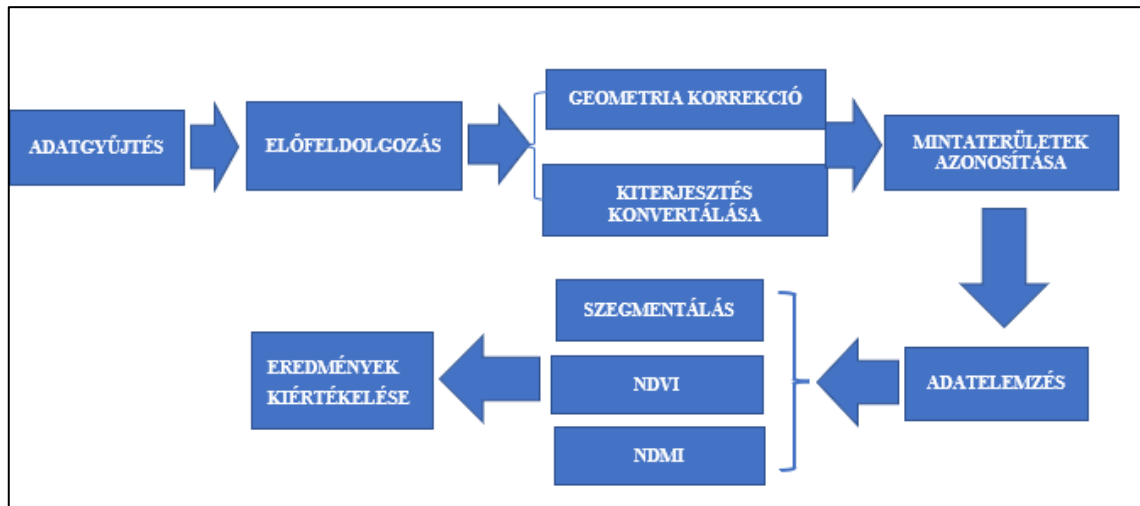
Dolgozatomban hat különböző időpontú felvétellel dolgozok:

- július 1., 13, 23.

- augusztus 5., 12., 27

Olyan időpontú felvételek letöltésére törekedtem, amelyekben a július közepi öntözést megelőző, majd azt követő időszakban vizsgálom az öntözött és öntözetlen területek közötti különbségeket és a vegetációk mértékét. A folyamatot a 8. ábra mutatja be. A műholdas felvételek előfeldolgozását az IDRISI szoftverrel végeztem. Ezt követően eCognition Developer verzió alkalmazásban az úrfelvétel B3 (GREEN), B4 (RED), B8 NIR, B11 SWIR sávokkal dolgoztam. Ezután létrehoztam a tábla azonosítás fő egységet, majd a táblahatárokat tartalmazó shape. fájl használatával „chessboard segmentation” algoritmus-sal megjelenítettem a vizsgált területek határvonalait. Később „assing class” algoritmus-sal táblán belüli osztályozást végeztem. A táblán belüli területeket chessboard segmentation

algoritmussal 2 egységyire állítottam, ami 20mx20 méteres szegmensekre osztotta fel. A következő lépésekben kiszámítottam az NDVI és NDMI indexeket a vizsgált időpontokra.



8. ábra: Műholdas adatelemzés folyamata vegetációs és a víz terhelési indexek térképezésére

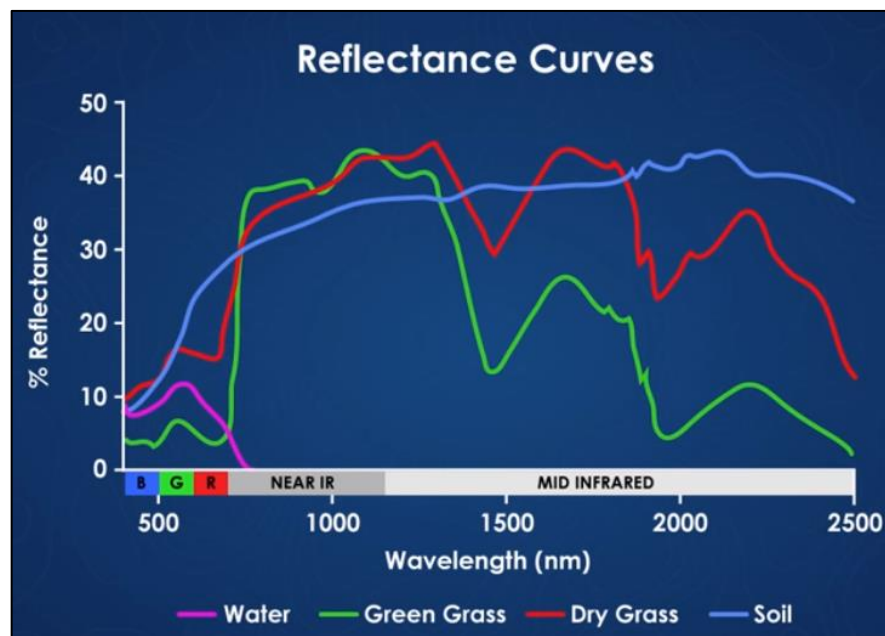
Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a leggyakrabban használt vegetációs index, amely a növény fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban. A megtört közeli infravörös és a vörös sugárzások különbségének és összegének arányaként kerül kiszámításra, azaz $(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$. Az NDVI abszolút értékének értelmezése rendkívül informatív, mivel lehetővé teszi a problémás gazdaság vagy tábla területeinek azonnali felismerését. Az NDVI értékei -1 és 1 között változnak (9. ábra), ezért egy egyszerűen értelmezhető index és minden érték más agronómiai helyzetnek felel meg. Egy tábla átlagos NDVI értéke a termesztett növény fajtájától és fenológiai állapotától függően változik (Internet, 9).

0,05 - 0,3	barna színű terület, az adott táblán nincs növényzet
0,3 - 0,4	sárgás-barna vagy sárga színű táblák, azaz alacsony vegetációs érték, az első csíranövények megjelenése vagy a betakarítás utáni gyomok néznek ki így
0,4 - 0,6	sárgától a világoszöldig terjedő értékek, alacsony és átlagos vegetáció
0,6 <	zöld vagy sötétzöld területek, magas vegetációs érték, ami aktív fejlődést, egészséges és sűrű növényzetet jelent
fehér szín	hóval fedett táblák

9. ábra: Az egyes NDVI értékek értelmezése (Forrás: Internet,14)

Abban az esetben, ha a termesztett növény hosszabb ideig ugyanabban a fenológiai stádiumban van és átlagosnál lényegesen alacsonyabb NDVI értékű, akkor a területek vegetatív fejlődési problémákat mutatnak, mint például:

- tápanyagutánpótlási,
- növényegészségügyi problémák,
- jégeső vagy fagy okozta károk.



10. ábra: Zöld és száraz növényzet és a talaj reflektancia görbéi (Forrás: Internet, 13)

Az NDMI (Normalized Difference Moisture Index) a növény vízterhelési szintjét írja le és a közeli infravörösben és a SWIR-ben megtört sugárzások különbsége és összege közötti arányként kerül kiszámításra, azaz $(NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)$ (10. ábra).

Az NDMI abszolút értékének értelmezése lehetővé teszi a gazdaság vagy tábla vízstressz problémás területeinek azonnali felismerését. Az NDMI értékei -1 és 1 között változnak (11. ábra), könnyen értelmezhetőek és minden érték más agronómiai helyzetnek felel meg, terménytől függetlenül (Internert, 10).

-1 - -0,8	területen nincs növényzet, talaj látszódik
-0,8 - -0,6	szinte hiányzik a lombkoronatakaró
-0,6 - -0,4	nagyon alacsony lombkoronatakaró
-0,4 - -0,2	alacsony lombkoronatakaró, száraz vagy nagyon alacsony lombkoronatakaró
-0,2 - 0	középalacsony lombkoronatakaró, nagy vízterhelés vagy alacsony lombkoronatakaró, alacsony vízterhelés
0 - 0,2	átlagos lombkoronafedés, nagy vízterhelés vagy közepesen alacsony lombkoronatakaró, alacsony vízterhelés
0,2 - 0,4	középmagas lombkoronatakaró, nagy vízterhelés vagy átlagos lombkoronatakarás, alacsony vízterhelés
0,4 - 0,6	magas lombkoronafedés, nincs vízterhelés
0,6 - 0,8	nagyon magas lombkoronafedés, nincs vízterhelés
0,8 - 1	teljes lombkoronatakarás, nincs vízterhelés/vizesedés

11. ábra: Az egyes NDMI értékek értelmezése

A normalizált különbségi nedvességindeks a következőkre használható:

- rendszeresen ellenőrizhető a növények víztartalmát,
- meghatározza azokat a szántóföldi/gazdasági zónákat, ahol vízhiány van,
- javítja a fakitermelés logisztikai tervezését,
- meghatározza az éghetőségi szintet a tűzveszélyes területeken (Internet, 11). A kapott értékeket táblánkként átlagolva vizsgáltam és vontam le következtetéseket az időpontok között.

Az NDMI esetében két időpont között kivonást alkalmaztam, hogy elemezni tudjam a változásokat a vizsgált időszakokban.

3.6.3 Kombájn adatok

John Deere T660 hozammérő kombájnnal végeztük a betakarítást, amely rendelkezik JDLink távfelügyeleti és automata kormányzással.

A John Deere kombájnnak gyári opcióban elérhető hozammérő szenzorai közül talán legelterjedtebb változata, az ütközőlapos anyagáram mérő (12. ábra). Ezek kialakításuknál fogva az elevátor felső fordulási pontja közelében vannak felszerelve, lehetővé téve ezzel, hogy a szemek megfelelő irányból tudjanak az ütközőlappal érintkezni.

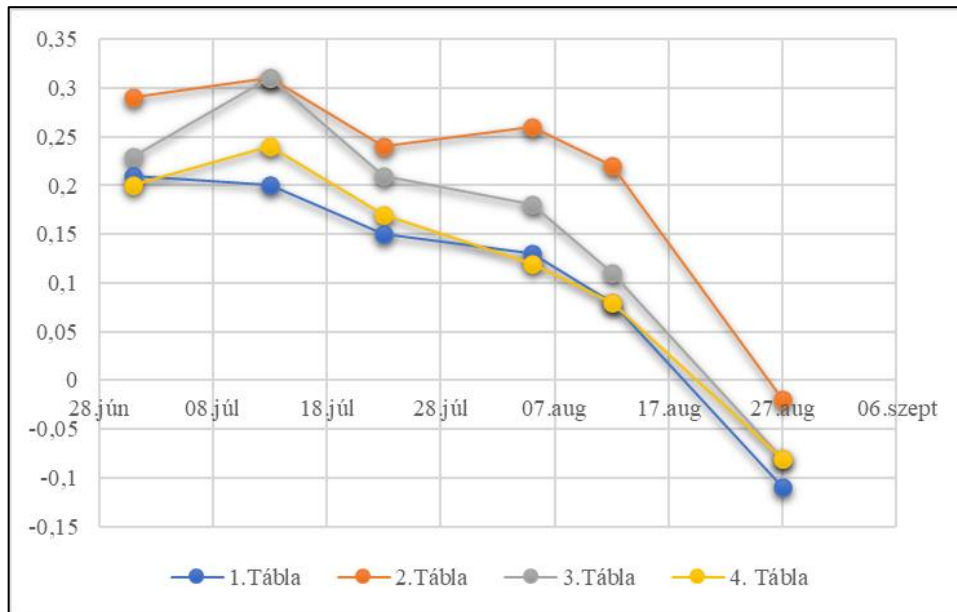


12. ábra: Ütközőlapos anyagáram mérő szenzor (Forrás: Internet, 12)

A mintaterületek betakarítása előtt a hozammérő rendszert és a nedvességmérő egységet egy 8 hektáros táblán kalibráltuk. A nyers betakarítási adatokat a MyJohndeere alkalmazásból letöltve SMS Basic programmal dolgoztam fel.

4. EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

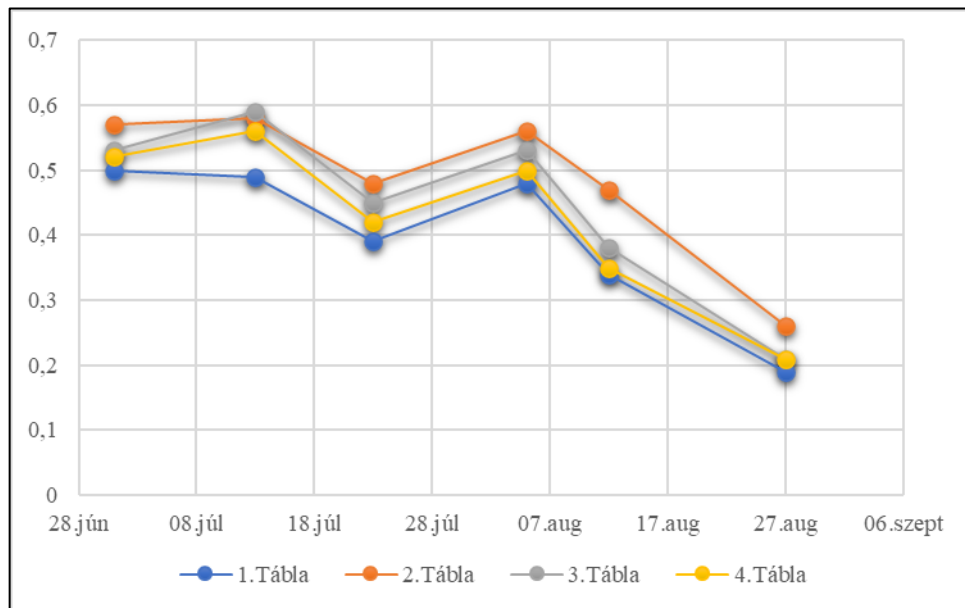
4.1 NDVI és NDMI értékek bemutatása



13. ábra NDMI értékek a mintaterületeken (július 1.- augusztus 27.)

A 13. ábraábrán a mintaterületeken mért átlagos NDMI értékeket mutatom be. A 2. táblán július 23-i időpontról az augusztus 5-i időpontra lehet megfigyelni emelkedett értéket, míg a többi táblán július 13-tól folyamatos csökkenés figyelhető meg. A tenyészidő során július 13-án lehetett mérni a legmagasabb értékeket a 2. és 3. táblán, ami 0,31 volt. A nem öntözött 4. tábla hasonló értékeket mutat, mint az öntözött 1. tábla.

Július 1-ről július 13-ra a 3. táblán a többi táblához képest nagyobb növekedés figyelhető meg, ezt a későbbi vetési időpont magyarázhatja.



14. ábra NDVI értékek a mintaterületeken (július 1.- augusztus 27.)

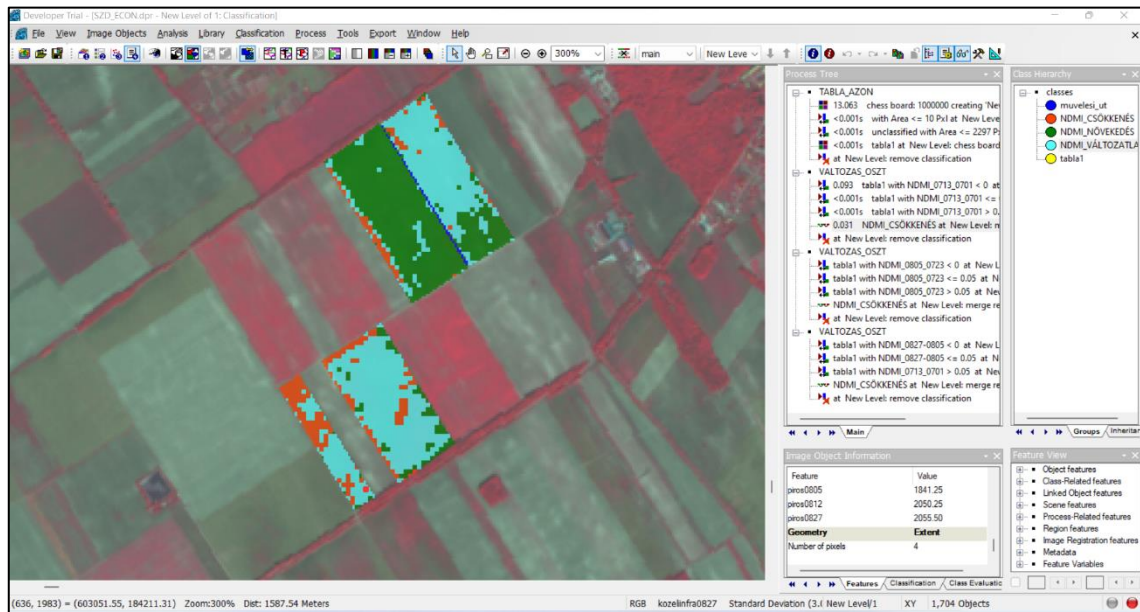
A 14. ábraábrán a mintaterületeken mért átlagos NDVI értékeket mutatom be.

Legmagasabb NDVI érték a 3. táblán volt mérhető július 13-i időpontban, melynek értéke 0,59. A vegetációs indexek változása az idő előre haladtával a mintaterületeken hasonló tendenciákat mutatnak. Július 1-ről július 13-ra a 2., 3. és 4. táblán emelkedés figyelhető meg, míg az 1-es táblán kismértékű csökkenés. Ezt követően július 13-ról július 23-ra mind a négy tábla NDVI értéke csökkenést mutat. Július 23 és augusztus 5 közötti mind-egyik mintaterületen emelkedés figyelhető meg. A két időpont között a meteorológia adatai szerint 4,8mm csapadék esett. Július 15. és 31. közötti 3x25 mm öntözést követően az öntözetlen táblán is megfigyelhető a növekedés. Ez arra enged következtetni, hogy az öntözés nem volt hatással az értékek emelkedésére.

Az augusztus 5-ről 12-re majd 27-re a mintaterületeken hasonló csökkenés volt megfigyelhető az extrém aszályos időszak hatására az érés korábban indult meg.

4.2 NDMI értékek változása öntözött és öntözetlen területeken

Az időbeli változás elemzését a két időpontban számított vegetációs indexek alapján végeztem, enne során réteg közötti különbség képeket állítottam elő. Továbbiokban a szegmenseket – az értéktől függően - három kategóriába soroltam be: csökkenést mutató, változatlan és növekedést mutató.



15. ábra: NDMI értékek változása július 1-ről július 13-ra.

A 15. ábraábrán piros szín a csökkenő, zöld a növekvő, kék a változatlan értékeket mutatja meg.

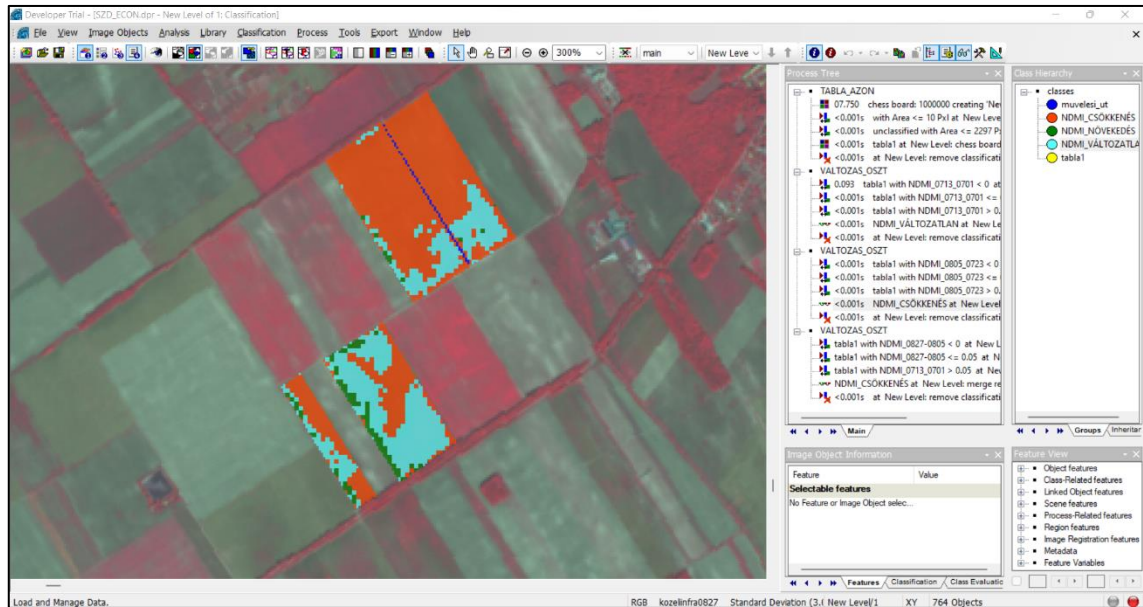
Az 1. tábla a területének 44,3%-án csökkenés, 1,7%-án növekedés figyelhető meg, míg 54%-án nem változtak az értékek.

A 2. tábla 12% -a csökkenést, 10%-a növekedést mutatott, míg 77,9 %-án változatlan NDMI értékeket kaptam.

A 3. tábla területének 4,66% -án volt csökkenés, 87,3% növekedés és 8 % változatlan értékek figyelhetők meg

A 4. tábla területének 4,31% -án volt csökkenés, 23,16% növekedés és 72,5 % változatlan értékek figyelhetők meg.

Ezen a táblán mért nagy mértékű növekedést a kései vetés okozhatja, az 1. és 2. táblához képest 9 nappal később volt elvetve.



16. ábra: NDMI értékek változása július 23-ról augusztus 5-re.

A 16. ábraábrán piros szín jelzi a csökkenő értékeket, zöld a növekedést, kék a változatlan értékeket.

Az 1. tábla területének 59,85%-án volt csökkenés, 8,42%-án növekedés és 31,71%-án változatlan értékek figyelhetők meg.

A 2. tábla területének 28,88% -a csökkenést, 10,2%-a növekedés és 60,9 %-a változatlan NDMI értékeket mutat.

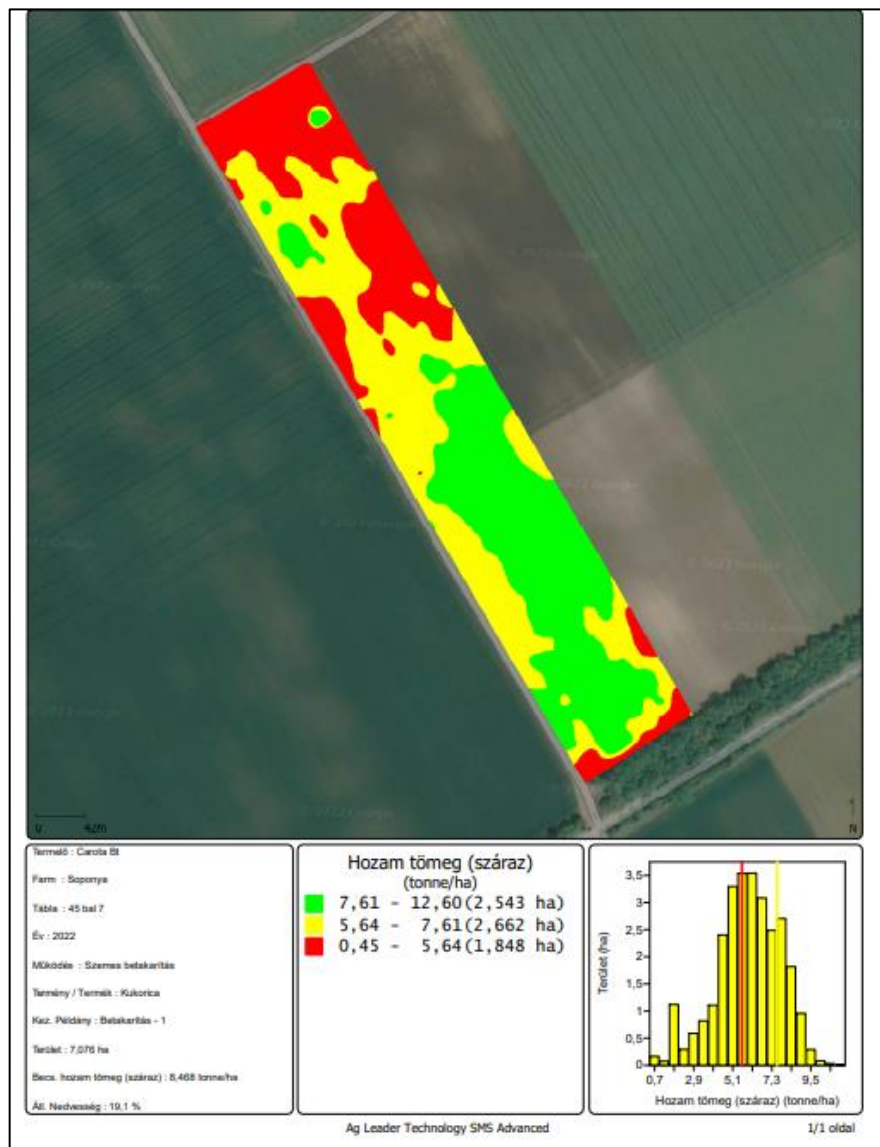
A 3. tábla területének 80,8% -án csökkenés, csak 1,1%-án növekedés volt megfigyelhető és a maradék 18,1 %-án változatlan értékeket kaptam.

A 4. tábla 77,43% -án volt csökkenés, 0,43%-án növekedés és 22,13 %-án pedig változatlan értékek figyelhetők meg

Ezt követően augusztus 5-ről augusztus 27-re az értékek szinte 100%-ban csökkentek, ami jól mutatja, hogy az aszályos év hatására az érés folyamata is gyorsabban bekövetkezett.

4.3 Hozamtérképek bemutatása

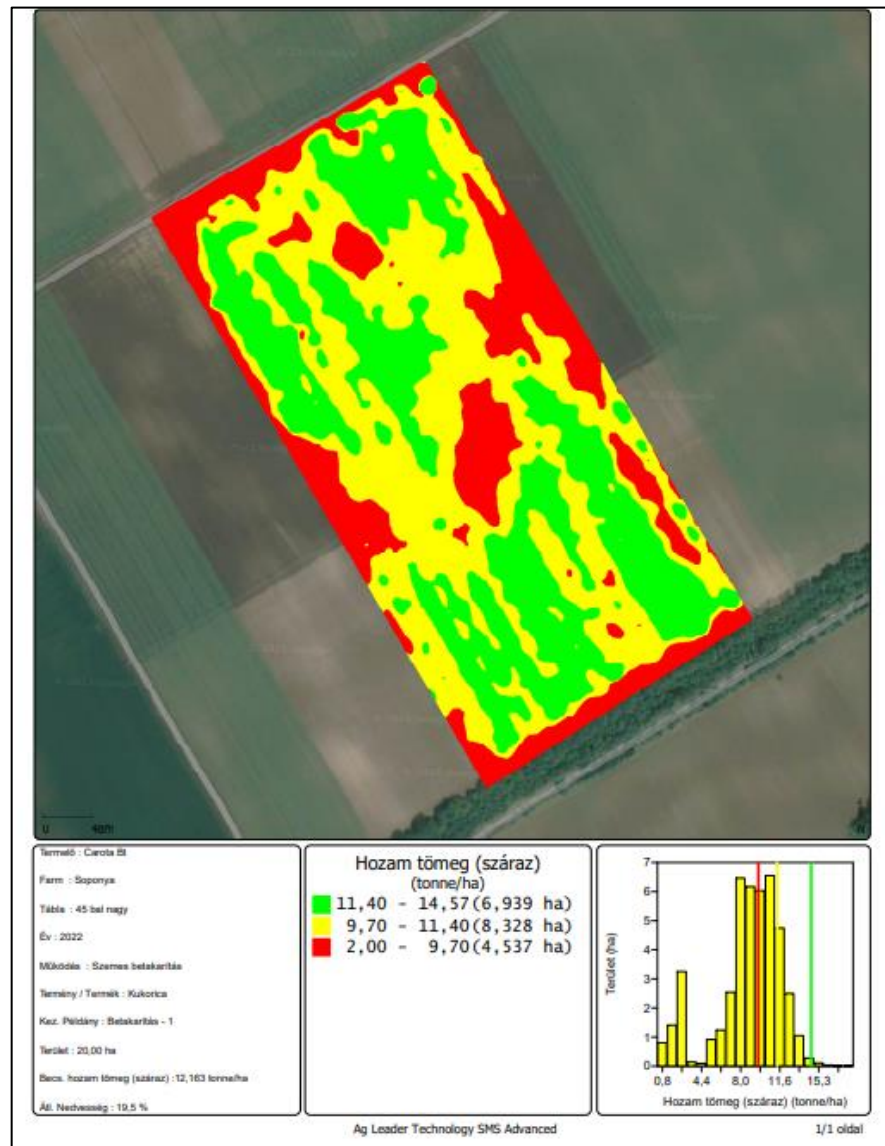
A mennyiségek kategóriáinként és képenként eltérnek, mert az adott táblákon a betakarított mennyiség átlagához képest három kategóriára osztotta fel a program a feldolgozás során.



17. ábra: A 1.tábla hozamtérképe

Az 1.táblán (17. ábra) a betakarított mennyiség 59920 kg volt, az átlagos nedvesség: 19,1. Tehát a hektáronkénti átlagtermés 8,46 tonna. Zöld szín jelzi a táblán mért legmagasabb

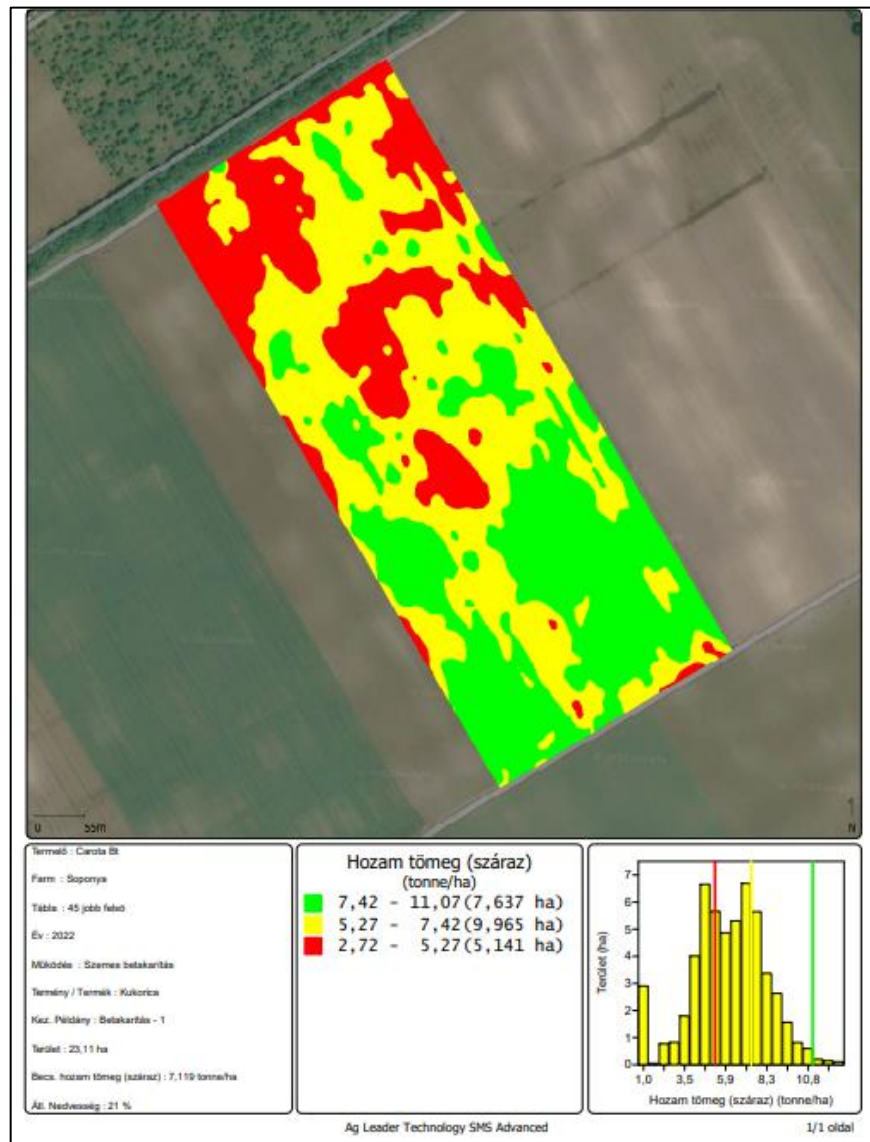
terméshozamú területeket, ez 7,61 és 12,60 tonna közötti termést jelent, ami 2,543 hektárt jelent. Sárga szín az átlagos terméshozamot elérő tábla részeket ábrázolja 5,64 és 7,61 tonna közötti terméssel, ami 2,662 hektárt jelent. Piros szín az átlagosnál alacsonyabb terméshozamú területeket mutatja (0,45 és 5,64 t közötti értékekkel), amely 1,848 hektáron volt mérhető.



18. ábra: A 2. tábla hozamtérképe

A 2. táblán (18. ábra) a betakarított mennyiség 243270 kg volt, az átlagos nedvesség: 19,5. A hektáronkénti átlagtermés 12,163 tonna. Zöld szín mutatja a táblán mért

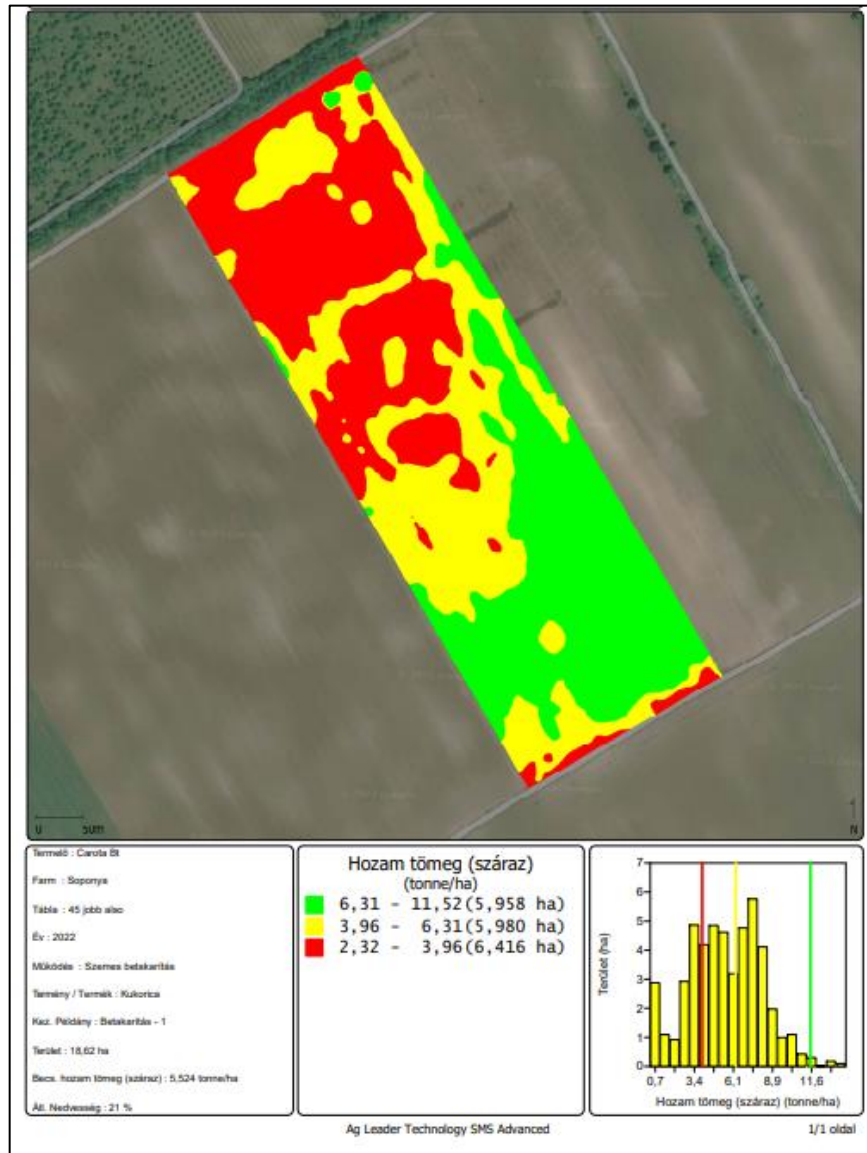
legmagasabb terméshozamú területeket, ez 11,40 és 14,57 tonna közötti termést jelent, ami 6,939 hektáron volt megfigyelhető. A sárga szín az átlagos terméshozamot elérő táblarészeket ábrázolja 9,70 és 11,40 tonna közötti terméssel, ez 8,328 hektárt jelent. A piros szín az átlagosnál alacsonyabb terméshozamú területeket mutatja, 2 és 9,70 tonna közötti értékekkel, mely 4,537 hektár terület volt.



19. ábra: A 3.tábla hozamtérképe

A 3. táblán (19. ábra) a betakarított mennyiség 164540 kg volt, az átlagos nedvesség: 21. A hektáronkénti átlagtermés 7,11 tonna. A zöld szín mutatja a területen mért legmagasabb

terméshozamú részeket, ez 7,42 és 11,07 tonna közötti termést jelent, amely 7,637 hektáron volt jellemző. A sárga szín az átlagos terméshozamot elérő tábla részeket ábrázolja 5,27 és 7,42 tonna közötti terméssel, ez 9,965 hektárt jelent. A piros szín az átlagosnál alacsonyabb terméshozamú részeket jelöli 2,72 és 5,27 t közötti étekkal 5,141 hektár területen.



20. ábra: A 4.tábla hozamtérképe

Az utolsó vizsgált táblán (4.) (20. ábra) a betakarított mennyiség 102860 kg, az átlagos nedvesség: 21. A hektáronkénti átlagtermés 5,52 tonna volt. A zöld szín jelzi azokat a részeket, ahol a táblán a legmagasabb terméshozam volt mérhető (6,31 és 11,52 tonna között), mely 5,958 hektárt jelent. A sárga szín az átlagos terméshozamot elérő területeket ábrázolja 3,96 és 6,3 tonna közötti terméssel, ez 5,98 hektárt jelent. A piros szín az átlagosnál alacsonyabb terméshozamú területeket mutatja 2,32 és 3,96 t közötti értékekkel (6,416 hektár).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Eredményeim alapján a következő megállapításokra jutottam:

A vizsgált területeken a zónánként vett és átlagolt talajtani mintavételek alapján a nátrium eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a cégnek érdemes lenne öntözővíz bevizsgálást is kérnie, és a talajtani adatokkal összegezve átgondolni a tápanyagellátási technológiát, hogy kizárják az esetleges nem kívánatos folyamatokat (egyéb tápelemek felvehetőségének gátlása, elszikesedés).

Az 1. tábla: Hozamtérképek és az NDVI értékek változása között az összefüggés szemmel látható, amit az értékek elemzése is alátámaszt. A tábla felső felében alacsonyabb a hozam és az NDVI értékek is, míg az alsó felében ennek fordítottja mutatkozik. Amennyiben három, négy következő évben is hasonló képet mutat ez a terület, két zóna kialakítása lehet indokolt.

A 2. tábla a 3X25mm-es júliusi öntözésnek köszönhetően az extrém aszályos év ellenére is kiemelkedő hozamot produkált, 12,063 tonnás hektáronkénti átlagával. A mintaterület felső felének közepén kirajzolódik egy gyengébbnek mutató patkó alakú terület. Itt 1-2 méteres szintkülönbségű mikro domborzat jellemző, ennek a területnek magasabb pontjain mutatkozik gyengébb termésátlag (alacsonyabb index értékek). Ezen a területeken azonban még így is magasabb termésátlag volt megfigyelhető, mint a többi mintaterület átlagánál. Ezért az első év adatgyűjtése és feldolgozása alapján további évek vizsgálata indokolt ahhoz, hogy megtudjuk van-e szükség zónák kialakítására.

A 3. tábla öntözött területként 7,11 tonna termésátlagot produkált a hozamtérkép és a nedvesség index is jól mutatják a domborzatból adódó tábla adottságokat. A terület felső felétől az alsó része felé haladva folyamatosan nő a vízstressz és ezáltal a hozam is csökken.

A 4. tábla öntözetlenül az öntözött 3. tábla szomszédságában 5,52 tonna hektáronkénti átlagtermést hozott. 1,59 tonna hektáronkénti különbséget mutatva. Hasonlóan a 3. táblához a domborzati adottságok jól mutatják a táblán belüli hozamkülönbségeket.

A zónánként vett talajminta adatok alapján közel azonos tápanyagszintet mutatnak a táblák, ezért a mintaterületek heterogenitásának feltérképezésére a műholdképek

feldolgozása és hozamtérképek által nyújtott információkra alapozva érdemes a zónák kijelölését elvégezni 3-4 éves adatgyűjtést követően.

A július közepi 3x 25 mm-es öntözés hatására sem változtak a nedvesség indexek, inkább változatlan, illetve csökkenő értékeket mutattak, mint növekvőt, amely az extrém aszálynak tudható be, viszont a termésátlagokban az öntözés pozitív hatása megmutatkozik. Az öntözés a címerhányás idejére volt időzítve, ezért mutatkozik meg ennek eredménye a hozamban, mintsem a nedvesség indexekben.

Az aszályos évjárat, a hozamtérképek és az NDVI térképek jól megmutatták a táblákon a mikro domborzatok által okozott heterogenitást a talajnedvességben, ezért a jövőben meggondolandó esetleges precíziós öntözés bevezetése. A lineár rendszerek fejlesztésével helyspecifikus öntözésre alkalmassá tehetők. Precíziós öntözéshez szükséges talajtérképek készítése talajtípusra, tápanyagellátottságra, mikro domborzatra, hozamtérképekre és növényállapotra. A talajtérképek elkészülte után a termelői igények és tapasztalatok alapján kétféle út valósítható meg, a sebesség vezérlés vagy zóna vezérlés. A jó alapokhoz a heterogén helyeken talajnedvesség mérő szenzorok és talajhőmérséklet mérő szenzorok biztosíthatnák a valós idejű adatokat.

6. ÖSSZEFOGLALÓ

Versenyképes és hatékony gazdálkodás alapja a precíziós technológiák nyújtotta lehetőségekben lehet. Ezen lehetőségek megfelelő, szakszerű használatával tevékenységünk fentarthatóbbá és eredményesebbé tehető. A mezőgazdaságban használt technológiák fejlődése folyamatosan újabb lehetőségeket kínál a gazdálkodók számára.

Dolgozatomban öntözött és öntözetlen kukoricatáblákon a Carota Bt. által végzett termesztéstechnológia mellett gyűjtöttem adatokat, amelyek részletes bemutatása után júniustól augusztussal bezáróan letöltött légifelvételek feldolgozásával NDVI ÉS NDMI indexeket számítottam és vizsgáltam az egyes időpontok közti változások hatásit. Továbbá nedvesség indexek eredményeit összehasonlítottam öntözött és öntözetlen területekre. A hozamtérképeket összehasonlítottam a vegetációs és nedvesség adatokkal és kerestem az összefüggéseket.

Vizsgálataimhoz 4 soponyai táblát választottam. A mintaterületek 30 aranykorona értékkel bírnak, talajtani besorolásuk mészlepedékes csernozjom. A területek fenyércirokkal igen fertőzöttek, ezért Lexxtour DUO hibrid kukorica fajtára esett a választás.

Eredményeim alapján a következő megállapításokra jutottam:

A vizsgált területeken a zónánként vett és átlagolt talajtani mintavételek alapján a nátrium eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a cégnek érdemes lenne öntözővíz bevizsgálást is kérnie, és a talajtani adatokkal összegezve átgondolni a tápanyagellátási technológiát, hogy kizárják az esetleges nem kívánatos folyamatokat (egyéb tápelemek felvehetőségének gátlása, elszikesedés).

Az 1. tábla: Hozamtérképek és az NDVI értékek változása között az összefüggés szemmel látható, amit az értékek elemzése is alátámaszt. A tábla felső felében alacsonyabb a hozam és az NDVI értékek is, míg az alsó felében ennek fordítottja mutatkozik. Amennyiben három, négy következő évben is hasonló képet mutat ez a terület, két zóna kialakítása lehet indokolt.

A 2. tábla a 3X25mm-es júliusi öntözésnek köszönhetően az extrém aszályos év ellenére is kiemelkedő hozamot produkált, 12,063 tonnás hektáronkénti átlagával. A mintaterület felső felének közepén kirajzolódik egy gyengébbnek mutató patkó alakú terület. Itt 1-

2 méteres szintkülönbségű mikro domborzat jellemző, ennek a területnek magasabb pontjain mutatkozik gyengébb termésátlag (alacsonyabb index értékek). Ezen a területen azonban még így is magasabb termésátlag volt megfigyelhető, mint a többi mintaterület átlagánál. Ezért az első év adatgyűjtése és feldolgozása alapján további évek vizsgálata indokolt ahhoz, hogy megtudjuk van-e szükség zónák kialakítására.

A 3. tábla öntözött területként 7,11 tonna termésátlagot produkált a hozamtérkép és a nedvesség index is jól mutatják a domborzatból adódó tábla adottságokat. A terület felső felétől az alsó része felé haladva folyamatosan nő a vízstressz és ezáltal a hozam is csökken.

A 4. tábla öntözetlenül az öntözött 3. tábla szomszédságában 5,52 tonna hektáronkénti átlagtermést hozott. 1,59 tonna hektáronkénti különbséget mutatva. Hasonlóan a 3. táblához a domborzati adottságok jól mutatják a táblán belüli hozamkülönbségeket.

A zónánként vett talajminta adatok alapján közel azonos tápanyagszintet mutatnak a táblák, ezért a mintaterületek heterogenitásának feltérképezésére a műholdképek feldolgozása és hozamtérképek által nyújtott információkra alapozva érdemes a zónák kijelölését elvégezni 3-4 éves adatgyűjtést követően.

A július közepi 3x 25 mm-es öntözés hatására sem változtak a nedvesség indexek, inkább változatlan, illetve csökkenő értékeket mutattak, mint növekvőt, amely az extrém aszálynak tudható be, viszont a termésátlagokban az öntözés pozitív hatása megmutatkozik. Az öntözés a címerhányás idejére volt időzítve, ezért mutatkozik meg ennek eredménye a hozamban, mintsem a nedvesség indexekben.

Az aszályos évjárat, a hozamtérképek és az NDVI térképek jól megmutatták a táblákon a mikro domborzatok által okozott heterogenitást a talajnedvességben, ezért a jövőben megfontolandó esetleges precíziós öntözés bevezetése. A lineár rendszerek fejlesztésével helyspecifikus öntözésre alkalmassá tehetők. Precíziós öntözéshez szükséges talajtérképek készítése talajtípusra, tápanyagellátottságra, mikro domborzatra, hozamtérképekre és növényállapotra. A talajtérképek elkészülte után a termelői igények és tapasztalatok alapján kétféle út valósítható meg, a sebesség vezérlés vagy zóna vezérlés. A jó alapokhoz a heterogén helyeken talajnedvesség mérő szenzorok és talajhőmérséklet mérő szenzorok biztosíthatnák a valós idejű adatokat.

7. SUMMARY

Competitive and efficient management can be based on the possibilities provided by precision technologies. Our activities can be made more sustainable and effective by using these opportunities appropriately and professionally. The development of technologies used in agriculture constantly offers farmers new possibilities.

In my thesis, I collected data on irrigated and non-irrigated corn fields in addition to the cultivation technology carried out by Carota Bt., and after a detailed presentation, I calculated NDVI and NDMI indexes by processing aerial photographs downloaded from June to August and examined the effects of changes between individual dates. Furthermore, I compared the results of moisture indices for irrigated and non-irrigated areas. I compared the yield maps with vegetation and moisture data and looked for correlations. I chose 4 fields from Soponya for my experiments. The sample areas have a value of 30 gold crowns, and their soil classification is chernozem with calcareous deposits. The areas are heavily infested with pine sorghum, so the Lexxtour DUO hybrid corn variety was chosen.

Based on my results, I came to the following conclusions:

On the basis of the soil samples taken and averaged per zone in the examined areas and based on the sodium results, I came to the conclusion that it would be worthwhile for the company to request an irrigation water test and together with the soil data to reconsider the nutrient supply technology in order to exclude possible undesirable processes.

Field 1: The correlation between yield maps and the change in NDVI values is clearly visible, which is also supported by the analysis of the values. In the upper half of the field the yield and NDVI values are also lower, while in the lower half the opposite is true. If this area shows a similar picture in the next three or four years, the creation of two zones may be justified.

Field 2 produced an outstanding yield despite the extreme drought year thanks to the 3X25mm irrigation in July, with an average of 12,063 tonnes per hectare. In the middle of the upper half of the sample area, a weaker horseshoe-shaped area emerges. Micro topography with a difference in level of 1-2 meters is typical here, the higher points of

this area show a weaker average yield (lower index values). In these areas, however, a higher yield average was still observed than the average of the other sample areas. Therefore, based on the data collection and processing of the first year, an examination of additional years is justified in order to find out whether it is necessary to create zones.

The 3rd field as an irrigated area produced an average yield of 7.11 tons, the yield map and the moisture index clearly show the characteristics of the field due to the topography. Moving from the upper half of the area to the lower part the water stress increases continuously and thus the yield also decreases.

The non-irrigated Field 4 next to the irrigated field 3 yielded an average of 5.52 tons per hectare. Showing a difference of 1.59 tonnes per hectare. Similar to Field 3 the topography clearly shows the yield differences within the field.

Based on the soil sample data taken per zone, the fields show almost the same nutrient level, therefore, in order to map the heterogeneity of the sample areas, it is worth selecting the zones based on the information provided by the processing of satellite images and yield maps after 3-4 years of data collection.

The moisture indices did not change as a result of the 3x 25 mm irrigation in mid-July, they showed more unchanged or decreasing values than increasing, which can be attributed to the extreme drought, but the positive effect of irrigation is shown in the yield averages. Irrigation was timed to the time of tasseling, which is why its results are shown in the yield, rather than in the moisture indices.

The drought year, the yield maps and the NDVI maps clearly showed the heterogeneity in soil moisture caused by the micro-topography on the fields, so the possible introduction of precision irrigation should be considered in the future. With the development of linear systems can be made suitable for site-specific irrigation. Preparation of soil maps for precision irrigation for soil type, nutrient availability, micro topography, yield maps and plant condition. After the completion of the soil maps, two ways can be implemented based on the needs and experience of the producers, speed control or zone control. For good foundations, soil moisture sensors and soil temperature sensors in heterogeneous locations could provide real-time data.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Beluhova-Uzunova, R. P., & Dunchev, D. M. (2019). Precision farming—concepts and perspectives. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej/Problems of Agricultural Economics*, (3).
2. Berry, J. K. (1999): The precision farming primer – GIS technology and site-specific management in production agriculture. BASIS Inc., Colorado, USA
3. Cook, S., Corner, R.J., Riethmuller, G., Mussel, G., Maitland, M.D. (1996). Precision Agriculture and risk analysis: An Australian Example. *Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture* ed. P.C. Robert, R.H. Rust and W.F. Larson, pp. 1123-1132.
4. Cook, S., Bramley, R. (1998). Precision agriculture – opportunities, benefits and pitfalls of sitespecific crop management in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 38, pp. 753-763.
5. European Commission (2016). The Internet of Things. Digital Agenda for Europe. European Commission.
6. Fountas, S.; Pedersen, S.M.; Blackmore, S. (2005) ICT in Precision Agriculture—Diffusion of technology. In *ICT in Agriculture; Environmental Economics and Management: Rehovot, Israel*; pp. 15.
7. Gaál, M., Kiss, A., Péter, K., Sulyok, D., Takácsné György, K., Domán, C., ... & Keményné Horváth, Z. (2017). A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata.
8. Garibaldi, L., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B.E., Cunningham, S.A., Breeze, T.D. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in ecology & evolution*, 32(1), pp. 68-80.
9. Gebbers, R., Adamchuk, V. (2010). Precision Agriculture and Food Security. *Science*, Vol. 327, No. 5967, pp. 828-831.
10. Griffin, T.W.; Miller, N.J.; Bergtold, J.; Shanoyan, A.; Sharda, A.; Ciampitti, I.A. Farm's sequence of adoption of informationintensive precision agricultural technology. *Appl. Eng. Agric.* 2017, 33, 521.

11. Győrffy, B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agroforum 11 (2), pp. 1–4.
12. Internet, 1: https://pgr.hu/helyspecifikus_technologiak
13. Internet, 2: <https://www.magro.hu/agrarhirek/gps-technologiak-mezogazdasagban/>
14. Internet, 3: <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>
15. Internet, 4: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2021/02/gepesites/ezert-kincs-az-agraradat-1-resz-adatgyujtes-es-adatvagyon>
16. Internet, 5: <https://www.agroinform.hu/gazdasag/agrar-adatmezok-digitalis-agrar-strategia-53281-001>
17. Internet, 6: https://www.agraroldal.hu/kukorica-termesztes_img-4.html
18. Internet, 7: <https://agroforum.hu/szakcikkek/tapanyag-utanpotlas/a-kukorica-tragyazasa/>
19. Internet, 8: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-2/>
20. Internet, 9: https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/?fbclid=IwAR21CWibkYXphDXZEoKq5JV-q41FDLgfXMD_kq46EtJpu4-6vFFn4MSJRuc
21. Internet, 10: https://www.agricolus.com/en/vegetation-indices-ndvi-ndmi/?fbclid=IwAR21CWibkYXphDXZEoKq5JV-q41FDLgfXMD_kq46EtJpu4-6vFFn4MSJRuc
22. Internet, 11: <https://eos.com/make-an-analysis/ndmi/>
23. Internet, 12: <https://docplayer.hu/176336260-Hozammeresi-technologiak-a-johndeere-betakarito-gepeken.html>
24. Internet, 13: <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/plot-spec-sig-tiles-python>
25. Internet, 14: <https://talajreform.hu/tudaszbazis/ndvi-kepek-hasznalata/>
26. Internet, 15: <https://www.kite.hu/kiadvanyok/kukorica-szemes-cirok-szoja-es-napraforgo-termesztes-technologia-komplex-ajanlat-2022/147#page/49>

27. Kapusi, T. (2020). A precíziós szántóföldi gazdálkodás műszaki lehetőségei és alkalmazásának tapasztalatai a Pálhalmi Agrospeciál Kft.-nél. *Börtönügyi szemle*, vol. 3, pp. 79-100.
28. Kiss, E. (2011). A kukorica fajtaválasztás szabályai és lehetőségei. *Agro Napló*, 15 (1). pp. 27-28.
29. Lowenberg-DeBoer, J., Boehlje, M. (1996). Revolution, evolution or dead-end: Economic perspectives on precision agriculture. *Proc. 3rd Intl. Conf. Precision Agriculture*, pp. 923–944.
30. Lowenberg-DeBoer J. 2015. The precision agriculture revolution: making the modern farmer. *Foreign Aff.* 94(3), pp. 105–12.
31. McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., & Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision agriculture*, 6(1), pp. 7-23.
32. Milics, G., Tamás, J. (2007). Helymeghatározás. In Németh, T., Neményi, M., Harnos, Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, pp. 15–37.
33. Neményi, M., Pecze, Zs., Mesterházi, P. Á., Németh, T. (2001). A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés* 50 (4), pp. 419– 430.
34. Nemenyi, M., Mesterhazi, P., Pecze, Z., Stepan, Z. (2003). The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 40, pp. 45-55.
35. Rees, R.M., Griffiths, B.S., McVittie, A. (2018). Sustainable Intensification of Agriculture: Impacts on Sustainable Soil Management. In: Ginzky, H., Dooley, E., Heuser, I., Kasimbazi, E., Markus, T., Qin, T. (eds.). *International Yearbook of Soil Law and Policy*, vol. 2017. Cham: Springer
36. Seelan, S., Laguet, S., Casady, G., Seielstad, G. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, vol. 88(1), pp. 157-169.
37. Stombaugh, T. S., Mueller, T. G., Shearer, S. A., Dillon, C. R., Henson, G. T. (2001). Guidelines for adopting precision agricultural practices. PA-2. Cooperative Extension Service, University of Kentucky, pp. 4.

38. Swinton, S. M, Lowenberg-DeBoer, J. 1998. Evaluating the profitability of site-specific farming. *J. Prod. Agric.* 11(4), pp. 439–46.
39. Szabó, J., Milics, G., Tamás, J., Pásztor, L. (2007). Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban (GIS). In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, pp. 39–62.
40. Tamás, J. (2001): Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp. 144.
41. US House of Representatives (1997). Bill No. H.R.2534. An Act to reform, extend and repeal certain agricultural research, extension and education programs and for other purposes. Title IV – New research, extension and education initiatives. Subtitle B – Precision Agriculture. Retrieved from: <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/z?c105:H.R.2534>.
42. Van Meirvenne, M. (2003). Is the Soil Variability within the Small Fields of Flanders Structured Enough to Allow Precision Agriculture?”. *Precision Agriculture*, vol. 4(2), pp. 193-201.
43. Whelan, B., McBratney, A. (2000). The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture Management. *Precision Agriculture* 2(3), pp. 265-279(15).
44. Whelan, B., McBratney, A. (2001). Precision agriculture in Leading Edge (included in Australian Grain), vol. 11(4), pp. 46-48.
45. Yang, C., Lee, W. S. (2013). 4 Precision Agricultural Systems. *AGRICULTURAL AUTOMATION*, 63.

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Hogyan épül fel a Földrajzi Információs Rendszer? (Forrás: Internet, 3).....	8
2. ábra: A vizsgálatokhoz választott 4 mintaterület sorszámozva.	14
3. ábra: Mészlepedékes csernozjom talaj.....	15
4. ábra: Májusi meteorológiai adatok	18
5. ábra: Júniusi meteorológiai adatok	18
6. ábra: Júliusi meteorológiai adatok	19
7. ábra: Augusztusi meteorológiai adatok.....	19
8. ábra: Műholdas adatelemzés folyamata vegetációs és a víz terhelési indexek térképezésére.....	21
9. ábra: Az egyes NDVI értékek értelmezése (Forrás: Internet,14).....	22
10. ábra: Zöld és száraz növényzet és a talaj reflektancia görbéi (Forrás: Internet, 13). 22	
11. ábra: Az egyes NDMI értékek értelmezése	23
12. ábra: Ütközőlapos anyagáram mérő szenzor (Forrás: Internet, 12).....	24
13. ábra NDMI értékek a mintaterületeken (július 1.- augusztus 27.).....	25
14. ábra NDVI értékek a mintaterületeken (július 1.- augusztus 27.)	26
15. ábra: NDMI értékek változása július 1-ről július 13-ra.	27
16. ábra: NDMI értékek változása július 23-ról augusztus 5-re.	28
17. ábra: A 1.tábla hozamtérképe	29
18. ábra: A 2. tábla hozamtérképe	30
19. ábra: A 3.tábla hozamtérképe	31
20. ábra: A 4.tábla hozamtérképe	32

10. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A kukorica fajlagos tápanyag igénye	11
2. táblázat: A mintaterületek talajtani eredményei	16
3. Táblázat: Növényvédelmi munkák a mintaterületeken	17