

SZAKDOLGOZAT

Sáfár György
Precíziós mezőgazdasági szakmérnök

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Precíziós mezőgazdasági szakmérnök

**Vegetációs indexek időszorelemzése öntözött és öntözetlen
kukoricatáblák esetén**

Belső konzulens: **Menyhárt László**
egyetemi docens

Készítette: **Sáfár György**
NKZZYP
levelező képzés

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	2
2. Témafelvetés	4
3. Irodalmi áttekintés	5
3.1. A precíziós mezőgazdaság.....	5
3.2. Távérzékelés	7
3.2.1. Sentinel2	8
3.2.2. NDVI	9
3.3. Kukorica	11
3.3.1. Jelentősége Magyarországon	11
3.3.2. Felhasználása	11
3.3.3. Vízigénye	12
4. Anyag és módszer	13
4.1. A gazdaság bemutatása.....	13
4.2. A vizsgált területek földrajzi pozíciója és agroökológiai jellemzői	13
4.3. A vizsgált év időjárása.....	14
4.4. A vizsgált terület jellemzői.....	15
4.5. Öntözőrendszer.....	15
4.6. Adatgyűjtés és elemzés.....	16
5. Eredmények és értékelésük	17
6. Következtetések és javaslatok	23
7. Összefoglalás	25
8. Irodalomjegyzék.....	26
9. Köszönetnyilvánítás	29
10. Nyilatkozat	30

1. Bevezetés és célkitűzések

Jelenleg a Föld lakossága gyors ütemben nő, és 2022 végére már meghaladta a 8 milliárd főt. Az emelkedett népesség miatt kiemelten fontossá válik a megfelelő minőségű és mennyiségű élelmiszerellátás biztosítása. Az élelmiszer-ellátás javítása érdekében lehetőségünk van újabb területeket bevonni a mezőgazdasági termelésbe, de ugyanilyen fontos a jelenlegi területeken folyó termelés intenzitásának növelése. Mivel az újabb területek rendelkezésre állása korlátozott, fontos, hogy a már meglévő területeinket hatékonyabban használjuk ki. Ebben a folyamatban a precíziós mezőgazdaság játszik kulcsfontosságú szerepet.

A jelenkori mezőgazdaság legnagyobb kihívása a klímaváltozás és a túlnépesedés hatásaival való megbirkózás, emellett a fogyasztói társadalomban felmerült új elvárások is befolyásolják azt. Az élelmiszerek minősége, előállítási módja és eredete kiemelten fontos lett a fogyasztók számára. Ezért nőtt meg az igény az élelmiszerek előállításának nyomon követhetősége iránt.

Előzőleg említett problémákra megoldást kínálhatnak a precíziós mezőgazdaság technológiái. Ezek a technológiák lehetővé teszik nemcsak a mezőgazdasági folyamatok optimalizálását, hanem az input anyagok (például műtrágyák, vegyi anyagok, növényi szaporító anyagok) hatékonyabb és mértékletes felhasználását is, ami hozzájárul a fenntarthatósághoz és a gazdaságossághoz. Ezenkívül a precíziós mezőgazdaság lehetőséget nyújt a termés hozam növelésére is, miközben minimalizálja a környezeti terhelést és optimalizálja a munkaerő és munkagépek kihasználását.

Az informatika a világ egyik legdinamikusabban fejlődő iparágává vált, és hatása szinte minden területen érezhető. A mezőgazdaságban is nyilvánvalóvá váltak a technológia fejlődésének pozitív hatásai, amint a digitalizáció átformálja ezt a hagyományos iparágat.

Magyarországon jelenleg a precíziós mezőgazdasági technológiák még nem váltak általánossá, ugyanakkor nő azon gazdák száma, akik már alkalmazzák a helyspecifikus gazdálkodás elveit. Az ilyen gazdálkodási módszer különösen a szántóföldi növénytermesztésben terjed hazánkban.

Az említett technológia bevezetése új lehetőségeket teremt a termelők számára, mivel a helyspecifikus gazdálkodás lehetővé teszi a növények és talajuk állapotának pontosabb felmérését. Ezáltal hatékonyabban lehet kezelni az erőforrásokat, mint például a víz és a trágya, ami hozzájárulhat a termelékenység növekedéséhez és a környezetvédelemhez.

Jelenleg Magyarországon a precíziós mezőgazdasági technológiák alkalmazása rendkívül alacsony szinten áll. 2020-ban hazai gazdaságok mindössze 12%-a használt valamilyen precíziós eszközt, és a teljes mértékben precíziós gazdálkodás még ennél is alacsonyabb arányban volt jelen, beleértve a komplett precíziós technológiai elemek alkalmazását is. A legnagyobb arányban 2020-ban Magyarországon a növényállapot-felméréskor (5,3%) került sor precíziós alkalmazások használatára a gazdaságokban. Ezt követte a sorvezető/automata kormányzás (3,9%), ami az alapja a precíziós technológiák alkalmazásának, mivel elengedhetetlen azokhoz a helyspecifikus beavatkozások végrehajtásához. Harmadik helyen találjuk az alkalmazott precíziós technológiák között a differenciált munkaműveleteket (3,4%), ami szintén fontos elem a hazai mezőgazdaságban. (KSH 2020)

2. Témafelvetés

A vegetációs indexek használata könnyen elérhető a precíziós mezőgazdálkodásban, és nagyszerű kiindulópont lehet a gazdasági elemzésekhez. A mezőgazdasági üzem, ahol dolgozom, már sok feltételt biztosít a precíziós gazdálkodáshoz. Az automatikus kormányzással és a RTK jellel felszerelt erőgépek, valamint a részben differenciált munkavégzésre képes munkagépek mind kiváló alapot jelentenek a precíziós gazdálkodáshoz.

Az, hogy jelenleg még nem teljesen használják ki ezeket a lehetőségeket, egyúttal arra is utal, hogy még sok fejlődési potenciál rejlik a precíziós mezőgazdálkodás terén a gazdaságban. Többet beruházások nélkül is elkezdhető a gazdaság elemzése vegetációs indexekkel, az adatok alapján történő döntések meghozatala pedig értékes lépés lehet a hatékonyság és a fenntarthatóság javítása felé.

A műholdas távérzékelés ezekre megoldást jelenthet, a műhold felvételek mindenki számára elérhetőek, letölthetőek szabadon felhasználhatóak és ezekből növényi indexek számíthatóak, amik segíthetnek az optimális beavatkozáshoz

A folyamatok és technológiák kiaknázása során az adatok hatékony összegyűjtése, elemzése és értelmezése lesz kulcsfontosságú. Az adatok megfelelő kezelése révén könnyebben azonosíthatóak azok a területek, ahol a gazdaság még hatékonyabbá tehető a precíziós gazdálkodás révén.

Összességében tehát azt látom, hogy a mezőgazdasági üzem számos lehetőséget rejt magában a precíziós mezőgazdálkodás terén, és az adatvezérelt döntések révén lépésről lépésre lehet fejleszteni és kihasználni a rendelkezésre álló technológiák és eszközök adta előnyöket.

Dolgozatom célja az, hogy a vállalat által működtetett táblákon keresztül vizsgáljam meg a vegetációs indexek alkalmazását különböző kultúrnövények esetében, különböző termesztési eljárások során.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A precíziós mezőgazdaság

Az alapján, ha folyamatosan figyeljük a területeket és a növényállományt, a gazdálkodó képes lesz időben és helyileg sokféle módon beavatkozni. Ez a módszer hozzájárul a gazdálkodás hatékonyságának növeléséhez, a környezeti terhelés csökkentéséhez, miközben a termelési adatokat továbbra is magasan próbálja tartani. (Jeongeun et al, 2019)

A növénytermesztés termelékenységét és a növényi termékek minőségét olyan tudományos gyakorlatok segítik növelni, amelyek hatékonyabban használják fel az erőforrásokat, mint például a vizet és a tápanyagokat. Ezáltal hozzájárulnak az élelmiszerbiztonság, a fenntarthatóság és a gazdaságosság szélesebb céljainak eléréséhez. (Bonfante et al., 2019)

A precíziós gazdálkodás lényege, hogy nem egységesen használjuk az agrotechnikai elemeket, hanem a mezőterületet kisebb, eltérő tulajdonságú részekre osztjuk, és az adott részhez alkalmazzuk a megfelelő műveleteket. (Pepó, 2019)

A precíziós gazdálkodás azt jelenti, hogy a mezőgazdaságban olyan műszaki, informatikai és információs technológiákat, valamint termesztéstechnológiai módszereket alkalmaznak, amelyek segítségével hatékonyabban lehet termelni. (Erdeiné, 2020)

A precíziós technológiákra való áttérés rendkívül előnyös, hiszen ezek alkalmazásával nemcsak a jövedelemnövekedés érhető el, hanem egyidejűleg csökkenthető a környezetterhelés is. (Kemény 2017)

A precíziós technológiák, mint mezőgazdasági innovációk, már majdnem három évtizede kerültek be a gyakorlatba. A precíziós növénytermesztés lényegét három fő pillér alkotja. Az első pillér az információ, amely magába foglalja a talajviszonyokat, a növényfajta tulajdonságait, az időjárási paramétereket és azok előrejelzéseit, a kártevők jelenlétét és fejlődési dinamikájukat, valamint a korábbi és jövőbeli termésadatokat. Mindezt akár menedzsmentzónánként lehet figyelembe venni.

A második pillér a technológia, amely magában foglalja a GPS alapú helymeghatározást a gépvezérlésben, térinformatikát és érzékelők használatát. Ezek a technológiai eszközök

lehetővé teszik a pontos adatgyűjtést és -feldolgozást a mezőn, ami segít optimalizálni a termelési folyamatokat.

A harmadik pillér a döntéstámogatás, amely magába foglalja az adatbázisokat, az összefüggéseket a ráfordítások és a termés hozamok között, valamint a helyismeretet. Az adatbázis-alapú elemzések és a gazdasági matematika segítségével lehetőség van a termelés optimalizálására és a hatékony döntéshozatalra a mezőgazdasági területen.

Ezen három pillér összekapcsolása és hatékony használata lehetővé teszi a precíziós növénytermesztés terén a hatékonyabb és fenntarthatóbb mezőgazdasági gyakorlatok kialakítását és alkalmazását. (Grisso et al., 2009)

A precíziós gazdálkodás iránt leginkább nyitott csoport a 40 év alatti gazdák között található, különösen azok között, akik felsőfokú végzettséggel rendelkeznek, és legalább 300 hektáron gazdálkodnak. Ez a mintázat hasonló a nemzetközi trendekhez, de az elterjedtségben országonként jelentős különbségek lehetnek. (Lencsés et al., 2014)

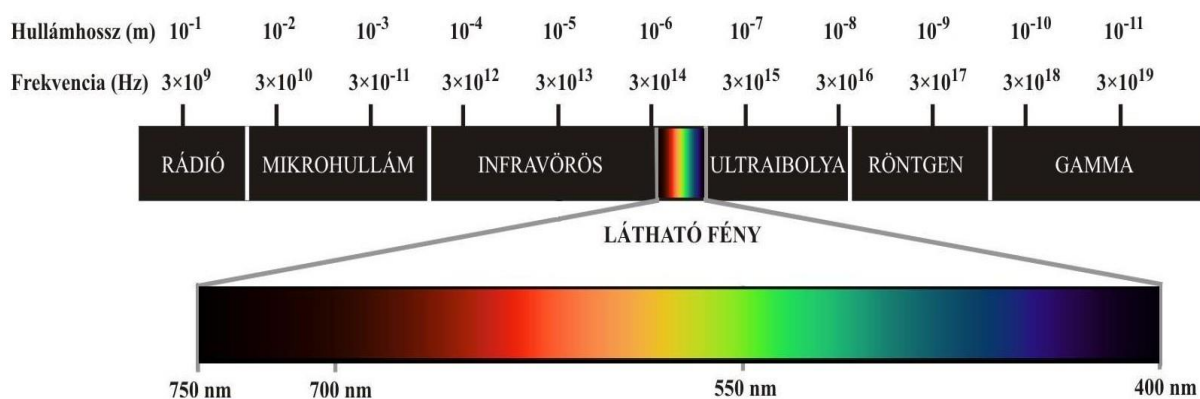
Az elemzések alapján bebizonyosodott, hogy a precíziós mezőgazdaságra való átállásnak kiemelt szerepe van a környezetterhelés csökkentésében. Ugyanazon jövedelemszint elérése mellett lehetővé válik a környezet terhelő vegyi anyagok használatának csökkentése. A precíziós technológia alkalmazásával nem csupán a növényvédőszer felhasználása csökken, de anyagmegtakarítást is eredményez a gazdálkodó számára. Ezzel egyidejűleg az egyéni és környezeti előnyök összecsengése is kivitelezhető. (Takácsné 2010)

3.2. Távérzékelés

A távérzékelés gyűjtőfogalmába olyan vizsgálati módszereket sorolunk, amelyekkel információt gyűjtünk a környezetünkről vagy tárgyokról úgy, hogy az adatgyűjtő eszköz, általában szenzor, nincs közvetlen fizikai érintkezésben a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel. A távérzékelés során az információgyűjtés általában elektromágneses sugárzás (például fény) vagy más fizikai jelek észlelésére és rögzítésére épül. (Manual, 1983).

A távérzékelés hatékony módszer a növényzet változékonyságának és a növényállomány fejlődésének dinamikus nyomon követésére. (Tamás et al., 2023).

Az eszközök és technológiák, amelyeket a távérzékelés során alkalmaznak, lehetővé teszik számunkra, hogy észleljük és rögzítsük az elektromágneses spektrum teljes tartományainak jeleit, első ábrán látható az elektromágneses spektrum. Ennek eredményeként láthatóvá válik a láthatatlan tartomány is.



1.ábra Elektromágneses spektrum

(Forrás: https://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public_html/L%C3%A9terek%20az%20orvostudom%C3%A1nyban/2_1_az_elektromgneses_spektrum.html Elérve: 2023.10.11)

A távérzékelésnek két fajta módszere van. Passzív távérzékelés során a szenzor a napból érkező és a felszínről visszaverődött sugárzást érzékeli (pl. multispektrális szkennerek), aktív távérzékelés során maga az érzékelő által kibocsátott energiát.

A passzív távérzékelés előnye, hogy energia befektetése még adatnyerés szempontjából is minimális, hátránya azonban, hogy csak nappal, és csak megfelelő időjárási körülmények mellett szolgáltat értékelhető képet. (Engler, 2000)

Az elektromágneses hullámok három fontos tulajdonsággal rendelkeznek: hullámhossz, amplitúdó és frekvencia. Azonban nem minden hullámhossz alkalmas a távérzékelésre, mivel nem mindegyik sugárzás képes kölcsönhatásba lépni a felszínnel. A hullámok kölcsönhatási képességét a terjedési tulajdonságaikkal lehet összefüggésbe hozni. Az elektromágneses sugárzás az atmoszférán, úgynevezett légköri ablakokon keresztül képes eljutni a felszínig. A földmegfigyelés szempontjából csak a kék szín és az aztól alacsonyabb hullámhosszú, azaz a zöld, vörös és közeli infravörös hullámok alkalmasak. A növények, köszönhetően klorofilltartalmuknak, különösen jól visszaverik ezeket a hullámhosszokat. (Tamás, 2011)

3.2.1. Sentinel2

A SENTINEL-2 egy európai eredetű műhold, amely széles sávú, nagy felbontású képeket készít többféle spektrális tartományban. Az ugyanazon pályán haladó, egymástól 180°-os fázisban mozgó ikertestvérműholdak úgy vannak kialakítva, hogy gyakran, 5 naponta ismétlődő bejárási lehetőséget biztosítanak az Egyenlítőn.

A SENTINEL-2 műhold 13 különböző spektrális sávot érzékel. Ezek közül négy sávban 10 méteres térbeli felbontást nyújt, hat sávban 20 méteres felbontást, míg három sávban 60 méteres térbeli felbontást képes elérni, ezeket az információkat foglalja össze az első táblázat. A műhold pályája szélessége 290 kilométer. (http1)

A Sentinel 2 űrfelvétel sávok jellemzői				
sáv	név	hullámhossz (nm)	térbeli felbontás (m)	felhasználási lehetőségek
B01	aeroszolkok	443	60	felhőszűrés, légköri korrekció (aeroszolkok)
B02	kék	490	10	víz
B03	zöld	560	10	növényzet
B04	vörös	665	10	növényzet
B05	vörös él 1	705	20	növényzet
B06	vörös él 2	740	20	növényzet
B07	vörös él 3	783	20	növényzet
B08	közeli infravörös (NIR)	842	10	növényzet
B08A	vörös él 4	865	20	növényzet
B09	vízpára	940	60	felhőszűrés, légköri korrekció (vízpára)
B10	felhő (cirrus)	1375	60	felhőszűrés, légköri korrekció (cirrus)
B11	rövidhullámú infravörös 1	1610	20	hó, jég, felhő detektálás, talaj és növényzet nedvességtartalma
B12	rövidhullámú infravörös 2	2190	20	hó, jég, felhő detektálás, talaj és növényzet nedvességtartalma

1.táblázat Sentinel 2 űrfelvétel sávok jellemzői (Forrás:

https://efold.gov.hu/media/Sentinel_2_savkombinaciok.pdf Elérve 2023.10.16)

A Sentinel-2 műhold 10-60 méteres felbontásban biztosít képfelvételeket (Drusch et al. 2012). Ez a spektrális felbontás szempontjából különbözik a Landsat OLI/TIRS felvételektől. A Sentinel-2 esetében a közeli infravörös és vörös sávok 10 méteres felbontást kínálnak, amely lehetővé teszi a vegetáció térképezését a területen (Kaplan és Avdan 2017).

3.2.2. NDVI

A közeli infravörös (NIR) sugárzás és a vörös (IR) sugárzás különbségét osztva a közeli infravörös sugárzás és a vörös sugárzás összegével kapunk egy új, egyszerűsített mutatót, amit Normalized Difference Vegetation Indexnek (NDVI) neveznek, lehetővé teszi a vegetáció és a vegetatív stressz gyors és hatékony meghatározását. (Kriegler et al., 1969). Az NDVI használata azon alapul, hogy az egészséges, fotoszintetizáló növényi részek a közeli infravörös sugarakat nagyrészt elnyelik, ezt használják fel a fotoszintézishez, míg a vörös komponenst nagyrészt visszaverik (2 ábra).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

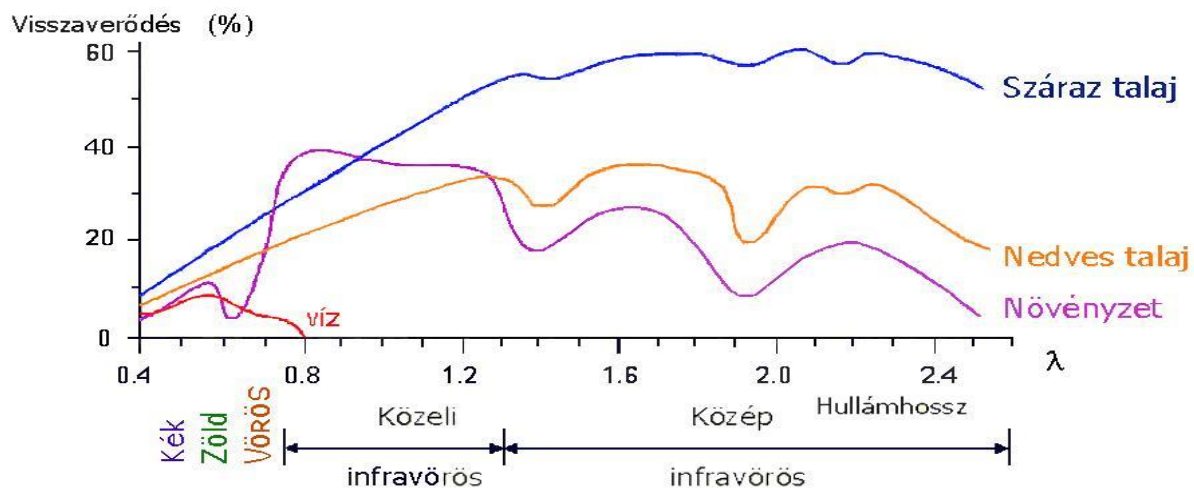
ahol NIR a közeli infravörös, RED pedig a vörös sugárzás reflektanciáját jelöli.

Jelenleg az NDVI az egyik legnépszerűbb index a vegetáció értékelésére, és ezt annak köszönheti, hogy bármilyen multispektrális érzékelővel egyszerűen kiszámítható, amely rendelkezik egy látható és egy közeli infravörös sávval. A multispektrális érzékelők fokozatosan csökkenő költsége és súlya miatt a NDVI alkalmazható műholdas, légi és egyre inkább pilóta nélküli légi rendszerekhez (UAS) is. (Ragán et al., 2020).

Negovanovic és munkatársai (2020) egy kísérlet során vizsgálták az NDVI értékek és a talajtermékenységet befolyásoló tényezők közötti kapcsolatot. Az NDVI képeket felhasználva előre meghatározott pontokról vettek talajmintákat GPS koordináták alapján. Ezeket a mintákat kémiai vizsgálatnak vetették alá, ahol megmérték a könnyen hozzáférhető nitrogén, foszfor, kálium tartalmát, valamint a talaj humusztartalmát, szervesanyag-tartalmát és kémhatását. A végzett korrelációanalízis eredményei alapján megállapították, hogy az NDVI értékek főként a talaj nitrogén tartalmával, kémhatásával és szervesanyag tartalmával mutattak szoros kapcsolatot.

Annak ellenére, hogy az NDVI számos előnyt kínál, nem mindig a legpontosabb mutató a növénykultúrákban előforduló rendellenességek vagy anomáliák kimutatására, különösen

akkor, ha részletes adatok állnak rendelkezésre a vörös és a NIR sávok között. (Jorge et al., 2019)



2.ábra Spektrális reflektancia

(Forrás: https://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke2_lap1.html Elérve:2023.10.06)

A víz visszaverése az alacsonyabb hullámhosszokon alacsony, és 0,7 mikrométer felett teljesen eltűnik. A talajok reflektanciája a hullámhossz növekedésével fokozatosan növekszik, és minél szárazabb a talaj, annál magasabbra emelkedik a reflektancia görbe. A növényzet visszaverése különösen magas a közeli infravörös tartományban, és a görbéjén több ponton is látható "leugrás" vagy határozott lokális minimum: 1,3, 1,9 és 2,6 mikrométer körül, részben az említett vízelnyelés miatt. A növények esetében a reflektancia kevésbé csökken a 0,9 és 1,1 mikrométer közötti vízelnyelési sávban. A látható tartomány két keskeny intervallumában is látható csökkenés a klorofillelnyelés miatt. Általában a fejlettebb növényeknél erősebb az elnyelés, valószínűleg a magasabb víztartalom és az intenzívebb fotoszintézis miatt. Ezt mennyiségileg is kihasználjuk, amikor a növények fejlettségét a közeli infravörös és látható sáv összehasonlításával kapott érték alapján jellemezzük. (László et al.2014)

3.3. Kukorica

3.3.1. Jelentősége Magyarországon

Magyarországon a szántóterület legnagyobb részén gabonaféléket termesztnek, és 2022-ben ezeknek a növényeknek a vetésterülete közel 2,5 millió hektár volt. A legnagyobb kiterjedésű kultúrák közé tartozott a kukorica (983 ezer hektár) és az őszi búza (947 ezer hektár). Ebben az évben ezek a két legfontosabb szántóföldi növényünk a teljes szabadföldi szántóterület több mint 46%-án voltak jelen. A kukorica legnagyobb vetésterülete Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található (107 ezer hektár), míg az őszi búzáé Békés megyében (102 ezer hektár). Sajnos, a 2022-es aszályos időjárás rendkívüli mértékben sújtotta ezeket a megyéket is, ami negatív hatással volt a termelésre. (KSH, 2022)

Az éghajlati és talajadottságok alapján megállapítható, hogy a kukorica számára legideálisabb termőterületünk a Dél-alföldi régió. Azonban érdemes megjegyezni, hogy a hőmérséklet és csapadék mennyiségének alakulása komoly kockázatot hordoz a kukorica termesztése szempontjából ezen a területen. Bár a napfénytartam itt a legmagasabb, a csapadék mennyisége ugyanakkor a legalacsonyabb a régióban. (Komarek, 2007c).

3.3.2. Felhasználása

A kukorica számos területen rendkívül sokoldalúan felhasználható. Alkalmas takarmányozásra, étkezésre és ipari célokra, valamint bioüzemanyagok előállítására is. Kiemelkedik a növények között az energiaérték tekintetében. A világ takarmányipara széles körben használja fel, a globális termelés éves mennyiségének közel felét, ami meghaladja az 500 millió tonnát. A kukorica fontos energiaforrást nyújt a baromfitakarmányozásban, és hozzájárul a tojások minőségének javításához, különösen a xantofill- és linolsav tartalma révén. Emellett a szarvasmarhák és a sertések takarmányozásához is nélkülözhetetlen magas keményítőtartalommal rendelkezik. Az élelmiszeriparban is növekvő népszerűségnek örvend, és a világ kukoricatermő területének 13%-án termesztik élelmiszerforrásként. (Oláh és Popp, 2018) A leggyakoribb kukoricából készült élelmiszerek közé tartoznak a csemegekukorica, a pattogatott kukorica és a kukoricapehely. Ezek az élelmiszerek fontos szerepet játszanak az egészséges táplálkozásban. Emellett 2019-ben az Európai Unió területén 5,9 millió tonna kukoricát használtak fel a bioetanol gyártására (Nagy, 2021).

3.3.3. Vízigénye

A kukorica vízigénye közepes, 450-550 mm, ami napi vízfogyasztásban 4,5-5,5 mm/ha (45-55 m³/ha) kifejeződik. Fontos megkülönböztetni az abszolút vízfogyasztást a statikai vízigénytől. A kukorica statikai vízigénye arra vonatkozik, hogy a talaj pórustérfogatának hány százalékát tölti ki víz, és hány százalékát levegő (kukorica esetében ez a statikai vízigény 67-79%). A kukorica transzspirációs együtthatója azt mutatja, hogy mennyi víz szükséges egy egységnyi szárazanyag (például 1 kg) előállításához (kukorica esetében kb. 350 liter víz szükséges 1 kg szárazanyag előállításához) (Bocz, 1992).

A kukorica vízfelvételét és vízigényét meghatározó egyéb tényezők a következők:

- A kukorica a talaj mélyebb rétegeiből, akár 150-200 cm mélységből is képes vizet felvenni.
- A címerhányás időszakában bekövetkező aszály 53%-kal, míg a szemtelítődés alatt fellépő aszály 30%-kal csökkentheti a termést.
- Az elérhető maximális termést nem csak tavaszi időszakban lehullott csapadék, hanem az őszi-téli időszakban eső mennyisége is befolyásolja.
- Nem ritka, hogy a kiemelkedő kukoricatermések nem a csapadékos évben jönnek létre, hanem az azt követő évben, amikor a hőmérséklet is kedvező.
- A talajok akár 500 mm vizet is képesek tárolni, 200 cm mélységben, és ebből a mennyiségből 50% diszponibilis víz
- Fontos megjegyezni, hogy túl sok csapadék is káros lehet a kukorica számára, mivel a talaj pórustérfogatának túlzott telítődése miatt a gyökerek oxigénellátása nem megfelelő (Pepó-Sárvári, 2011).

A kukorica öntözési reakciója elég jó. Az öntözés hatására várható terméstöbblet az évjáratától és genotípustól függően 2-6 t/ha. Az 1 mm öntözővízre jutó terméstöbblet 20-40 kg is lehet.. Csak a jó öntözési reakciójú, nagy termőképességű hibridek öntözhetők sikeresen, a hibridek között lényeges különbségek vannak. (Csajbók, 2004; Ruzsányi, 1981)

4. Anyag és módszer

4.1. A gazdaság bemutatása

A Búzavirág Kft. egy mezőgazdasági vállalkozás, amely Jász-Nagykun-Szolnok vármegyében, Túrkeve külterületén található. A gazdaság összesen 1317 hektár területen működik, és további szolgáltatásokat is nyújt a mezőgazdasági szektorban. Fő tevékenységük magában foglalja a gabonafélék (őszi búza, őszi árpa, őszi zab, kukorica, hibridkukorica, csemegekukorica), hüvelyes növények (borsó) és olajos magok (napraforgó) termesztését, valamint vetőmagtermesztést.

A gépparkjuk vegyes, amelyben megtalálhatók a Jhon Deere és Fendt erőgépek. A talajműveléshez Lemken ekét, Gaspardo-Maschio altalajlazítót, Bednar kompaktort, Väderstad kombinátort, Väderstad Top Down kultivátort, valamint Väderstad rövidtárcsát használnak. A vetést pedig két új Väderstad tempó vetőgéppel végzik. A növényvédelemre pedig egy Berthoud Raptor önjáró permetező gépet alkalmaznak.

Ezek az eszközök és tevékenységek együttesen lehetővé teszik a Búzavirág Kft. számára, hogy hatékonyan és eredményesen működjön a mezőgazdasági területen, és kiváló minőségű termékeket állítsanak elő a gazdaság területén.

4.2. A vizsgált területek földrajzi pozíciója és agroökológiai jellemzői

A két vizsgált terület Túrkeve külterületén található, és a kutatás középpontjában egy öntözött kukoricatábla (fehér tábla) és egy öntözetlen kukoricatábla (kék tábla) összehasonlítása állt a 2023-as évben. (3. Ábra)

Az említett területek Dél-Kelet Magyarországon találhatók, a Berettyó partján fekszenek. Az éves átlaghőmérséklet itt körülbelül 10 °C körül alakul, azonban fontos megjegyezni, hogy 2011-ben itt dőlt meg az országos melegrekord, amikor is 39,1 °C-ot mértek a városban. Ennek eredményeként Túrkeve Magyarország legforróbb településének címét is elnyerte. A csapadékmennyiség az 2017-2018-as évek során 510-540 mm között mozgott. A részletesebb csapadékadatokra későbbi alfejezetekben térünk ki. Az északi, észak-keleti és déli szelek a leggyakoribbak a térségben, és a táj tengerszint feletti magassága 80-105 méter között változik. Az Alföld felszíni síkságának adottságai előnyösek a mezőgazdaság, a csatornaépítés és az úthálózat fejlesztése szempontjából (Győri 2001).

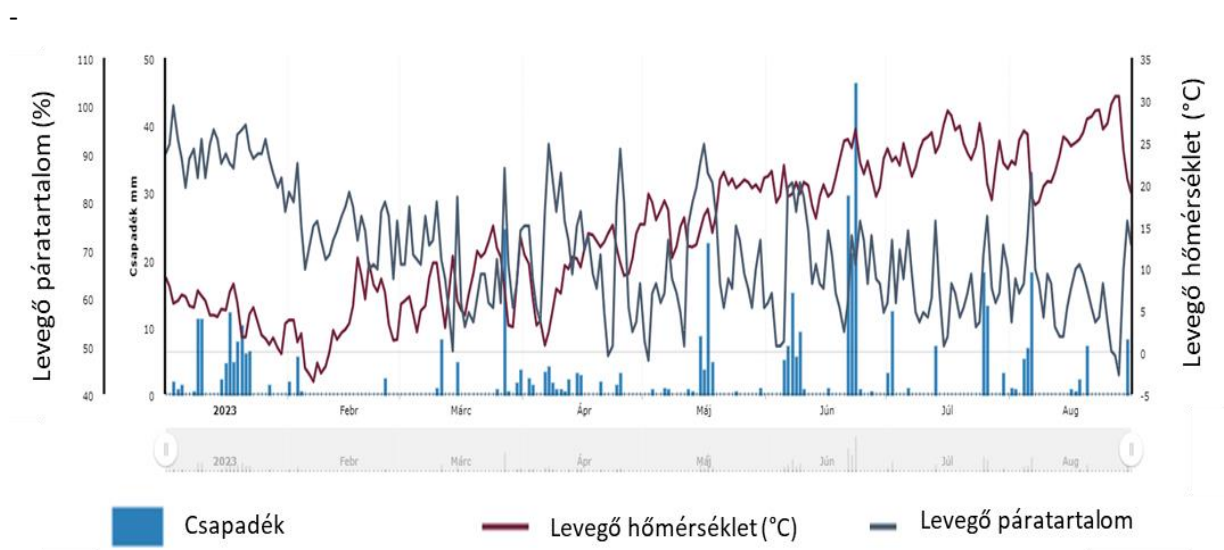


3.Ábra A vizsgált területek földrajzi elhelyezkedése

(Forrás Google Earth, Saját szerkesztés)

4.3. A vizsgált év időjárása

A 2023-as év időjárása látható a negyedik ábrán, megfigyelhetjük a csapadék eloszlását, a hőmérsékletet és a levegő páratartalmát. Ebben az évben szeptembert végig 470,5 milliméter csapadék volt, kedvező eloszlásban.



4.Ábra 2023-as év csapadék, hőmérséklet és páratartalom adatai

(Forrás PrecMet, Saját mérőállomás)

4.4. A vizsgált terület jellemzői

Területeink zömére réti csernozjom talajtípus jellemző. Ezek kötött talajok, 45-50 Arany-féle kötöttség jellemzi őket, ami az esővíz elvezetésének kihívását is növeli. A talaj pH-értéke semleges tartományban található, 6,9-7,1 között, és a humusztartalom 2,5-3,8% között mozog.

4.5. Öntözőrendszer

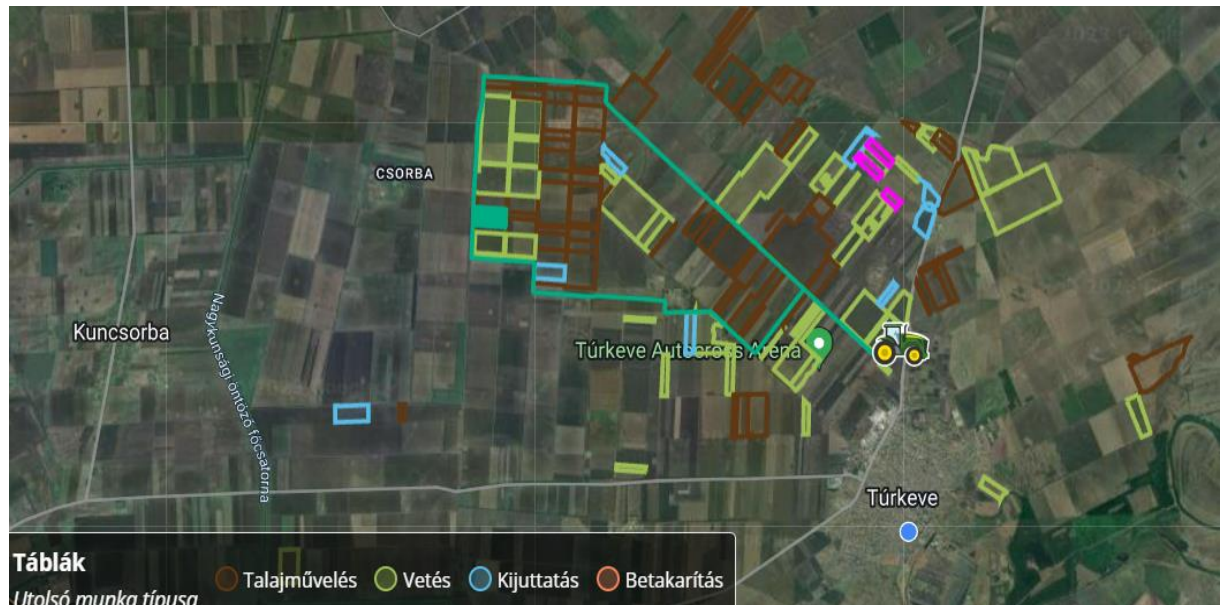
Egy Valley lineár öntözőberendezést alkalmazunk, amelyet John Deere motor hajt. Az öntözőberendezés két 500 méter hosszú szárnyal rendelkezik, és az egyik végén egy vízágú található. A víz szállítását csatornarendszer végzi, és a berendezés vezérlése drótkötél segítségével történik.



1.Kép.Lineár öntözőberendezés (Forrás: Saját kép)

4.6. Adatgyűjtés és elemzés

A gazdaság összes táblájának információit a John Deere Operations Centerben tárolják, és innen lehetőségünk van letölteni a két tábla határvonalának adatait, Shp fájlba. (5. ábra)



5.ábra My John Deere Operations Center (Forrás: Saját kép)

A műholdfelvételekhez a Sentinel2 műholdcsalád képeit használtuk, melyek ingyenesen elérhetőek, és bárki számára letölthetőek. A Google Earth Engine platformját használtuk a műholdfelvételek beszerzéséhez, melyeket a 2023. március 1. és 2023. augusztus 31. közötti időszakból választottunk ki. A képek kiválasztásakor a felhőzet 15% alatti volt, így összesen 24 felvételt találtunk, amelyek megfeleltek ezeknek a kritériumoknak.

A letöltött műholdfelvételeket a QGIS 3.28.11 térinformatikai program segítségével nyitottuk meg. Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékek számításához a B04-es infravörös és B08-as közeli infravörös sávokra volt szükségünk. Az NDVI értékek kiszámításához a következő képletet alkalmaztuk: $(B08 - B04) / (B08 + B04)$. Ezáltal sikerült létrehozni az NDVI értékeket, amelyeket a táblaszintű elemzés során használtunk további feldolgozásra.

A táblákhoz tartozó NDVI adatokat Excelben feldolgoztuk, azokat az egyes napokra bontva átlagoltuk. Ezeket felhasználva készítettük el a táblázatokat és diagramokat, amelyek segítettek adataink grafikus megjelenítésében és elemzésében.

5. Eredmények és értékelésük

Kísérletünkben a 2023-as évben több időpontban vizsgáltuk az NDVI értékeket. A második táblázat foglalja össze a vizsgált táblák átlag NDVI értékeit az adott napokra.

A Google Earth Engine használatával letöltöttük az NDVI felvételeket 2023. március 1. és 2023. augusztus 31. közötti időszakban. Az NDVI képek kiválasztásakor a 15% alatti felhőborítottságot vettük figyelembe, és ezen feltételek alapján összesen 24 felvételt találtunk. Fontos megjegyezni, hogy bár voltak olyan napok, amikor az egész területen 15% alatti volt a felhőborítottság, azonban néhány apró felhőpont volt a kukoricatábla felett. Ezeket a felvételeket nem tudtuk használni az elemzés során, összesen három ilyen felvétel volt. Az NDVI képek értékelése, és vizsgálata a QGIS térinformatikai szoftver segítségével történt.

Dátum	2023.05.26	2023.05.31	2023.05.31	2023.06.03	2023.06.18	2023.06.20	2023.06.23	2023.07.03	2023.07.08	2023.07.10	2023.07.15	2023.08.12	2023.08.14	2023.08.22
Öntözött Kukorica	0,28 3	0,46 3	0,47 8	0,47 6	0,89 1	0,88 1	0,85 7	0,90 7	0,89 8	0,88 6	0,89 9	0,88 8	0,87 0	0,82 0
Öntöztelen Kukorica	0,28 1	0,39 5	0,39 5	0,47 8	0,83 0	0,84 5	0,86 6	0,89 8	0,88 6	0,87 7	0,87 2	0,81 6	0,75 8	0,46 3

2. Táblázat Az öntözött és öntöztelen területek átlagos NDVI értékei a vizsgált napokon (Forrás: Saját szerkesztés)

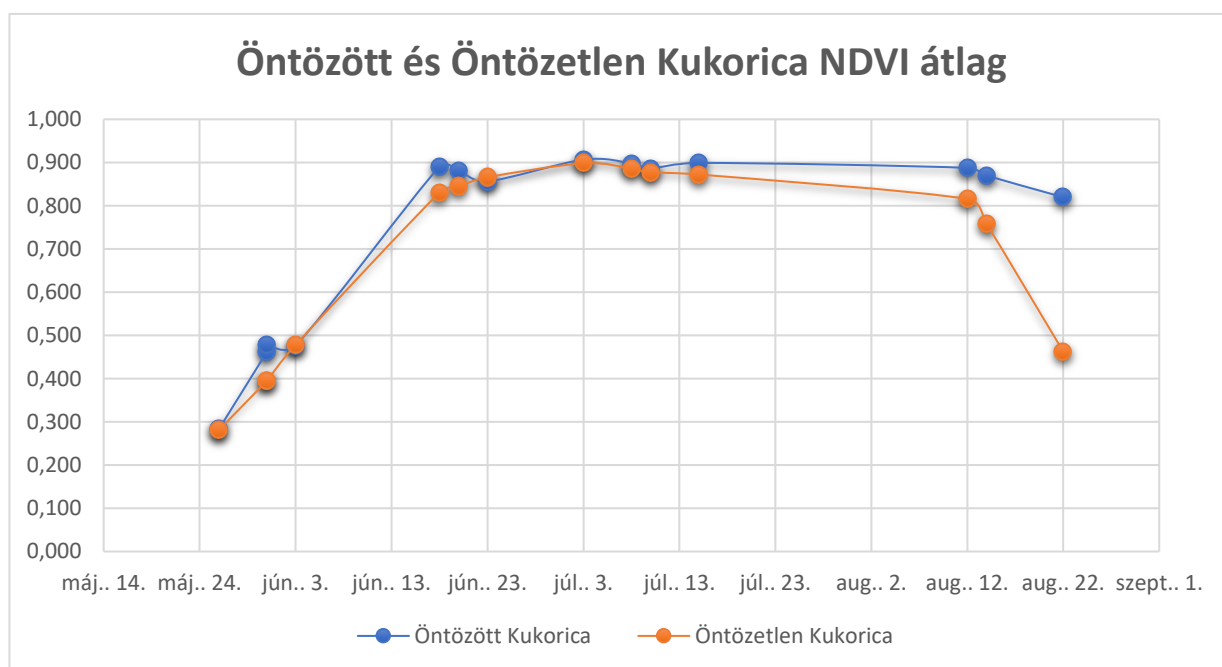
Az öntözött terület:

Májusban: 22 milliméter öntözővizet kapott hektáronként. Az öntözés két részletben történt. Először, május 9-én 11 millimétert öntöztek, majd a hónap végén, május 30-án további 11 millimétert kaptak a növények.

Júniusban: 27 milliméter öntözővizet kapott hektáronként. Az öntözés itt is két részletben történt. Először, június 7-én 15 millimétert öntöztek, majd június 19-én további 13 millimétert kapott a kukoricatábla.

Júliusban: 58 milliméter vizet kapott hektáronként. A július hónap során összesen három alkalommal juttattak ki öntözővizet az állományra. Az első alkalom július 3-án történt, amikor 15 milliméternyi vizet kaptak a növények. Ezt követte július 24-én egy újabb öntözés, ahol 13 milliméternyi vizet kapott az állomány. Végül, július 28-én harmadik alkalommal is gondoskodtak az öntözésről, ekkor 14 milliméternyi öntözővizet juttattak ki a területre.

A hatodik ábra szemlélteti az öntözött és öntöztelen kukoricatáblák NDVI átlagértékeit. Az ábrán jól megfigyelhetők az eltérések a két görbe között, és lehetőségünk van azonosítani azokat az időszakokat, amikor a legnagyobb különbségek jelentkeztek.



6.ábra Öntözött és öntöztelen kukorica NDVI átlaga (Forrás Saját szerkesztés)

Május hónapban már észrevehető, hogy az öntözött kukorica területen erősebbek az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékek. Ebben a hónapban az öntözött terület 22 milliméter öntözővizet kapott, amely segítette a növények növekedését. Az erősebb NDVI értékek lehetnek annak a jelei, hogy az állomány egészségesen fejlődik. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy más tényező is befolyásolhatja az NDVI értékeket, lehet, hogy az öntözött területen a gyomnövények is erősebben növekedtek.

Június 18-án az NDVI értékek kiugróan magasak voltak, különösen az öntözött kukorica területén, ahol az érték 0,89 volt, míg az öntöztelen területen csak 0,83. Ez a különbség jól jelzi az öntözött terület előnyét, valószínűleg az öntözés hatására a növényzet megfelelő fejlődése miatt.

Július végére már jól látható az öntözött kukorica előnye, amikor az NDVI értékek az öntöztelen területen gyengülni kezdtek. Ebben a hónapban az öntözött területen 59 milliméter öntözéssel pótolni kellett a hiányzó csapadékot. A grafikon is jól mutatja, hogy az öntözött területen az NDVI értékek magasak maradtak, míg az öntöztelen területen csökkentek. Ez tovább erősíti az öntözés pozitív hatását a kukorica növekedésére és az NDVI értékekre.

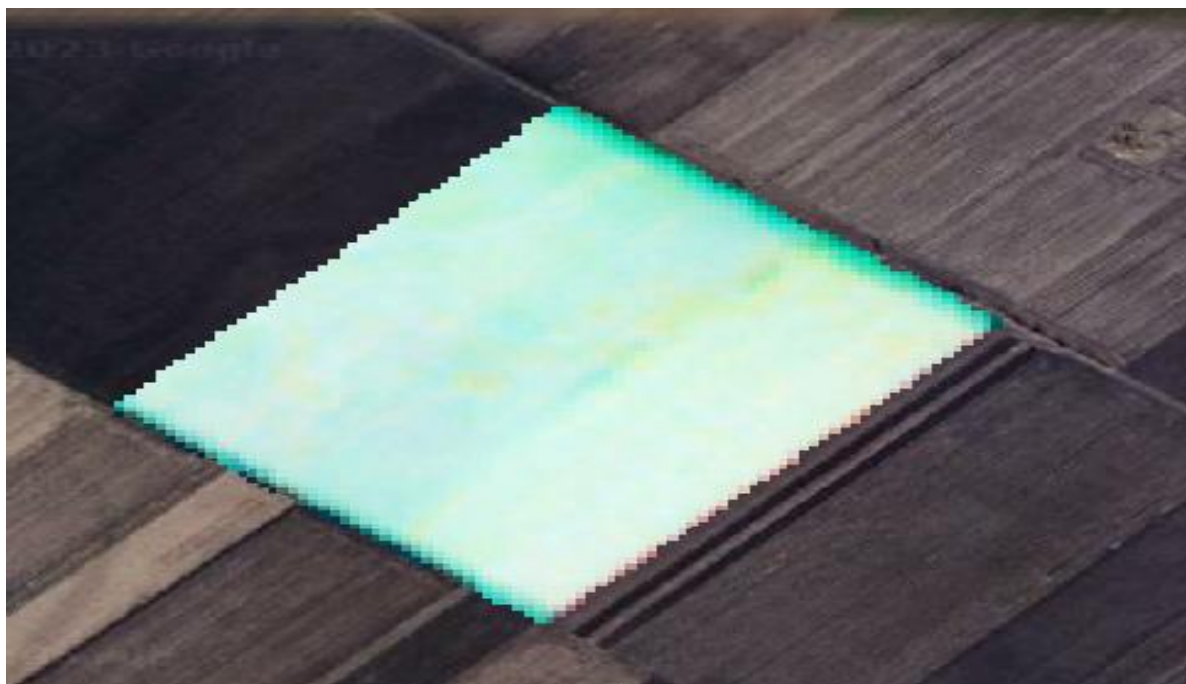
Az említett különbség az NDVI értékekben valószínűleg az öntözés és a megfelelő vízellátás miatt alakult ki, ami a kukorica növekedésének és egészségének javulását eredményezte az öntözött területen.

A hetedik ábrán látható egy három sávos NDVI felvétel az öntöztelen kukoricatábláról, amely három különböző időpontban készült (Vörös: 2023.06.18, Zöld: 2023.07.15, Kék: 2023.08.12). Ezen felvételek segítségével részletesen vizsgálható a vegetáció fejlődése és az NDVI értékek változása a különböző időszakokban.

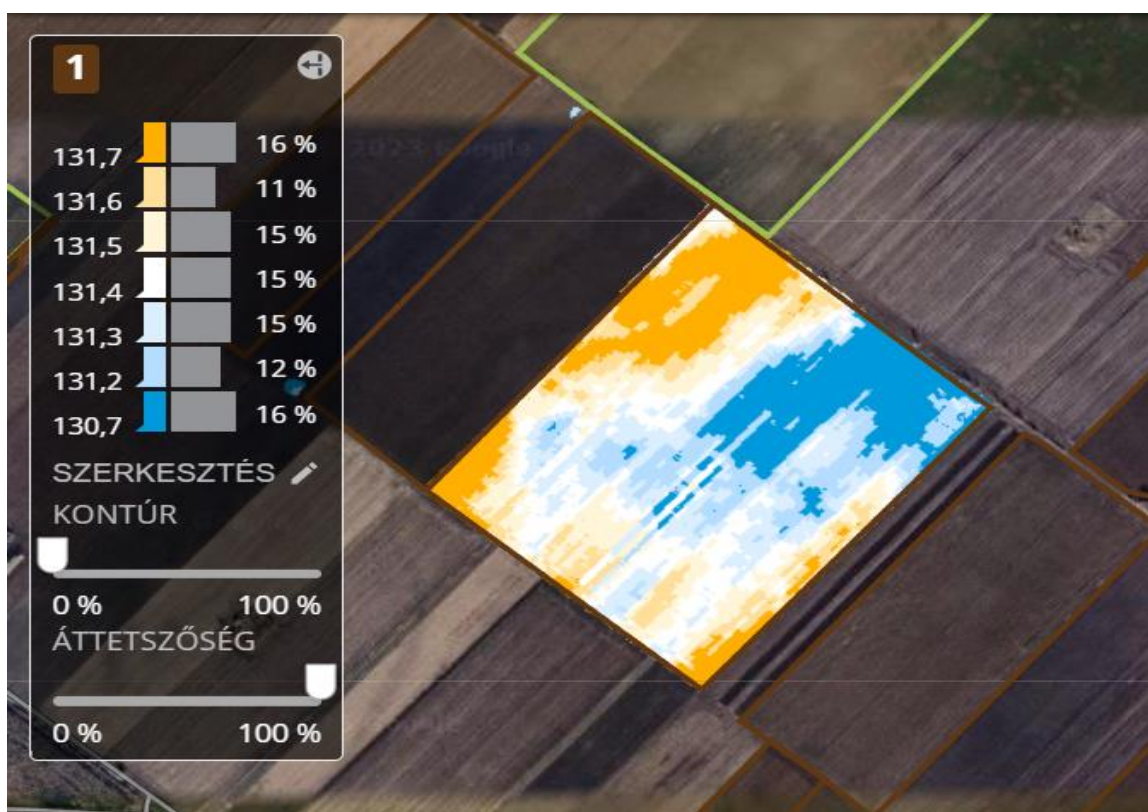
A sárga szín azt jelöli, hogy az adott napon a kék szín hiányzott az NDVI-ből, ami azt mutatja, hogy ezen a napon gyengébb volt a növényzet aktivitása. A tábla szélén, ami cián színű, pedig a vörös szín hiányzik, ami azt jelenti, hogy ezen a területen a növényzet kevésbé volt aktív az adott napon. A vörös sáv júniusi felvétel, mely részeken a vörös szín hiányzik ott a vegetáció később indult meg a többi területhez képest.

A nyolcadik ábrán az öntöztelen kukoricatábláról látható egy domborzati térkép. A sárga foltok a domborzati adatokkal összeköthetőek, és az NDVI értékek a kék sávban sokkal gyengébbek voltak, mint a többi területen. Ez az alacsonyabb NDVI értéket a domborzati térkép is alátámasztja, amely megmutatja, hogy ezek a területek a táblán laposabb részek.

A fehér részek azok a területek, ahol mind a három időpontban erős NDVI értékek voltak. Ez azt sugallja, hogy ezek a területek rendkívül egészséges vegetációt mutatnak.



7.ábra Háromsávós NDVI felvétel az öntöztetlen kukoricáról. A három sáv 1-1 dátumot reprezentál. Red:2023.06.18; Green:2023.07.15; Blue: 2023.08.12 (Forrás: Saját szerkesztés)



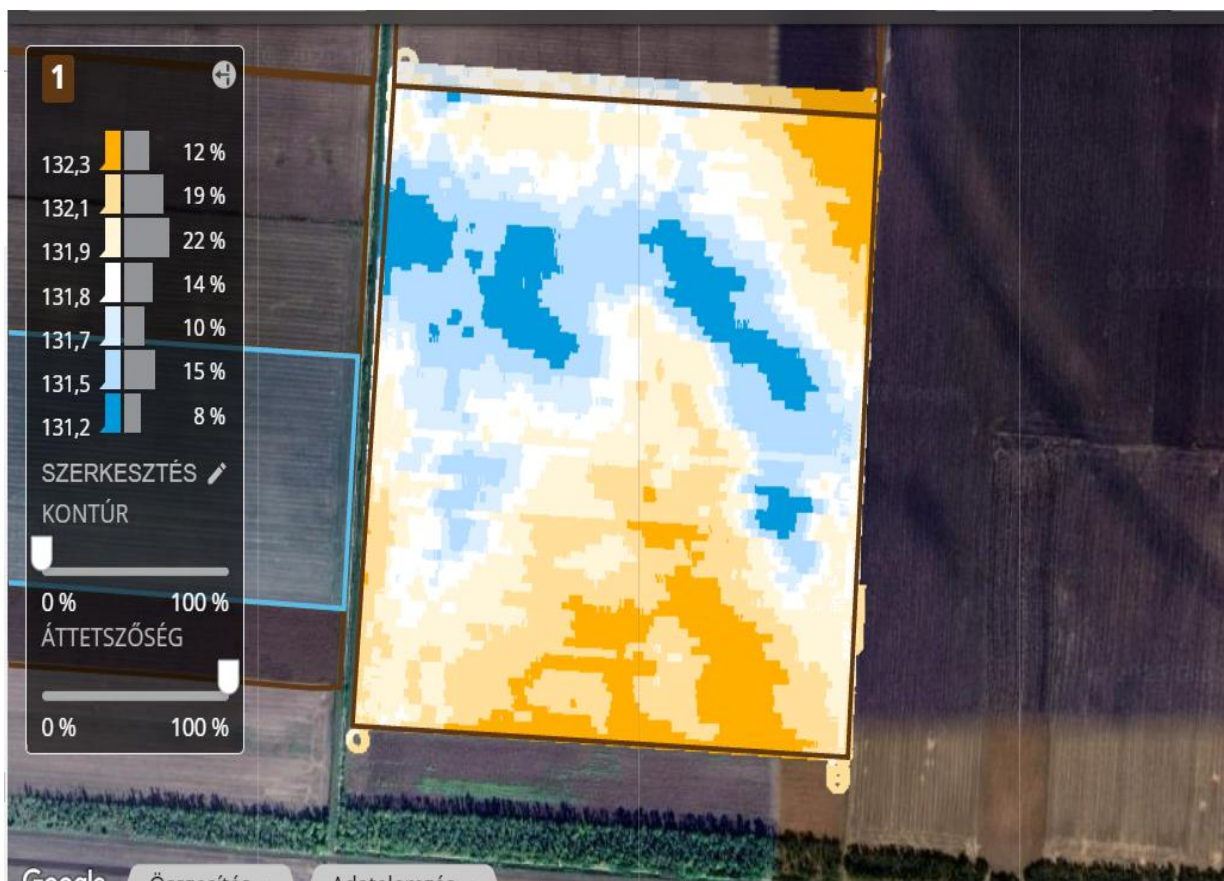
8.ábra Domborzati térkép öntöztetlen kukoricatábláról (Forrás: Saját szerkesztés)

Az öntözött területről is készítettem egy több sávos színes felvételt a kilencedik ábrán látható, ugyanazokról az időpontokról, mint az öntöztelen állománynál, és szembetűnő, hogy itt a vegetációs állomány sokkal egységesebb és egészségesebb. A felvételen számos fehér terület látható, ami arra utal, hogy itt erős NDVI értékek találhatók mind a három időpontban.



9.ábra Háromsávos NDVI felvétel az öntözött kukoricáról. A három sáv 1-1 dátumot reprezentál. Red:2023.06.18; Green:2023.07.15; Blue: 2023.08.12 (Forrás: Saját szerkesztés)

A tizedik ábrán az öntözött kukorica domborzati térképe látható.



10. ábra Domborzati térkép öntözött kukoricatábláról (Forrás: Saját szerkesztés)

A betakarítás során is szembetűnőek voltak a különbségek az öntözött és az öntözetlen kukorica területek között. Az öntözött területen a termés 139 mázsa/hektáros eredményt hozott, míg az öntözetlen területen ez az érték 98 mázsa/hektár volt. Ez jelentős különbséget mutat az öntözés hatékonyságában és a kukorica termelékenységében.

Az öntözött területéről származó kukorica betakarításakor a növények 16% víztartalommal kerültek be, míg az öntözetlen területen ez az érték csak 12% volt. Az ilyen víztartalom-különbségek azt mutatják, hogy az öntözött területen a növények egészségesebbek voltak, és az optimális vízellátás miatt magasabb nedvességtartalommal rendelkeztek a betakarításakor. Ezen keresztül az öntözött területen elért magasabb termés és magasabb víztartalom közvetlen kapcsolatban lehet a hatékony öntözéssel és a növények optimális fejlődésével.

6. Következtetések és javaslatok

A különböző távérzékelési technikák segítségével és elemzésével könnyen megfigyelhetjük és dokumentálhatjuk a természeti változásokat, valamint nyomon követhetjük a növények fonológiai fejlődését. A műholdképek már könnyen elérhetők mindenki számára, és a belőlük származó vegetációs indexek pontos és informatív képeket nyújtanak a várható termés mennyiségéről és minőségéről.

Az adatfeldolgozás gyorsasága és pontossága lehetővé teszi a gazdák számára a hatékonyabb tervezést. A feldolgozott adatok alapján képesek következtetéseket levonni arról, hogy mikor és milyen mennyiségben kell a növények számára pótolni a vizet és a tápanyagokat annak érdekében, hogy magasabb hozamot érjenek el.

Az NDVI alapján létrehozott térképek használatával képesek vagyunk következtetéseket levonni a növények tápanyagellátottságára, azokra a tényezőkre, amelyek kedvezően vagy kedvezőtlenül befolyásolják őket, valamint az esetleges vadkárookra és növényvédelmi problémákra. Az állomány sűrűségét és egyöntetűségét illetően is kapunk adatokat. Ezek az adatok segítenek meghatározni a különböző agrotechnikai műveletek megfelelő időzítését és szükségességét.

Az hatodik ábra beszédes adatokat mutat be az öntözött és az öntözetlen kukoricaterületek közötti különbségekről az NDVI értékeken keresztül. Az ábra alapján világosan látható, hogy az öntözött területeken szinte minden esetben magasabb NDVI értékek jellemzik a növényzetet.

Májusi öntözés is megmutatkozott az NDVI értékekben, minden esetben erősebb NDVI értékeket találunk. Ez azt mutatja, hogy az öntözés hatékonyan támogatta a növények növekedését és egészségét a szárazabb időszakban.

Az augusztusi időszakban is látható a különbség: az öntözött kukorica sokkal hosszabb ideig tartotta meg a magas NDVI értékeket, míg az öntözetlen területen a növények értékei csökkenni kezdtek. Ez az öntözés jelentőségét és hatékonyságát mutatja be, amely lehetővé teszi a növények számára, hogy hosszabb ideig megőrizzék egészségüket az aszályos időszakban.

Az utolsó felvétel, 2023.08.02-án készült, az öntözött terület 0,82 NDVI értékkel rendelkezett, míg az öntöztelen terület csak 0,463 értékkel. Ez a különbség még inkább megerősíti az öntözés jelentőségét a termésbiztonság és a hozam szempontjából.

Ezek az adatok alátámasztják, hogy az öntözési stratégiák hatékonyan segíthetnek a mezőgazdasági termelőknek a szélsőséges időjárási viszonyok között a termés minőségének és mennyiségének növelésében. Az öntözés lehetőséget nyújt a termelőknek arra, hogy a növényeket megfelelő vízellátásban részesítsék, és ezzel növeljék a mezőgazdasági termelés stabilitását és hatékonyságát.

A mezőgazdasági területek jelentős részén a szélsőséges időjárás, az aszályos időszakok növekvő gyakorisága és hossza okoz komoly problémákat. A légköri aszály egyre több területet érint, és az aszálykárok csökkentésére vagy megelőzésére való tekintettel fontos a szántóföldek öntözött területeinek növelése és hatékony öntözési stratégia alkalmazása.

Napjainkban, amikor a termelők egyre inkább a termésbiztonságot szeretnék fenntartani és növelni, a megfelelő öntözési stratégia kompenzálhatja a csapadék időbeli és térbeli eloszlásából eredő termésveszteségeket.

Az öntözési stratégia kidolgozásához és megvalósításához együttműködésre van szükség a mezőgazdasági szakemberek, a kutatóintézetek és a termelők között. Ezenkívül az öntözési rendszerek fejlesztése, amelyek alkalmazzák a legújabb technológiai innovációkat, kulcsfontosságú lehet a probléma kezelésében. Az öntözés és a precíziós mezőgazdaság kombinálása lehet a kulcs a termelési kihívások hatékony kezeléséhez.

7. Összefoglalás

Az NDVI értékek és felvételek elemzése, valamint az ezekből származó adatok felhasználása még nem terjedt el széles körben a magyarországi mezőgazdasági termelők között. Mindössze néhány gazdálkodó van, akik érdeklődnek az NDVI felvételek alkalmazásában. A probléma a műholdképeken alapuló NDVI felvételekkel az, hogy az elkészítésük hosszú időt vehet igénybe, és nem mindig mutatnak megbízható eredményeket változó időjárási körülmények között (például, ha a műholdfelvételek felhősek). Azonban ezeknek a felvételeknek az előnye, hogy szinte bármilyen környezetben alkalmazhatóak, és az elkészítésükhöz csak a megfelelő műholdképek letöltése szükséges, ami bárhol megtehető.

Diplomadolgozatomban azt vizsgáltam, hogy két kiválasztott táblán hogyan alakulnak a kukorica NDVI értékei öntözött és öntözetlen körülmények között, valamint, hogy ezeknek az értékeknek milyen lehetséges kapcsolata van a betakarított termésmennyiséggel.

Az anyag és módszertan fejezetben részletesen bemutattam az adatokat szolgáltató gazdaságot, ismertettem a két választott szántóföldi területet, az időjárási körülményeket és a talaj jellemzőit, valamint részleteztem az öntözőrendszert. Ezt követően ismertettem a felhasznált adatbázisokat és szoftvereket, és bemutattam az NDVI felvételek elkészítésének folyamatát.

Az eredmények és értékelés fejezetben bemutatott táblázat, szemlélteti a kiválogatott tiszta műholdfelvételeket adott napra számított átlagos NDVI értékeiket. Ezekből az adatokból készítettünk egy grafikont, amelyen láthatóak az öntözött és öntözetlen kukoricatáblák átlagos NDVI görbéi. A grafikon szemléletesen bemutatja az öntözött kukoricánál magasabb értékeket mértünk, mint természetes csapadék ellátásnál.

Az eredmények alapján nyilvánvaló, hogy szoros összefüggések mutatkoznak az öntözés és az NDVI értékek között, és ez a hasonlóság jól látható a betakarított terméseredményeken is.

Az eredmények és megfigyelések alapján úgy gondolom, hogy további évek vizsgálata lehetőséget kínál a kutatásom kibővítésére és pontosabb eredmények elérésére. Esetleg további vegetációs indexek bevonása a kutatásba.

8. Irodalomjegyzék

1. Bonfante, A. – Monaco, E. – Manna, P. – De Mascellis, R. – Basile, A. – Buonanno, M. – Brook, A. (2019): LCIS DSS—An irrigation supporting system for water use efficiency improvement in precision agriculture: A maize case study. *Agricultural Systems*, 176, 102646.
2. Bocz E. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest
3. Csajbók J. (2004): A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet.
4. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, C., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P. 2012: Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment* 120: 25–36.
5. Engler P. (2000): Távérzékelés. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest. 89. p.
6. Erdeiné Késmárki-Gally Szilvia, 2020. "A precíziós gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaság versenyképességében,
7. Grisso, B. – Alley, M. – Mclellan, P. – Brann, D. – Donolue, S. (2009): Precision farming: a comprehensive approach, Virginia Polytechnic Institute and State University.
8. Győri, J. (2001): Természeti viszonyok. In: Csajbók, F. (szerk.): Szülőföldem, Túrkeve. Túrkeve Város Önkormányzata, Túrkeve, 321 p., 186-198. p.
9. Jeongeun, K., Seungwon, K., Chanyoung J. & Hyoungh, Il S., (2019): Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications. *IEEE Access*, 7, 105100 – 105115
10. Jorge, J. – Vallbé, M. – Soler, J. A. (2019): Detection of irrigation inhomogeneities in an olive grove using the NDRE vegetation index obtained from UAV images. *European Journal of Remote Sensing*, 52(1), 169-177.

11. Kaplan, G., Avdan, U. 2017: Mapping and monitoring wetlands using Sentinel 2 satellite imagery. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 4(IV-4/W4): 271–277.
12. Kemény, Gábor & Takácsné György, Katalin & Gaál, Márta & Keményné Horváth, Zsuzsanna, 2017. "A precíziós szántóföldi növénytermesztési technológiára való átállás becsült makrogazdasági hatásai, különös tekintettel a beruházási költségekre és megtérülésére,"
13. Kriegler, F.J. – Malila, W.A. – Nalepka, R.F. – Richardson W. (1969): Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. Remote Sens Environ VI:97–132
14. Komarek L.: 2007c. A Dél-Alföldi Régió súlyának, szerepének alakulása a hazai agrártermelésben. Comitatus -Önkormányzati Szemle. pp. 52–64.
15. KSH (2020) Agrárcenzus eredmények – Agrárdigitalizáció: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/ac2020/agrardigitalizacio/index.html#agazdlkodkleggyakrabbanbankisekormnyzattalkapcsolatosgyintzseketvgeznekdigitlisan>
16. KSH (2022) A fontosabb növények vetésterülete, 2022. június 1. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2022-junius-1/#alegnagyobbterletenkukorictbztstnapraforgtvetettek>
17. László István – Csornai Gábor – Dr. Fekete István – Giachetta Roberto (2014) Távérzékelte felvételek elemzése Egyetemi jegyzet
18. Lencsés, E.–Takács, I.–Takács-György, K. (2014): Farmers’ perception of precision farming technology among Hungarian farmers. Sustainability, 6(12) 8452–8465. DOI: <https://www.mdpi.com/2071-1050/6/12/8452>
19. Manual of Remote Sensing. Second Edition Volume I., American Society of Photogrammetrists, 1983.

20. Nagy J.: 2021. Kukorica - A nemzet aranya 9-15., 145,
21. Negovanovic, S.- Bekingar, A.- Topisirovic, G. (2020): NDVI remote detection and laboratory soil test results presentation in GIS environment. Hungarian agricultural engineering. 34. 14-20. DOI: 10.17676/HAE.2020.37.14
22. Oláh J. - Popp J.: 2018: A kukoricatermelés kilátásai. Magyar Mezőgazdaság, 2018.10.29.
23. Pepó P. (2019): A növénytermesztés ökológiai ismeretei In: Integrált növénytermesztés 1. (szerk. PEPÓ P.) Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó. 2019, Budapest p: 14, 21-22
24. Pepó P., Sárvári M. (2011): Gabonanövények termesztése. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt.
https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8537/11-Gabonanoevenyek_termesztese.pdf?sequence=11&isAllowed=y
25. Ragán P. – Bácskai I. – Harsányi E. – Rátonyi T. (2020): Kamerával szerelt drónok alkalmazhatósága a mezőgazdaságban (2. rész) - vízkár mértékének becslése UAV felvételből térinformatikai eszközökkel. Mezőgazdasági technika. 61. 10. 12-15
26. Ruzsányi, L. (1981): Öntözés. In: Növénytermesztési praktikum. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
27. Takácsné GY. K. (2010): Precíziós növénytermelés növényvédőszer-használatának gazdasági hatásai. Gazdálkodás. 54. 4. 368 -375
28. Tamás A. – Kovács E. – Horváth É. – Juhász C. – Radócz L. – Rátonyi T. – Ragán P. (2023): Assessment of NDVI Dynamics of Maize (Zea mays L.) and Its Relation to Grain Yield in a Polyfactorial Experiment Based on Remote Sensing. Agriculture, 13(3), 689 <https://doi.org/10.3390/agriculture13030689>
29. Tamás J. (2011): Geoinformatics. Debreceni Egyetem, Debrecen. 140. p
30. [http1 https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2](https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2)

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Menyhárt László, egyetemi docensnek, hogy szakmai segítséget nyújtott dolgozatom megírásában, útmutatásukkal és kritikai észrevételeivel támogatta munkámat.

Köszönettel tartozom továbbá a Búzavirág Kft munkatársainak segítőkészségükért és a dolgozat elkészítéséhez nyújtott szakmai háttér biztosításáért

10. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Sáfrán György
A Hallgató Neptun kódja: NKZZYP
A dolgozat címe: Vegétáció indexek időszerelemzése
A megjelenés éve: 2023 *Ország és öntözésen*
A konzulens intézetének neve: Matematika és Természettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Alkalmazott Statisztika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 10 hó 31. nap

Sáfrán György
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

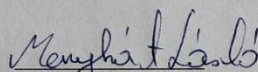
NYILATKOZAT

Sáfár György (Neptun azonosítója: NKZZYP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Keszthely, 2023. október 27.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.