

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

SZAKDOLGOZAT

Aszályhatása a kultúrnövény fejlődésére

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Németh Botond

Hallgató törzskönyvi száma: T000633/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Németh Botond

Szaktervezési száma: SZD2301261403223324

Törzskönyvi száma: T000633/FI12904/A-G

Neptun kódja:

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Aszályhatása a kultúrnövény fejlődésére

A dolgozat címe angolul: Drought effect on crop development

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján foglalja össze az aszály hatását a mezőgazdasági növénytermesztésre, valamint ismertesse a jelenleg működő aszály monitoring rendszereket!
2. Végazze el az aszály hatás vizsgálatát egy kiválasztott kultur növény esetén távérzékelési módszerekkel!
3. Mutassa be a felhasznált adatokat és kiértékelési módszereket
4. Foglalja össze az eredményeket és vonja le a következtetéseket!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Dr. Szabó Virág

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 25.



[Handwritten signature]

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találok: 2023. 12. 15.

Kari Wojtaszek M.

belső konzulens

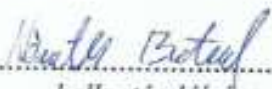
külső konzulens

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2023.12.10.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	6
2. Az aszály	6
2.1. A 2022-es aszály és annak magyarországi vonatkozásai	7
3. Aszálymonitoring rendszerek	10
3.1. Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF)	10
3.2. Országos Meteorológiai Szolgálat	12
3.3. Európai Aszálymegfigyelő Központ	13
4. Az aszály mérőszámai	14
4.1. Magyarországi aszályindexek	15
4.2. HDIS aszályindex	15
4.3. Standardizált csapadékindex (SPI)	16
4.4. Palmer-féle súlyossági index (PDSI)	16
4.5. Pálfai-féle aszályindex	17
4.6. Magyarországi aszályindex (Hungarian Drought Index – HDIS)	17
5. Normalizált Differenciált Vegetációs Index, NDVI	17
6. Az őszi durumbúza fejlődése és betegségei	18
7. A terület bemutatása	20
7.1. Csolnok	20
7.2. A Gyermelyi Zrt. bemutatása	22
8. Felhasznált adatok	23
8.1. Felhasznált távérzékelési adatok	23
8.2. Landsat-8	23
8.3. Sentinel-2	24
9. Feldolgozás	24
9.1. Felhasznált programok és weboldalak	25
9.2. eCognition	27
9.3. Feldolgozás menete	27
9.4. A vizsgált tábla azonosítása	28

9.5. Szegmentálás	28
9.6. Számítások	29
9.7. Távérzékelési adatok kiértékelése	32
10. Összefoglalás	35
11. Summary	36
Irodalomjegyzék	37
Ábrajegyzék	39

1. Bevezetés

Az elmúlt ötven évben az éghajlat változások miatt több szélsőséges időjárási esemény, például hosszan tartó szárazság, aszály volt tapasztalható. A vízhiány és ezáltal az aszály hatása is egyre súlyosabb problémává vált, mivel annak gyakorisága és intenzitása is növekszik. Ez jelentős kockázattal bír a természetre és az emberekre nézve egyaránt. A mezőgazdasági tevékenységek szempontjából különösen fontos ezen folyamatok szemlélése, modellezése, valamint a talaj nedvességtartalmának megfigyelése, mivel a vízkészlettel való gazdálkodás nagy jelentőséggel bír a szántóföldek minősége és a növényzet szempontjából. A nem megfelelő mennyiségű csapadék károsan hat a termés minőségére. A hosszan tartó szárazság nemcsak a felszíni, hanem a felszín alatti vízkészletekre is negatív hatással van. A talajnedvesség az egyik kulcsfontosságú tényező, amely meghatározza a növények növekedését és fejlődését, valamint a termés hozamot.

Az aszályos körülmények okozta károk mértékének felmérése és értékelése érdekében többféle megfigyelő, monitoring rendszert vezettek be. Ezek a rendszerek lehetővé teszik az aszály okozta károk időbeli elemzését és nyomon követését, értékes betekintést nyújtanak az aszály környezetre gyakorolt hatásairól. A távérzékelésnek köszönhetően nagy lefedettséggel pontos adatokhoz tudunk jutni a talaj nedvességtartalmát illetően. Ezek az adatok mára már elengedhetetlen fontosságúak egy modern gazdálkodás számára, segítségükkel a növények fejlődése nyomon követhető és az esetleges fejlődésbeli problémák időben kimutathatóak, kezelhetők. A precíziós gazdálkodásnak mára már elengedhetetlen része a termőföldek vízkészletének nyomon követése és elemzése. A dolgozatomban egy Csolnokon található szántóföldi területen vizsgálok különböző műholdas felvételek alapján, hogy milyen hatással van az aszály az oda elültetett kultúrnövény fejlődésére, jelen esetben az őszi durumbúzára. Ezen folyamat nyomon követésére havi bontásban számoltam az NDVI mutatókat 2021 szeptemberétől egészen 2022 júniusig bezárólag. Az aszály által létrejövő változásokat ezen értékekben egy táblázat segítségével követhetjük nyomon.

2. Az aszály

Napjainkban az éghajlatváltozással járó szélsőséges időjárási tényezők igen jelentős problémává váltak, gyakoriságuk és nagyságuk az elmúlt években megsokszorozódott. Az egyik talán legaktuálisabb veszélyforrás az aszály, amely nagy hőséggel társuló hosszú ideig

tartó csapadékhiány következménye. Ilyenkor a megszokottnál jelentősen kevesebb csapadék esik egy adott területen, mint amire az ott előforduló élőlényeknek szüksége van. Több fajta aszályt is megkülönböztetünk, annak függvényében, milyen területekre van a legnagyobb hatása. Meteorológiai aszályról akkor beszélhetünk, ha a megszokottól eltérően nagyobb a csapadékhiány, akár több éven keresztül is tart. A vízkészletek hiánya esetében hidrológiai aszályról beszélünk, ez egyaránt érinti a felszíni tározókat, folyókat, tavakat és a felszín alatti vízádók kiszáradását. Gazdasági aszály esetén olyan vízellátási problémák jelennek meg, melyek veszélybe sodorják a szállítási és energetikai infrastruktúrákat, így gazdasági-piaci problémák lépnek fel. A víz hiánya nagyban befolyásolja az emberek életének minőségét, valamint az egészségüket, az ilyen típusú veszélyt társadalmi aszálynak hívjuk. Mezőgazdasági aszály során a talaj alacsony nedvességtartalma az ott elő növényekben vissza nem fordítható károkat okoz, ez a terméshozam drasztikus csökkenését és a termés minőségének romlását eredményezi. A mezőgazdaságot érintő aszálykárok nagysága az elmúlt évek során megsokszorozódott.

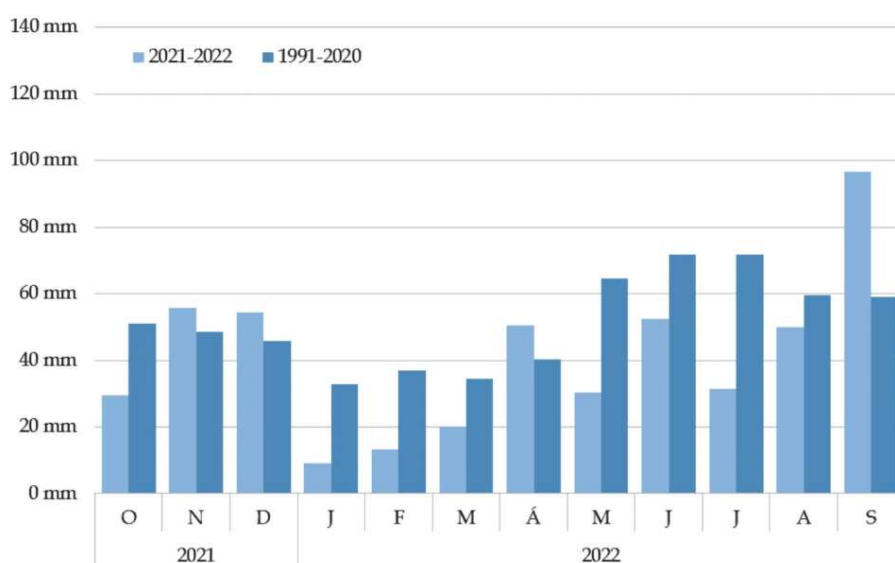
Előfordulások és súlyosságuk a korábbi időszakokban szintén sűrűsödött, a jelenlegi előrejelzések is növekvő tendenciát vetítenek előre. A szárazság elleni felkészülés már hosszú évek óta a Vízügyi Hatóság feladatai közé tartozik. Ez azonban egy összetett folyamat, amely során a tavaszi időszakban a többletvizek tárolása elengedhetetlen. Ez a vízellátmány létfontosságú lehet a csapadégmentes időszak közepén. A víz irányítása az egyik legjobb eszköz számunkra a vízhiánnyal szemben. A lakosság vízzel való ellátása mellett a második legfontosabb a mezőgazdaság számára biztosítani a kellő mennyiségű vizet. [1]

2.1. A 2022-es aszály és annak magyarországi vonatkozásai

Mindenki számára ismeretes a globális felmelegedés miatti fenyegetettség, mely az utóbbi években egyre nagyobb mértékeket öltött. Közép-Európában, így hazánkban is példa nélküli hatása ennek a 2022-es aszály, amely nem csak a nyári évszakban, hanem egész esztendőben tapasztalható volt. Globális oka, hogy a trópusokon kisebb mértékben párologtak a tengerek, megváltozott a légköri áramlási rendszer és többek között a hazánkban is megfigyelhető megemelkedett középhőmérsékleti adatok is ezt jelzik.

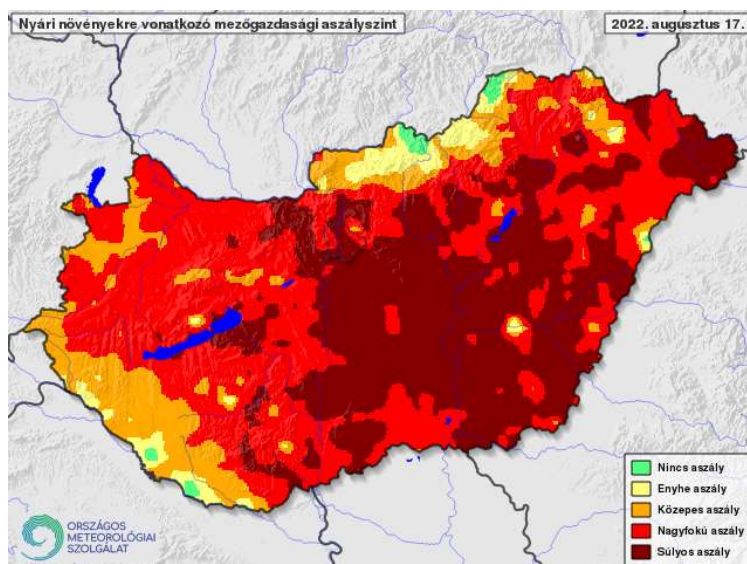
Hazánk legszárazabb vidéke az Alföld középső része, melyet a korábbi évtizedekben is súlyos aszályok sújtottak, de a 2022-es évben történelmi jelentőségű szárazság következett be.

2021-ben az őszi meleget hideg október és egy átlagos november követte, így összességében az átlagosnál hűvösebb volt az ősz. Csapadék tekintetében a szeptemberi, októberi hónapok erősen csapadékhiányosak voltak, csupán novemberben esett a szokásosnál több csapadék. Enyhe tél következett, mely országos átlagban csaknem $+2^{\circ}\text{C}$ -kal melegebb volt a szokásosnál. Mindemellett rendkívül aszályos volt a január, február, csak a decemberi hónapban érkezett több csapadék. 2022 első negyedéve az elmúlt 100 év legszárazabb időszaka volt. Ezt követően egy meglehetősen hűvös tavasz következett, de a májusi meleg sokat emelt az évszak középhőmérsékletének adatán. Számottevő csapadék is csak áprilisban hullott, a március és a május nagyon száraz volt. A nyár több tekintetben is hőmérsékleti rekordokat döntött: a havi középhőmérsékletek kb. $+2^{\circ}\text{C}$ -kal meghaladták az elmúlt 30 év átlagát. Mindhárom hónapban volt hóhullámos nap, így a havi középhőmérsékletek is meghaladták a normál értéket. A nyári hónapok is rendkívül szárazak voltak. Amint az a táblázatból látható, a vizsgált időszakban az elmúlt 30 év átlagához képest kb. feleannyi csapadék hullott. [2]



1.ábra 2021 és 2022-es év csapadékmennyisége

Az átlaghőmérséklet minden időintervallumban nőtt, a nyári hónapokban a maximum hőmérséklet is emelkedett, nem ritkán 40°C körüli volt, sőt afeletti maximumokat is mértek. A napfényes órák száma néhol elérte a 2530-at is. Megnőtt az egymást követő száraz napok száma és az átlagos talajhőmérséklet is. Mindemellett nagyon elenyésző csapadék hullott, a talajrétegben nagyfokú vízhiány lépett fel. [4]



2. ábra Mezőgazdasági aszályszint Magyarországon 2022. augusztus hónapban [5]

Fent leírtakból is következik, hogy az aszály égető problémáját mielőbb korszerű és hatékony technikai eszközökkel kell kezelnünk. Magyarország nagy részét veszélyezteti ez a katasztrófatípus, leginkább a Nagykunság környékén figyelhető meg. Hazánkban is súlyos következményei lehetnek a mezőgazdaságban, nagy mértékben csökkentheti a terméshozamot. Ennek elkerülése érdekében különböző intézkedésekkel próbálják elkerülni az ilyen időszakok súlyosságát: víztározókat létesítenek, fejlesztik az öntözési infrastruktúrát, különböző vízgazdálkodási terveket dolgoznak ki. [6]

Országunkban átlagosan tíz évből három-négy év aszályosnak tekinthető, azonban az elmúlt években ennek mértéke és gyakorisága tovább nőtt. A 2022-ben bekövetkezett aszály a század egyik nagy ilyen jellegű katasztrófája. A csapadékmennyiség már az ezt megelőző két évben is jóval nagyobb mértékben elmaradt a sok éves átlagtól, emellett a hosszú időn át tartó nyári hőhullámok is tovább rontották a helyzetet. Becslések szerint 1 millió hektárt is érintett az aszálykár, amely néhány takarmánynövény esetében 50%-os termés kieséshez is vezetett. A 2022-es évben tapasztalt aszály súlyossága igen nagymértékű volt, azonban nem nevezhető rendkívülinek. 20-50 éves gyakorisággal megfigyelhetők ehhez hasonló időszakok országunk területén. Szerte a világban tapasztalható szélsőséges időjárás hazánkban is érezteti negatív hatását, mely a növénytermesztésben látványosan megmutatkozik. Az utóbbi években tapasztalható szárazság és hőmérsékletemelkedés arra készteti a szakembereket, hogy újragondolják a talajműveléssel és a faj- és fajtakiválasztással kapcsolatos mechanizmusokat. Az éghajlat egyfajta feltételrendszert jelent a növények számára, mely azonban megfelelő szaktudással és technológiával a mezőgazdaság hasznára fordítható. A faj- és fajtakiválasztás

során az aszályos területeken a melegkedvelő és szárazságtűrő fajtákat kell előnyben részesíteni. Az uralkodó szélirány, valamint a szeles időszakok mennyisége és a szélerősség is befolyásolja a kultúrában az aszály okozta károkat. A felszín feletti vizek tekintetében tapasztalható, hogy a téli csapadék mennyisége nem növekszik, és más időszakokban is inkább csak egyenetlen eloszlású, de kevés. A felszín alatt a beszivárgás mennyisége szintén csökkenni látszik. Mindez károsan hat az egész ökoszisztémára, főként a mezőgazdasági növénytermesztésre. A terméseredmények, a klimatikus és a hidrológiai viszonyok együttes elemzése mutatja az adott szántóföldi területre jellemző aszályerősséget. Fontos tehát, hogy természetes vizeinket egyre hatékonyabban tudjuk hasznosítani. Alkalmassá kell tenni a talajt minél több csapadék befogadására, amihez megfelelő agrotechnika alkalmazása szükséges. Továbbá ki kell használni az agrármonitoring rendszerek kínálta lehetőségeket.

3. Aszálymonitoring rendszerek

Az aszálymonitoring rendszereknek mára már rendkívül fontos szerepe van a mezőgazdaságban, mivel segítségükkel elkerülhetőek, vagy mérsékelhetőek a szárazság okozta károk. Mára számos ilyen rendszert hoztak létre ennek érdekében.

3.1. Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF)

A vízgazdálkodással kapcsolatos meglévő problémák megoldása és a hatékonyabb működés érdekében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) egy olyan monitoring rendszer bevezetését tervezte meg, amely fejlett operatív módszereket, valamint innovatív technológiákat alkalmaz az aszályok észlelésére, valamint az érdekelt felek és a szakemberek számára a szükséges adatok szolgáltatására. Ez a rendszer hatékonyabb döntéshozatalt és jobb stratégiák alkalmazását teszi majd lehetővé a vízgazdálkodásban. Az egész országra kiterjedően hoztak létre aszály és vízhiány kezelő monitoring állomásokat, melyek pontos adatokat szolgáltatnak az ilyen jellegű kutatások, vizsgálatok számára. [7]



3. ábra Lakhelyem, Vasszécseny határában található Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer (saját fénykép)

Az aszály megfigyelésére a magyar aszályindexet (HDI) 2015-ben fejlesztették ki (Fiala et al. 2018), és azóta is használják. Az indexnek három változata van, amelyek az állomások által szolgáltatott adatok felhasználási körén alapulnak: HDI0, HDIS és HDIV.

A HDI0 a HDI alapváltozata, amelyet a napi csapadékmennyiség és a napi középhőmérséklet alapján számítanak ki.

A HDIS figyelembe veszi a hőség növényekre gyakorolt stresszhatásait azáltal, hogy a csapadék és a hőmérséklet mellett egyszerűsített módon a potenciális párolgást is figyelembe veszi.

A HDIV az index legrészletesebb változata, amely több változót, például a talajnedvességet is figyelembe veszi.

A kiszámított HDI-értékek alapján a vízgazdálkodásért felelős hatóságok elrendelhetik a vízhiány elleni védelem állapota. Ezt az operatív lépést elsősorban vízgazdálkodási stratégiák alkalmazásával érik el, amelyek lehetővé teszik, hogy a felszíni vízelvezető hálózatokon keresztül vizet juttassanak az aszály által leginkább érintett helyekre. Az ezt a védelmet támogató jogi alapot a Mezőgazdasági, Erdészeti, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium 10/1997 (VII. 17.) rendelete tartalmazza, amint arra az alábbi táblázat is utal. [8]

	A	B				C
1.	Aszályfokozat	Küszöbérték				Védekezési készség
2.	0 – nincs aszály	ha		HDI _s **	1,33 <	-
3.	1 – enyhe aszály	ha	1,33 <	HDI _s	1,50 <	I. Fok
4.	2 – közepes aszály	ha	1,50 <	HDI _s	2,0 <	II. Fok
5.	3 – erős aszály	ha	2,0 <	HDI _s	3,0 <	III. Fok
6.	4 – rendkívüli aszály	ha	3,0 <	HDI _s		Rendkívüli

4. ábra Az aszály fokozatai és küszöbértékei [9]

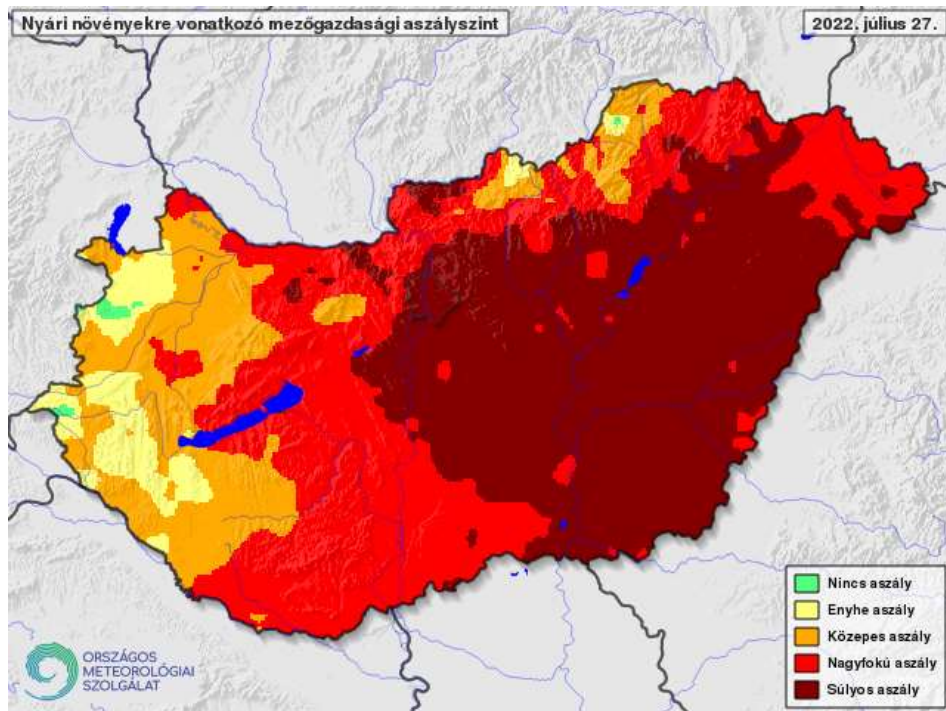
Megjegyzés:

* Egyenlőség esetén mindig a súlyosabb fokozat lép érvénybe.

** HDI_s: az aszálymonitoring-szoftver által számított meteorológiai aszályindex

3.2. Országos Meteorológiai Szolgálat

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) szabványosított csapadékindexét (SPI) az Országos Meteorológiai Szolgálat használja az aszályok nyomon követésére. Az SPI-értékeket úgy határozzák meg, hogy először az adott időszak csapadékösszegeit egy gammaeloszlásra illesztik, ezt az illesztett gammaeloszlást standard normális eloszlássá alakítják, majd ebből kiszámítják az SPI-értéket. Ez a szabványosítási folyamat lehetővé teszi, hogy az eltérő csapadékmintázattal rendelkező régiók egy index segítségével összehasonlíthatók legyenek. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2009 óta számítja és teszi közzé a nyári és őszi vetésekre vonatkozó szabványosított csapadékindexet (SPI). Az SPI-t jelenleg 461 csapadékmérő állomás adatai alapján számítják ki, amelyeket a pontosság érdekében ellenőriztek és homogenizáltak. Az index kiszámításához használt referenciaidőszak az 1961-1990 közötti időszak. Az SPI területi eloszlását ezután egy rácshálózatra történő interpolációval jelentik. [10]



5. ábra Nyári növényekre vonatkozó mezőgazdasági aszályszint 2022. júliusában [11]

3.3. Európai Aszálymegfigyelő Központ

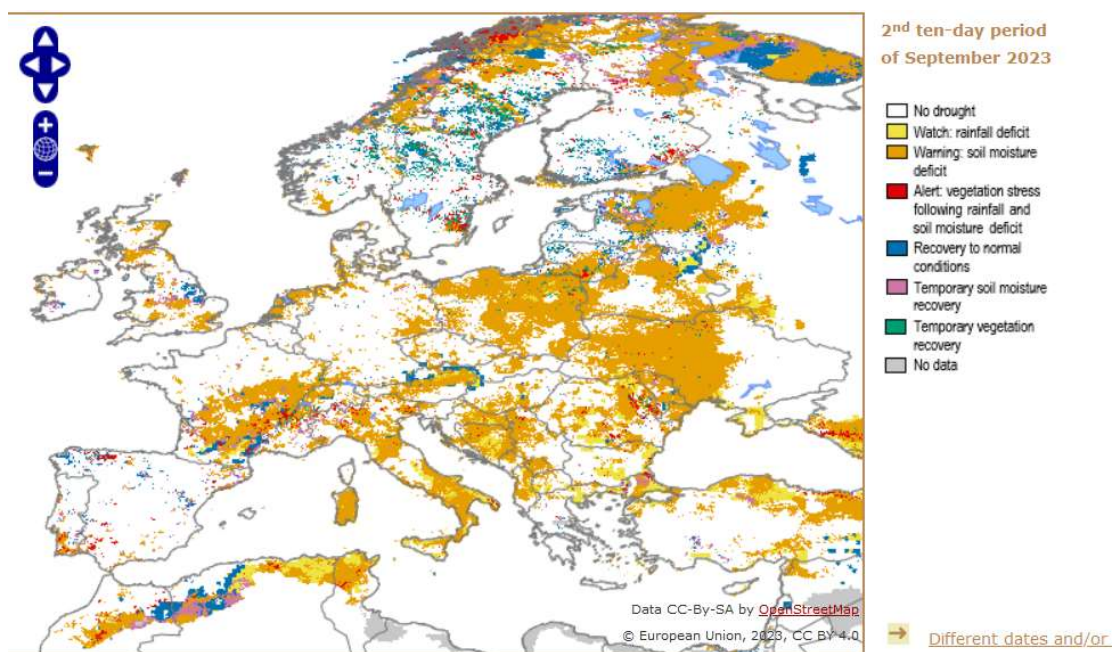
Egy olyan távérzékelés alapú aszálymegfigyelő rendszer, mely Európa szerte több aszálymegfigyelő rendszert működtet, ebben a fejezetben ezen rendszerek közül mutatok be párat.

Az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja működteti az Európai Aszálymegfigyelő Központot (EDO), amely a Copernicus űrprogram adatainak felhasználásával figyeli az európai aszályt. Különböző aszályindexek kiszámításával és egy hosszabb referencia-időszakkal való összehasonlításával az EDO képes felmérni a jelenlegi helyzet statisztikai anomáliáit. Ezt 10 különböző index elemzésével teszi, amelyek a hidrológiai ciklus különböző tényezőit vizsgálják, mint például a csapadék, a talajnedvesség, a vízszint, a vízhozam és a talajvízszint, valamint a lehetséges hatásokat, például a vízstresszt.

Az aszály európai szintű nyomon követése az aszály különböző típusaihoz kapcsolódó mutatók elemzésén alapul, beleértve a hidrológiai ciklus elemeit (pl. csapadék, talajnedvesség, tározószint, folyóvizek vízhozama, talajvízszint) és/ vagy konkrét hatásokat (pl. vízhiány a növényzetben).

Az EDO a következő mutatókat használja és bocsátja rendelkezésünkre:

- SPI: Standardizált csapadékindex
- SSPI: Standardizált hótakaróindex
- SMA: Talajnedvesség-anomália
- FAPAR-anomália: Vegetációállapot-anomália
- LFI: Alacsonyvízáramlás-index
- HCWI: Hő- és hideghullámindex
- CDI: Kombinált aszálymutató



6. ábra Kombinált szárazságjelző (CDI), talajnedvesség (SPI) és fAPAR alapján 2023. szeptemberében [12]

4. Az aszály mérőszámai

Az aszály indikátorai jellemzően olyan mérhető változók, amelyek nagyságrendjének változása jelzi az aszály kezdetét. Az általános mutatók közé tartozik a csapadék, a levegő hőmérséklete, a lefolyás, a tározók és a talajvíz szintje, a talajnedvesség és a hótakaró, amelyek mind az aszály különböző jellemzőit fejezik ki. Fontos azonban megjegyezni, hogy az aszályt számos tényező határozza meg, ezért pontos nagyságának meghatározása nem lehetséges.

Az aszályindexek olyan mutatók, amelyek az aszály számszerű értékét adják meg, lehetővé téve annak gyakoriságának, intenzitásának és területi kiterjedésének időbeli összehasonlítását.

Általában meteorológiai és hidrológiai paramétereken alapuló dimenziótlanszámokból állnak és gyakran egy referencia időszakhoz számítva mérik őket, hogy meghatározzák az aszály súlyosságát.

4.1. Magyarországi aszályindexek

Ebben a vonatkozásban nem hagyhatjuk figyelmen kívül Pálfai Imre nevét és munkásságát, aki napjaink vízgazdálkodásának kiemelkedő személyisége volt. Ő dolgozta ki azt a módszert, mellyel az aszályok és a belvizek hidrológiailag jellemezhetők és előrejelezhetők. Ez az ún. PAI-index, melyet Magyarországon kívül több ország is használ. A havi csapadékösszeg és a havi átlaghőmérsékleti adatok alapján határozza meg az aszály mértékét egy adott mezőgazdasági évben. Ez az index először Pálfai 2002-es publikációjában jelent meg. Később a Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozása után Kozák és társai (2012.) módosították a PAI-index számítási módját, de ez a mezőgazdaságban történő hasznosítását nem mozdította elő, hiszen havi indexeket szolgáltatott, s vízhiány egy hónapnál rövidebb idő alatt is ki tud alakulni.

Pálfai Imrének köszönhető az ún. GVM, azaz gördülő vízháztartási mutató, melyet inkább csak a vízüggyel foglalkozó szakemberek hasznosítanak.

Szintén magyar kapcsolódású a Bálint és társai által kidolgozott HDI néven ismert aszályindex. Ennek továbbfejlesztése történt a monitoring állomáshálózat létrehozásával. A mintegy 150 állomás sokrétű és pontos adatot szolgáltat a naponta elkészülő aszályindexhez. Meteorológiai alapadatokból és többféle mélységben mért talajnedvességből állítják össze a napi mutatót, amelyet aztán mind az öntözésfejlesztési tervekben, mind a precíziós mezőgazdaságban hasznosítanak.

4.2. HDIS aszályindex

Ebben a vonatkozásban nem hagyhatjuk figyelmen kívül Pálfai Imre nevét és munkásságát, aki napjaink vízgazdálkodásának kiemelkedő személyisége volt. Ő dolgozta ki azt a módszert, mellyel az aszályok és a belvizek hidrológiailag jellemezhetők és előrejelezhetők. Ez az ún. PAI-index, melyet Magyarországon kívül több ország is használ. A havi csapadékösszeg és a havi átlaghőmérsékleti adatok alapján határozza meg az aszály mértékét egy adott mezőgazdasági évben. Ez az index először Pálfai 2002-es publikációjában jelent meg. Később a Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozása után Kozák és társai (2012.)

módosították a PAI-index számítási módját, de ez a mezőgazdaságban történő hasznosítását nem mozdította elő, hiszen havi indexeket szolgáltatott, s vízhiány egy hónapnál rövidebb idő alatt is ki tud alakulni.

Pálfai Imrének köszönhető az ún. GVM, azaz gördülő vízháztartási mutató, melyet inkább csak a vízüggyel foglalkozó szakemberek hasznosítanak.

Szintén magyar kapcsolódású a Bálint és társai által kidolgozott HDI néven ismert aszályindex. Ennek továbbfejlesztése történt a monitoring állomáshálózat létrehozásával. A mintegy 150 állomás sokrétű és pontos adatot szolgáltat a naponta elkészülő aszályindexhez. Meteorológiai alapadatokból és többféle mélységben mért talajnedvességből állítják össze a napi mutatót, amelyet aztán mind az öntözésfejlesztési tervekben, mind a precíziós mezőgazdaságban hasznosítanak.

4.3. Standardizált csapadékindeks (SPI)

A standardizált csapadékindeks (SPI) a megfigyelt csapadékmennyiségek valószínűségének mérőszáma az ugyanarra az időszakra vonatkozó csapadékeloszlásra illesztett normális eloszláshoz képest. Kiszámítása úgy történik, hogy megkeressük, hogy a megfigyelt csapadék anomália (hiány vagy többlet) hány standard eltéréssel tér el az átlagtól.

A szabványosításnak köszönhetően az SPI már nem mutatja a csapadékhoz képest a kivételesen száraz időszakok sokaságát. A valószínűségi értékek figyelembevételével csak a legszárazabb állapotok kerülnek bemutatásra a szélsőséges vagy súlyos aszály kategóriákban. Bár a statisztikai számítások ezen módszere előnyös, bizonyos irányítási kihívásokat is felvet.

4.4. Palmer-féle súlyossági indeks (PDSI)

A Palmer Aszály Súlyossági Index (PDSI) egy számítási képlet, amelyet az aszály súlyosságának meghatározására használnak a csapadék és a hőmérséklet alapján. Ezt a képletet az teszi egyedivé, hogy az aktuális értékeket az előző hónap adatai alapján határozzák meg, ami az aszályos és csapadékos időszakok lassabb lecsengését eredményezi ahhoz képest, hogy milyen gyorsan kezdődnek.

4.5. Pálfi-féle aszályindex

A csapadékszegénységi index (PAI) egy olyan számérték, amely egy hidrológiai év szárazságát méri olyan információk alapján, mint a havi csapadékösszegek, a havi átlaghőmérséklet, a száraz időszakok hossza és a talajvízszint. A PAI - index alapján az aszály határát 6-nál állapítsák meg. Bár ez az index nem hasonlítható össze a részletesebb időrendi indexekkel, hosszú időn keresztül ez volt az egyetlen Magyarországon használt aszályindex. A PAI -értékek és a PDSI -adatsorok összehasonlításával váratlan eredményre derült fény: a PAI alapján létrehozott rangsor jobban megfelelt az SPI3 -adatok alapján létrehozott rangsoroknak, mint a PDSI -adatsorok, annak ellenére, hogy a PDSI -számítás a hőmérsékleti adatsorokon alapul. Az olyan népszerű indexe, mint a PDSI és az SPI nemzetközileg elismertek az aszály mértékének a többéves átlagokkal való összehasonlítására. A PAI azonban a szárazságot méri, amely a régió csapadékmennyiségéhez és átlaghőmérsékletéhez kapcsolódik. Ez kihívást jelenthet a különböző területek PAI -értékek alapján történő összehasonlításakor, mivel a déli alföldön fekvő terület jellemzően magasabb PAI -értékekkel rendelkezik egy átlagos évben, mint a csapadékosabb középhegységben fekvő terület.

4.6. Magyarországi aszályindex (Hungarian Drought Index – HDIS)

Ennél a módszernél az aszály mértékét a csapadék- és hőmérsékleti adatok figyelembevételével, napi időlépéses vízmérleg-számítással számszerűsítjük. Az index számítási módszerét és működését a későbbiekben részletezzük. A korábbi ábrákkal való összehasonlíthatóság érdekében a HDIS idősorokat hasonló módon ábrázoljuk a függőleges tengelyen, az aszályos időszakokat pedig lefelé haladva. Az SPI és a PDSI negatív módon fejezi ki az aszályt, míg a HDIS (amely a PAI indexből lett adaptálva) az index növekedésével méri az aszályt. Az SPI-hez vagy a csapadékhoz képest a HDIS nagyobb eltéréseket mutat, különösen télen.

5. Normalizált Differenciált Vegetációs Index, NDVI

Az NDVI index (Normalizált Differenciált Vegetációs Index) mérése azon alapszik, hogy egy adott területen a növényzet a fotoszintézis során a látható tartomány sugarainak nagy részét elnyeli, a közeli infravörös sugarakat, pedig visszaveri. Ez egy egyszerű matematikai képlettel leírható:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

(A NIR a közeli infravörös tartomány a RED pedig annak vörös sávja)

Az egészséges vegetáció több infravörös és kevesebb zöldfényt ver vissza, mint egy valamilyen okból kárt szenvedett vegetáció.

Ma már akár 10x10 méteres térbeli felbontással is készíthetők NDVI térképek, de többnyire nagyobb területek, egy-egy szántóföldi tábla jellemzésére használják őket.

Az NDVI érték kiszámításához vizsgálják a növényzet fotoszintézisének aktivitását, a növények víztartalmát, továbbá, hogy mennyire hiányos a növénykultúra. Felmérik a növényi vagy állati eredetű kártevők okozta károsodást is. A folyamatosan ismétlődő méréseknek köszönhetően az NDVI index alapján nagy valószínűséggel megítélhető a termés hozam és annak minősége.

A Cropio egy műholdas rendszer, mely számon tartja a mezőgazdasági területek állapotát, megmutatva a területen belüli eltéréseket. Tíz műhold felvételeit összegzi; így a MODIS, a Landsat-8 és Sentinel2 műholdak, valamint a MetOp és a Landsat-7 szolgáltatott adatokból számol.

6. Az őszi durumbúza fejlődése és betegségei

Ma már senki nem vitatja, hogy a durumbúza egészségesebb, mint a kenyérbúza. Gazdagabb vitaminokban és rostokban, alacsony a glikémiás indexe (vércukortermelő képessége), ezért az egészséges életmódra törekvőknek és a diétázni kényszerülőknek kimondottan ajánlottak a durumbúzából készült termékek.



7. ábra Őszi durumbúza magérett állapotban [13]

Fontos tudni, hogy az őszi durumbúza a többi őszi búzától eltérő faj. Termesztése során ezért figyelemmel kell lenni egyedi sajátosságaira, elsősorban a növényvédelem terén. Lehetőség szerint mélyebb termőrétegű, semleges pH-val rendelkező és jó vízgazdálkodású termőföldeken célszerű termesztani. Tavasszal min. kétszer igényel műtrágyát kiegészítő védelemmel (lombtrágyát, rovarölőszert stb.). Leveleiken vékonyabb a viaszréteg, mérgekkel szemben kevésbé ellenálló, ezért a gyomirtózás megszervezését nagyon körültekintően kell megszervezni. Fejlődése egyébként hasonlatos a többi búzaféle fejlődéséhez. Három szakaszra osztható: az első szakasz a vetéstől a szárbaindulásig tart, a második a szárbaindulás és a virágzás közti időszak, a harmadik fejlődési szakasz a virágzás végétől a gabonaszemek beéréséig mérhető.

Számos fajtája van, mint pl.: Levante, Saragolla, Lunadur, Lupidur, Sambadur stb.

A durumbúza nagyon igényes növény. Gyakran fenyegeti fuzáriózis, mely a gondosan megválasztott előveteménnyel kiküszöbölhető. Nem szerencsés pl. kukorica után vetni, a hüvelyesek, bizonyos repce- és napraforgófajok vagy mák után célszerű a vetése. Aratása is nagy precizitást igényel. Ha megérett a betakarításra, rögtön el kell kezdeni az aratást, mert ha érett állapotban megázik, az nagyon lerontja a durum minőségét. Tárolása szintén nagy körültekintést és szakértelmet kíván.

Számos gyomnövény akad, amely hátráltatja vagy éppen tönkreteszi az őszi durumbúza termést. Az aprószulák, a kék búzavirág, a mezei szarkaláb, a parlagfű, a pipacs, a tyúkhúr, a mezei acat, a borostyánlevelű veronika, a nagy széltippan mind ide sorolhatók, csakúgy, mint a parlagi pipitér, a porcsin keserűfű, a pásztortáska, a ragadós galaj vagy a mezei árvácska és a fehér libatop. Kórokozói közül ismertek az anyarozs, a búzaköüszőg, a barna levélfoltosság, a fekete, vörös vagy sárga rozsdá, a gabona lisztharmat, de gyakran előfordul gombásodás vagy vetésrothadás is.



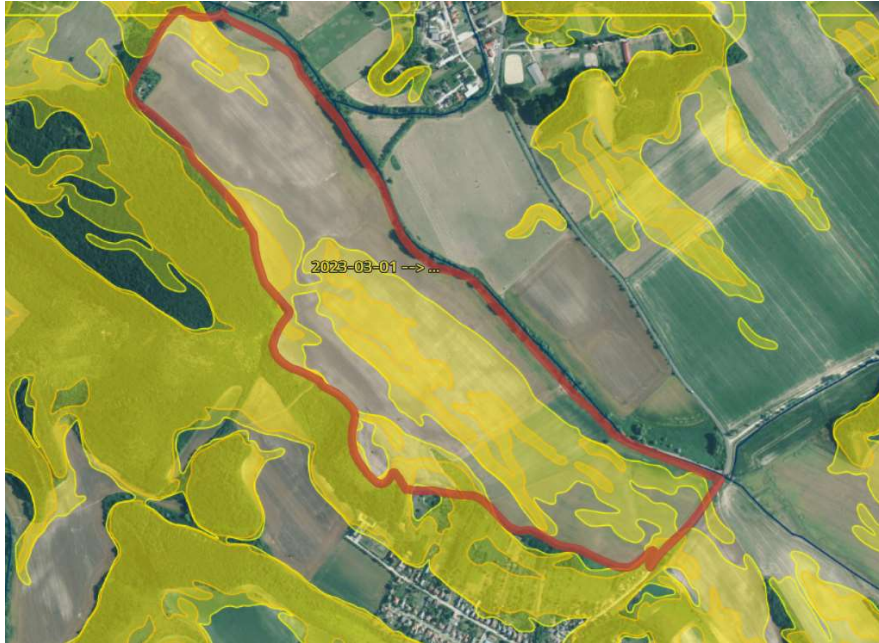
8. ábra Sárgarozsda által megbetegedett növény levelein látható elváltozások [14]

Mindezek mellett számos állati kártevő is pusztíthatja a termést. Így pl. a cserebogár, a pattanóbogár, a különböző búzalegyek és levéltetvek, a gabonafutrinka, a szipolypoloskák több fajtája vagy a vetési bagolylepke.

7. A terület bemutatása

7.1. Csolnok

Csolnok közigazgatási szempontból Komárom-Esztergom vármegyében, az Esztergomi járásban található. Földrajzilag a Keleti-Gerecse kistájon helyezkedik el. A község a Dunántúli-középhegység Dunazug-hegyvidékén, a Gerecsevidéken, azon belül a Gerecsei Tájvédelmi körzet keleti szélén terül el. A falut nyugat felől a Mókus-hegy, keletről a Kétágú-hegy (Pilis), déli irányból a Budai-hegység, Északnyugatról a Nagy-Gete határolja. A vidék legalacsonyabb pontja a Rórekkör 174 méteres tengerszint feletti magasságával, legmagasabb pontja a Nagy-Gete, amely 457 méteres magas. Csolnok vízgazdálkodási szempontból a Gerecse vízgazdálkodási alegységhez tartozik, a Duna Dévény és Vaskapu közötti szakaszának jobb oldalán helyezkedik el. Talajviszonyait tekintve a Gerecse-hegység a földtörténeti középkor karbonátos kőzeteiből épül fel, főként dolomitból, mészkőből és márgából áll. Egyes területei negyedkori törmelékes üledék rakódott. Idővel a karbonátos felszín karsztosodott, a terület karsztvízrendszere összefügg a Dunántúli-Középhegység karsztvíz rendszerével. A környék tehát jelentős felszín alatti vízhálózattal rendelkezik. A talaj nagy része barna erdőtalaj, kisebb része vázta talaj, öntéstalaj, közethatású talaj és réti talaj. A település igen jelentős bányász múlttal rendelkezik, a Dorog-Esztergom bányavidék egyik jelentős barnakőszén bányája működött itt az 1970-es évekig. Csolnok község egyetlen folyóvize a Janza-patak, mely a Gerecsében ered és az Únyi-patakba torkollik.



9. ábra A csolnoki terület vízhiányos részei [15]



10. ábra A terület erózióra veszélyes részei [16]

Az általam vizsgált területre, mely a Gyermelyi Zrt. művelése alatt áll, a vizsgált időszakban őszi durum búza volt ültetve. Az elmúlt évtizedben ezen búzafajta (más néven kemény szemű, üveges szemű vagy makaróni búza) népszerűsége újra megnőtt Európában és más országokban. A durum búza régi termelői és fogyasztói mellett, amelyek főként a mediterrán régióban találhatók, a közép- és kelet-európai országokban, például Magyarországon,

Szlovákiában és Romániában is jelentősen megnőtt a durumbúza termőterülete, köszönhetően annak árualapként való felhasználásának és exportlehetőségének. Ez a fogyasztásban bekövetkezett elmozdulás a durumbúza iránti fokozott érdeklődést eredményezte a világpiacon.

7.2. A Gyermelyi Zrt. bemutatása

Kutatásom színhelye a Gyermelyi Zrt. tulajdonában lévő földterület, ezért néhány mondatban bemutatom Magyarország piacvezető tésztagyárát, amely a legnagyobb hazai tojás termelő és malomipari központ is egyben. 1953-ban 12 helyi gazda összefogásával alakult meg, az a szövetkezet, melyből napjainkra az ország legmodernebb zárt vertikális integrációjú cége lett. 1956-ban ugyan feloszlott a szövetkezet, de az 1959-es újrászerveződéstől folyamatosan működik és fejlődik a kezdetben csak növénytermesztéssel foglalkozó, majd a '60-as évektől tojástermeléssel bővülő cég. 1971-től üzemel a híres tészta gyár, a '80-as években malomiparral bővült a tevékenységi kör. 1992-től takarmányüzem egészíti ki a baromfitenyésztést. 2003-ban vetőmagmagüzem létesült, 2008-ban pedig elkezdődött a precíziós növénytermesztés, mely ma 9000 ha-on folyik. A somodorpusztai telephelyen található az ehhez szükséges egységes modern géppark. A 21. század technológiájának megfelelően a legkiválóbb magyar termesztésű őszi búzafajtákat termesztik, sőt a vetőmagot is helyben állítják elő. Ehhez szükséges a Magyar Tudományos Akadémia Martonvásári kutatóintézetével való többéves együttműködés. Magas szakmai színvonalú, kutatásokon alapuló növénytermesztés folyik itt, melynek fő profilja a tésztagyártáshoz szükséges őszi búza, valamint a vetőmagtermesztés, melynek előveteményei a borsó, repce és a napraforgó. A baromfitartáshoz búza és kukorica szükséges, ezekkel egészül ki a vetésszerkezet. A fentebb leírtak korszerű technológiával, modern gépparkkal kiegészülve iskolapéldáját mutatják annak, milyen hatékony és minden igényt kielégítő a precíziós mezőgazdálkodás. [17]



11. ábra Gyermelyi Zrt tulajdonában lévő malom [18]

8. Felhasznált adatok

8.1. Felhasznált távérzékelési adatok

A Landsat-8 és Sentinel 2 műhold adatait használtam a talaj nedvességtartalmának megállapításához és a szükséges számítások elvégzéséhez.

8.2. Landsat-8

A földmegfigyelő műhold 2013. február 11. óta gyűjti az adatokat. A NASA építette, indította és a kalibrációs fázisokat is kidolgozta. A műhold üzemeltetése később átkerült az USGS-hez (Amerikai Geológiai Szolgálat). Napszinkron pályán mozog, azaz egy adott földrajzi hely felett mindig ugyanabban a helyi időben halad el 705 km magasságban és 98,8 percenként kerüli meg a Földet. Naponta több, mint 700 közepes felbontású multispektrális képet küld, melyek alapján megbecsülhető a terméshozam a mezőgazdaságban, detektálhatók természeti károk, vízben és tápanyagban szegény területek, növényi betegségek. Mindezek mellett nyomonkövethető a klímaváltozás vagy a területhasználat változása is. A műholdon két tudományos célokra kifejlesztett műszer is megtalálható. Az Operational Land Imager (OLI)

és a Thermal Infrared Sensor (TIRS). Az OLI a látható fény, a közeli és közepes infravörös spektrális sávokban és a pankromatikus sávokban készít felvételeket 12 bites felbontásban. A TIRS a földfelszín hőmérsékletéről gyűjt adatokat. Élettartama minimum 5 év, de üzemanyaga 10 évre is elegendő lehet. [19]

8.3. Sentinel-2

A Sentinel-2 tulajdonképpen két műholdpár, mely egymással 180°-os szöget zár be, napszinkron pályán kering, átlagosan 1000 km magasságban. Multispektrális szenzorainak köszönhetően nagy felbontású képeket készít egy 290 km széles sávban a Föld körül. Haladási pályáján soronként gyűjti az információt. A látható fény, a közeli és a közepes infravörös tartományokban képes képeket alkotni. Szenzorai a push-broom technológia elve szerint működnek. A műhold élettartama 7-12 év.

Munkám során az eCognition Developer szoftvert használtam, amely számos lehetőséget biztosít távérzéssel kapcsolatos tevékenységek elvégzésére. A programot a Trimble fejlesztette és napjainkban az egyik legismertebb képfeldolgozó szoftver. A távérzékelés számára rengeteg hasznos funkciót biztosít, segít különböző döntéshozatalokban, képelemzésekben. [20]

Spektrális sáv	Sentinel-2A hullámhossz [μm]	Sentinel-2B hullámhossz [μm]	Térbeli felbontás [m]
Sáv 3 - Vörös	0,649 – 0,680	0,650 – 0,681	10
Sáv 8 - Közeli infravörös	0,780 – 0,886	0,780 – 0,886	10
Sáv 11 - Rövidhullámú infravörös	1,568 – 1,659	1,563 – 1,657	20
Sáv 12- Rövidhullámú infravörös	2,115 – 2,292	2,093 – 2,278	20

12. ábra Spektrális sávokhoz tartozó hullámhosszokat tartalmazó táblázat (Saját táblázat)

9. Feldolgozás

Az aszálymonitoring során az aszály hatásvizsgálatához szükséges adatok műholdfelvételek, drónok vagy repülőgépek alkalmazásával állnak rendelkezésre. A műholdas felvételek

nagyban segítik az adatszerzést, hiszen nagyszámú és jó minőségű adatot szolgáltatnak. A technikai lehetőségek kiaknázásához önmagában ez nyilván elégtelen lenne. Alapvető feltétel tehát a jó szakemberek alkalmazása, akik megfelelő szakértelemmel kiértékelik és a gyakorlatban hasznosítják a műholdak szolgáltatotta adatokat. A felvételek nem megfelelő értelmezése nagy károkat okozhat a mezőgazdaságban. A műholdak hatalmas területekről képesek felvételeket készíteni nagy távolságból, ezért az időjárás - főképp a felhőzet - pontatlanná teheti a felvételeket. Ezért bizonyos esetekben szükséges drónnal vagy repülőgéppel kisebb magasságból is adatokat gyűjteni, így lehet megbízható információkat szerezni egy adott területről.

9.1. Felhasznált programok és weboldalak

A szakdolgozatom elkészítéséhez az eFöld Portál weboldalról választottam ki a feldolgozáshoz szükséges felvételeket, mivel az ügyfélkapus bejelentkezést követően a számunkra szükséges műholdképek ingyenesen hozzáférhetők, letölthetők. Az oldalon egy kereső segítségével megadhatjuk az általunk vizsgált település nevét, majd miután kiválasztjuk, melyik műhold, vagy műholdak által készült felvételekre van szükségünk az adott időintervallumon belül, további számos megjelenítési formát is felkínál, melyek közül tudunk válogatni.

A valószínűs megjelenítés mellett rendelkezésünkre áll:

- Városi területek megkülönböztetésére használt sávkombináció, amely a közeli infravörös és vörös sávokból jön létre.
- Ha felhősebb felvételeket szeretnénk vizsgálni a légköri áthatolás nevű sávösszetétel is rendelkezésünkre áll.
- Ezek mellett lehetőségünk van a vegetáció fotoszintetikus aktivitása és a vegetáció elkülönítésére finomított sávösszetételek kiválasztására is.
- Továbbá két féle vizuális interpretációra összeállított sávkompozit is megtalálható, az elsőt a mezőgazdaságban termesztett növények fejlődésének vizsgálatára és sűrűségük kimutatására alkalmazzák. A másodikat sokkal inkább a felszínborítottság nagy kiterjedésű elemzésére használatos. A talajfelszín különböző típusait tudjuk a segítségével elkülöníteni.
- Egyéni sávkombinációk előállítására is lehetőséget nyújt a weboldal.

További hat paraméter kiválasztását is felajánlja a program, ha az index földre kattintunk.

- NDVI az egyik legsűrűbben használt index, mely segít többek között segít a vízfelületeket és a különböző talajfelszínek elkülönítésében is. Alkalmas biomassza és a vegetáció vizsgálatára is.
- EVI a vegetáció fotoszintetikus nyomon követésére alkalmas, a légköri hatások nem befolyásolják a kék sávok használatából adódóan.
- NDWI alkalmas a talaj nedvességállapotának, vízindexek kiszámítására.
- NDMI víztartalom kimutatására, nedvességindexek kimutatására alkalmas.
- NDSI téli időszakokban a hóval fedett területek azonosítására szolgál.
- BSI a nem fedett talajfelszín azonosítására alkalmas. [21]

A műholdképeket 2021 szeptemberétől 2022 júniusig az őszi durumbúza fejlődésének nyomon követése érdekében. Mivel a műholdfelvétel hibás kiértékelése téves, hamis eredményeket szolgáltat, ezért a feldolgozáshoz olyan felvételeket töltöttem le, ahol nem, vagy csak nagyon kevés százalékban volt jelen köd vagy felhőzet. A felvételek kiválasztása és letöltése után az eCognition nevű szoftverbe hívtam be a felvételeket.

Az elemzések során a Sentinel-2A műholdképeit használtam a pontosabb térbeli felbontás miatt. Első lépések között beazonosítottam a felvételen a kiválasztott területet, majd az aszály hatásának elemzését megelőzően heterogenitást is vizsgáltam az adott táblán belül, ehhez egy szeptemberi felvételt használtam fel.



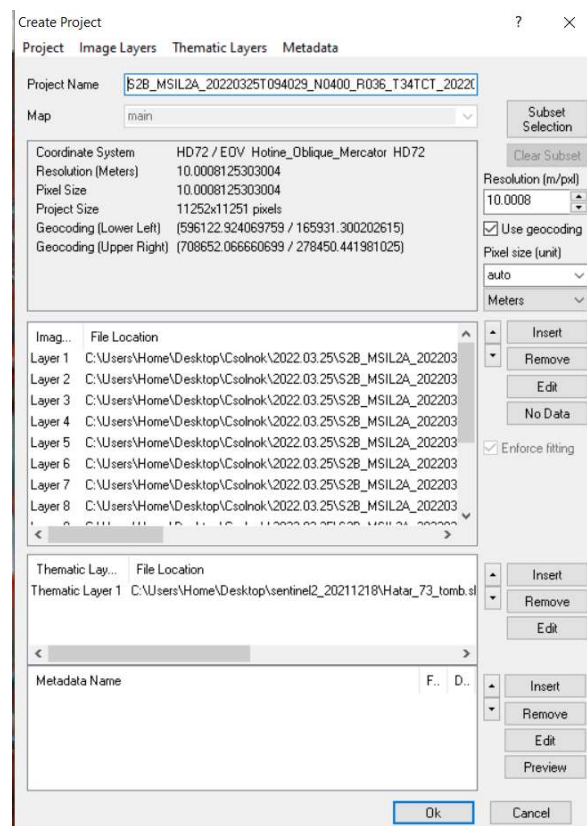
13. ábra A vizsgált szántóföld vegetációmentes időszakban (Saját ábra)

9.2. eCognition

Az eCognition egy olyan piacvezető objektum-alapú képfeldolgozó szoftver, melyet a Trimble fejlesztett. Számos olyan funkcióval rendelkezik, melyek nagyban megkönnyítik a műholdképek feldolgozásának, vizsgálatának menetét, lehetőséget nyújt továbbá különböző számítások elvégzésére is. A fizetős verzió mellett lehetőséget nyújtanak egy ingyenesen használható trial verzió letöltésére is. [22]

9.3. Feldolgozás menete

Az eFöld Portálról letöltött felvételeket hívtam be a szoftverbe, majd elsőként a spektrális sávokat töltöttem be. Ezt követően a „Subset selection” funkcióval a kép egy kisebb részét jelöltem ki, ahol az elemzést szerettem volna elvégezni. Ezután a programmal hozzá adhatunk a továbbiakban egy shapefájlt is ami a mezőgazdasági területet tartalmazza. Fontos ellenőrizni, hogy a műholdkép és a hozzáadott fájl koordinátarendszere azonos-e. (HD72 / EOVS Hotine_Oblique_Mercator HD72)



14. ábra Műholdképek betöltése a programba (Saját ábra)

9.4. A vizsgált tábla azonosítása

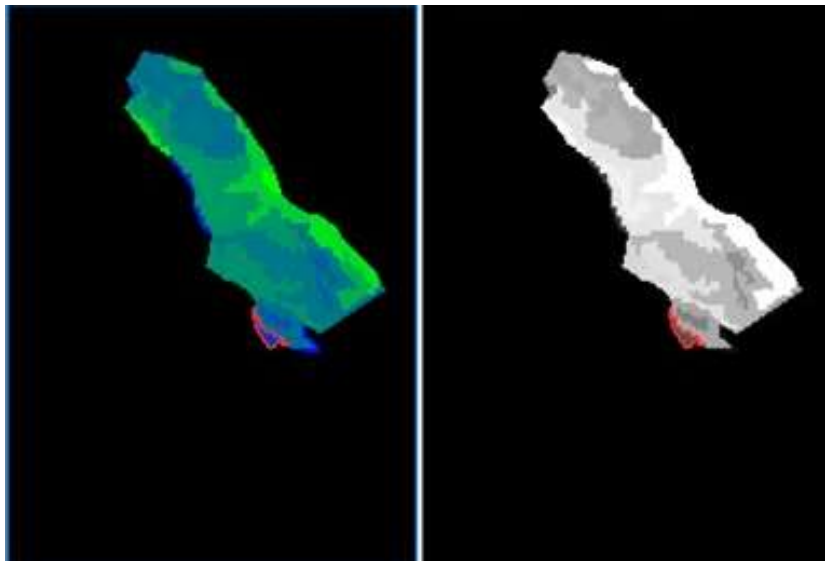
A kiválasztott felvételeken először a vizsgált szántóföldi területet azonosítottam be, majd ezen a területen belül végeztem szegmentálást további adatok kinyeréséhez.



15. ábra A feldolgozáshoz használt szántóföld azonosítása eCognition programban (Saját ábra)

9.5. Szegmentálás

Ezt követően szegmens alapú osztályozást végeztem, itt különösen figyeltem a szegmensek méretére, mivel a nagyon elaprózódott szegmensek esetében a számítások elvégzése sokkal időigényesebb. Azonban, ha túl nagy méretű darabok jönnek létre, nem lesz megfelelő a szegmensek homogenitása. Ezt azért fontos figyelembe venni, mivel ezek kevésbé pontos eredményekhez vezethetnek. A műholdas felvevőrendszerek az utóbbi években nagy fejlődésen mentek keresztül, ennek köszönhetően az adatok minősége számottevően javult, mennyiségük pedig ezzel arányosan növekedett. A pixel alapú osztályozás intenzitásokat vizsgál adott képpontokon, figyelmen kívül hagyva a vizsgált pixelhez tartozó környezetet. Ebből következtethető, hogy ez a módszer az adott pontokat környezetükből elkülönítve olyan osztályba sorolja ahová a leginkább illeszkedik. Amikor a pixeleket szomszédjaikkal együtt kezeljük pontosabb eredményekhez juthatunk nagy felbontású műholdképek esetén. Az osztályozáshoz elengedhetetlen a képek tartalmát további táblákra osztani.



16. ábra A terület szegmentálása (Saját ábra)

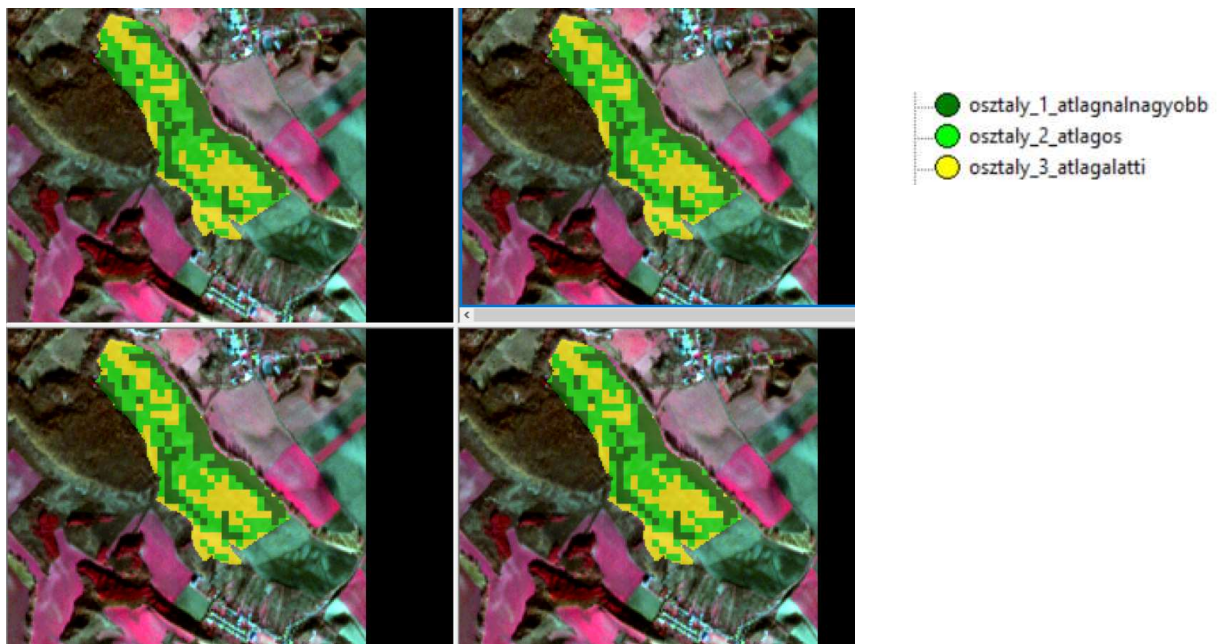
Egy terület szegmentálása után tanulóterületeket kell megadnunk, érdemes ilyenkor lehetőleg homogénebb szegmenseket választani. A képen az általam választott csolnoki szántóföld szegmentálását figyelhetjük meg. A vizsgált időszakot az őszi durumbúza fejlődési szakaszainak megfelelően határoztam meg. A feldolgozás során a felvételeken jól láthatóak voltak a terület mely részeit érintette leginkább a szárazság és az ezzel járó fejlődésben tapasztalható változások.

9.6. Számítások

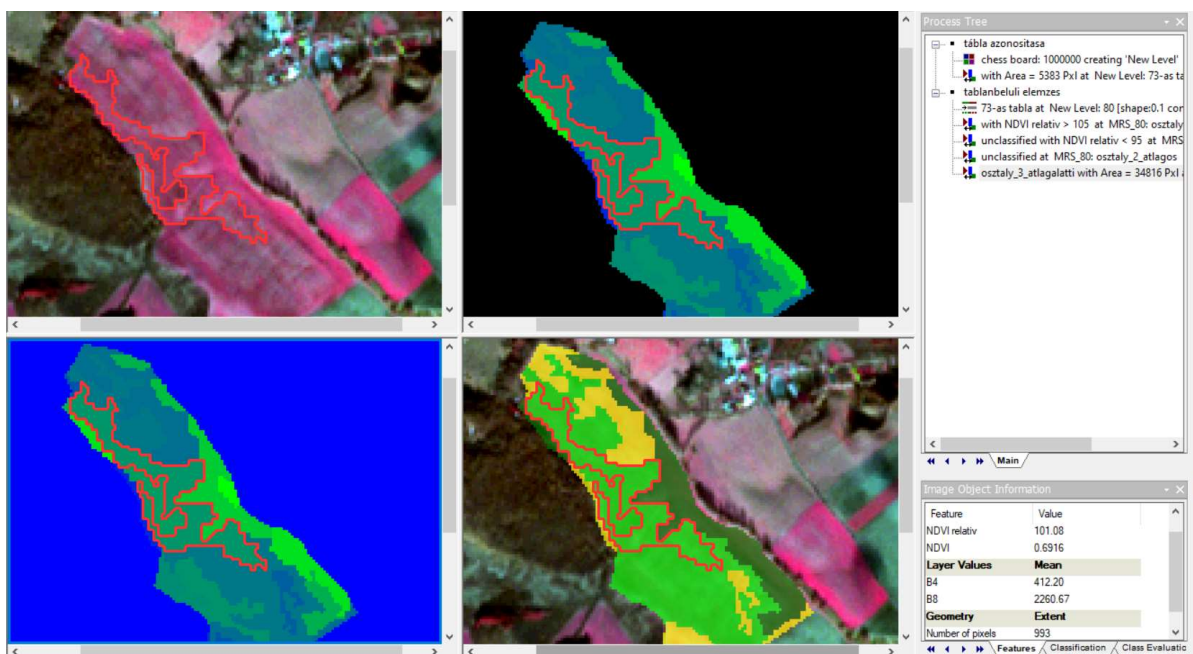
Az aszály hatásának vizsgálatát Normalizált Vegetációs Index, azaz NDVI index alapján végeztem. Az ilyen jellegű vizsgálatokhoz ez a leggyakrabban alkalmazott számítási módszer. Az NDVI index egy olyan MODIS műhold által mért mutató, mely a látható és a közeli infravörös tartományban gyűjt adatokat. A növények állapotnak jellemzésére, a biomassa mennyiségének kimutatására szolgál. A műhold a felszín illetve a légkör kibocsátotta sugárzást és az ezekről visszaverődő napsugárzást érzékeli. Elsősorban a növények eltérő klorofil-, pigment- és víztartalmából adódó különbségek eredményezik a sugárzás mértékét. A vegetációs időszak végén vagy a növény betegségéből következően alacsonyabb NDVI indexek adódnak. A mérőszámok 0 és 1 között változnak, a magasabb érték dúsabb, egészségesebb vegetációt jelent. Az indexet úgy számítják, hogy minden pixelre a legutóbbi 16 nap legmagasabb mérőszámát veszik. A fent említett időpontokra számítottam NDVI

indexet, melynek változásaival jól ábrázolható a csapadék hiányából származó, száradás okozta különbség.

A vizsgált időszakra számolt adatok táblázatba gyűjtöttem. Az értékek alapján látható, hogy január hónapig az indexek értéke növekedett, majd az ezt követő hónapokban csökkent, amely egyértelműen vízhiányra vonatkoztatható vissza.



17. ábra Osztályok létrehozása a táblán belül (Saját ábra)



18. ábra Osztályozott területek értékeinek vizsgálata (Saját ábra)

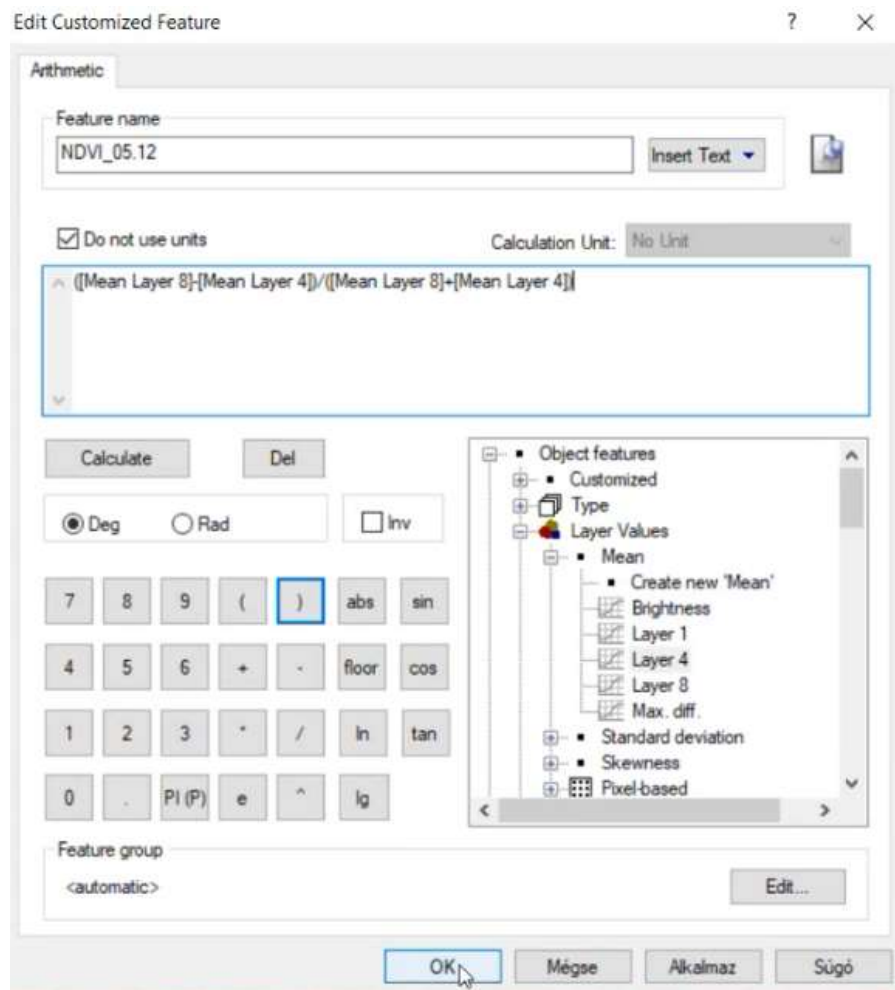
Az osztályozás során három kategóriát, osztályt hoztam létre. A képen egy 2021 december 18.-i felvétel látható, melyen az átlag alatti kategóriát sárga színnel jelöltem, ezeken a területeken volt a legjelentősebb az aszály hatása, amely a búza fejlődésében is jól nyomon követhető. Az átlagos fejlődésű területeket világos zöld színnel, míg az átlagnál pozitív irányban eltérő területek sötétzölddel láthatók.

Az adatok megadását követően algoritmust kell felépíteni a szoftver segítségével a „Process Tree” funkciójával. A Sentinel-2A műholdkép különböző spektrális sávjainak térbeli eloszlását homogenizálni kell, mielőtt tovább haladnánk. A vörös, kék és infravörös sávok 10 m -es felbontása, valamint a rövidhullámú infravörös sáv 20 m -es felbontása közötti különbségek kiküszöbölésére a sakktáblás szegmentálás alkalmazható. Ehhez az eljárásához a képszintű objektumok pixelméretét 2 -re kell beállítani. Az azonos pixelméret kiszámítása után a következő lépés a különböző sávok vagy származtatott raszterek pixelértékein végrehajtandó egyenletek beépítése az algoritmusba. Az NDVI kiszámításához a következő egyenletet kell használni:

$$NDVI = \frac{RNIR - RRed}{RNIR + RRed}$$

A Sentinel-2A 4-es sávjának (vörös hullámhosszon történő visszaverődés) és 8-as sávjának (közeli infravörös hullámhosszon történő visszaverődés) módosított méretű celláit használják az átlagérték kiszámításához. Ez az egyenlet új "Arithmetic Feature" segítségével programozható be a szoftverbe.

$$NDVI = \frac{Mean(Layer\ 8) - Mean(Layer4)}{Mean(Layer\ 8) + Mean(Layer4)}$$

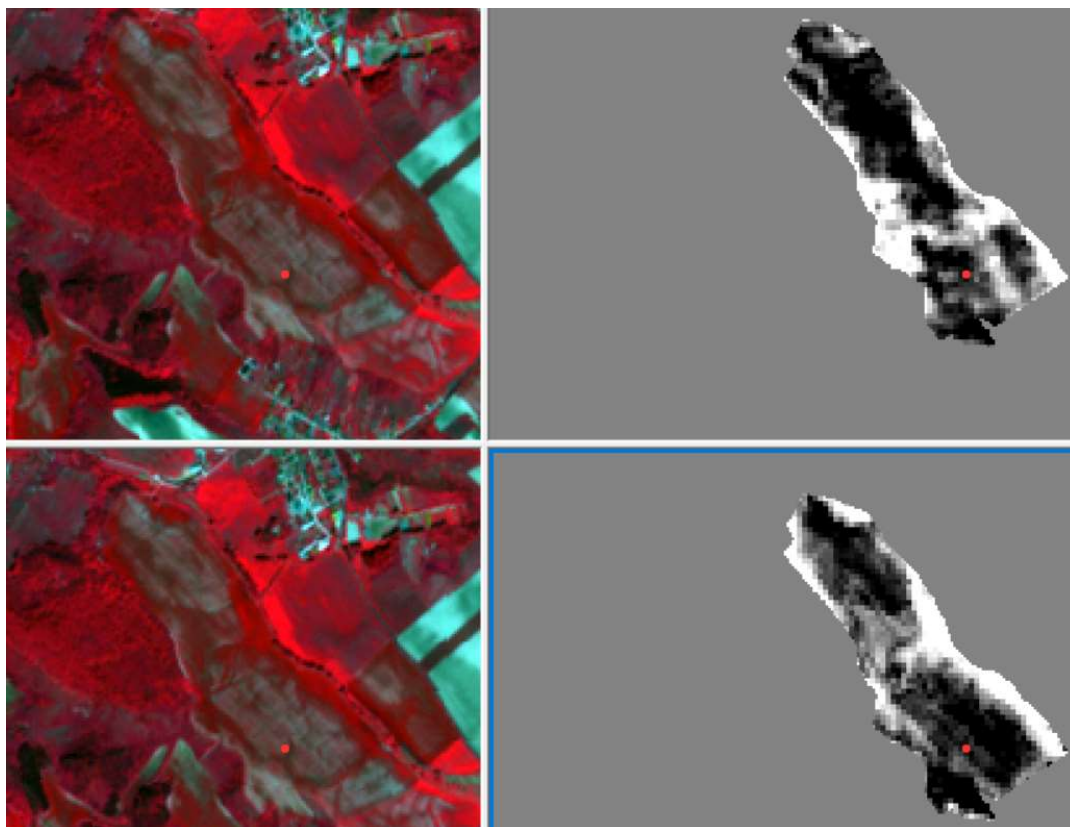


19. ábra NDVI index számítása (Saját ábra)

Az NDVI indexeket havi felbontásokban kiszámoltam és a kapott értékeket összehasonlítottam egy normál, nem aszályos év adataival.

9.7. Távérzékelési adatok kiértékelése

Mint azt a fentiekben is említettem, a durumbúza fejlődésének megfelelően választottam ki a műholdképeket. A felvételeken az NDVI indexek különbségét számoltam. Már a kora tavaszi hónapokat összehasonlítva megfigyelhető volt a növény fejlődésében az előző éves rendkívül csapadékmentes időszak hatása, az ezt megelőző évekhez képest.



20. ábra NDVI eloszlásának változása (Saját ábra)

A felvételeken havi bontásban számoltam az NDVI indexeket a területen belül. Egy táblázat segítségével nyomonkövethetők a számított átlag értékek mellett az adott hónapokban a legkisebb, minimum és legnagyobb, maximum értékekben történő változások is.



21. ábra Vegetáció változása a márciusi és áprilisi időszak között (Saját ábra)

Dátum	Minimum	Maximum	Átlag
Október	0.19	0.22	0.20
November	0.20	0.61	0.51
December	0.58	0.77	0.68
Január	0.54	0.61	0.57
Február	0.20	0.45	0.32
Március	0.33	0.38	0.36
Április	0.76	0.86	0.81
Május	0.81	0.89	0.86
Június	0.17	0.54	0.35

A számított NDVI átlagokat egy diagrammon ábrázoltam, melyen jól látható, hogy a csapadék hiánya milyen változásokat eredményez és ezek a változások mikortól észlelhetők. A csupasz talaj NDVI értéke 0.2 körüli érték, emiatt az októberi hónaptól kezdődően ábrázoltam a szántóföldre számított adatokat.



22. ábra Számított NDVI átlagértékek változása grafikonon (Saját ábra)

Korábbi nem, vagy csak kevésbé aszályos időjárású években készült adatokkal összehasonlítva az tapasztalható, hogy a február, márciusi hónapokban a legjelentősebb az eltérés, amely jelen esetben a csapadék hiányának volt köszönhető.

10. Összefoglalás

Szaktervezésemben egy szántóföldterületet vizsgáltam, melyre őszi durumbúzát ültettek. A tervezésem célja az aszály okozta hatások kimutatása volt az adott növényzet fejlődésében. A távérzékelési módszerek alkalmasak az ilyen jellegű természeti károk időbeli kimutatására, elemzésére és általuk méréselhetők akár az aszály okozta károk. Az aszály igen jelentős károkat tud okozni, mind a mezőgazdaság, mind a gazdasági élet más területein. Napjaink egyik legnagyobb kihívása, ennek a problémának a megoldása, vagy az általa okozott károk enyhítése. Az erre kifejlesztett aszálymonitoring rendszerek üzemeltetése hazánkban az Országos Vízügyi Főigazgatóság és az Országos Meteorológiai Szolgálat feladata. Mindezek mellett a szakemberek segítségére állnak a távérzékelésen alapuló aszálymonitoring rendszerek. Az aszály mérőszámai segítenek a probléma kialakulásának és nagyságának megbecsülésére, a károk enyhítésére. Többféle mutatót, indexet fejlesztettek hazánkban is, melyek rendkívül pontos eredményeket adnak. Az általam vizsgált terület, a Csolnok határában található szántóföld, melyen durumbúzát termelt a Gyermelyi Zrt. A Sentinel-2 műhold segítségével 20 méteres térbeli felbontással megfigyelhető a talajnedvesség területi eloszlása a kiterjedt területeken. A megfigyelési időszak a Sentinel-2 műhold visszatérési idejétől függ, amely jellemzően 5-10 nap között van. Következésképpen a Sentinel-2 képek segítségével a talajnedvesség térbeli és időbeli pontossággal nyomon követhető. Az NDVI térképet tud adni a vegetációs aktivitás és a vegetáció mértékének táblán belüli különbségéről. Ez az információ rendkívül hasznos tud lenni a heterogenitás megítélésében és felhívhatja a figyelmünk a táblán belüli esetleges problémák, növény betegség, tápanyaghiány, vízhiány által adódó problémákra. Azonban az okok felderítésére önmagában nem elegendő, viszont további adatok, információk ismeretében, együttes vizsgálatukkal és összehasonlításukkal számos következtetés levonható. Az elvégzett számítások alapján a 2022-es év kora tavaszi időszakától egészen a nyár első hónapjáig történő elemzések a különböző műholdképek alapján. Időbeli vizsgálatukkal nyomon követhető volt a vizsgált terület vegetációs időszak végére történő fokozatos kiszáradása és az oda ültetett búza fejlődésének eltérése a korábbi időszakokhoz képest. Megfigyelhető, hogy az aszály előrehaladtával havi bontásban hogyan változtak az NDVI indexek értékei. Korábbi években készült számításokkal összehasonlítva jelentős különbségek a tavaszi hónapokban tapasztalhatók, viszont az ezt követő hónapokban is jól látható, hogy az értékek alacsonyabbak egy átlagos, aszály mentes időszakhoz képest. Összességében, tehát elmondható, hogy az aszály és annak hatása kimutatható az alkalmazott

távérzékelési módszerrel, viszont adódhatnak olyan tényezők melyek befolyásolhatják a kapott eredmények pontosságát. A rendszeres vizsgálatokkal és a megfelelő időben történő beavatkozással az szárazság okozta károk mérsékelhetők lennének. Az NDVI adatok elemzése hatékonynak bizonyult, mivel alátámasztható általa a vegetációban végbemenő változás. A vízhiány következtében olyan hatások mennek végbe a növény biológiai fejlődésében, melyet egyértelműen ki lehet mutatni az infravörös és látható spektrumtartomány alapján a vegetációs indexek segítségével.

11. Summary

In my thesis, I investigated an arable field on which winter durum wheat was planted. The aim of my thesis was to show the effects caused by drought in the development of the given vegetation. Remote sensing methods are suitable for detecting and analyzing this kind of natural damage over time, and they can even mitigate damage caused by drought. Drought can cause significant damage, both in agriculture and in other areas of economic life. Solving this problem or mitigating the damage caused by it is one of the biggest challenges of our time. The operation of the drought monitoring systems developed for this purpose in Hungary is the responsibility of the National Directorate General of Water and the National Meteorological Service. In addition to all of this, drought monitoring systems based on remote sensing are available to help professionals. Drought indicators help to estimate the development and magnitude of the problem, and to mitigate the damage. Several indicators and indexes have been developed in Hungary, which give extremely accurate results. The area I am investigating is a field located on the border of Csolnok, on which Gyermelyi Zrt produced durum wheat. With the help of the Sentinel-2 satellite, the spatial distribution of soil moisture in the extensive areas can be observed with a spatial resolution of 20 meters. The observation period depends on the return time of the Sentinel-2 satellite, which is typically between 5-10 days. Consequently, Sentinel-2 images can be used to monitor soil moisture with spatial and temporal accuracy. NDVI can provide a map of the difference in vegetation activity and vegetation level within the field. This information can be extremely useful in assessing heterogeneity and can draw our attention to possible problems within the field, plant disease, nutrient deficiency, and water deficiency. However, it is not sufficient in itself to discover the causes, but with the knowledge of additional data and information, with their joint examination and comparison, many conclusions can be drawn. Based on the calculations

performed, analyzes from the early spring of 2022 until the first month of summer based on the various satellite images. With their temporal investigation, it was possible to follow the gradual drying out of the examined area at the end of the vegetation period and the deviation of the development of the wheat planted there compared to previous periods. It can be observed how the values of the NDVI indices changed on a monthly basis as the drought progressed. Compared to calculations made in previous years, significant differences can be seen in the spring months, but in the following months it is also clearly visible that the values are lower compared to an average, drought-free period. Overall, it can be said that the drought and its effects can be detected with the remote sensing method used, but there may be factors that can affect the accuracy of the results obtained. With regular inspections and timely intervention, the damage caused by the drought could be mitigated. The analysis of the NDVI data proved to be effective, as it can be used to support the changes taking place in the vegetation. As a result of the lack of water, such effects take place in the biological development of the plant that can be clearly detected based on the infrared and visible spectrum ranges with the help of the vegetation indices.

Irodalomjegyzék

- [1] T. János, „https://mersz.hu/dokumentum/matud__11/,” 6 10 2017. [Online]. Available: https://mersz.hu/dokumentum/matud__11/. [Hozzáférés dátuma: 2023].
- [2] M. Kukoricaklub, „XIV. Kukorica termésverseny 2022.,” *Kukoricabarométer*, %1. kötet34, pp. 71-79, 2022.
- [3] M. Kukoricaklub, „Magyar Kukoricaklub,” *Kukoricabarométer*, %1. kötet34, p. 76, 2022.
- [4] „https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261,” [Online]. Available: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261.
- [5] O. Szentés, „<https://www.met.hu>,” 2022 augusztus 2022. [Online]. Available: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3261&hir=2022._a_tortenelmi_aszaly_eve_%E2%80%93_az_ev_agrometeorologiai_attekintese. [Hozzáférés dátuma: 12 10 2023].

- [6] „https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71,” [Online]. Available: https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71.
- [7] „<https://www.ovf.hu>,” OVF, 2023 09 2023. [Online]. Available: <https://www.ovf.hu>. [Hozzáférés dátuma: 16 11 2023].
- [8] <https://www.ovf.hu/>, „<https://www.ovf.hu/>,” OVF, 2023 09 2023. [Online]. Available: <https://www.ovf.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 16 11 2023].
- [9] O. V. Főigazgatóság, „Vízügyi Honlap,” 2024. [Online]. Available: <https://www.vizugy.hu/?mapModule=OpAszaly&mapData=AszalyTajekoztatok>. [Hozzáférés dátuma: 2024].
- [10] <https://met.hu>, „<https://met.hu>,” 06 06 2022. [Online]. Available: <https://met.hu>. [Hozzáférés dátuma: 14 11 2023].
- [11] „<https://oeo.hu>,” 2022 07 2022. [Online]. Available: <https://oeo.hu/hirek/agazati-szakmai/szarazsag-magyarorszagon-2022-ben-es-a-multban>. [Hozzáférés dátuma: 14 10 2023].
- [12] P. Attila, „<https://www.metkep.hu/>,” [Online]. Available: <https://www.metkep.hu/>.
- [13] „<https://agro.bayer.co.hu/termek/kulturak/szantofoldi/?id=152>,” [Online]. Available: <https://agro.bayer.co.hu/termek/kulturak/szantofoldi/?id=152>.
- [14] „<https://agro.bayer.co.hu/termek/kulturak/szantofoldi/?id=152>,” [Online]. Available: <https://agro.bayer.co.hu/termek/kulturak/szantofoldi/?id=152>.
- [15] „<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>,” [Online]. Available: <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>.
- [16] „<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>,” [Online]. Available: <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/>.
- [17] „<https://gyermelyi.hu/cegtortenet/>,” [Online]. Available: <https://gyermelyi.hu/cegtortenet/>.
- [18] „<https://gyermelyi.hu/cegtortenet/>,” [Online]. Available: <https://gyermelyi.hu/cegtortenet/>.
- [19] „<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>,” [Online]. Available: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>.
- [20] „<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument/>,” [Online]. Available: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument/>. [Hozzáférés dátuma: 16 11 2023].

- [21] „eFöld Portál,” [Online]. Available: <https://efold.gov.hu/>.
- [22] „<https://geospatial.trimble.com/en/products/software/trimble-ecognition>,” Trimble, [Online]. Available: <https://geospatial.trimble.com/en/products/software/trimble-ecognition>.
- [23] „https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71,” [Online]. Available: https://polgariszemle.hu/images/content/pdf/PSZ_2022_2_HUN_beliv_ONLINE.pdf#page=71.
- [24] „<https://climate.ai/blog/europes-drought-and-how-some-businesses-are-adapting/>,” [Online]. Available: <https://climate.ai/blog/europes-drought-and-how-some-businesses-are-adapting/>.

Ábrajegyzék

1. ábra 2021 és 2022-es év csapadékmennyisége	8
2. ábra Mezőgazdasági aszályszint Magyarországon 2022. augusztus hónapban [5]	9
3. ábra Lakhelyem, Vasszécseny határában található Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer (saját fénykép)	11
4. ábra Az aszály fokozatai és küszöbértékei [9]	12
5. ábra Nyári növényekre vonatkozó mezőgazdasági aszályszint 2022. júliusában [11]	13
6. ábra Kombinált szárazságjelző (CDI), talajnedvesség (SPI) és fAPAR alapján 2023. szeptemberében[12]	14
7. ábra Őszi durumbúza magérett állapotban[13]	18
8. ábra Sárgarozsda által megbetegedett növény levelein látható elváltozások [14]	19
9. ábra A csolnoki terület vízhiányos részei [15]	21
10. ábra A terület erózióra veszélyes részei [16]	21
11. ábra Gyermelyi Zrt tulajdonában lévő malom [18]	23
12. ábra Spektrális sávokhoz tartozó hullámhosszokat tartalmazó táblázat (Saját táblázat)	24
13. ábra A vizsgált szántóföld vegetációmentes időszakban (Saját ábra)	26
14. ábra Műholdképek betöltése a programba (Saját ábra)	27
15. ábra A feldolgozáshoz használt szántóföld azonosítása eCognition programban (Saját ábra)	28

16. ábra A terület szegmentálása (Saját ábra)	29
17. ábra Osztályok létrehozása a táblán belül (Saját ábra)	30
18. ábra Osztályozott területek értékeinek vizsgálata (Saját ábra)	30
19. ábra NDVI index számítása (Saját ábra)	32
20. ábra NDVI eloszlásának változása (Saját ábra)	33
21. ábra Vegetáció változása a márciusi és áprilisi időszak között (Saját ábra)	33
22. ábra Számított NDVI átlagértékek változása grafikonon (Saját ábra)	34