



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT

**Több évtizedes földhasználat hatása a talaj
jelenlegi termőképességére**

OE-AMK
2022

Hallgató neve: Bártfai Árpád
Hallgató törzskönyvi száma: T000642/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bártfal Árpád
Szakdolgozat száma: SZD21040709388144
Törzskönyvi száma: T000642/F112904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök
Specializáció:

A dolgozat címe: A több évtizedes földhasználat hatása a talaj jelenlegi termőképességére
A dolgozat címe angolul: The impact of long-term land-use changes on current soil fertility
A feladat részletezése: Szakirodalom alapján foglalja össze az utolsó öt dekádra jellemző földhasználatot és változásait hazai viszonyok között, továbbá a mezőgazdaságban végbemenő technológiai fejlődést! Egy kiválasztott mintaterületen vizsgálja meg a múltbeli földhasználat hatását a talaj termőképességére! Gyűjtsön össze régi térképeket, légifelvételeket és jelenleg készült adatokat a vizsgált területre vonatkozóan! Hisztorikus adatok alapján ismertesse a mintaterület földhasználatának térbeli és időbeli változását! Aktuális műholdas felvételek osztályozásával mérje fel a táblán belüli heterogenitást, termőképességet! Multitemporális adatok elemzésével keressen összefüggéseket a talaj jelenlegi termőképessége és a terület múltbeli használata között! Foglalja össze és értékelje ki a kapott eredményeket!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata

Külső konzulens neve: Csornai Gábor
Munkahelye: Cosima Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.
Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 11. 11.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Holcás 2022.11.25.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	5
1.1 Problémafelvetés	5
1.2 Kitűzött célok.....	5
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1 A precíziós gazdálkodásról általában.....	7
2.2 Távérzékelés a mezőgazdaság szolgálatában.....	9
2.3 A zóna, mint művelési egység.....	14
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	16
3.1 A vizsgált földterület bemutatása	16
3.2 A vizsgált földterület története.....	18
3.3 A régió és a vizsgált terület talajtani bemutatása	21
3.4 A vizsgált terület talajdepressziót kiváltó okai.....	22
3.5 A terület vizsgálatának módszerei.....	25
3.6 A táblán folytatott előzetes mérések.....	26
3.6.1 Talajmintavétel	26
3.6.2. Talajhőmérséklet.....	26
3.6.3. Különböző talajtípusok magassági összefüggései	27
3.6.4. Klaszterek kialakítása IDRISI segítségével.....	27
4. EREDMÉNYEK	32
4.1 Talajminták laboratóriumi vizsgálatának kiértékelése	32
4.1.1 A vizsgált talajszelvények kémhatása.....	32
4.1.2 A vizsgált talajszelvények kötöttségi értékének és szén-savas- mész-tartalmának összefüggései	33
4.2 Talajhőmérséklet különbségek a vizsgált talajtípusok szerint.....	37
4.3 Külső szolgáltató és a saját zónakialakítás összehasonlítása.....	37
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	45
5.1 Zónák kialakításának módszere	45
5.2 Termőképesség javítás, a több évtizedes földhasználat negatív hatásainak csökkentésével.....	48
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	51
7. SUMMARY	53

8. IRODALOMJEGYZÉK	55
9. MELLÉKLET.....	56

1. BEVEZETÉS

„A változatosság gyönyörködtet” - Cicero (Krisztus előtt 106 – 43)

1.1 Problémafelvetés

Cicero gondolata helyén való, de ritkán helytálló a mezőgazdaság berkein belül, ahol manapság már minden precízen kiszámított, mért és feldolgozott. Ma már senki sem szereti a véletleneket, a legtöbben mértani pontossággal akarják meghatározni termőterületük adottságait, a szükséges input mennyiséget és a kinyerhető profitot. Hozamtérképeket, műholdfelvételeket elemzünk, NVDI térképeket használunk, zónákat alakítunk ki különböző tulajdonságok és mérések alapján.

Nagyon sok gazdálkodó a mai napig úgy kezd bele egy számára ismeretlen, új földterület művelésébe, hogy annak történetével csak kis mértékben, vagy egyáltalán nincs tisztában. Nem ismeri sem a talaj viszonyait, sem adottságait és azt sem ismeri fel, hogy az adott szántóterület valójában milyen kölcsönhatások révén válik a maximálisan kinyerhető haszon forrásaként.

Valójában a gazdálkodó mit lát? A talaj színét, erezettségét. Be tudja határolni a talaj típusát, ahhoz jó esetben ki tudja választani a kellő talajművelő gépeket. Viszont egy adott terület – és az lehet szántó, legelő, vagy akár ültetvény – történetét és az ahhoz kapcsolódó múltbéli földhasználatból eredő károkat, de akár előnyöket is, ritkán ismerik. Nem túl gyakran megy utána senki, hogy ki, mit, hogyan termelt a területen az elmúlt időszakban, akár évtizedekben. Mióta rendelkezik az adott művelési ággal? Történt-e változás abban és ha volt, miért? Egyre ritkábban ismerjük az előző tulajdonosokat, bérlőket, földhasználókat. Napjainkban már nem divat az öregektől kérdezni, régi térképeket, fotókat böngészni pedig néha igen is kifizetődő lenne. Szakdolgozatom témáját egy ilyen légi fotó inspirálta, 1962-ből, tehát pontosan 60 évvel ezelőttről.

1.2 Kitűzött célok

Dolgozatommal egy olyan valós problémára szeretnék rávilágítani, mi szerint egy konkrét szántóterület 60 évvel ezelőtti földhasználatára, művelési ága hatással lehet-e a mai

terméseredményekre. Lehet-e összefüggés a több évtizeden át tartó legeltetés, talajtaposás és a mai termésdepresszió között?



1. ábra: Tanya, archív fotó - 1965

[Thorma János Múzeum - Kiskunhalas]

Milyen viszonyokat találunk egy 50 éve lebontott és teljesen művelés alá vont tanyavilág helyén? A dolgozatban párhuzamot vonok, hogy egy 60 éves ortofotón látható sajátosságok (tanya, legelő, mezőgazdasági földút) még ma is tapasztalható „lenyomatait” milyen hatást gyakorolnak egy mai zónakialakításra. Illetve a saját zónáim miben különböznek egy külső szolgáltató által készített lehatárolásoktól, ahol a háttértudás csak felületes a vizsgált tábla vonatkozásában. 5 év átlagában megvizsgálom a terméseredményeket műholdfelvételek alapján, elemzem az említett legeltetett területek és tanyafolt jelenlegi talajállapotát és végül ezek eredménye alapján felmérem a több évtizedes földhasználat hatását a mai termőképességre.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

„A mérés megerősíti a döntéshozókat a legjobb gyakorlatok kialakításában, és legfőképp azok alkalmazóinak segít feltárni a kapcsolatot a pénz és az eredmények között” (Bill Gates, Microsoft Corp.)

2.1 A precíziós gazdálkodásról általában

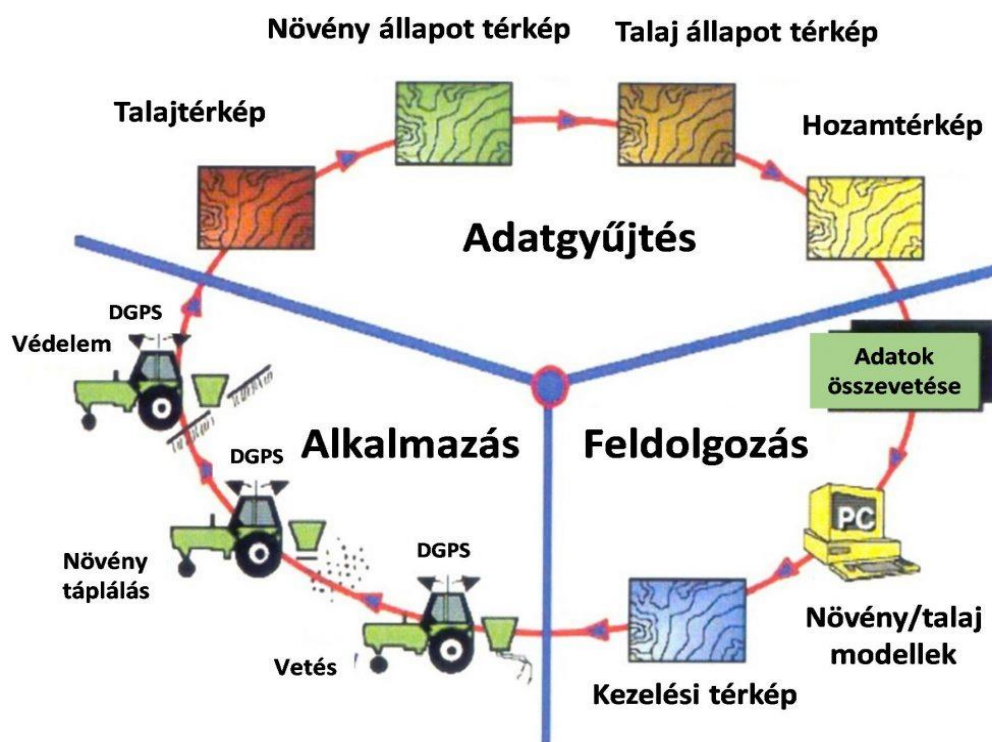
Dr. Németh Tamás az MTA főtitkára szerint: „A mai értelemben vett precíziós, helyspecifikus mezőgazdaságról a helymeghatározó rendszereknek a polgári felhasználók számára történő elérhetőségétől kezdődően beszélhetünk. A precíziós gazdálkodás területén bekövetkezett fejlesztések – mint sok más egyéb technikai előrelépés esetében is – a katonai kutatások területéről származnak.” (Dr. Németh, 2014) Az eredetileg angol nyelvű *Precision Farming* kifejezés a mezőgazdasági területek helyspecifikus és célzott kezelésének folyamatát jelenti. A kifejezés magában foglalja a digitális folyamattechnológiák egyes részhalmazát a mezőgazdaság egyre többlépcsős digitalizálásával összefüggésben. A precíziós gazdálkodás célja, hogy figyelembe vegyük a talaj és a termőképesség különbségeit egy táblán belül.

A precíziós növénytermesztés és lényegében az egész agrárgazdálkodás egy olyan irányítási megközelítés, amelyben a megfigyelésre, mérésre, valamint a megtermelt termények és a szántóterületek kihívásaira kapott digitalizált válaszokra összpontosítunk. Helyesen használva segít növelni a termés hozamot, csökkenteni a költségeket, beleértve a munkaerőköltségeket, és optimalizálja a tenyészidőszakban felmerülő ráfordításokat. Mindezek nagymértékben hozzájárulhatnak a jövedelmezőség növeléséhez. A precíziós gazdálkodás ugyanakkor növelheti a munkabiztonságot és csökkentheti az agrárium környezeti hatásait, hozzájárulva ezzel a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságához. A gyakorlatban ez teszi lehetővé a gazdák számára, hogy hatékonyabban használják fel a vetőmagokat, műtrágyákat és növényvédő szereket, és ezzel növeljék a hozamukat is. Sajnos a megérzés és a szerencse egyre kevésbé fontos a modern gazdálkodásban. Ehelyett a technológia teszi lehetővé a gazdák számára, hogy számadatok alapján hozzák meg döntéseiket.

Az üzemi talaj- és (növény)állomány-gazdálkodás, változó tőszámú vetést és szegmentált műtrágyázást tesz lehetővé, így a gyomirtó- és ásványi műtrágyák csekélyebb használatán

keresztül üzemi erőforrás-megtakarítást és ökológiai tehermentesítést, vagy a növényvédő szerek használatáról való teljes lemondást eredményezhet. Az adatgyűjtés lehetővé teszi a „digitális térképek” (földrajzi információs rendszerek, térinformatikai rendszerek) használatát is a jövőbeni gazdálkodási intézkedések megtervezéséhez, valamint a finanszírozási döntések keretein belül már végrehajtott gazdálkodási mechanizmusok igazolását.

A Precíziós gazdálkodás teljes rendszerét, - de akár fogalmazhatunk úgy is, hogy körforgását, a Megosz (Mezőgépgyártók Országos Szövetsége) elnöke, Csanádi Tamás fogalmazta meg és ábrázolta nagyszerűen egy 2021. márciusi előadásában Törökszentmiklóson a Claas gépgyártó haza központjában. (2. ábra)



**2. ábra: A digitális szántóföldi termelési rendszer
főbb elemei**

[Mezőgépgyártók Országos Szövetsége, 2021]

Ezzel a körforgással lényegében láthatóvá válik a teljes precíziós körforgás modellje. Ezek szerint, ha nem áll rendelkezésre kellő számú és változójú adat, nem lesz a feldolgozott output sem hasznosítható. Ennek következtében a már a mezőgazdasági területen alkalmazott, feldolgozott adatból kinyert munkafázisok is torzítani fognak, legyen az tápanyag visszapótlás vagy akár változó tőszámú vetés. Végso soron tehát elmondható, hogy megfelelő számú, folyamatosan ellenőrzött és évről évre aktualizált adat a precíziós gazdálkodás folyamatának az alfája és omegája.

Adatot kaphatunk különböző helyszíni mérésekből, megfigyelésekből, saját munka feldolgozásaként, külső szolgáltató által mért értékek alapján, de megállapítható, hogy legegyszerűbben távérzékelésből nyert információk feldolgozása útján.

2.2 Távérzékelés a mezőgazdaság szolgálatában

Az elmúlt évtizedekben a távérzékelés az élet megannyi területén használatos adatnyerési eljárássá vált. Mint szót, elsőnek 1972-ben, az első LANDSAT műhold fellövésekor használták. Bár igaz, Szabó József és társai megközelítése alapján: „A távérzékelés egyidős az emberiséggel, mondhatnánk a kifejezés szó szerinti értelmezése szerint, hiszen az emberi szem, mint megfigyelő „eszköz” tökéletesen alkalmas a látható fény tartományában történő érzékelésre. Természetesen a távérzékelés fogalma a technika fejlődésével került a tudomány szótárába, jelentését tekintve messze felülmúlva az emberi szem képességét. A környezeti informatika tárgykörébe tartozó adatfelvételezési módok közül a képi adatgyűjtés az egyik legfontosabb.” (Szabó et al. 2007)

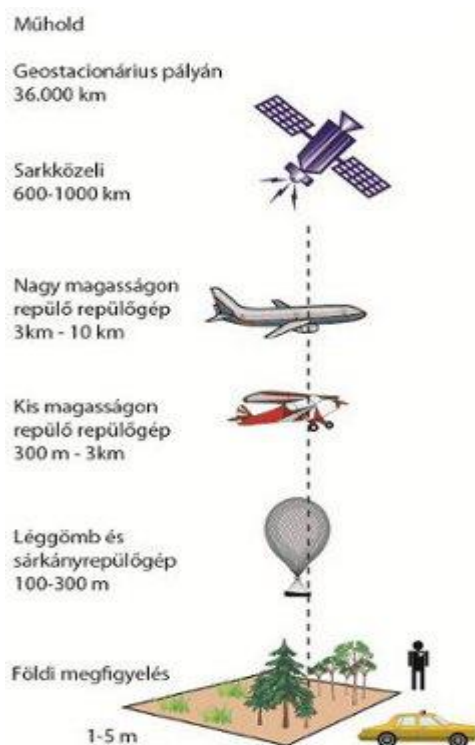
Viszont Mucsi László az SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék docense a távérzékelést már egyértelműen tudományágként aposztrofálja, „amely a tárgyakra vagy a jelenségekre jellemző információk beszerzésével és megmérésével foglalkozik olyan rögzítő berendezések segítségével, amelyek nincsenek közvetlen (fizikai) kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel.” (Mucsi 2004)

Felülről tekintve a tájra új értelmezést, magyarázatot kaphatnak a különböző folyamatok és jelenségek. Nagyvárad László nagyon találóan, egy mindennapi példával mutatja be a távérzékelés spektrális viszonyait. Hasonlóan ahhoz, ahogy „a szőnyeg mintáit másként

látja a rajta sétáló macska, és másként az ember, aki magasról tekint le rá. A terepi geológus másként látja a feltárást, mint a nagy területet egyszerre bemutató légifelvétel.” (Nagyvárad L. 2007)

Amíg a légifényképezés tulajdonképpen a földfelszín által visszavert, illetve a felszín saját sugárzását használva készíti a felvételeket (passzív letapogatás), addig a legtöbb távérzékelő üreszköz a saját maga által kibocsátott sugárzás segítségével is képes a földfelszín letapogatására. Ezt a módszert aktív letapogatás. Azok a felvételek, amiket így kapunk, radar képeknek nevezik.

A távérzékelés, mint tudományág kifejlődéséhez az embernek meg kellett tanulnia repülni, legalább is repülőgépet tervezni, építeni és azt biztonsággal vezetni. A távérzékelés, mint az információ megszerzésének módszere, nem újkeletű lehetőség, mivel egy hagyományos fényképezőgép is alkalmazható tudományos feladatok megoldására, az abból kinyerhető fotó pedig kiindulópontja lehet egy konkrét deffiniált feladat számára is. A légifényképezés a repülés elterjedésével egy idősebb, több mint száz éves múltra tekint vissza. Az első repülések természetesen nem távérzékelési céllal történtek, de a magasból készült első ortofotók szolgálták alapot az első, még nagyon nagyméretű pixelekkal rendelkező műholdas felvételek beazonosításául. A repülés és az űrtechnológia fejlődésével egyre nagyobb területekről készülhetett egy azon időben készült felvétel. Az emberiség minél magasabbra jutott a Földtől, annál fejlettebbé vált a távérzékelés lehetősége és az abból kinyerhető adatok feldolgozásának sokrétűsége. Tehát elmondható, hogy a Föld felszínéhez mért repülési pálya magasságával egyenesen arányosan javult a távérzékelés technológiája és ezáltal a kinyerhető adatok mennyisége.



3. ábra: A távérzékelés fejlődése

[Nagyvárad L. 2014]

Ahogy a 3. ábrán látszik, az első, kellő magasságból készült felvétel a léghajók elterjedésével valósult meg.

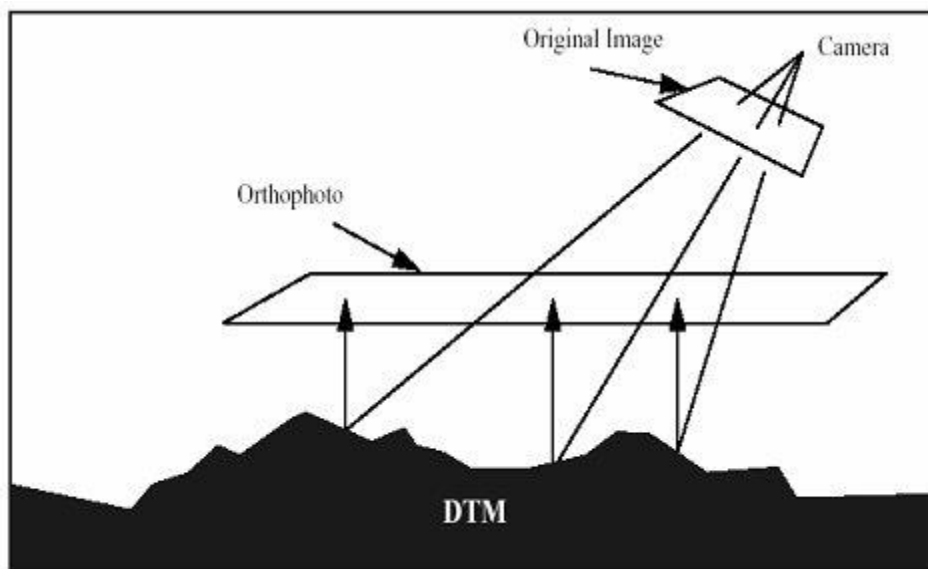
Nemerkényi Antal földrajz professzor már 1997-ben, hasonló módon vélekedett távérzékelés kezdetéről, ahol is szerint a „távérzékelés korszaka” végeredményben akkor kezdődött, amikor egy Félix Tournachon nevű francia fotográfus 1858-ban léggömbön Párizs fölé emelkedve elkészítette az első légifelvételt. A módszer századunk elején, a motoros repülőgépek megjelenésével indult igazán fejlődésnek, s mint a civil tudományos módszerek oly sok válfaja, ez is a hadi célú felhasználás „melléktermékeként”, a katonai rendeltetésű légifelvétel oldalvizein surrant be a földtudományok kutatási tárházába (Nemerkényi A. 1997).

A távérzékelés és az általa kinyert információk egy régi földhasználatból adódó, a mai termelékenységre hatással levő problémára viszont csak a műholdak adatszolgáltatása óta

nyújtanak megoldást. A kiindulási alapot viszont nagyon jól lehet vizsgálni akár egy 50 éves jó minőségű ortofotón is. Az Amerika Egyesült Államok Földtani Intézete megfogalmazása szerint „Az ortofotó olyan légifelvétel, amelyen a kamera dőléséből, a lencsetorzításból s más okokból eredő hibákat speciális műszerek segítségével kiküszöbölik.” (U.S. Geological Survey – USGS, 2022)

Ilyeneket Magyarországon már az 1950-es évektől készítettek. Ezek minősége még sok kivetni valót hagyott maga után. Feldolgozási alapnak sem voltak megfelelőek, mert elmosódottak és életlenek voltak ahhoz, hogy bizonyos térképi elemek méretpontosan beazonosíthatóak legyenek.

Ha egy ortofotót vizsgálunk, lényegében egy közönséges fényképre hasonlít, amiből azonban hiányzik minden geometriai torzulás, viszont egységes méretarányval rendelkezik, ami segít, hogy rajta pontos méréseket és ezáltal vizsgálatokat végezzünk el. Az ortofotót térképnek is nevezhetjük, mivel a képen lévő földfelszín ortogonális leképezéséről van szó.



4. ábra: Ortofotó előállításának elve

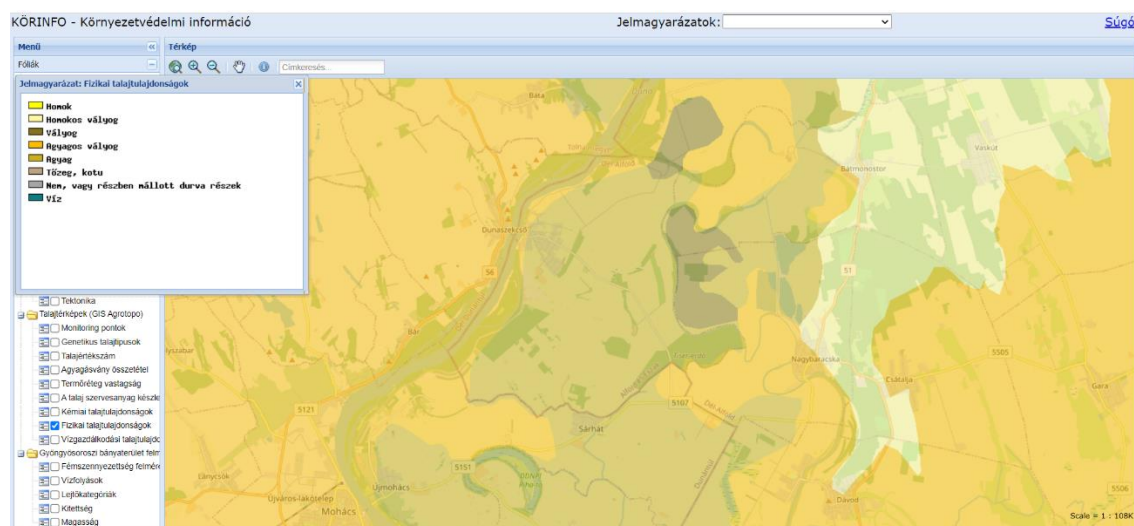
[Dr. Mucsi L. 2004]

Dr. Mucsi László, a Szegedi Tudományegyetem docense szerint egy jó minőségű ortofotónak a vonalas térképekkel szemben milliónyi előnye van. Legfontosabban ezek

közül:

1. sokkal szemléletesebb képet ad a földfelszínről
2. a felhasználó a számára szükséges képi tartalmat a térkép geometriai pontosságával nyerheti ki
3. előállítás (nagy tömegben) gazdaságosabb, olcsóbb és gyorsabb a vektoros térképénél (Dr. Mucsi L. 2004)

Egy adott térség, de akár egy kiválasztott mezőgazdasági tábla talajtani viszonyainak vizsgálatához is alapot adhat egy ortofotó. Ma már nagy segítséget nyújt a mezőgazdasági területek talajviszonyainak, termőképességének vizsgálatában a MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (MTA TAKI) Környezetinformatikai Osztálya által elkészített Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR), mely szintén milliányi légifelvételt digitalizált és használt fel az adatbázis elkészítéséhez. A DKTIR 1:25.000-es méretarányú Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképeket tartalmaz, ami a mai napig az egyetlen, ami az egész országot lefedi és alkalmas a gazdaságok és földhasználók földhasználattal kapcsolatos döntéseinek támogatására.



5. ábra: Talajinformációs Rendszer – fizikai talajtulajdonságok

[MTA TAKI - Digitális Kreybig Talajinf. Rendszer, 2022]

A Talajinformációs Rendszer, 5. ábrán látható fizikai talajtulajdonságok térképe szemléletesen mutatja a dolgozatom témájának életszerűségét. A térképen nagyon jól látszik, hogy nagyításra sem képesebb a rendszer táblaszintű lehatárolásokra. Csak és kizárólag térségek és régiók átlagos talajviszonyait értékeli, így a gazdálkodók precíziós gazdálkodáshoz szükséges zóna kialakításához, talajtani és termőképesség információkat nagyon szűken, vagy egyáltalán nem tartalmazza.

De miért is fontos egy vizsgált tábla esetében a heterogenitás vizsgálata? Lényegében, lehetetlen olyan mezőgazdasági művelés alatt álló szántóterületet találni, melynek minden egyes mintavételi pontja, azonos talajtani és termőképességű értékeket mutat. Természetesen nem valós elvárás, hogy minden egyes négyzetméterről gyűjtsünk adatot, de törekedni kell az azonos értékek (legyen az bármely vizsgálati paraméter) lehatárolására, más néven a helyes zónázásra, zóna kialakításra.

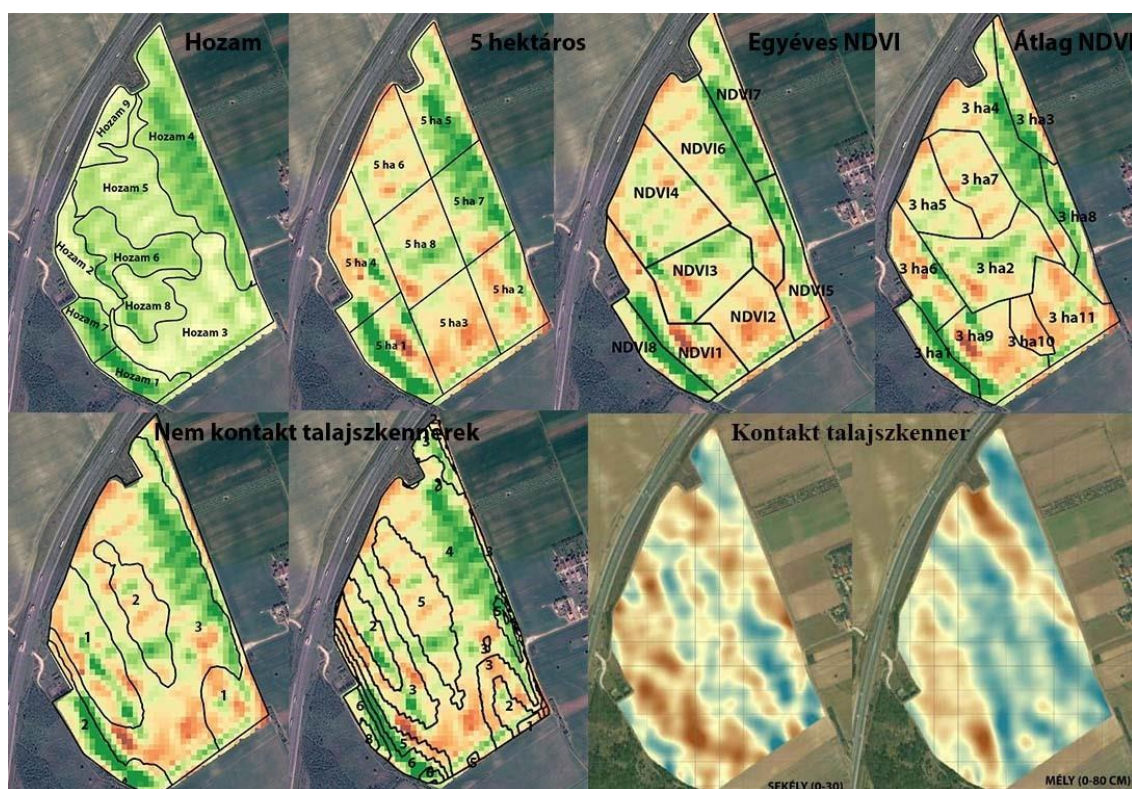
2.3 A zóna, mint művelési egység

A zóna, Csornai Gábor, a Cosima Kft. tulajdonosának tollából így hangzik:

„A precíziós szántóföldi növénytermesztés központi fogalma, szereplője, tényezője a táblán belüli kezelési, művelési egység.” (Csornai G. 2017) A zónák a szakirodalom szerint az azonos terméspotenciálú, adottságú területek. Gyakorlatilag azok a kis szomszédos részterületek, homogén „foltok” a táblában, ahol több éven át igaz, hogy a táblarészek, foltok belül hasonlóan „teljesítenek” (hozam) azonos művelés mellett. Kiemelten fontos az időbeni állandóság, ami a talaj és egyéb helyi tulajdonságok, adottságok hasonlóságát is jelzi. Éppen ez a tapasztalati tény – az években nagyjából azonos hozam – támasztja alá azt, hogy ezeket az egységeket valóban a tábla művelési alap egységeinek lehet tekinteni. Viszont zónákat kialakítani nagyon sokféle módon és képen lehet. Ahogy, például Dr. Láng Vince és társai egy kísérleti táblán tették, ahol különböző zónalehatárolási, mintavételezési és vizsgálati technológiát próbáltak ki és hasonlítottak össze. (6. ábra) A helyes módszerek megtalálása és a helyes zónakialakítás hosszútávon is befolyásolja az adott táblán alkalmazott precíziós gazdálkodás „sikerességét”. Csornai szerint: „A zónák megfelelő megkeresése a táblában csak több éves számszerű (hozam) elemzéssel lehetséges, hogy az adott növény és az évjárat mellett

is megbízható eredményre jussunk más növényekre vonatkozó elkövetkező termesztés támogatásában is.” (Csornai G. et al., 2019)

Egy több évtizedes földhasználat (pl. legeltetés) okozta talajdepresszió esetén kifejezetten fontos az egységes területek helyes lehatárolása, mivel a zónák pontos, megbízható meghatározása a precíziós termesztés hatékonyságának kulcsa, a termesztés jövedelmezőségének alapja.



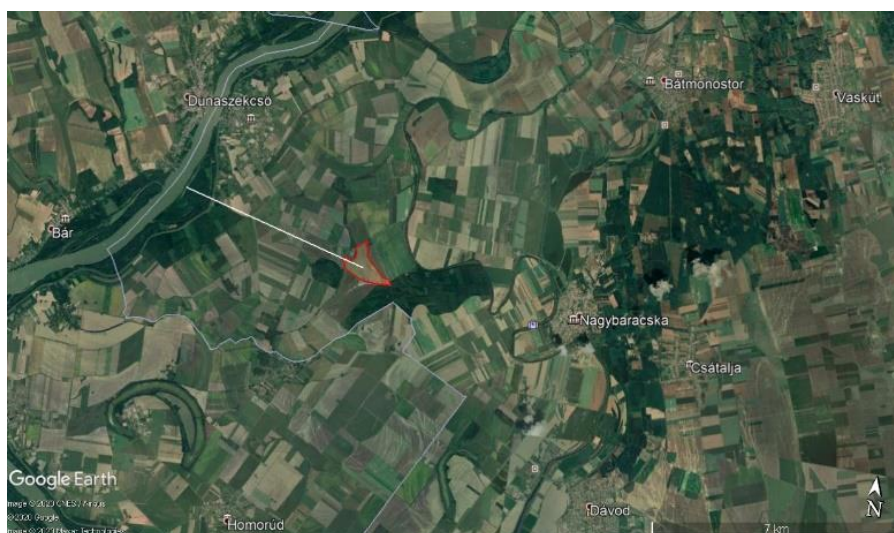
6. ábra: Különböző módszereken alapuló zónalehatárolások

[Dr. Láng Vince et. al. – Agrárágazat folyóirat 2018]

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A vizsgált földterület bemutatása

A választott terület, a saját családi gazdaságunk, Mohács-szigeten lévő területei közül egy igen változatos talaj és földrajzi adottságokkal rendelkező szántó. Dunafalva külterületén fekszik Baranya és Bács-Kiskun megye határán, a Dunától nem egészen 5,5 km-es távolságra.



7. ábra: A vizsgát terület átnézeti képe

[Saját szerkesztés a Google Maps felhasználásával]

A terület koordinátái a következők: É 46.0494945° és K 18.8248888°

EOV koordinátái: EOY - EOX: 632771,5m és 78343,6m.

Területe 65 ha

A Google Earth térképét vizsgálva látszik, hogy a táblát Dk és DNy-i irányból is erdő határolja, bár éppen csak érintőlegesen. A tábla ÉNy-i oldalán egy még ma is látható, de romos istálló és majorság áll, melynek a részletes jellemzésben és értékelésben még fontos szerepe lesz. A szántó D-i oldalán a műhold felvétel alapján felsejlik egy másik, már régen lebontásra került, hasonló istálló vagy más mg-i épületcsoport régen lebontott helyszíne.



8. ábra: A vizsgát terület körbehatárolt képe

[Saját szerkesztés a Google Earth felhasználásával]

A tábla neve: Legelő, mely már a nevéből adódóan sok sajátos és érdekes tulajdonsággal rendelkezik. A szántón, cégünk portfóliójába tartozó minden növénykultúra sikerrel termesztethető, viszont a szélsőséges, táblán belüli anomáliák sokszor befolyásolják az adott évi kultúra termesztésének sikerességét. A szántó, a Mohács-sziget és azon belül is, a környék magassági viszonyaihoz képest, táblán belül, viszonylag nagy mikrodomborzati eltérésekkel rendelkezik. Jellemző rá a dombtetőn, erodált, már-már teljesen lepusztított homokhát, a mikrovölgybe összerosott, humuszban gazdag terület és az évszázadokon át történő legeltetésből adódó tömörödöttség és emiatt belvizesedésre alkalmas táblaközép. A Legelő-tábla legmagasabb pontja, a terület D-i oldalán, a táblát határoló mg-i földút mentén, az út törésénél látható, régi tanyahely területe. Innen, félkörívben É és ÉK irányba talajdegradációs sávok húzódnak, amelyek legjobban csak egy domborzatmodellel, esetleg digitális felszínmodellel bemutathatók.

Mohács-sziget és természetesen azon belül, a Legelő-tábla is Magyarország genetikai talajtérképén is jól láthatóan a réti öntéstalajok csoportjába tartozik. A Duna évezredeken keresztül évi rendszerességgel öntötte el a még árvízvédelmi töltésekkel nem védett területeket, értékes, humuszban és mikro és makro elemekben gazdag iszapos hordalékkal javítva minőségét.

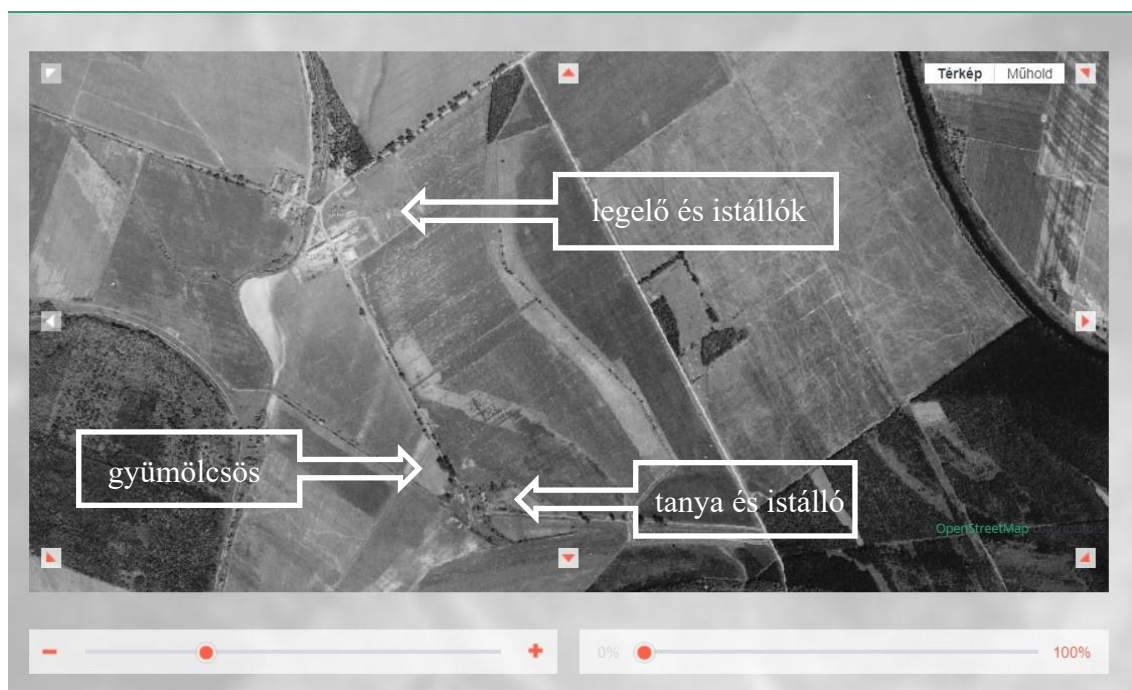
3.2 A vizsgált földterület története

A Mohács-szigetet a Duna szabályozása előtt (1875), de olykor-olykor még a védművek és töltések megépítését követően is többször elöntötte a folyó. Hordalékával nem csak tápanyagban gazdag iszapot, de a mai napig erek és foltok formájában jelen lévő folyami homokkal is betérítve a ma már művelés alatt álló területeket. Hosszú évszázadokon keresztül a szigetet teljes területén lápos-mocsaras, ligeterdős vadon jellemezte, melynek lecsapolásával többször próbálkoztak, de valójában és sikerrel csak a Duna szabályozás után vált mezőgazdasági területté.

A belvíz levezetés 1905 és 1910 között készült el (Küzdényi Szilárd tervei alapján). A 32 ezer hektár nagyságú szigetből majdnem 1800 ha lett szivattyúzott (Buzetzky Gy. 2002). 1914-ben a szigeten már 96 km elsőrendű belvízcsatorna volt. 1925-ben elkészült a hercegszántói szivattyútelep. 1925 és 1927 között újabb 110 km belvízcsatornát építettek Porgányi Lajos vezetésével (Ihrig D. 1973).

A táj mezőgazdasági jellegűvé alakulása miatt a népességszám is növekedésnek indult. A 19. század végén a szigeten még csak mintegy 200 tanya állt itt összesen 1000 állandó lakossal. 1920-ra a lakosság szám megháromszorozódott és már 600 tanyát rejtett a sziget, 3000 lakossal (Kenessey B. 1931).

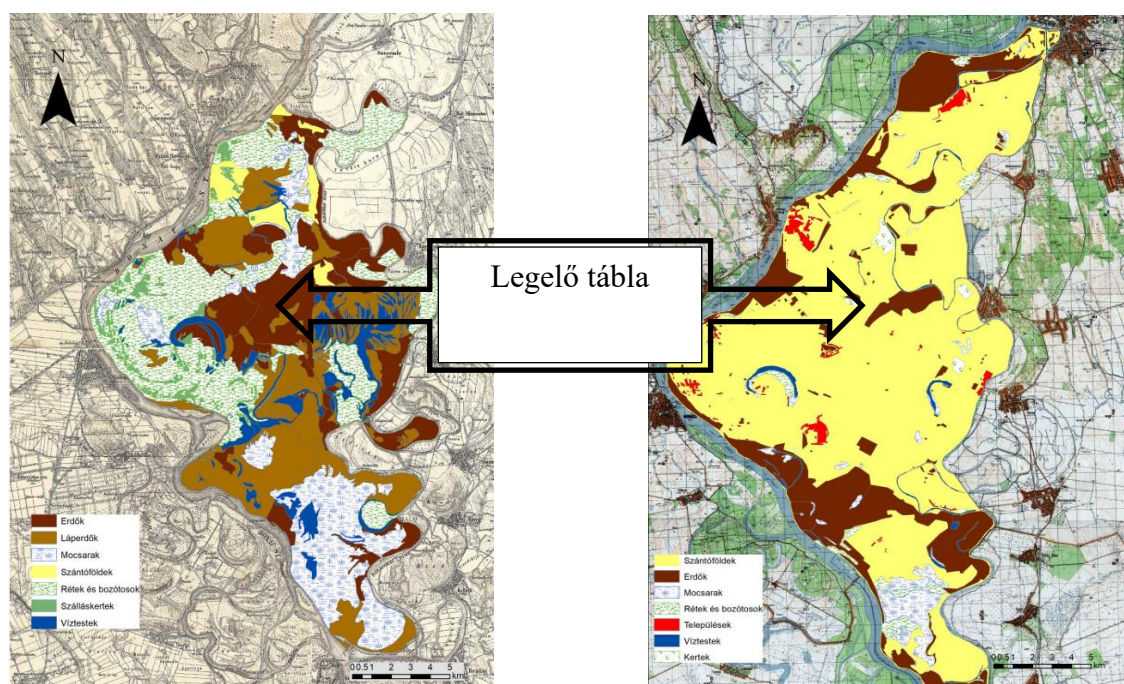
A főleg csatornapartokon élő tanyasiak szántóföldi növénytermesztéssel, erre épülő állattenyésztéssel, valamint gyümölcs- és zöldségtermesztéssel foglalkoztak. Érdekes és fontos kiemelni, hogy az általam vizsgált 65 ha-os területen, lényegében minden művelési ág képviseltette magát a szakdolgozat alapjául szolgáló 1962-es amerikai kémrepülőgép által készített ortofotó tanulsága szerint. (9 .ábra)



9. ábra: Ortofotó a vizsgált területről (1962)

[Saját szerkesztés a <https://www.fentrol.hu> alapján]

Az 1930-as évektől kezdve, megkezdődött a mocsarak végső lecsapolása, a ligeterdők erdőgazdaság általi kitermelése és az addig termelés alá nem esett területek fokozatos szántóvá alakítása. Emiatt, és a már korábban megkezdődött vízügyi munkálatok hatására gyökeresen megváltozott a sziget tájszerkezete is. Az 1950-es évekig a mezőgazdasági területek a korábbi 3%-ról 71%-ra nőttek. Később a szántók aránya néhány százalékot változott, de mindmáig 70% körül maradt (Hervai et al. 2020).



10. ábra Felszínborítottság-térkép a Mohácsi-szigetről 1884 és 1952 körül

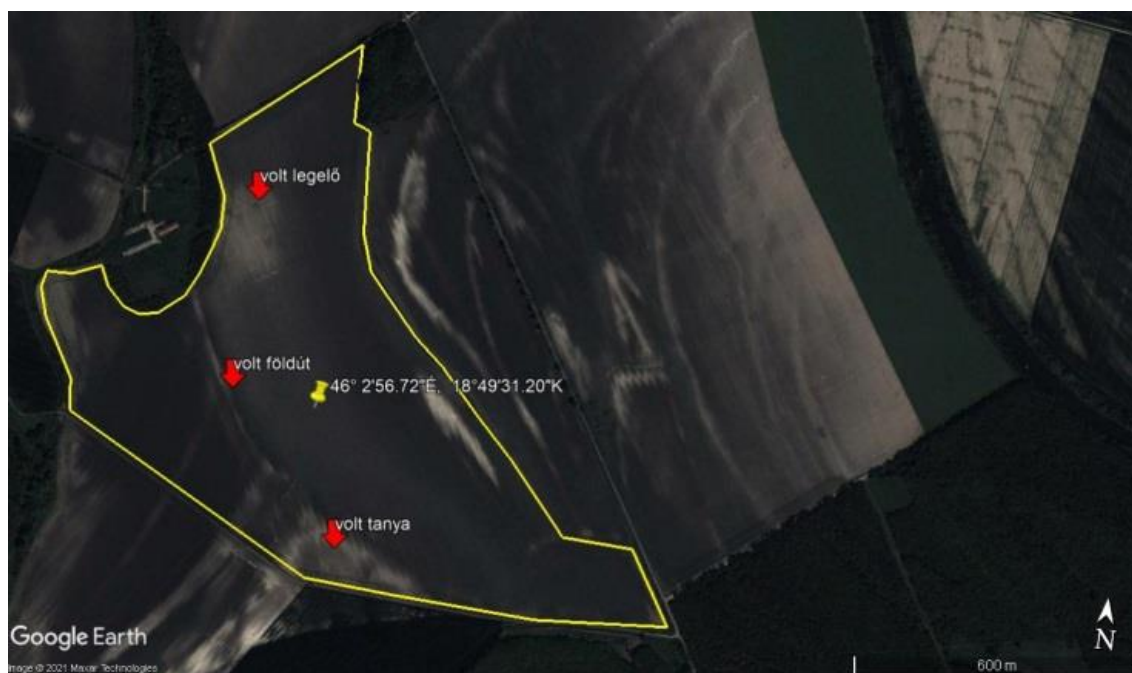
[Hervai A. - <https://maps.arcanum.com/hu/> 2020]

A szocializmus 40 évében alig változott a táj makroszerkezete. A kisbirtokok megszűnésével a Termelő Szövetkezetek és Állami Gazdaságok uralták az ország ezen területét is. Hervai András által szerkesztett, 10. ábra két térképét tanulmányozva kijelenthető, hogy még az 1800-as évek végén is a természet uralta ártéri táj nem egész egy emberöltő alatt végérvényesen mezőgazdasági művelés alá került. A II. Világháborút követő pár évtized alatt teljesen eltűntek a szigetre oly jellemző tanyasi gazdaságok, a legeltetési állattartást felváltotta a nagyüzemi istállózott állattenyésztés.

Dolgozatomban vizsgált 65 ha-os területen és az azzal határos mai táblákon családi tanyasi gazdaságok működtek, még a 60-as évek közepén is. Többnyire legelőkkal, kisebb szántókkal és gyümölcsösökkel, de már szövetkezeti szinten, a későbbi Állami Gazdaság „védőhálója” alatt.

Az 1980-as évek eleji melioráció során utolsóként a még vizenyős, alacsonyan fekvő legelők is szántókká változtak. A tanyák elnéptelenedtek, elbontásra kerültek. A vizsgált

terület utolsó, meghatározó tájképi elemét, a volt tanyát és az Állami Gazdaság istállóit összekötő földutat a tábla jelenlegi földhasználója, a Spiel-Mix Kft. szüntette meg 1998-ban. Ezzel a Legelő-táblán, a műholdképek elemzése alapján a mai napig fellelhető tájképi elemek utolsó helye is művelés alá került. (11. ábra)



11. ábra: Legelő – tábla műholdképe a megszűnt tájképi elemekkel

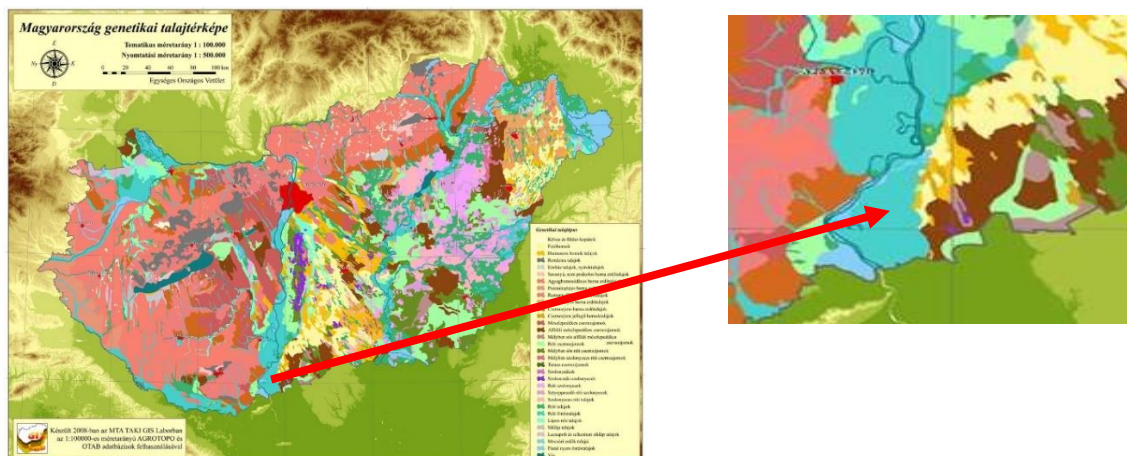
[Saját szerkesztés a Google Earth és QGIS szoftver felhasználásával]

3.3 A régió és a vizsgált terület talajtani bemutatása

Általánosságban elmondható, hogy a Duna melléki mezőgazdasági területek talajviszonyait a Dunakanyartól, illetve főképpen a magyar fővárostól délre öntéstalajok különféle változatai jellemzik. Az öntéstalajok a Duna bal, alföldi partvidékén jóval szélesebb sávban vannak jelen, mint a jobb oldali, dunántúli, dombosabb, magasabban fekvő területeken. Ahogy haladunk a Duna mentén egyre délebbre, az országhatár felé, az alföldi oldalon már sok helyen akár 20 km-es sávban is az öntéstalajokra jellemző néhol nagyon jó minőségű humuszos területekkel találkozhatunk, sokszor erősen homokos, löszös márványosodással.

A folyószabályozással, árvízmentesítéssel a rendszeres áradások megszűntek, így

maradandó vegetáció alakult ki. Az elöntések elmaradása miatt elindult a szervesanyag-felhalmozódás. Ennek okán az egész Mohács-szigeten a humuszos öntéstalaj a meghatározó talajtípus (12. ábra). Az ilyen talajokban a szervesanyag-tartalom már 1-2%, a humuszcéteg mélysége akár a fél métert is meghaladhatja.



12. ábra: Magyarország genetikai talajtérképe

[<https://www.elkh-taki.hu>]

3.4 A vizsgált terület talajdepressziót kiváltó okai

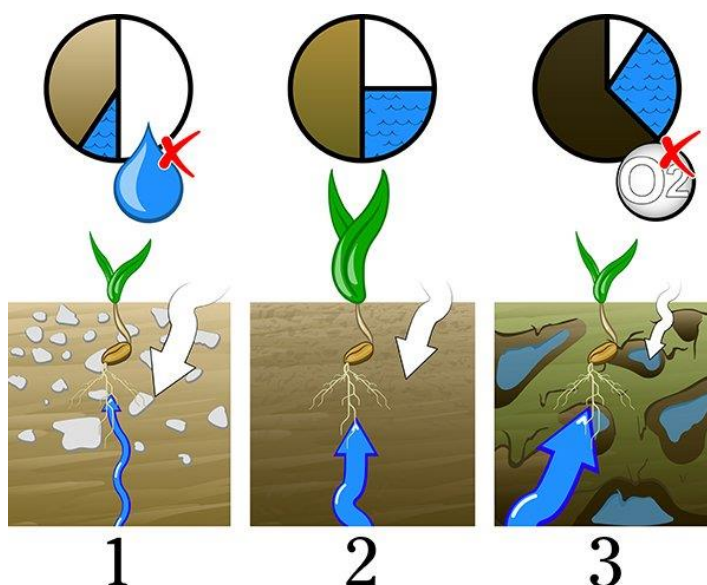
A terület történetének bemutatásánál és a dolgozat ötletéül szolgáló, közel 50 éves ortofotó tanulmányozásából kiderül, hogy a 65 ha-os táblán a következő talajdepressziót kiváltó tényezőket érdemes vizsgálni:

1. legeltetésből adódó károk
2. legeltetés hatására tömörödött talajon a belvíz kialakulásának veszélye
3. egy régi földút nyomvonala
4. elbontott tanya helye

A felsorolt négy tényező közül az első három mindegyike a talajtömörödöttség problémáját és annak vélt és valós következményeit vetíti elő. A talajtömörödés ebben az esetben azt jelenti, hogy megnő a talaj térfogattömege. A talaj sűrűbb lesz, mivel az egységnyi térfogatú részének megnő a súlya, a levegővel telített pórusok aránya csökken.

Ez a Legelő táblán megjelenik, mind a jószágok folyamatos, egy ugyan azon területrészen való legeltetésénél, a belvíz okozta nagyarányú víznyomás miatt és a különböző súlyú gépek és szekerek taposása okán a már megszüntetett földút helyén is.

Könnyen megérthető a folyamat kedvezőtlen hatása, ha végig gondoljuk mit okozhat amint egy traktor kerekei elgurulnak a könnyű talajon, amikor az nedves állapotban van. A talaj tömörödése korlátozza a víz mozgását a talajban, annak felső rétege vízzel telítődik, melynek következtében a gyökerek nem jutnak elegendő oxigénhez. Egyes tápanyagok felvehetőségét befolyásolja a talaj oxigénnel való ellátottsága (pl nitrogén és mangán). Anaerob körülmények között denitrifikáció alakul ki. A nitrogén, nitrogén-oxid vagy nitrogén gáz formájában távozik a talajból. A talajtömörödés így csökkenti a talaj - növények számára elérhető - nitrogén tartalmát is. Ami végül a várható hozamra is jelentős hatással bír.



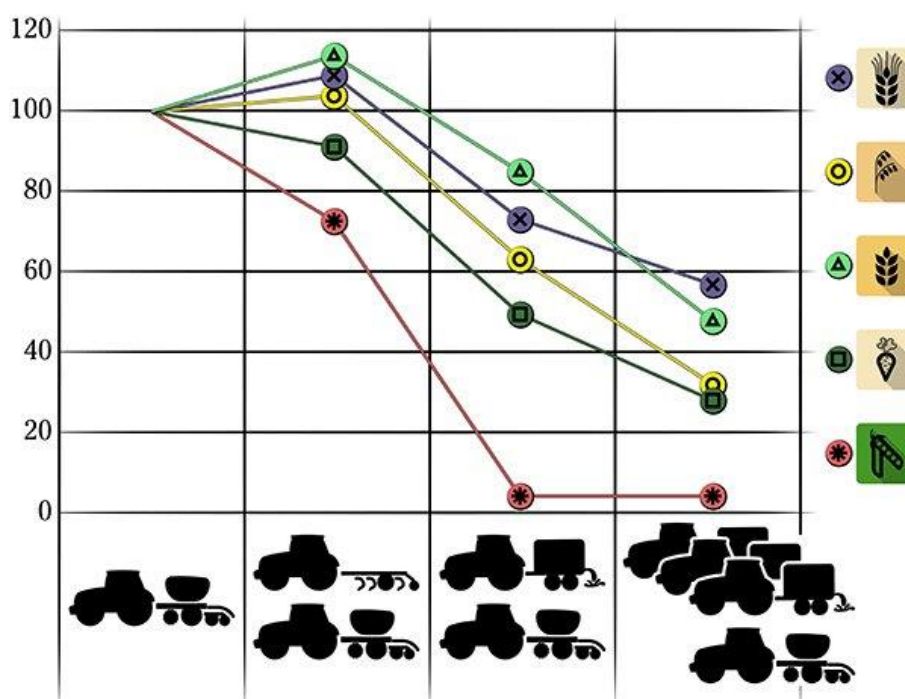
13. ábra: talajszemcse – levegő – víz aránya

[Soil Compaction – Väderstad Holding Ab. tanulmánya 2021]

A Väderstad svéd talajművelő eszközgyártó az Amerikai Egyesült Államokban megjelent tanulmányának ábrája (13. ábra) nagyon jól bemutatja a talajkolloidok, a levegő és a víz

50:25:25 százalékos optimális arányának „elcsúszásakor” keletkező, a növény csírázására hatással lévő depressziókat.

A Väderstad azt is megvizsgálta, hogy a vetés előtti talajtömörödés, miként befolyásolja egyes növénykultúrák (árpa, búza, zab, cukorrépa és borsó) termésmennyiségét. A mesterségesen előállított tömör talajréteget úgy állították elő, hogy vetés előtt a területet több menetben átjárták egy tartálykocsival.



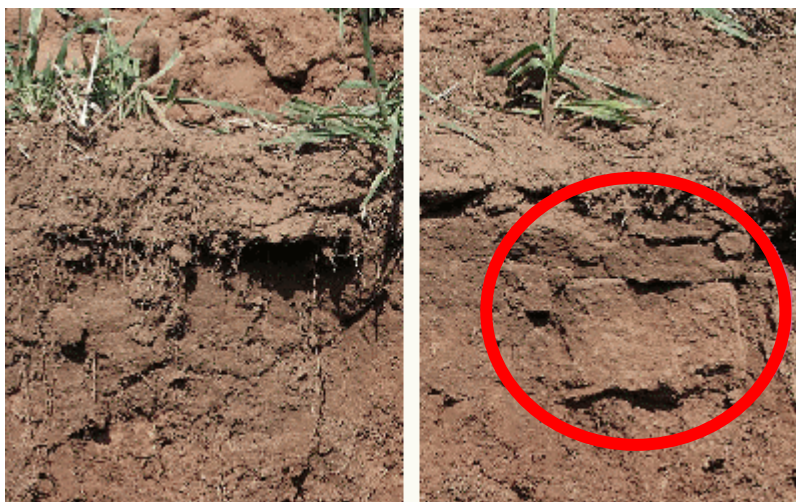
14. ábra: talaj tömörödöttség – termésmennyiség aránya

[Soil Compaction – Väderstad Holding Ab. tanulmánya 2021]

Az 14. ábrából nagyon jól látszik, hogy nem minden haszonnövény reagál ugyan úgy a tömörödöttségből adódó negatív hatásokra. Viszont az egyértelműen kiolvasható, hogy minél többször tapossuk meg az adott táblát, az növénykultúrától függetlenül termésdepressziót fog okozni. Cukorborsónál ez extrém, teljes termés kiesést is eredményezheti.

A vizsgált szántóterület feltérképezésekor több különböző időpontból vett műholdképen, ortofotón, de még egyszerűen a Google Earth képeit böngészve is látható egy volt földút,

ami két ma már nem létező tanyát / tanyacsoportot kötött össze. Az 1990-es évek végétől ez az út művelés alá van vonva. A tanyák megszűnésével funkcióját veszítette, beszántották. A 15. ábrán látható két fotó közül a bal oldali a régi út ma már művelés alatt álló felénél vett talajminta képe, míg a jobb oldali a művelésen kívüli mezsgye fotója. A folyamatosan művelt (lazított, szántott) területről vett minta jól mutatja, hogy a növények gyökerei már visszahódították az alsóbb talajszelvényeket is, tehát a tömörödöttség csökkent. A jobb oldali képen még több, mint 20 év után is láthatóak a földúton közlekedő szekerek, gépek nyomai. A négyzetes, kockához hasonlító, teljesen elválló talajszelvény a földút egyik keréknyomának maradéka.



15. ábra: „egészséges” és megtaposott, tömörödött talaj

[saját fotó]

3.5 A terület vizsgálatának módszerei

A szakdolgozatban elemzés alá vont táblát, terepi mérések kiértékelésével és műholdképek elemzésével vizsgáltam. Ezeken kívül, - mivel a tábla szerepel a Spiel-Mix Kft. „Mezőgazdasági digitális átálláshoz kapcsolódó precíziós fejlesztések támogatása” című, sikeresen megnyert Európai Uniós pályázatban – az Axiál Kft. és a Cosima Kft. nyilvános adatait is feldolgoztam. Ezen információk összessége elegendő a tábla több évtizedes földhasználatának a mai termelésre gyakorolt hatásainak vizsgálatához. A sok száz éven keresztül ért depresszív befolyások kiértékelése során, több fajta zónázási

módszert figyelembe véve megpróbáltam összefüggést keresni a megszűnt földhasználatok és rurális beavatkozások, mai hatásaival.

3.6 A táblán folytatott előzetes mérések

3.6.1 Talajmintavétel

A Legelő táblán az elmúlt 12 évben vett háromszori, részletes talajvizsgálati eredmények összehasonlításával kezelési egységeket állítottam fel. Mivel a mintavételi pontok pontos koordinátáit csak az utolsó talajvizsgálati eredmény tartalmazta, így lényegében ezen adatsor felelt meg az általam vizsgált feltételeknek. Még az Axiál Kft. által készített zónalehatárolások előtt, de már a saját zónalehatárolásaim után vizsgálat alá vettem a talajvizsgálati eredményeket. Beazonosításra kerültek a a szolgáltatást végző cég által megadott koordináták. Ezek közül csak azokat használtam fel, melyek megegyeztek a későbbi fejezetben, az saját magam készített művelési egységek azonosítási pontjaival. A megbízott laboratórium bővített talajvizsgálat során az alábbi paramétereket vizsgálta: pH, Arany-féle kötöttségi érték, szénsavas mész, humusz, nátrium

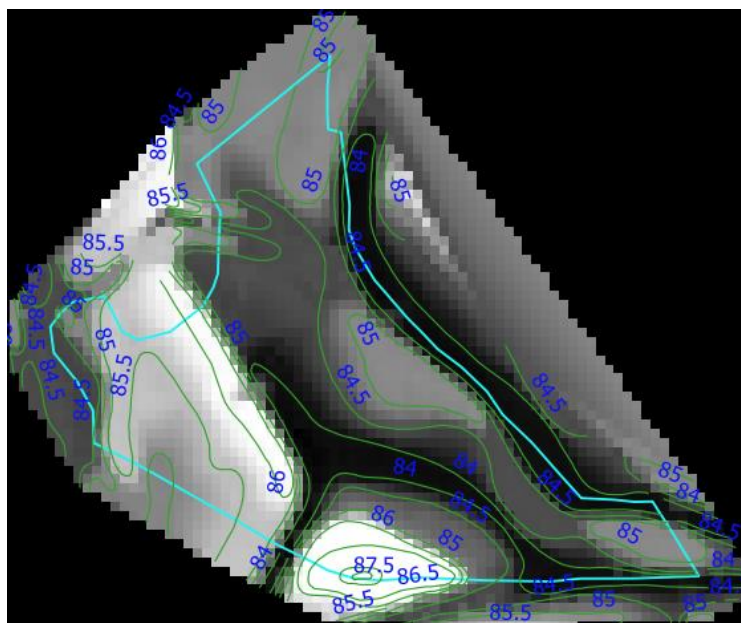
Véleményem szerint ez a módszer és ezek a vizsgálati paraméterek voltak a legmegfelelőbb, hogy az általam készített zónákban vett talajminták összehasonlíthatóak legyenek és meg lehessen belőlük állapítani hogy a talajdepresszió, vagy esetleg a homokos talajok egyébként is gyengébb minőségű területe miatt vált terméketlenné az adott művelési egység.

3.6.2. Talajhőmérséklet

Az IDRISI szoftver segítségével kialakított zónáimban talajhőmérséklet méréseket végeztem. Két mélységben, kb. 7 cm (magágy mélység) és 20 cm sekély gyökérmélység. A sekélyebb, első mérés tavasszal, vetési időben (április 15.). A második, mélyebb, szeptember közepén, az őszi talajmunkák elvégzését követően. Ezzel azt szerettem volna vizsgálni, hogy van-e összefüggés a táblán belüli talajtípusok és régi földhasználatból adódó, erodált, depresszív területek, tömörödött rétegeinek talajhőmérséklete között.

3.6.3. *Különböző talajtípusok magassági összefüggései*

A Legelő tábla és tulajdonképpen az egész Mohács-sziget földrajzilag már a szomszédos Alföld magassági viszonyaihoz hasonlatos. Nyoma sincs a Duna másik, dunántúli oldalán meghúzódó dombságnak. Ettől függetlenül a vizsgált terület magassági viszonyai hordoznak magukban némi szintkülönbséget (16. ábra). Fellelhető sekély dombhát és a belvizes időszakok által többször víz alá kerülő melyebb táblarész is. A következő fejezetben keresem a magassági értékek és a talajvizsgálati eredmények összehasonlításával a zónán belüli olyan tényezőket, melyek hatással lehetnek akár egy kiemelten depresszív terület zónaerejének az eltérítésére.



16. ábra: magassági vonalak és számok a Legelő tábla digitalizált határvonalával

[Cosima Kft. 2022]

3.6.4. *Klaszterek kialakítása IDRISI segítségével*

Az IDRISI egy olyan szoftvertípus, amely integrált földrajzi információs rendszert ötvöz távérzékelési képességekkel a térinformatikai adatok elemzéséhez. Az Egyesült Államokban működő Clark Egyetem szakemberei által készített program, mely a vizsgált terület heterogenitás vizsgálatában nagy szerepet játszott.

A Sentinel 2 műholdkép letöltése után már jól látszik a két vizsgált tanyahely, a két majorság közötti összekötő út használatából adódó visszamaradt talajtömörödöttség, illetve a legeltetett terület vízelvezető képességének hiánya - szemléltetve egy néhány évvel ezelőtti nagyon csapadékos nyári periódus utáni, belvízborítású ortofotóval.

(17. ábra)



17. ábra: csapadékos időszakban készült légifelvétel a Legelő tábláról

[<https://earth.google.com>]

A tábla körbedigitalizálása és a klaszterek meghatározása után, a filterezést követően láthatóvá válnak a mai napig meghatározó szintbeli, tömörödöttségi, mikrodomborzati viszonyokból adódó heterogén talajadottságok, melyek a mai napig meghatározzák a táblán termelt növények betakarítás utáni mennyiségi paramétereit. (18. ábra)

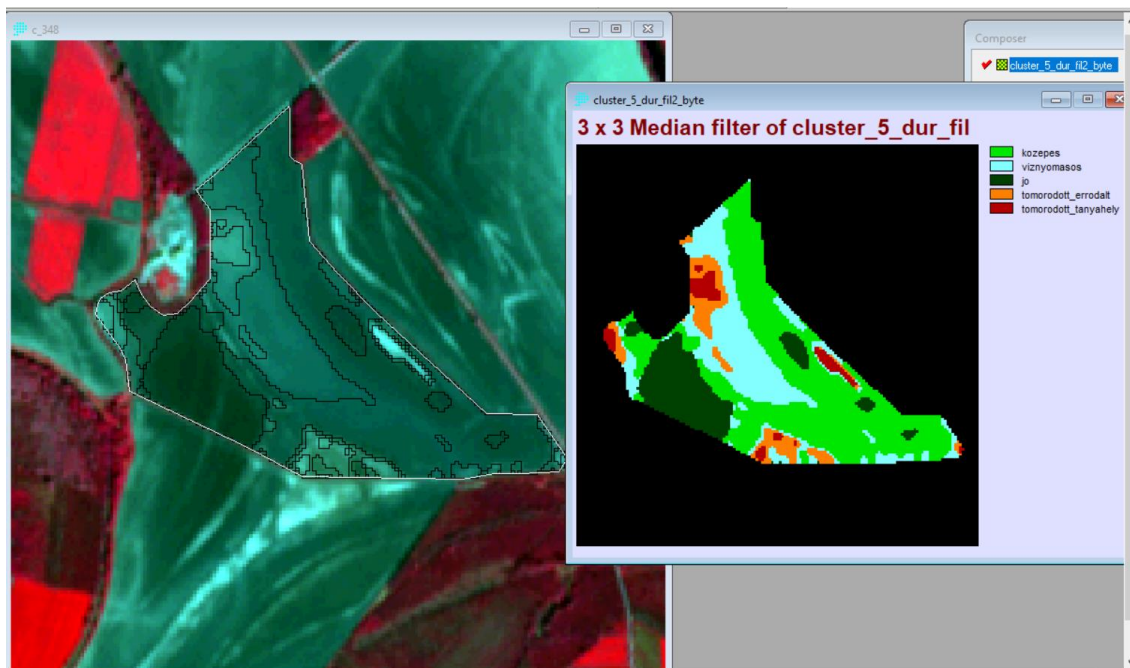


18. ábra: több évtizede nem létező tanyahely és istálló

[saját szerkesztés IDRISI használatával]

Az Idrisi használatának utolsó lépéseként ráhelyeztem a műholdképre a klasztertérképet (19. ábra), melyen nagyon jól kivehetők a következő megállapítások:

- a tábla Ény-i oldalán fekvő, jelenleg bontás alatt álló majorság régen a mai művelés alatt álló táblába nyúlt. Jelenlegi területe töredéke az 50-60 évvel ezelőttinek. Régi területén erős talajtömörödöttség látható.
- a tábla középső, belvizesedésre erősen hajlamos kék színű klasztere a régen legeltetésből adódó taposási kár, illetve a hosszan megmaradó belvíz eredménye
- a tábla legjobb, legkevésbé károsodott, a mai napig legjobb adottságokkal rendelkező része a sötétzöld terület, mely a régi időkben is megművelt terület volt, legeltetésre nem használták.
- a két tanyát összekötő út nyoma a mai napig látható, igaz csak részleteiben, a két tanya közötti narancssárga foltként



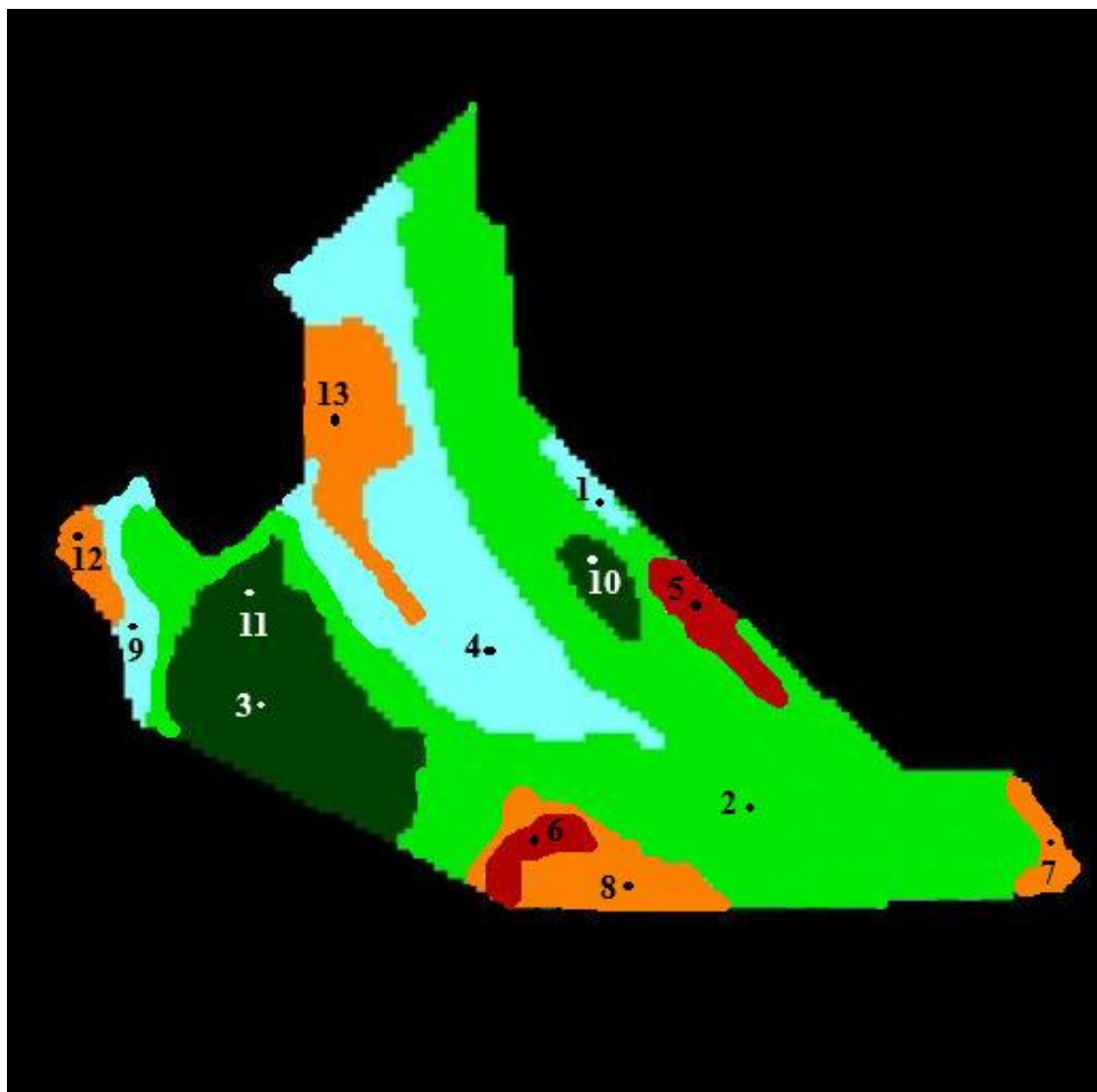
19. ábra: klaszterek helyzete filterezést követően

[saját szerkesztés IDRISI használatával]

Klaszterek kialakítása és a filterezést követő különböző klaszterszínek megnevezése:

- közepes termőhely
- víznyomásos terület
- jó termőhely
- tömörödött – errodált terület
- tömörödött - tanyafolt

A pontos klaszterek, azok színeinek meghatározása és az 5 különböző „erősségű” terület elnevezése nagyban segít a későbbi zónák és zónaerők meghatározásában.



20. ábra: zónák kialakítása klaszterezés alapján
[saját szerkesztés IDRISI használatával]

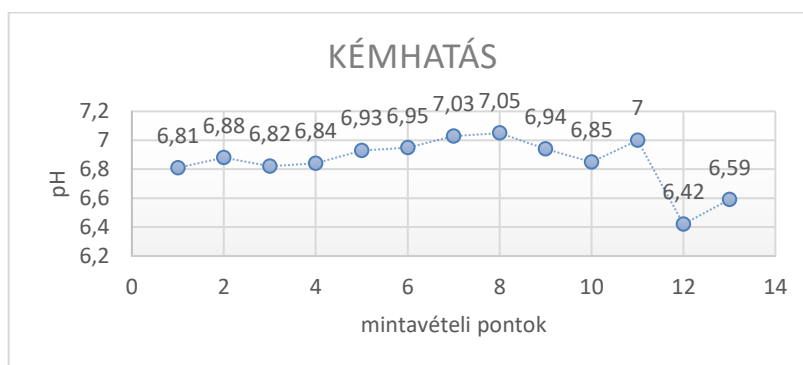
4. EREDMÉNYEK

4.1 Talajminták laboratóriumi vizsgálatának kiértékelése

A pontos, koordináták alapján vett talajminták részletes kiértékelésével az a feltételezésemet szerettem volna első sorban bebizonyítani, hogy a táblán belüli gyenge termőképességű zónák nem mindegyike a homokerek következtében szolgáltat gyenge termést több év relációjában egyaránt. Az öt vizsgált paraméter közül főképpen a humusztartalom, a kötöttség és a kalcium-karbonát tartalom eredményei képezik az elemzésem gerincét. A dolgozatom 1. sz. *melléklete* tartalmazza a talajvizsgálati eredmények táblázatba foglalt adatait.

4.1.1 A vizsgált talajszelvények kémhatása

A kialakított zónáim mindegyikében, megadott koordináták alapján a 20. ábrán látható helyekről vettem 25 cm mély talajmintát. A laboratóriumi eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált 65 ha-os Legelő-tábla kémhatása (pH) 6,42 és 7,05 pH közötti, így inkább semleges, mint gyengén savasnak mondható. A Spiel-Mix Kft által termesztett növények alapvetően a gyengén savanyú – semleges (pH 6-7) kémhatású talajokon termesztetők jövedelmezően. A pH szélsőséges irányokba történő elmozdulása minden esetben károsan befolyásolja a növények fejlődését.



21. ábra: mintavételi pontokhoz kapcsolódó pH értékek

[saját szerkesztés]

A 21. ábra diagrammja megmutatja, hogy a 13 kialakított zónában a talaj kémhatása 11 területen semleges és csak a 12. és 13. számmal jelölt zónákban gyengén savas. A teljes tábla egészére vizsgálva a pH átlag: 6,85. Az elmúlt tíz évet figyelembe véve a táblán termesztett növények pH optimuma a következő:

- szója	pH 6,3
- kukorica	pH 6,3
- napraforgó	pH 6,8
- őszi búza	pH 6,6
- őszi árpa	pH 7,2
- őszi káposztarepce	pH 6,4

Mivel a területen termesztett kultúrák mindegyikének ideális az összes mintavételi pontban vett talajminta kémhatása, ezért ebben az esetben a további vizsgálat erre a paraméterre irreleváns.

4.1.2 A vizsgált talajszelvények kötöttségi értékének és szénsavas-mérszertartalmának összefüggései

A talajok kötöttségi száma vagy értéke a talaj agyagtartalmával van leginkább összefüggésben. Tehát kötött talajnál, nagy agyagtartalom esetén nagy számot kapunk, minél lazább homoktalajoknál egyre kisebbet. Fontos megjegyezni, hogy a kötöttségi érték egyben a talajok vízmegtartó képességét is jelzi. A homoktalajoknál a nagyméretű pórusok aránya a legnagyobb, így az itt levő vízből, - legyen az öntözővíz vagy lehullott csapadék - csak kevés tud úgy megkötődni a talajszemcséken, hogy a gravitációnak ellenálljon. Az agyag talajoknál, - de főleg a tömörödött talajoknál - a csapadék hasznosulásának problémája pont ellentétes. A kisméretű pórusok túlságosan megkötik a vizet és a kultúrnövény nem tud a fejlődéséhez elegendő vízhez jutni, csírázása vontatott, növekedése lelassul. Hosszú csapadékos periódusok következtében ezek a területek a legérzékenyebbek a belvíz okozta károkozásra.

A talajvizsgálati eredményeket tartalmazó táblázatot megnézve a kémhatások irrelevanciájától eltérően már érdekes következtetéseket lehet levonni a különböző zónák

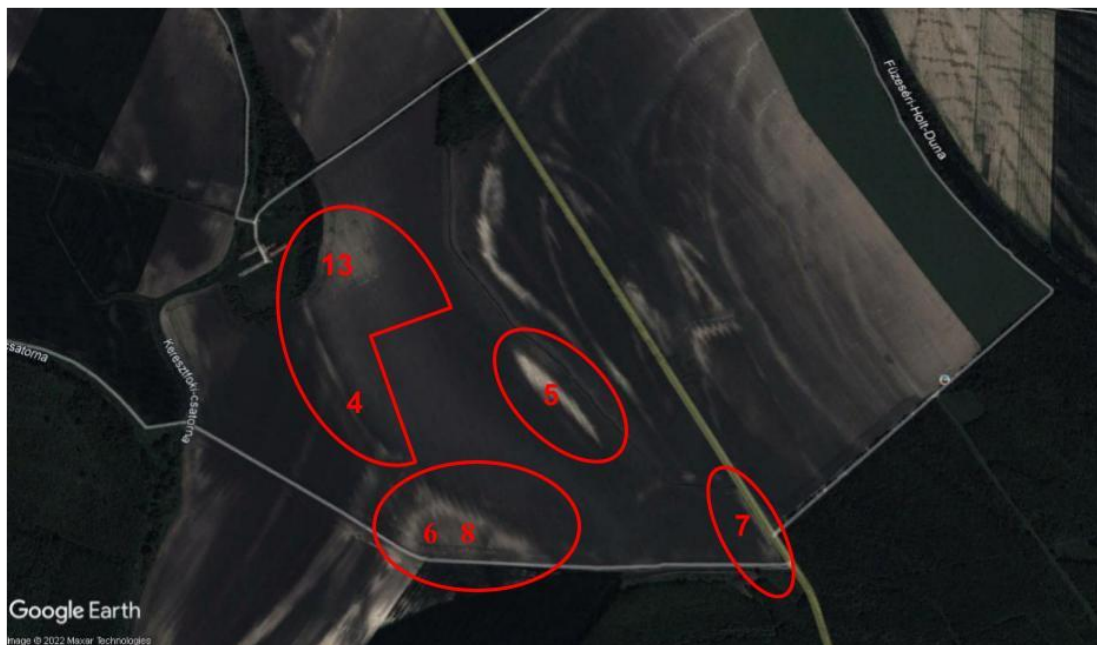
kötöttségi értékeit vizsgálva, különösen a tábla történetét ismerve.

1. táblázat: mintavételi pontokhoz tartozó kötöttségi értékek és az adott zóna jellemzése
(B – belvíz okozta károkozásra hajlamos, T – tömörödött, H – homokos)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
KA	42	47	45	47	32	40	38	33	47	43	43	45	45
				B	H	T	H	H					T

[saját szerkesztés]

A Google 2012-ben készült műholdfelvétele a 22. ábrán mutatja az összes általam megvizsgált műholdkép közül legjobban az 1. táblázatban megjelölt, valamilyen depresszióval érintett zónák (4-5-6-7-8-13) az átlagostól eltérő talajadottságait.



22. ábra: depresszív zónák

[saját szerkesztés Google Earth használatával]

2. táblázat: depresszív zónák talajvizsgálati eredményei

zóna száma	4	5	6	7	8	13
minta mélysége	0-25 cm	0-25 cm	0-25 cm	0-25 cm	0-25 cm	0-25 cm
koordináták						
szélesség	46° 2'57.46"É	46° 2'57.60"É	46° 2'46.64"É	46° 2'46.84"É	46° 2'45.70"É	46° 3'8.42"É
hosszúság	18°49'30.77"K	18°49'44.34"K	18°49'34.02"K	18°50'6.05"K	18°49'37.34"K	18°49'22.06"K
pH (KCI)	6,84	6,93	6,95	7,03	7,05	6,59
CACO ₃	1,8	4,1	10,7	9,8	19,8	1
Humusz %	3,63	1,18	1,32	2,2	1,86	2,02
Kötöttségi érték	47	32	40	38	33	45
Na ppm	93	128	125	150	157	148

[saját szerkesztés az 1. számú melléklet alapján]

A megjelölt zónák közül az **5. zóna** egyértelműen a réti öntéstalajok homokeres, laza, néhol már erodált jellemzőit mutatja. Kötöttségi értéke 32, amely a homokos-vályogtalajok értékszámainak alsó határán van. Humusztartalma 1,18 %, ami gyengén-közepes. A **7. zóna** szintén hasonló minőségi paraméterekkel rendelkezik, valamennyivel magasabb kötöttségi értékkel és humusztartalommal, de a tábla homokos vályogtalaj részeihez sorolandó. A **8. zóna** már a vizsgált, volt tanyahely területén fekszik. Talajszerkezetét nézve már nem csak dunai kvarchomokot tartalmaz, hanem sok helyen található benne töredezett, olykor a sok évi talajmegmunkálás hatására porózussá váló téglatörmelék is. A talajszelvény vizsgálat során ezen a területen, az itt lebontott tanya visszamaradt téglatörmelékének a színe furcsa módon egészen sárgás-fehér volt. Ritkán került elő hagyományos téglavörös törmelék.

Miért is releváns pont ez a vizsgálat későbbi eredményét nézve?

Az égetés során az agyagban lévő ásványi anyagok színt adnak a téglának. A vas-oxid az egyik legfontosabb színadó ásványi anyag az agyagban. Ez adja a téгла tipikus vörös színét. A legtöbb téгла a vörös különböző árnyalataira ég. Viszont ahol a talaj lösztartalma sárgás, - és ez különösen igaz a Duna árterére – az égetett téгла sárgás színű lesz. A természetes fehér vagy sárga téгла a magas mésztartalom eredménye. Ez az ok

magyarázza az összes talajminta egyértelműen legmagasabb szénsavas-méstartalmát (COCO3) a 8. zónában. A talajok magas méstartalma gátolja a foszfor, a kálium, a vas és más elemek felvételét. Az ilyen talajon a növények levelei sárgulhatnak (klorózis) és elhálnak. Ezen ismérvek alapján megállapítható, hogy a Legelő tábla egymástól elkülönülő homokfoltjai nem azonos tulajdonsággal bírnak. Míg a dunai áradások okozta homokerek (5-ös és 7-es zónák) a klasszikus homokos és laza talajok ismérveit mutatják, addig a magas méstartalommal rendelkező 8. zóna lényegében teljesen terméketlen sivatag a legtöbb növény számára.

Az eddig vizsgált zónák gyökeres ellentéte a magas kötöttségi értékekkel rendelkező **4. és 13. zónák**. Amíg az utóbbi zóna a szakdolgozat megírásának ötletéül szolgáló, régi, fekete-fehér ortofotó tanulsága szerint egy karámmal körbekerített, legeltetésre használt terület volt, addig az alatta lévő 4. vizsgálati térség a melioráció előtt és után is, több alkalommal, visszatérően belvízzel borított terület. Ezen a táblarészen az elmúlt húsz év intervallumában is sokszor teljes termésvesztést okozott a több hétig is jelenlévő vízborítás. A 13-as zóna tartalmazza a tanyahely és az istállók között húzódó út helyét is. A zóna határain belül a talaj mérhető tömörödöttsége itt a legszembetűnőbb. A két felmért terület egyvalamiben azonban nagymértékben eltér egymástól. Amíg a 13. zóna humusztartalma a sok évtizedes legeltetés és helybenhagyott szarvasmarha trágya hatására is csupán 2,02 %, addig a belvizesedésre hajlamos 4. zóna 3,63 %. Ennek oka véleményem szerint az előző fejezet 16. ábrájának magassági és szintvonal-lefutásainak vizsgálata adhat magyarázatot. Látható, hogy amíg a tábla déli oldalán, a volt tanya helyén van a vizsgált szántóföld legmagasabb pontja (87,5 m), addig közvetlenül tőle északra, egyből a tábla legmélyebb (84 m) pontjára érünk. A távolság e két pont között nem több, mint 150-200 m. Ez a lejtés és szintkülönbség adhat magyarázatot a 4. számú terület délről lemosódott, magas humusztartalmára a jelentős talajdepresszió és tömörödöttség mellett is. Emellett ez jelenthet magyarázatot a legmagasabb ponton lévő tanyahely eleve rossz körülményeinek további negatív hatásaira.

Ezen ismérvek alapján kijelenthető, hogy a 6. és 8. zóna közösen lehatárolt 2,5 ha-os területén a szántóföldi növénytermesztés lényegében életképtelen!

4.2 Talajhőmérséklet különbségek a vizsgált talajtípusok szerint

Amíg a talajvizsgálati eredmények adatai lényegében az összes vizsgált paraméter alapján szignifikáns különbségeket mutattak, addig a saját zónakialakításom mind a 13 mért pontján a talajhőmérsékleti adatok minimális eltérést mutattak egymástól. A talaj hőmérsékletét digitális X4 Life típusú talajhő és pH mérővel végeztem. Két mélységben, kb. 7 cm (magágy mélység) és 20 cm gyökérmélység. A sekélyebb, első mérés tavasszal, vetési időben (április 15.). A második, mélyebb, szeptember közepén, az őszi talajmunkák elvégzését követően. A tavaszi mérést 10 nappal az üzemi vetések megkezdése után, kiegyenlített, több napos, napsütéses periódus végén végeztem, délutáni órákban. A mért adatok mind a 13 esetben $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ fok közé estek és az adott talajtípusra jellemző talajhőmérsékleti jellemzőket nem produkálták. Okként a hosszú, 10 napos, száraz, napos periódust jelöltem meg, aminek a végén, a mért napon a magágy már talajtípustól függetlenül konstans értékeket mutatott.

Sajnos az őszi mérések körülményei a tavaszi időjárás szöges ellentétét mutatták. Az egymás utáni napokon, néha több, mint 15 mm lehullott csapadék és a sok éves átlag alatt maradó napi átlaghőmérsékletek jelentősen visszahűtötték az őszi gabonavetést megelőző magágyát, mind 7 cm mind 20 cm mélységben. A mérések mind a 13, koordinátákkal megjelölt ponton, egységesen $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $16,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé estek. Összefüggést a talajhőmérsékleti különbségek és a mérések helyének jellemző talajtípusa vagy domborzati viszonyai között nem találtam.

4.3 Külső szolgáltató és a saját zónakialakítás összehasonlítása

A zónák kialakításánál nagyon sok tesztelés és vizsgálat után jutottam el odáig, hogy mi lehet a számomra legmegfelelőbb lehatárolás. Mi alapján készítek zónákat és milyen, a kialakításra hatással levő tényezőket muszáj figyelembe vennem. Mindenképpen több évig stabilan hasonló hozamot adó és azonosan kezelhető területeket szerettem volna kialakítani és lehatárolni. Amennyiben az azonos hozampotenciálú zónákat nem kellő alapossággal jelölöm ki, a további, erre alapozott munka is hibás lesz. Úgy, mint a precíziós tápanyag-visszapótlás, változó tőszámú vetés, de akár egy zónákra alapozott növényvédelmi kezelés is.

2021-ben megpályázott és sikeresen elnyert „VP2-4.1.8-21 Mezőgazdaság Digitális Átállásához Kapcsolódó Precíziós Fejlesztések Támogatása” pályázat megvalósításának feltételül szabta meg az eljáró Hatóság, hogy a gépi fejlesztések mellett külső, precíziós szolgáltatásokat nyújtó cég vagy cégek munkáját is igénybe kell venni. Természetesen a szóban forgó Legelő tábla is a cégünk pályázatba bevitt területei közé tartozik. Ennek okán a szolgáltató cég 2022-ben elkezdte a szóban forgó táblán is a munkát. Ez több évi cellahozamtérképek kiértékelése alapján megrajzolt zónakialakításokat, precíziós, bővített talajmintavételt és kiértékelést, valamint a tápanyagutánpótlás és a változó tőszámú vetéseket segítő zónaerő meghatározást tartalmaz. Jelen állás szerint a cellahozamtérképek alapján meghatározott zónák kialakítása látható a szolgáltató online felületén. A talajmintavételek folyamatban vannak, így az arra épülő zónameghatározások még nem készültek el.

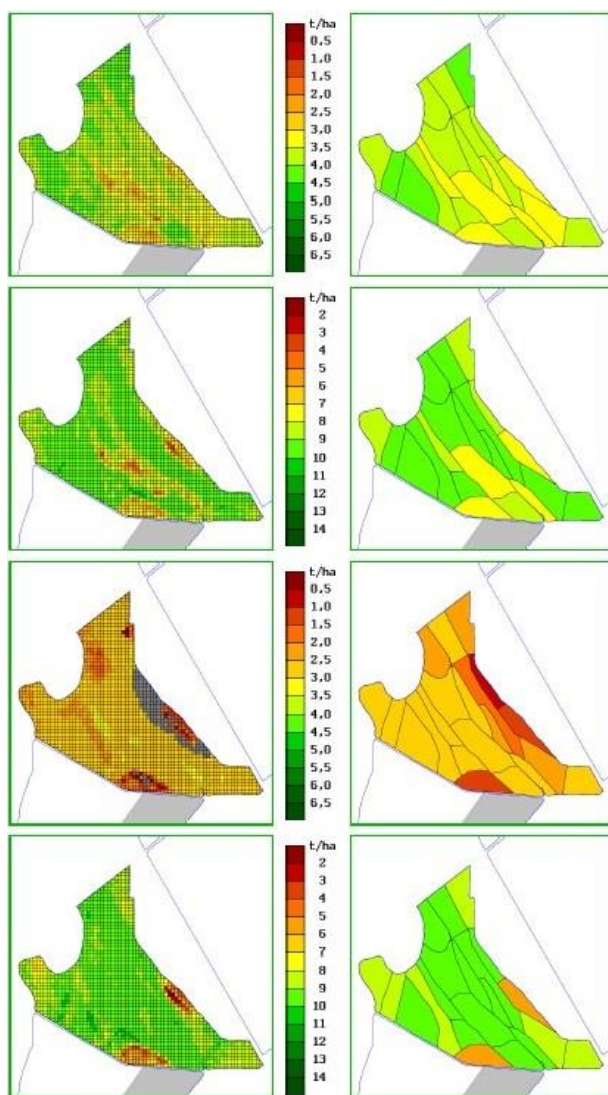
Az Axiál Kft., mint külső szolgáltató a zónakialakításait lényegében a több éves, megadott terméseredmények alapján elkészült cellahozamokra alapozza. Régebben, de nagyon sok helyen még ma is bevált szokás, hogy a kombájnokba szerelt hozammérők adatait felhasználva készítenek hozamtérképeket és ezek alapján készítik el egy adott tábla zónatérképét. Azonban ezen hozammérők kalibrálása nem egyszerű feladat. Bonyolultságát az időigényessége is komplikálja. Ahol több kombájn párhuzamosan dolgozik egy adott táblán, ott még összetettebb feladatról van szó. Folyamatosan figyelemmel kell kísérni a vágóasztalok szélességének maximális kihasználtságát és a forgók pontos betartását stb.

Csornai Gábor a Cosima Kft ügyvezetője, az Axiál Kft. partnereként más módszert alkalmaz. A műholdas hozammérési rendszerük űrfelvételek sorozatának elemzésén alapszik. Ezzel akár 20x20 méteres területeken kiemelkedő pontossággal tudják a cellák valós hozamát megállapítani. 2010-től már több, mint 60 ezer hektáron 2000 tábla hozamadatainak vizsgálatával rendelkeznek, így a módszerük kiforrott és használható. Ma már gyakorlatilag 3-4 naponta készülnek műholdfelvételek ugyan arról a helyről, így a magágy előkészítésétől a betakarításig rögzítik az információkat a táblákon. Csornai szerint a felvételek biofizikai háttere lehetőséget teremt arra, hogy a növény fotoszintézise során történő energiafelhasználásáról pontos képet kapjunk. Ez azért lényeges, mert a fotoszintézis felelős a szárazanyag beépítéséért. Ebből megfelelő

módszerrel és kalibráltság birtokában teljesen reálisan kiszámítható a hozam (Csornai G. 2020).

Az Axiál Kft., szolgáltató partnereként a Cosima Kft a táblákat alkotó zónákat cellákból építi fel, ahol a zónák alap - „építőköve”, területi egysége a cella, ami a felhasznált (űr)felvétel elemi egységének földfelszíni méretével, vagy annak többszörösével egyezik. Ebben az esetben ez 20x20m-es földdarab ($=400\text{m}^2$, azaz 0,04ha), ami megfelelő a precíziós művelésben alkalmazott gépi differenciálási képességek kihasználásához. Ezekre a cellákra több fontos tényezőt határoznak meg: lefolyás, lehordás, ismétlődő víznyomás stb. és számszerűen elemzik a több éves hozam-alakulást. Cellahozam mérési egyedi módszerüknek az a lényege, hogy a magágy-előkészítéstől a betakarításig terjedő időszak (űr)felvételsorozata alapján kiszámítják a hozamokat a cellákban, több éven át. A kapott cellahozamok és egyéb térbeli tényezők alapján számszerűen megvizsgálják az egyformán teljesítő, azonos adottságú részeket a táblákban. Ezek lesznek a zónák.

A zónáknak tehát az együttműködő cellák folt területén és határain kívül a termő képességüket leíró hozam-teljesítményük, teljesítmény történetük is van, ami ugyanolyan fontos. E két paraméter elválaszthatatlanul összetartozik, de a zónahatárból a számszerű, abszolút termőképesség a tényleges hozam nélkül nem vezethető le. A többéves átlagos zónahozamok alakulásából, az évjáratból és a gazdaságtól kapott kiegészítő információ integrálásával megbízható tervezési, döntési alapot lehet adni a hatékony tápanyag és töszám-differenciáláshoz egyaránt.



2018. év – szója

Termésátlag bruttó: 3,78 to/ha

Nagyon jó évvjárat.

Dolgozatban vizsgált depresszív zónák a leggyengébb teljesítményt nyújtották.

2019. év – kukorica

Termésátlag bruttó: 10,6 to/ha

Átlagosnál jobb évvjárat.

Dolgozatban vizsgált depresszív zónák nem mindegyike gyenge teljesítményű.

2020. év – szója

Termésátlag bruttó: 3,1 to/ha

Átlagosnál rosszabb évvjárat.

Dolgozatban vizsgált depresszív zónák a leggyengébb teljesítményt nyújtották.

2021. év – kukorica

Termésátlag nettó: 9,16 to/ha

Átlagosnál rosszabb évvjárat.

Dolgozatban vizsgált depresszív zónák nem mindegyike gyenge teljesítményű.

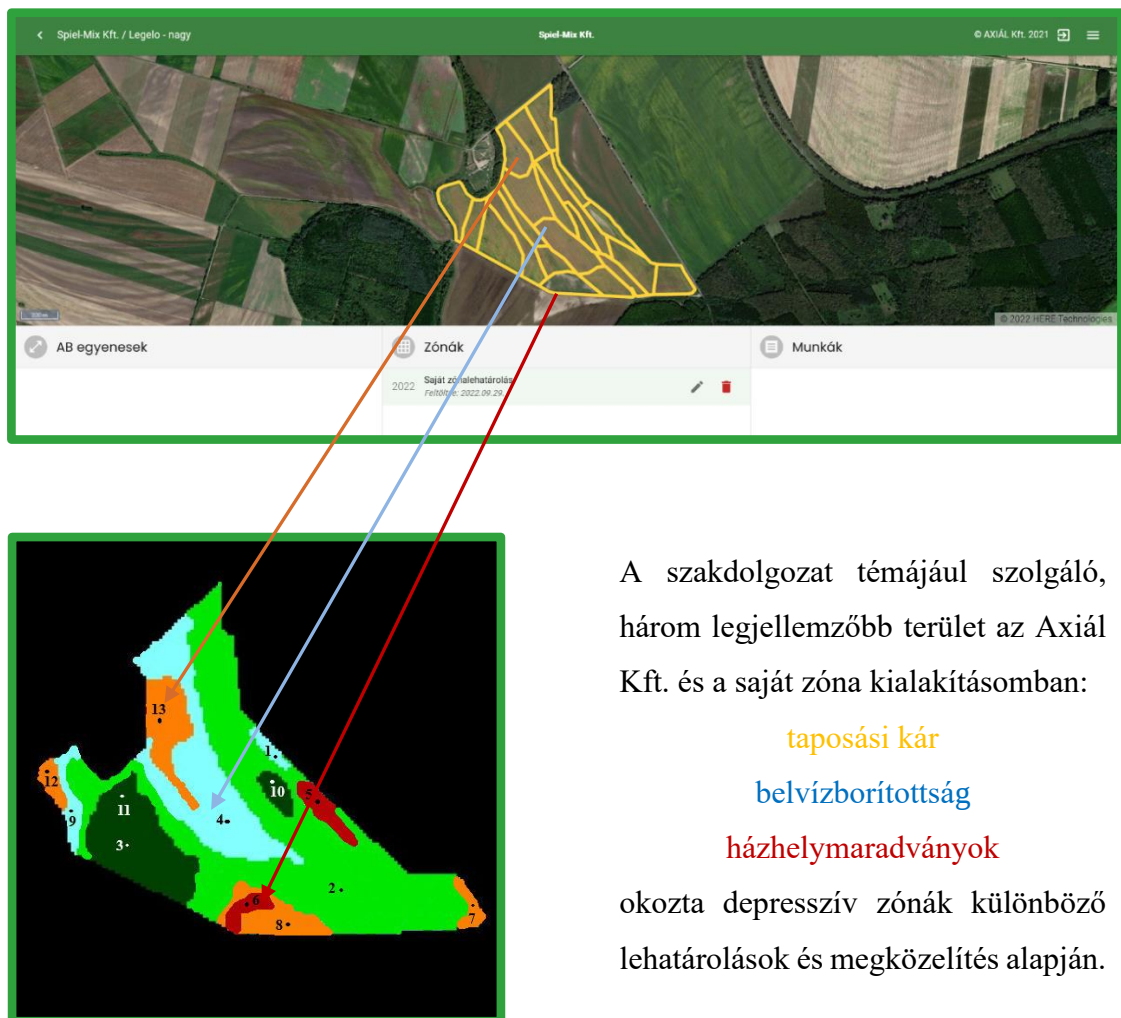
23. ábra: Cosima Kft. cellahozam becslései és a Legelő-tábla nettó terméseredményei

[Csornai G. - Cosima Kft. ábrái alapján 2022]

A Cosima Kft. abszolút becsléseit és a tényleges betakarított, bruttó (kombájntiszta) hozamok alakulását érdemes kizárólag a dolgozat tárgyát képező, depresszív hatások által érintett zónákban vizsgálni. Mind a négy említett évben az általam gyengének minősített zónák a külső szolgáltató cellahozamszámításai alapján is a gyenge kategóriákba estek. A tanyafolt minden év térképén a leggyengébb teljesítménnyel szolgált. A régi út helye

is a közepes vagy gyenge minősítést kapta. A 2021. év az egyedüli, amelynél sem az út, sem pedig a tábla északi részén húzódó volt legelő nem mutat kirívóan negatív eltérést. Ennek az oka, a 2020 év őszén a tábla középső sávjának (kb. 40 ha – teljes világos zöld szakasz) szerveztrágyázása.

A Legelő-tábla külső szolgáltató által kialakított és a saját lehatárolásaim összehasonlítását a következőkben határozom meg.



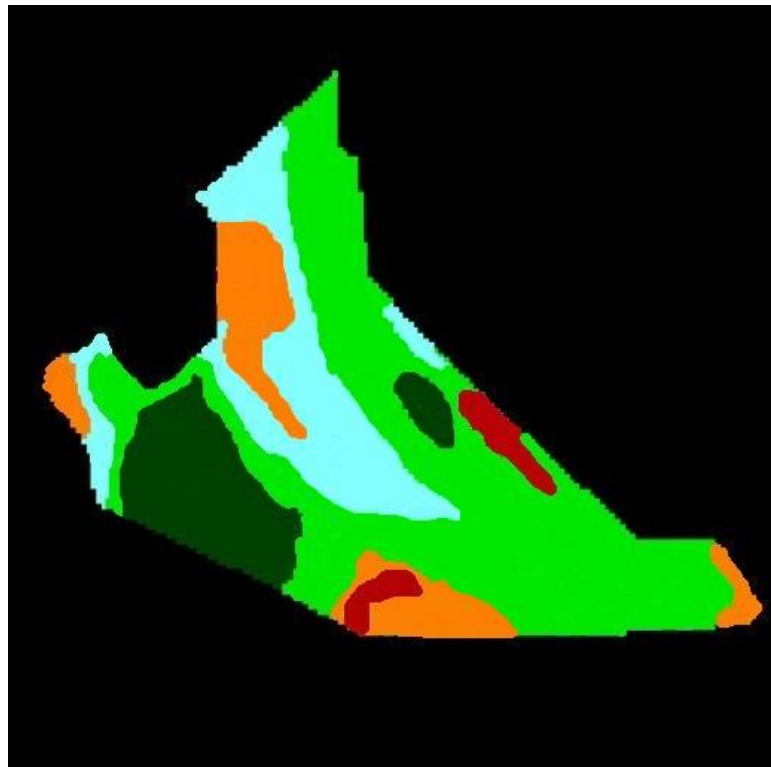
24. ábra: mAXI-MAP és a saját szerkesztésű zónák egymásra tükrözése

[Saját szerkesztés mAXi-MAP alapján]

Az Axiál Kft. mAXI-MAP szoftvere által tartalmazott zónalehatárolás a tábla művelési irányára párhuzamos futásúak, ami sok esetben megkönnyítheti a precíziós munkafolyamatokat. Egyszerűbb és átláthatóbb mind a tápanyagvisszapótlás, mind a változó tőszámú vetésnél. Viszont a párhuzamos művelési zónahatárok sokszor problémát is okoznak a kijuttatáskor, mivel pont poligonhatáron haladva több műveletnél is zavart okozhat a változó kijuttatásnál vagy vetésnél. A szolgáltató zónáinál egy adott terület több alzónára van osztva, aminek létjogosultságát nem mindig tudom megmagyarázni. Megnézve a 23. ábrát több év relációjában is hasonló cellahozamok (színek) jelennek meg a tábla középső, átlagos terméseredményt produkáló, víznyomásos területein. Az általam kialakított 7. és 12. zónák a szolgáltatónál a szomszédos zónák erejével bírnak. A saját vizsgálatom alapján viszont a szomszédos poligonok jóval jobb adottságokkal rendelkeznek. Látható, hogy a 13. zóna általam rajzolt nyúlványa, ami a ma már nem létező út helye, az Axiál Kft-nél is jelölésre került. Eltérően a sajátomtól, külön zónaként.

Véleményem és tapasztalatom szerint egy közel 65 ha-os heterogén táblán sem kell több, mint 5 féle erővel rendelkező zónát kialakítani. Ezt a szolgáltatást nyújtó Axiál is hasonló képen tervezi bevezetni a kérdéses táblán. Látható, hogy a zóna lehatárolásokban van lényegében a legnagyobb különbség. Míg a sajátom inkább amőba-szerű, a táblarészek történetéből adódó, több évtizedes földhasználat határait követi, addig az Axiál inkább a cellahozamok sok éves átlagára alapoz közel 20 poligonnal dolgozva és azok relatív hozamadatait variálva minden év terméseredménye alapján. Az öt éves átlagra alapozott végleges, mAXI-MAP szoftverben megjelenő, majdan szaktanácsolás alapját szolgáló zónaerőket még nem ismerem. Saját lehatárolásaim alapján a végleges kijuttatási térképek elkészülte előtti zónaerő kiosztásom a következő:

1. 115 %	
2. 100 %	
3. 90 %	
4. 75 %	
5. 50 %	



25. ábra: zónaerők (színek és számok)

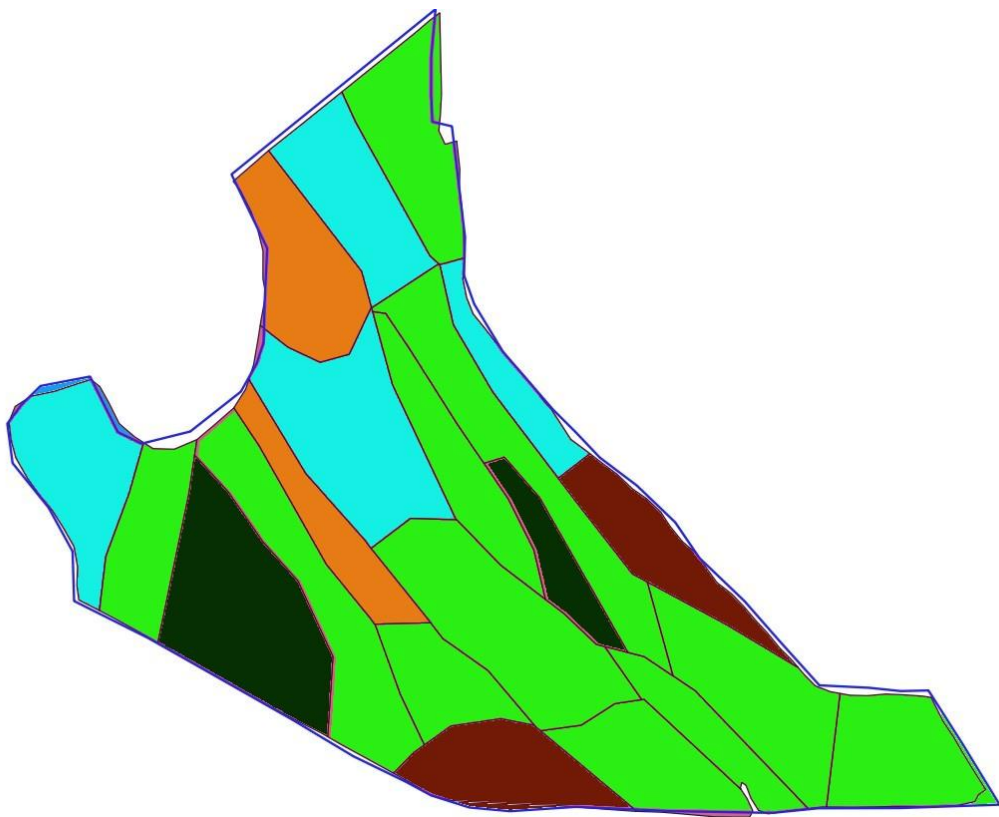
[Saját szerkesztés IDRISI felhasználásával]

Összefoglalva megállapítható, hogy mindkét zónakialakításnak meg van a saját „igaza”. A Cosima Kft, mint az Axiál mAXI-MAP szoftveres zónázásának megvalósító partnere lényegében a Legelő-tábla földhasználójától kapott 5 éves terméseredmények és a sok-sok év tapasztalata alapján monitoringozott műholdfelvételek alapján valósághűen tudta felmérni a tábla lényegi erejét és kiemelni a gyengeségeit. Mindezt anélkül, hogy a helyszínen mérték volna fel a talajadottságokat vagy magát a táblát. Zónáik darabszáma több mint 50 %-al haladja meg a saját lehatárolt területegységemet. Mivel a zónákat minimum 5 évre készítjük ezért a változatosság lehetősége az éves kijuttatási tervek elkészítésekor nagyobb.

A dolgozatban bemutatott saját zónázásom csekélyebb darabszáma lényegében a történelmi múlttal rendelkező területek és az azokat körülölelő „normál” zónákra összpontosult. Az általam felmért homogén területeket egy zónának vettem, ami a kijuttatási térképek készítésekor meggyorsíthatja a munkát, de olyan esetekben mikor

valamilyen külső tényező (aszály, belvíz, részleges szervestrágyázás stb.) megváltoztatja az előző évi jól vagy akár rosszul teljesítő zónák teljesítményét, akár hátrány is lehet.

Az eredmények bemutatásának végén kijelenthető, hogy egy a cellahozamok alapján megtervezett terület lehatárolás, a dolgozatban feltárt és bemutatott régi földhasználatok által visszamaradt hatások figyelembevételével kialakítandó „vegyes zónakialakítással” közösen lehet célravezető. (26. ábra)



26. ábra: A két vizsgált zónakialakítás végleges összefésülése

[Saját szerkesztés IDRISI felhasználásával]

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1 Zónák kialakításának módszere

Saját zónáim kialakításánál abból indultam ki, hogy a dolgozat témájául szolgáló több évtizedes földhasználat, hogyan viszonyul a mai termőképességre. Milyen feltárható és rejtett hatásai vannak a sok évtizeden keresztül, nem szántó művelési ággént használt területeknek a mai, modern gépekkel és eszközökkel történő talajművelésre.

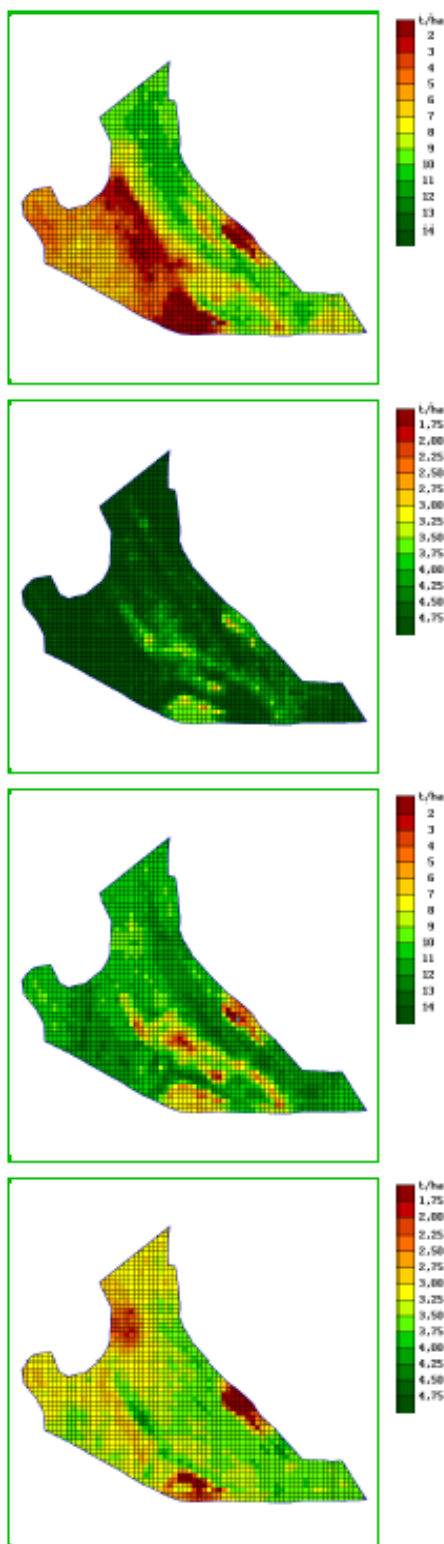
A poligonok kialakításánál nem volt más a célom, csak hogy olyan művelési egységeket hozzak létre az adott táblán belül, amelyek a lehető leghasonlóbb tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezeket a zónákat a jövőbeli precíziós műveletek, úgy mint, differenciált tápanyag utánpótlás, vagy differenciált töszámú vetés során, azonosan kezelek.

Az elmúlt évszázad éveiben túlnyomóan nagyüzemi technológiákról lehetett hallani, amikor az adott állami gazdaságnak vagy TSZ-nek volt egy adott kultúrára kialakított technológiája. Ezeket a folyamatokat függetlenül a táblák adottságaitól, egységesen kezelték. Léteztek a napraforgó, a kalászos és a kukoricatáblák. Táblaszinten való gondolkodás ritkán volt fellelhető. A rendszerváltás idején túlnyomóan már minden táblát egyedileg, specifikusan műveltek. Változó területi adottságokra változatos technológiák kezdtek elterjedni. A precíziós technológiák térnyerésével ma már sokkal részletesebben meg tudjuk ismerni a tábláink adottságait, kihasználhatjuk a benne rejlő maximális lehetőségeket, a helyes zónák kialakításával ma már nemhogy üzemi, nem is tábla, hanem táblán belüli részegységenként is különböző technológiákat alkalmazhatunk.

Véleményem szerint minél több aspektusból vizsgáljuk a poligonok helyét egy adott táblán, annál jobban elveszik a részletekben az a fontos tényező, hogy egy zóna kialakítása minden esetben szubjektív lehatárolás. Kicsi az esélye annak, hogy két, egymástól független „zónázás” ugyan azt az eredményt fogja nyújtani. Ennek a ténynek a tudatában, az Axiál Kft zónakialakításától függetlenül, a következő következtetéseket tettem:

Minden esetben az első és legfontosabb az adott tábla talajtani ismerete. Ezzel párhuzamosan a művelhetőség problémáinak feltárása a cél. Ezt külső megbízottként vagy szolgáltatóként csak és kizárólag a földtulajdonos vagy földhasználó tapasztalatai alapján lehet megállapítani. Némi fogódzkodót adhatnak a különböző évekből, különféle vetett kultúrákból vizsgált műholdképek. Sokszor nagy segítséget jelentenek a normál műholdképeken kívül vizsgált, akár hamis színes, vagy NDVI képek is.

A vizsgált táblám talajtani vizsgálata előtt a már ismert, illetve a dolgozat megírása előtti felkészülés alatt megismert „problémás” területek feltérképezése és pontos lehatárolása nagy mértékben segítette a talajmintavételi pontok meghatározását. Viszont a 13 meghatározott pont, a kialakított zónák nagysága miatt néhol kevésnek bizonyult. (20. ábra 2. és 4. pontja) Hiába a klaszterek többszöri filterezése, ha a zónakialakításokkor az egyszerűbb kezelhetőség és művelhetőség okán több kisebb poligont is összefésültem egy nagyobb művelési egységként. A saját és a külső szolgáltató zónakialakításának összeépítése kapcsán jutottam el arra a következtetésre, hogy ha nem csak egy évben gondolkodom az egységek meghatározásakor, abban az esetben a több zónával a különböző tervezett növénykultúrák eltérő tápanyag igényeit jobban lehet támogatni térben is. Ez a felismerés különösen igaz a tanyafolt megismert, közel 2,5 ha-os területére is, ahol a saját zónakialakításom esetén egységes „művelésre alkalmatlan” területté nyilvánítottam az egész zónát. Ez igaz lehet a zóna szénsavas-mész és kvarchomok tartalmára érzékeny szója esetében, de már nem feltétlenül állja meg a helyét egy őszi kalászos gabona vagy kukorica vetésének tervezésekor, amelyek jobban tolerálja a homokos talaj gyenge minőségét. Ezen felül bizonyosságot nyert az adott tábla több poligonra való felosztása esetén a különböző évjáratokhoz mért átlagolás eredményessége is. Lényegében soha nem ismétlődnek meg a mezőgazdaságban kétszer ugyan azok a körülmények. Ennek okán, ha 4 év relációjában vizsgáltam a Legelő tábla terméseredményeit (2 év szója – 2 év kukorica) még adott kultúra esetében is merőben más terméseredmények születtek. A különbségek a különböző hőmérsékleti, csapadékmennyiségi, de akár növényvédelmi eltérésekben keresendőek. Különböző vetőmagok is teljesen máshogy viszonyulnak egy adott talajtípushoz. A 27. ábrán szemléltettem ezek különbségeit és ezáltal még inkább a Legelő tábla külső szolgáltatói által készített zónakialakítás helyességét erősítettem.



2017-es év kukorica: a Legelő táblán az átlag hozam a szolgáltató mérése alapján 6,8 t/ha. A tanyahelyen az átlag hozamhoz képest csupán 22% (1,5 t/ha) termés került betakarításra. A régen legelőként használt táblarész celláiban is csupán a tábla egészére mért átlag termés lett betakarítva.

2018-as év szója: a Legelő táblán az átlag hozam a szolgáltató mérése alapján 4,6 t/ha. (Relatív túlmért. Oka a dolgozat tárgyát nem képezte.) A tanyahelyen az átlag hozamhoz képest 75% (3,5 t/ha) termés került betakarításra. A régen legelőként használt táblarész lényegében nem különül el.

2019-es év kukorica: a Legelő táblán az átlag hozam a szolgáltató mérése alapján 10,2 t/ha. A tanyahelyen az átlag hozamhoz képest csupán 54% (5,5 t/ha) termés került betakarításra. A régen legelőként használt táblarész lényegében nem különül el. Viszont a régi út helye erősen körbehatárolható és gyenge hozamot produkált,

2020-as év szója: a Legelő táblán az átlag hozam a szolgáltató mérése alapján 3,2 t/ha. A tanyahelyen az átlag hozamhoz képest 56% (1,8 t/ha) termés került betakarításra. A régen legelőként használt táblarész a vizsgált négy év időszakában a legerősebben körbehatárolható.

27. ábra: 4 év abszolút cellahozam adatai a Legelő táblán

[Csornai G. - Cosima Kft. ábrái alapján 2022]

A mezőgazdaságban relatíve rövid, négyéves ciklus is már bebizonyítja, hogy egy év adatait felhasználva nem érdemes zónakialakításban gondolkodni. Nagyon torzíthat mind negatív, mind pozitív irányban az adott évjárat hozama szerint.

A dolgozatban feldolgozott Legelő tábla megismert történetének felhasználásával a zónakialakításom mérföldkövei a következők. Ezen pontok ismeretében A Spiel-Mix Kft. precíziós gazdálkodás alá vont területeinek zónakialakításánál is hasonló struktúra szerint tervezek eljárni:

1. táblatörténet feldolgozás – feltárt okok
2. tényleges hozam adatok (5 év)
3. régi földhasználat alapján készült filterezett klaszterek (QGIS / IDRISI)
4. külső szolgáltató zónatérkép
5. talajmintavétel és adatfeldolgozás, kiértékelés (okok és okozatok)
6. filterezett klaszterkialakítás és zónatérkép egybeépítés
7. zónaerők meghatározása
8. kijuttatási és vetési térképek

5.2 Termőképesség javítás, a több évtizedes földhasználat negatív hatásainak csökkentésével

A tábla mértani közepén elhelyezkedő, több évben is belvíz borította terület több vizsgálat során is összemosódik a régi legeltetett terület határaival. Így itt szintén célravezető lehet a 20. ábrán látható zónakialakítás. A több mért évben is belvízzel érintett terület, a poligonlehatárolás következtében nem csak a tápanyag visszapótlásban, de a talajművelésben is eltérő lehetőségeket kínál. A teljes tábla 65 ha-os területének középmezőny lazítószója folyamán a többször is belvízzel érintett zónákat érdemesnek találom vakonddrénus megoldással lazítani.



28. ábra: vakonddrénes középemély lazító

[<https://agraragazat.hu>]

A vakonddrénes lazító esetén a munkaeszközhöz vonólánccal csatlakozó öntöttvas „járatkialakító” kapcsolható, így a munkafolyamat során a lazító kése után egy járat keletkezik, ami az esetleges belvíz elvezetése mellett növelni tudja egy szárazabb, aszályosabb évjárat esetén a talaj víztároló kapacitását is.

A tábla közepén, a két ma már nem létező tanyahelyet és állattartó telepet összekötő földút, illetve a régen karámmal bekerített szarvasmarha legelő talajtaposásból és tömörödöttségéből eredő kárait a mai napig nem sikerült teljes mértékben megszüntetni. Mind a talajszelvény vizsgálat, mind pedig a talajvizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a megszüntetéstől számított, az út esetében több mint 20 év, míg a legelőnél még 60 év sem volt elég a negatív hatások kiküszöbölésére. A talajtömörödöttség olyan mértékű,

hogy sem a normál forgatásos, sem pedig a középmedély lazításos technológia nem vezetett teljes eredményre. Így az általam 13. számmal jelölt zóna teljes területét talajjavítás alá érdemes vonni. Ebben az esetben a legmegfelelőbb talajművelő eszköz mélylazító. Ez a művelet melioratív beavatkozásnak számít a tömörödéssre és beiszapolódásra hajlamos, rossz vízbefogadó képességű talajok esetén, elsősorban sok éves talajtaposás megszüntetésére mélyen gyökerező növények vetése előtt. RTK korrekciós jellel rendelkező erőgép segítségével a tömörödött terület előzetesen körbehatárolás után javítható.

A Legelő tábla, felmérést követően megállapított 2,5 ha-os, volt tanyahelyének végleges rekultivációja szempontjából a legcélravezetőbb megoldásnak a talajcserét tartom. Ebben az esetben rekultivációs és újrahasznosítási talajvédelmi tervet kell készíteni. A termőföld csere a talajszelvény vizsgálatok alapján 25 cm mélységben elegendő. A művelet elvégzése során a magas mésztartalmú téglatörmelék a területről teljes egészében lehordható.

A fenti ajánlásokban említett műveletek költségoldali vizsgálata és azok megtérülésének számításai a jelen dolgozat témáját nem érintik.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós technológiák mezőgazdasági alkalmazásától nagyon sok gazda csodát vár. Informatikai háttérrel bővítenek, műszaki megoldásokat alkalmaznak, hogy a megtervezett folyamatok okszerű kivitelezését követően mind ökológia mind ökonómiai hasznot realizáljanak. A 21. században már minden adott ahhoz, hogy egy adott szántóföldi művelés alá vont területet a lehető legrészletesebben megismerjünk, feltérképezzünk és a precíziós technológiák adta lehetőségek folytán kiaknázzuk a benne rejlő lehetőségeket. Viszont, ha egy tábla történetét nem ismerjük, nagyon könnyen eshetünk abba a hibába, amikor a precíziós fejlesztések és a befektetett munka megtérülésének elmaradása okozat. Az ok, a tábla történetének a hiánya.

Ennek az okfejtésnek mentén kezdtem el megvizsgálni a dolgozatban szereplő 65 ha-os Legelő tábla történelmét. A dolgozatom alapját egy 1962-ben, amerikai kémrepülőgép által készített ortofotó adta, melyen a vizsgált tábla mai viszonyokhoz képest még teljesen más arcát mutatta. Istállók, bekerített legelők, mezőgazdasági használatú földút és egy akkoriban is nagynak számító tanya látható a képen. Ezek területe ma teljes egészében homogén szántó. Homogén, a művelési ág tekintetében, de a táblát részletesebben megvizsgálva nagyon is heterogén.

A táblát műholdképek segítségével részegységekké szedtem és térinformatikai adatok elemzésére szolgáló IDRISI, illetve QGIS szoftverekkel klasztereztem. A Sentinel 2 műholdképe alapján tökéletesen látszott az összes vizsgálat alá vont, az eredeti ortofotón látható területrészt. Saját zónakialakítást követően célzottan, megadott koordináták alapján talajszelvény és talajösszetétel meghatározást végeztem. A talajvizsgálati eredmények és a magassági adatok összefésülésével minden célzott zónában érdekes felfedezéseket sikerült tennem. Egyértelmű összefüggést sikerült felfedeznem mind a taposási károkkal érintett, mind a túlzott mésztartalmú téglatörmelékkel szennyezett zónákban a régi földhasználatból eredő károk és a mai termésdepresszió között. Amíg a kötöttségi értékek és a szénsavas mésztartalom szignifikáns különbségeket mutatott,

addig a különböző, táblán belüli talajtípusok kémhatásából nem sikerült mérhető és beazonosítható különbségeket kinyerni. Ugyan ez mondható el a 2022. évi vegetációs időszak két időpontjában is vizsgált talajhőmérsékletekre is. Ennek okára a vizsgálatok során nem sikerült rájönnöm, pedig a táblán belüli talajtípusok a gyorsan felmelegedő klasszikus réti öntéstalajoktól egészen a löszös-homokerekig terjednek.

A meghatározott zónák kialakítását követően a mAXI-MAP szoftver ugyan ezen táblára meglévő lehatárolásait vizsgáltam meg és hasonlítottam össze a saját, kimondottan a történelmi földhasználatra alapozott zónáimmal. Éles ellentét mutatkozott a két lehatárolás között. A külső szolgáltató, a saját talajvizsgálati eredményeik hiányában kizárólag 5 éves historikus cellahozamtérképek alapján készített lehatárolt zónákat a Legelő táblára. Viszont használhatóság szempontjából a közel 20 zóna évről-évre való variációs lehetőségei változatosabb és célravezetőbb kijuttatási térképeket irányoznak elő.

Eredményként megállapítottam, hogy a kétfajta zónakialakítási módszer közös, összefésült eredménye lehet a megoldás. A cellahozam adatokra, és a talajvizsgálati eredményekre alapozott, illetve a historikus vizsgálatok és megfigyelések alapján kialakított lehatárolások együttes használata egyértelműen jobb eredménnyel használhatók, mind bármelyik módszer külön-külön.

Ajánlásként a különböző, régi földhasználatból eredő és termésdepresszióval érintett zónákban, különféle talajjavító és terméseredményt növelő, talajművelési lehetőségeket határoztam meg. Viszont ezek költség és megtérülési számításaira nem tértem ki, a dolgozat részét nem képezik.

7. SUMMARY

Many farmers expect miracles from the application of precision technologies in agriculture. The IT background is expanded and technical solutions are applied so that both ecological and economic benefits can be realized after the planned processes have been reasonably implemented. In the 21st century, everything is already in place to get to know and map a given area under cultivation in as much detail as possible, and exploit its inherent potential thanks to the possibilities provided by precision technologies. However, if we don't know the history of a board, we can very easily make the mistake of not getting the return on investment and precision improvements. The reason is the lack of history of the board.

Based on this explanation, I began to examine the history of the 65 ha Pasture field included in the thesis. The basis of my thesis was an orthophoto taken by an American spy plane in 1962, on which the examined board showed a completely different face compared to today's conditions. Barns, fenced pastures, a dirt road used for agriculture and a farm that was still considered large at the time can be seen in the picture. Today, their area is completely homogeneous arable land. Homogeneous, in terms of the cultivation branch, but when examining the field in more detail, it is very heterogeneous.

I divided the table into sub-units with the help of satellite images and clustered it with IDRISI and QGIS software for analyzing geospatial data. Based on the Sentinel 2 satellite image, all the areas under investigation, visible in the original orthophoto, were perfectly visible. After my own zone design, I performed a targeted soil profile and soil composition determination based on given coordinates. By combing the soil test results and the height data, I managed to make interesting discoveries in each targeted zone. I was able to discover a clear connection between the damage resulting from old land use and today's crop depression both in the zones affected by trampling damage and in the zones contaminated with excessive lime-containing brick rubble. While the binding values and carbonated lime content showed significant differences, no measurable and identifiable differences could be obtained from the chemical effect of the different soil

types within the field. Although the same can be said for the soil temperatures examined at two times of the 2022 vegetation period. I did not manage to find out the reason for this during the tests, even though the soil types within the field range from classic meadow potting soils, which heat up quickly, to sandy soil.

After creating the defined zones, I examined the demarcations of the mAXI-MAP software for this board and compared them with my own zones, specifically based on historical land use. There was a sharp contrast between the two demarcations. The external service provider, in the absence of their own soil test results, created demarcated zones for the Pasture field based solely on 5-year historical cell yield maps. However, from the point of view of usability, the year-to-year variation possibilities of the nearly 20 zones provide for more diverse and targeted application maps.

As a result, I found that the solution can be a joint, combined result of the two types of zone design methods. The combined use of delimitations based on cell yield data and soil test results, as well as based on historical tests and observations, can be used with clearly better results than either method separately.

As a recommendation, I defined various tillage options that improve soil and increase yield in the various zones resulting from old land use and affected by yield depression. However, I did not go into the cost and return calculations of these, they are not part of the thesis.

8. IRODALOMJEGYZÉK

Dr. Németh 2014: Agronapló, 2014.01 lapszám 47-48 o, Precíziós növénytermesztés I. rész

Szabó, J.; Milics, G.; Tamás, J.; Pásztor, L. 2007: Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban. In: Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.) A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp.39-62.

Mucsi L. 2004. Műholdas távérzékelés. 2004. Libellus Kiadó, Szeged. p.250

Nagyvárad László 2007: Tájékozódás, térképészet, távérzékelés. Egyetemi tankönyv, PTE TTK FI FDI, Pécs, 140 p.

Nemerkenyi A. 1997: Magyar Földrajzi Társaság – Földrajzi Közlemények, 1997. 1-2. szám

Finkelstein, Jason S., Joshua C. Woda, and John H. Williams. Data sources and methods for digital mapping of eight valley-fill aquifer systems in upstate New York. No. 2022-5024. US Geological Survey, 2022.

Csornai, G., 2017. Farm support via crop yield measurements by satellite data. SCERIN-5 Capacity Building Workshop, Institute of Geography, Faculty of Sciences, University of Pécs, Hungary

Csornai, G., Suba, Zs., Bánhalminé Nemes K., 2019. Cosima Kft.: Precíziós és tábla-hozammérés műholdfelvételekkel és ezek alkalmazásai szántóterületeken GISOpen 2019. Konferencia, Székesfehérvár. Conference GIS Open 2019

Buzetzký Gy. (2002): A Duna menti területek hidrológiája. In: Iványi I. – Lehmann A. (szerk): DunaDráva Nemzeti Park. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 107-110.

Ihrig D. (1973): A magyar vízszabályozás története. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, pp. 235-249.

Kennesey B. (szerk., 1931): A csonkamagyarországi ármentesítő és lecsapoló társulatok munkálatai és azok közgazdasági jelentősége. Magyar Mérnök és Építész Egylet Vízépítési Szakosztálya, Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest, pp. 38-39.

Hervai A. – Nagy D. – Konkoly S. (2020): Landscape transformations on Mohács Island following river regulations. Podravina, 37 (19), pp. 47-60

<https://www.vaderstad.com/fi/know-how/basic-agronomy/soil-analysis-and-protection/soil-compaction/>

9. MELLÉKLET

TALAJVIZSGÁLATI EREDMÉNYLAP									
tábla neve	LEGELO			mintavétel időpontja: 2022.09.15					
tábla területe	64 ha			elővetemény:		szója			
minta száma	minta mélysége	koordináták		pH (KCI)	CACO3	humusz %	kötöttségi érték	Na ppm	
		szélesség	hosszúság						
1	0-25 cm	46° 3'4.51"É	18°49'35.99"K	6,81	11,5	2,82	42	80	
2	0-25 cm	46° 2'47.90"É	18°49'48.13"K	6,88	4,8	3,05	47	128	
3	0-25 cm	46° 2'54.41"É	18°49'13.79"K	6,82	2,9	2,59	45	104	
4	0-25 cm	46° 2'57.46"É	18°49'30.77"K	6,84	1,8	3,63	47	93	
5	0-25 cm	46° 2'57.60"É	18°49'44.34"K	6,93	4,1	1,18	32	128	
6	0-25 cm	46° 2'46.64"É	18°49'34.02"K	6,95	10,7	1,32	40	125	
7	0-25 cm	46° 2'46.84"É	18°50'6.05"K	7,03	9,8	2,2	38	150	
8	0-25 cm	46° 2'45.70"É	18°49'37.34"K	7,05	19,8	1,86	33	157	
9	0-25 cm	46° 2'56.97"É	18°49'8.08"K	6,94	2,9	2,66	47	91	
10	0-25 cm	46° 3'1.55"É	18°49'34.08"K	6,85	0,8	3,27	43	93	
11	0-25 cm	46° 2'59.26"É	18°49'15.00"K	7	6,4	3,64	43	138	
12	0-25 cm	46° 3'1.76"É	18°49'4.02"K	6,42	0,1	2,3	45	93	
13	0-25 cm	46° 3'8.42"É	18°49'22.06"K	6,59	1	2,02	45	148	