DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

SMUK NORBERT

MOSONMAGYARÓVÁR
2017

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR

WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER- TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:

PROF. DR. ÖRDÖG VINCE, DSC
EGYETEMI TANÁR,

HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

ALPROGRAMVEZETŐ:

PROF. DR. ÖRDÖG VINCE, DSC
EGYETEMI TANÁR

TÉMAVEZETŐK:

DR. HABIL KOVÁCS ATTILA JÓZSEF, PHD
EGYETEMI DOCENS

DR. HABIL MILICS GÁBOR, PHD
EGYETEMI DOCENS

A PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉSI MÓDSZEREK ELEMZÉSE

SMUK NORBERT
DOKTORJELÖLT

MOSONMAGYARÓVÁR
2017

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉSI MÓDSZEREK ELEMZÉSE

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Széchenyi István Egyetem Wittmann Antal Növény-, Állat és Élelmiszer - Tudományi Doktori Iskolája
Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program

Írta:
Smuk Norbert

Készült a Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola
Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Programja keretében.

Témavezetők: Dr. habil Kovács Attila József, PhD

Dr. habil. Milics Gábor, PhD

Elfogadásra javaslom (igen/nem)

(aláírás) (aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton …… %-ot ért el,

Mosonmagyaróvár .....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)
Első bíráló (Dr. …….) igen/nem

(aláírás)
Második bíráló (Dr. ……..) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr. ……..) igen/nem

(aláírás)
A jelölt az értekezés nyilvános vitáján …….. %-ot ért el

Mosonmagyaróvár .....
a Szigorlati Bizottság elnöke
A doktori (PhD) oklevél minősítése …….

.....
Az EDHT elnöke

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

TARTALOM JEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 9
2. CÉLKITŰZÉSEK 12
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 14
3. 1. A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS FOGALMA, KIALAKULÁSA 14
3. 2. A HELYSPECIFIKUS MEZŐGAZDASÁG FONTOSABB ALKALMAZÁSI TERÜLETEI 20
3. 2. 1. Tápanyag-visszapótlás 21
3. 2. 2. Gyomszabályozás 24
3. 2. 3. Vetés 29
3. 3. A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ÜZEMGAZDASÁGI VONATKOZÁSAI 30
3. 4. TALAJSZENZOROK A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGBAN 38
3. 4. 1. A fajlagos vezetőképesség (EC_a) szerepe a helyspecifikus gazdálkodásban 39
3. 4. 2. A talaj tömörödöttségének vizsgálata 42
3. 5. KIS MAGASSÁGÚ TÁVÉRZÉKELÉS A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGBAN 44
4. ANYAG ÉS MÓDSZER 51
4. 1. A PERMETEZÉS VEZÉRLÉS MÓDSZERTANA 51
4. 2. A PERMETEZÉS VEZÉRLÉS ELEMZÉSÉNEK MÓDSZERTANA 56
4. 3. A GYOMFELVÉTELEZÉS MÓDSZERTANA 61
4. 4. A GYOMFELVÉTELEZÉS ELEMZÉSE 63
4. 4. 1. A gyomborítottság adatok kiértékelése 64
4. 4. 2. Adatelemzés módszertana 65
4. 5. AZ ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZERTANA 67
4. 6. A PENETRÁCIÓS ELLENÁLLÁS MÉRÉS MÓDSZERTANA 76
4. 7. A MINTAVÉTELEZÉSI PONTOK KIJELÖLÉSE 78
4. 8. AZ ORTOFOTÓ KÉSZÍTÉS ÉS FELDOLGOZÁS MÓDSZERTANA 82
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK 93

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 1. A DÓZISSZABÁLYOZÓ ALGORITMUS 93
5. 2. A PERMETLÉ KIJUTTATÁSSAL KAPCSOLATOS EREDMÉNYEK 96
5. 2. 1. A szórás távolságok alapján történő statisztikai vágás eredményei 96
5. 2. 2. A Grubbs-próba alapján történő statisztikai vágás eredményei 104
5. 3. A gyomfelvételezések kiértékelése 109
5. 3. 1. A gyomflóra rendszertani értékelése 109
5. 3. 2. A gyomflóra életforma spektrumai 114
5. 3. 3. A gyomflóra flóraelemei 115
5. 3. 4. A gyomflóra diverzitása 117
5. 4. A GYOMOK HOZAMRA GYAKOROLT HATÁSA 121
5. 5. A TALAJTULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA 125
5. 5. 1. A fizikai szemcseösszetétel vizsgálat eredményei 125
5. 5. 2. A 2012-es év elektromos vezetőképesség mérési eredményei 130
5. 5. 3. A 2013-as év elektromos vezetőképesség mérés eredményei . 134
5. 5. 4. A 2012. évi penetrációs ellenállás mérés eredményei 137
5. 5. 5. A 2013. évi penetrációs ellenállás mérés eredményei 143
5. 6. ÉVELŐ GYOM FOLTOK DETEKTÁLÁSA KIS MAGASSÁGÚ TÁVÉRZÉKELŐ ESZKÖZZEL 162
5. 6. 1. A vizsgálatba vont vegetációs indexek 162
5. 6. 2. Green Leaf Index-szel kapcsolatos eredmények 166
5. 6. 3. Triangular Greeness Index-szel kapcsolatos eredmények 169
5. 6. 4. A kijuttatási terv 172
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 174
7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK) ... 178
8. ÖSSZEFOGLALÁS 179
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 185
ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE 187

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

ÁBRÁK JEGYZÉKE 187
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE 192
IRODALOMJEGYZÉK 195
FÜGGELÉK 230

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

KIVONAT

A dolgozatban a szerző összefoglalja a helyspecifikus növénytermesztés három különböző területén szerzett tapasztalatait. A talaj eltérő paraméterei alapján dózis szabályozott preemergens gyomirtást hajt végre kukorica *(Zea mays* L.*)* kultúrában, ahol takart kontroll parcellák segítségével figyelemmel kíséri a gyomflóra időbeni változását, és annak termésre gyakorolt hatását a vegetációs időszak során elvégzett többszöri gyomfelvételezés segítségével. Egymást követő években megvizsgálja a talaj elektromos vezetőképességét és penetrációs ellenállását, majd összefüggést határoz meg e két paraméter között. Látható fény tartományban készült légi felvételekből georeferált ortofotót készít, melyet szín csatornákra bontva vegetációs indexet kalkulál és felhasználja azokat évelő gyomfoltok detektálására. A felvételezett gyomfoltokra kijuttatási tervet dolgoz ki és meghatározza a kijuttatandó herbicid mennyiségét.

ABSTRACT

In this Ph. D. thesis the author summarizes his experiences on three different fields of site-specific crop production. He performs a dose regulated pre-emergent weed control under different soil parameters in maize *(Zea mays* L.*)* where with the help of the covered control plots to survey the temporal changes of the weed flora and its impact to yield with multiple weed survey during the vegetation period. He creates soil apparent electrical conductivity and penetration resistance for consecutive years, were examined and then the relationship between these two parameters was defined. Creates georeferenced

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

orthophotos from aerial images in visible light range, divides the color channels (RGB), and creates vegetation indices, which he uses to detect perennial weeds. Prescription plan for the weed patches was developed, and the amounts of applicable herbicide rates was determined.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

1. BEVEZETÉS

Az emberiség jövője szempontjából ősidők óta kulcskérdés volt az élelmiszertermelés. Nincs ez másként napjainkban sem. A növekvő népesség, a csökkenő termőterület paradoxona újabb és újabb megoldandó problémákat vet fel korunk gondolkodó emberének. Ez az összefüggés vetette fel 1987-ben a fenntartható fejlődés problémakörét *(World Commission on Environment and Development, 1987).* A kérdés súlyossága nem vitás, megoldást találni rá azonban annál nehezebb. A kérdésre adható válaszok egyike a termelés hatékonyságának emelése, ezért is jelenthet megoldást a helyspecifikus vagy más néven a precíziós növénytermesztés *(Csiba et al., 2009).*

A precíziós gazdálkodás az Amerikai Egyesült Államok (USA) területén kezdett kibontakozni, és ott került sor először gyakorlati alkalmazására is. Ez nem véletlen, hiszen a NAVSTAR GPS (Global Positioning System), vagy más néven műholdas helyzetmeghatározó rendszert is itt fejlesztették ki. Napjainkban már számos olyan technikai fejlesztés, eszköz áll a polgári felhasználók rendelkezésére, mely eredetileg az Amerikai Egyesült Államok hadseregének megbízásából készült. A technológia gyakorlati megvalósításához szükséges eszközök kereskedelmi forgalomban az 1990-es évek elejétől érhetők el az Amerikai Egyesült Államokban. Egy felmérés alapján megállapításra került, hogy 1998-ban az USA-ban élő 8400 megkérdezett farmer közül, azok 70%-a még nem hallott a precíziós gazdálkodásról, 25%-uk ugyan már ismerte a technológia egyes elemeit, de

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

még nem alkalmazta őket, 5%-uk viszont már gyakorlatban is használta a rendszert *(Daberkow – McBride, 2000).* Ugyanakkor 2000-ben a genetikailag módosított vetőmagok aránya az USA-ban az összes kukoricatermelésnek 25%-át, szójababtermelésnek 54%-át és a gyapottermelés 61%-át tették ki *(Daberkow – McBride, 2003).* Ennek oka *Basso et al., 2001* szerint abban keresendő, hogy az új technológiák elterjedése a gyakorlatban elsődlegesen az adott eljárás kínálta lehetőségek produktivitás-, illetve bevételnövelő hatásának a függvénye. Ez az arány is jól mutatja, hogy kezdetben még tőlünk nyugatabbra is – a technológia hazájában – rendkívül óvatosan kezelték a precíziós gazdálkodás eszközeit, és lassan indult meg terjedése a mindennapi alkalmazásban. Azonban egyértelműen a váltás mellett állnak a nagyobb terméshozamok okozta magasabb szintű jövedelmezőség, emellett megemlíthetjük a mérsékeltebb műtrágya felhasználás környezetbarát voltát is. Ezen érveket kiegészítve *Gandorfer et al. (2003)* szerint a precíziós tápanyag-visszapótlás egyértelmű előnye az alacsony nitrogén egyenlegben jelentkezik.

Hazánkban a helyspecifikus gazdálkodás a kilencvenes évek végén kezdett elterjedni. Ez a késői időpont főként a rendszerváltás után a mezőgazdaságban bekövetkezett hirtelen szerkezetváltás miatt kialakult tőkehiánynak és a rendezetlen tulajdonviszonyoknak – amelyek egy része még ma is fennáll – volt köszönhető. Azonban a Magyar Tudományos Akadémia kutatói felismerték a technológia fontosságát és a benne rejlő lehetőségeket. *Győrffy (2000)* szerint: *„A precíziós agrárgazdaság minél gyorsabb és szélesebb körű bevezetése, elindítása ma a hazai agrár- és környezetvédelmi kutatásokban prioritást kell élvezzen, lévén ez az egyetlen megoldás, amely egyidejűleg képes megoldást kínálni ökonómiai és ökológiai problémákra."*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A program meghirdetését követően számos kutatóintézet látott munkához, melyek közé tartozott a Nyugat-magyarországi Egyetem (ma Széchenyi István Egyetem) Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, ahol a vizsgálat megindulta óta számos eredmény született *(Neményi et al., 2001; Pecze, 2001; Mesterházi, 2004; Neményi et al., 2006a; Neményi et al. ,2006b; Milics, 2007; Virág, 2014; Nyéki 2016).* A kutatási eredmények elérését a mai napig nagyban segíti, hogy a különböző kutatóintézetek közt nagyon szoros együttműködés alakult ki, mely lehetővé teszi az eredmények egymás közt történő megosztását.

Hazánkban a gyakorlati alkalmazás tekintetében elsősorban az AXIÁL Kft.-t és a KITE Zrt.-t kell megemlíteni. A rendszer elterjedésében és az egyes tudományos eredmények gyakorlatba történő átültetésében nagy szerepet töltött be az egykori IKR Zrt. (ma IKR Agrár Kft.). A cég, mint Magyarország egyik vezető mezőgazdasági termelő-, és szolgáltató társasága napjainkban is folyamatos kutatások révén finomítja a rendszert. A vizsgálatok eredményeiről folyamatosan hírt adnak negyedévente megjelenő magazinjukban és más mezőgazdasági szakfolyóiratokban *(Virág, 2016).* Mindemellett a jövedelmezőség vizsgálatakor példaként említhető a zimányi Farkas Kft., mely már megalakulása óta folyamatosan alkalmazza a precíziós gazdálkodás vívmányait. Kezdetben csak sorvezetést alkalmaztak, de folyamatos fejlesztés révén igyekeznek a precíziós szemléletet a gazdálkodás összes szegmensére kiterjeszteni *(Bedő, 2007).*

Ezekből is látható, hogy dolgozatom témája aktuális, hiszen a jövő mezőgazdaságának egyik meghatározó iránya a precíziós mezőgazdaság.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

2. CÉLKITŰZÉSEK

A dolgozat elsődleges célja, hogy segítse átültetni a kutatások eredményeit a gyakorlati felhasználók világába.

Céljaim közt szerepel, hogy egy preemergens herbicidet a talajadottságok figyelembevételével, dózisszabályozással helyspecifikusan juttassuk ki a célterületre. Ezen szereknek az alkalmazása nagy jelentőséggel bírhat a termelés során, hiszen használatukkal lehetőségünk nyílik már a kezdeti kompetíció kialakulásának veszélyét is csökkenteni, optimális esetben megszüntetni. Hatóanyagaik tartamhatással bírnak, tehát a kipermetezést követően több hétig megakadályozzák a gyomok fejlődését, ezzel időt és teret biztosítva a kultúrnövénynek a megerősödésre, hogy saját maga is képes legyen elnyomni a kelő vagy fejlődő gyomnövényeket. Azonban minden pozitív tulajdonságuk ellenére sikeres alkalmazásuk sok esetben kétséges lehet, hiszen megfelelő mennyiségű bemosó csapadék híján hatásuk sok esetben elmarad. Továbbá bizonyos típusok nem szakszerű alkalmazása nyomott hagyhat a kultúrnövényen is, ezért célom *Reisinger et al. (2007)* alapján kukorica *(Zea mays* L.*)* növényre kidolgozni egy, a talaj tulajdonságokra épülő algoritmust, mely ezt a termesztett növényre gyakorolt hatást, a finomabb dozírozás révén igyekszik megszüntetni.

A GPS vezérelt permetező révén a kijuttatott dózisok hatásosságát takart kontroll parcellák segítségével tervezem ellenőrizni, melyek segítségével megállapíthatom, hogy az eltérő mértékű permetlé mennyiségek

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

valóban képesek-e biztosítani a kívánt gyomirtó hatást egy heterogén tábla minden részén.

Célom folyamatos gyomfelvételezések révén figyelemmel kísérni a takart kontroll területek gyomflórájának alakulását. Feljegyzések készítésével nyomon kívánom követni a különböző fajok borítottság adatait a tábla különböző részein. Ezek alapján vizsgálom az időjárás és az edafikus tényezők hatását a flórára.

Továbbá a kontroll területek betakarításával számszerűsítem, hogy a kompetíció hatására alakul-e ki termés depresszió a kezelt területekhez képest, s amennyiben igen, az milyen mértékű lehet.

Az elektromos konduktivitás vizsgálatok felhasználásával széleskörű következtetések vonhatóak le a talaj különböző fizikai és kémiai tulajdonságaira. Ennek jelentős szakirodalmi háttere van, hiszen már régóta vizsgált területe ez a talajtulajdonságok megállapításának. Célként tűztem ki, hogy felmérem egy, a Jánossomorja határában található 17 ha-os szántó elektromos konduktivitását, melyből talajtextúrázottsági térképeket készítek. További célként tűztem ki, hogy összefüggést keresek a talaj elektromos vezetőképessége és a behatolási ellenállás között, hogy az adatok felhasználásával megalapozzak egy majdani változó mélységű talajművelési eljárást.

Célom volt a dolgozat elkészítésével továbbá, hogy látható fény tartományban évelő gyomokat detektáljak kis magasságú légi felvételek alkalmazásával, melyek adatait felhasználva helyspecifikus beavatkozási eljárást dolgozzak ki a területen fellelhető mezei acat *(Cirsium arvense* L.*)* kolóniái ellen.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Napjaink egyik legmeghatározóbb kérdéskörévé kezd válni a tudomány világban a fenntarthatóság, a fenntartható mezőgazdaság problémaköre. A világ népességének növekedése és bolygónk véges népességeltartó kapacitásának paradoxona nagy kihívás a jelen kor emberének. A probléma megoldására számos lehetőséget vet fel a nemzetközi szakirodalom *(Wagner, 1999; Lyson, 2002).* Azonban más kutatások felvetik a precíziós- vagy helyspecifikus gazdálkodást, mint lehetséges megoldást *(Leiva et al., 1997).*

3. 1. A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS FOGALMA, KIALAKULÁSA

A precíziós gazdálkodás alapgondolata egészen *Johnson et al. (1983)* munkásságukig nyúlik vissza, amelyben a szerzők leírták az ún. „custom prescribed tillage" (egyedileg meghatározott talajművelés) elméletüket.

A helyspecifikus gazdálkodás megfogalmazására sok kísérlet történt, de mindenki által elfogadható definíció még nem született a technológiára. A Kansas-i Egyetem honlapján a következőképpen határozták meg a precíziós gazdálkodás fogalmát: *„A precíziós gazdálkodás egy olyan új technológia, mely lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy a művelt területeken többlet információk segítségével használják fel inputjaikat. A technológia révén pénz takarítható meg, növelhető a terméshozam, továbbá csökken a*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

környezetterhelés a módszer használatával" (URL[1], Kansas State University, 2008).

A módszert *Pecze (2001)* a következőképpen írja le: *„A precíziós gazdálkodás olyan technológia módszer, mely a területen belüli változékonyságot is figyelembe veszi. Azt a technológiát jelenti, amelynél a táblán belül a helyi viszonyokhoz igazodva juttatjuk ki a tápanyagot (műtrágya, szerves trágya), a növényvédő szert, a vetőmagot és változtatjuk a műveletek módját".*

„A precíziós mezőgazdaság definíciója műszaki-informatikai szempontból alapvetően a helyspecifikus, pozícionált (adott helyre vonatkozó) információgyűjtésre és kezelésre épül. Nem szabad csupán a precíziós (precíz) fogalom értelmezésére támaszkodni, hiszen lehet a technológia nagyon pontos, mégse ebbe a fogalomba tartozik akkor, ha egy adott termelési egységen (táblán) belül az eltérő körülményeket nem veszi figyelembe, és nem annak megfelelően változtatja a kezelések jellemzőit" (Németh et al., 2007).

Egy másik meghatározásban a precíziós gazdálkodás olyan információ alapú technológiai rendszerként definiálódik, mely *a talaj tér- és időbeli változékonyságát figyelembe véve biztosíthatja a jövedelmezőség, fenntarthatóság és környezetvédelem hármasának egy időben történő meglétét (Moore et al., 1993).*

A kutatók régóta tisztában vannak azzal a ténnyel, hogy a termőföld genetikai szerkezete, kémiai-, fizikai-, biológiai összetétele nem a táblák határainál változnak *(Stafford, 1996)*. Jól elkülöníthető „foltok" alkotják a területet, melyek egészen más tápanyagkészlettel, fizikai-, kémiai szerkezettel rendelkeznek, amelyek miatt eltérő a talajok vízgazdálkodása, változatosak a gyomviszonyok, eltérőek a madár- és rágcsáló kártételek *(Sági, 1996)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Ezen foltoknak a megléte a tulajdonosok, kutatók számára egyértelmű volt már régóta, azonban a 1980-as, 1990-es évek elejéig nem volt megfelelő technikai háttér a biztonságos, és pontos megjelölésre, elkülönítésre. *Zerényi E. ex verb in Klopp (2000),* a Szent István Egyetem Hatvan-Józsefmajori Kísérleti Tangazdaságának igazgatója szerint *„a mai növénytermesztési gyakorlat figyelmen kívül hagyja a tábla heterogenitását, homogenizál a talajműveléssel, a tápanyag-utánpótlással, a növényvédelemmel, de még az öntözéssel is. Így a terület kisebb hányada kap csak optimális kezelést, többet vagy kevesebbet a nagyobb hányad. Ez pazarláshoz, vagy az optimum nem kellő kihasználásához vezet, ami kevés víz, felesleges növényvédő szer, talajvizet szennyező műtrágya kijuttatásában nyilvánul meg”.*

A mezőgazdaság fejlődése során nagy jelentőséggel bírt a mind újabb, nagyobb teljesítményű traktorok, berendezések megjelenése, elterjedése. Azonban a nagy teljesítményű gépek gazdasági előnyeit, melyek a területegységre vetített kedvezőbb üzemanyag felhasználás, vagy az adott művelet elvégzése során megtakarított munkaórák száma, csak a nagy területeken, illetve nagy táblákon gazdálkodók képesek kihasználni, (továbbá a táblán belüli viszonyokat konstansnak tekinti) *(Morgan – Ess, 1997).* A táblaszintű kezelések alkalmazása csak abban az esetben indokolt, ha területünk minden tekintetben homogén egésznek tekinthető. Ez a feltétel azonban csak nagyon ritkán teljesül, ilyenkor kerülhetnek előtérbe a precíziós növénytermesztésben is alkalmazott technológiai elemek által kínált lehetőségek. Azonban az eljárás kínálta előnyök kihasználásához szükség volt a tápanyag-visszapótlási modellek fejlődésére. Hosszú volt az út, míg *id. Várallyay (1950)* PK ellátottsági határértékeitől eljutott a tudomány a *MÉM-NAK „kék-füzet” (1979)* intenzív tápanyag-visszapótlási rendszerig, melyet

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

sokáig széleskörűen alkalmaztak a gyakorlatban. Ezt követte *Sarkadi et al. (1987)* AL-P korrekciós modellje, majd az MTA TAKI – KSZE integrált megközelítése, ami a talajok különböző tulajdonságaihoz rendelte az NPK határértékeket *(Várallyay et al., 1992).* A kutatásoknak köszönhetően, elérkezett az idő egy új, ökonómiai szempontokat is figyelembe vevő tápanyag visszapótlási szaktanácsadási rendszer megalkotására, mely térinformatikai alapokra épült *(Csathó et al., 2006; Csathó – Németh, 2006).* A korábbi gyakorlattól eltérően a szaktanácsadási rendszer a mezőgazdasági táblát már nem homogén egészként kezeli, figyelembe veszi az eltérő talajtani- és termesztési paraméterekből fakadó különbségeket. A rendszer tehát már nem a tábla átlagára készíti el a tápanyag visszapótlási javaslatot, hanem több kisebb egységre *(Czinege et al., 2000).* Továbbá elmondható a tápanyag visszapótlási modellek jövedelmezőségi vizsgálatával kapcsolatosan, hogy az MTA TAKI – MTA MGKI által kidolgozott trágyázási szaktanácsadási rendszerek alapján az új modell magasabb jövedelem realizálását teszi lehetővé *(Csathó et al., 2007a; 2007b; 2008; Fodor et al., 2007).*

A világ fejlett mezőgazdasággal rendelkező államaiban (pl.: USA, Egyesült Királyság, Németország) már korán felismerték a GPS alkalmazhatóságát, és az 1980-90-es években kezdetét vették a kutatások, melyek – bevonva a műszaki fejlesztések vívmányait –, megpróbáltak alkalmazkodni a mezőgazdasági területek tér- és időbeli változatosságához. Természetesen nem öncélúan, hanem kihasználva ennek gazdasági és környezetvédelmi előnyeit *(Stafford – Ambler, 1994).*

A technológia még napjainkban is viszonylag újnak számít. A precíziós gazdálkodással foglalkozó első nemzetközi konferenciát 1992-ben tartották Minneapolisban (USA, Minnesota Állam), ahol számos elnevezéssel illeték

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

még az eljárást, mint például: „spatially prescriptive farming” (térbelileg leíró gazdálkodás), „site specific crop management” (helyspecifikus termés menedzsment), „precision farming” (precíziós gazdálkodás), „high-tech sustainable agriculture (csúcs technológiás fenntartható mezőgazdaság)” *(Bakacsi et al., 1997).*

Hazánkban ezek a kutatások sokkal később, mintegy tíz éves késéssel indultak meg. Ennek fő oka az volt, hogy a NAVSTAR GPS (Global Positioning System) magyar nevén Globális Helymeghatározó Rendszer, mint a csúcstechnikát képviselő eszközök egyike 1996-ig szerepelt a COCOM-listán. A Szovjetunió felbomlása után feloldották az embargót, így például a GPS a polgári felhasználók körében is elterjedhetett. A 1990-es évek elején az eszköz nálunk még teljesen újnak számított, néhány szakember kivételével nem is ismerték hazánkban. Ez a kétezres évek derekára gyökeresen megváltozott *(Deákvári – Kovács, 2008).*

A precíziós gazdálkodással kapcsolatos fejlődés alapfeltétele volt a GPS polgári gyakorlatban történő elterjedése, alkalmazása. Ezt támasztja alá, hogy az agrárinnováció terén a GPS jelentőségét első helyen említik a biotechnológia előtt *(Catlett ex verb, 2003 in URL[2]).*

A rendszer kezdetben a polgári felhasználók számára még nem volt kellő pontossággal elérhető, a koordináták élessége csupán 100-150 m volt. Még a 1990-es évek közepén is több 10 méteres pontatlanságról számolnak be külföldi szerzők *(Stafford – Ambler, 1994).* Ez az USA védelmi minisztériumának úgynevezett S/A kód *(Langley, 1997)* zavarásának volt köszönhető, amit még tovább gyengíthet fák, épületek árnyékoló hatása *(Lachapelle – Henriksen, 1995; Brock – Karakurt; 1999).* Azonban utófeldolgozással a pontosságot fel lehetett javítani akár 2-5 méterre is, hiszen

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

a kódok az interneten néhány órás eltéréssel megjelentek. Ezekből már könnyedén kiszámíthatók voltak a pontosabb adatok, de könnyen belátható, hogy utófeldolgozás hiányában a rendelkezésre álló információk nem tették még lehetővé a mezőgazdaságban történő alkalmazást (1. táblázat). A használhatóságot nagyban elősegítette, hogy az USA 2000-ben megszüntette a S/A zavarást, így a pontosság számottevően nőtt *(McNeff, 1999).*

1. táblázat: Néhány GPS mérési módszer jellemzői

(Forrás: Deákvári – Kovács, 2008)

MÉRÉSI MÓD	HELYMEGHATÁROZÁS MÓDJA	FELDOLGOZÁS MÓDJA	KÓD- VAGY FÁZISMÉRÉS	PONTOSSÁG
Navigációs GPS	Abszolút	Valós idejű	Kódmérés	Többméteres
DGPS	Differenciális	Valós idejű	Kódmérés	Méteres
Statikus	Relatív	Utófeldolgozás	Fázismérés	Milliméteres
RSID kinematikus	Relatív	Utófeldolgozás	Fázismérés	Centiméteres
RTK	Relatív	Valós idejű	Fázismérés	Centiméteres

A rendszer pontosságát több tényező befolyásolja (műhold pályájából- illetve légkörből eredő eltérések stb.). Már régóta elérhetők ugyan +/- 2 mm pontosságú eszközök *(Goad, 1996)*, de ezeket még néhány speciális esettől eltekintve nem használják. A mezőgazdaságban napjainkban a +/- 2,5 cm-es pontosság érhető el, mely már akár a kormányautomatikával felszerelt gépek automatikus vezetésére is alkalmas. Ezt a korrekciós eljárást nevezi a szakirodalom RTK-nak (Real Time Kinematic; valós idejű kinamatikus) *(Spilker – Parkinson, 1996; Langley, 1998).* Mivel a globális helymeghatározó rendszer működése teljesen független a napszakoktól, ezért ezen eszközökkel elvégezhetők a vetés, mechanikai növényápolás, növényvédő szerek és

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

műtrágyák nagypontosságú kijuttatása akár éjjel is *(Neményi et al., 2003; Neményi – Milics, 2007).*

3. 2. A HELYSPECIFIKUS MEZŐGAZDASÁG FONTOSABB ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A precíziós mezőgazdaság fogalma alatt korábban a helyspecifikus növénytermesztést értették, azonban mára ez jelentősen megváltozott. Fogalma több részre szakadt, hiszen felöleli a precíziós állattenyésztést is ugyanúgy, mint a precíziós növénytermesztést *(Milics, 2008).*

Külföldön is számos országban végeznek kutatásokat a technológia gyakorlatba történő átültetésével kapcsolatban. Természetesen a kísérletek tekintetében a tőkeerősebb és fejlettebb országokban jelentősebb eredményeket érnek el, mint a fejlődő régiókban, ám nem szabad e régiók eredményei felett sem szemet hunyni. *Jingtон et al. (2003)* esettanulmánya a precíziós gazdálkodás adaptálási lehetőségeivel foglalkozik Kína mezőgazdasági kultúrájába. A dolgozat a precíziós gazdálkodást három fejlettségi szintre osztotta, és ezeket a szinteket egy-egy példán keresztül mutatja be, elemzi azok eredményeit. A három szint a Traditional PA, a Modern PA és High-Tech PA. Az elemzés születésekor Kínában az első kettő szint volt jelen, melyet a szerzők a kínai mezőgazdaság alacsony technológiai színvonalával magyaráztak. Azonban a felmérés bizonyítja, hogy a technológia vagy annak egyes elemei nem csak a legfejlettebb országok „kiváltsága".

Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a legtöbb tudományos eredmény a precíziós gazdálkodás „hazájából", az USA-ból származik.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

3. 2. 1. Tápanyag-visszapótlás

A precíziós növénytermesztés egyik legrégebben kutatott és alkalmazott metódusa a helyspecifikus tápanyag-visszapótlás. Számos eredmény született ezzel kapcsolatban *(Fairchild, 1988; Schüller – Wang, 1994; Virág et al., 2010).* Az eljárás több lépcsőből áll össze, melynek összetevői a különböző vizsgálatokban nem biztos, hogy megegyeznek, azonban a kibővített talajvizsgálat egyik módszerből sem hiányozhat *(Adamchuk et al., 2004).*

A folyamat logikai menete a következőképpen épül fel *(Czinege, 2002):* A művelt táblát kisebb kezelési egységekre osztják a talajmintavételhez, majd hozamtérképet készítenek egy hozamtérképezővel felszerelt betakarítógéppel *(Auernhammer et al., 1994).*

A hozamtérkép tulajdonképpen nem más, mint egy olyan digitális úton előállított térkép, melyen a tábla adott pontjához rendeli a hozzá tartozó hozamot. Ennek segítségével a gazdálkodók és a kutatók könnyedén leolvashatják és elemezhetik az adott évi termés területi eloszlását. Fontos információk nyerhetők belőle, ilyen lehet a minőség és műtrágyázás közti kapcsolat *(Long et al., 1998),* következtetések vonhatók le a talaj tápanyag tartalmára, vízgazdálkodására vonatkozóan stb. Több évre visszamenőleg rendelkezésre álló adatokból trendek számíthatók, szemmel követhetők a táblán végbemenő változások *(Arslan – Colvin, 2002).*

A terület kezelési egységekre bontása azért szükséges, mert a nagyobb tábláknak méretükből adódóan rendkívül heterogén a talajuk, ebből fakadóan csak meglehetősen pontatlan információk nyerhetők a nagy területről vett

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

mintákból a tábla egészére vonatkozóan. A hagyományos mintavételi terület optimális nagyságát a különböző szakirodalmak másként határozzák meg. Egy osztrák tanulmányban ezt a méretet 1-2 ha-nak állapították meg. Egy-egy mintát, ami hozzávetőlegesen 500-1000 g tömegű, pedig 15-25 részmintának kell alkotnia *(Aichbereger – Bäck, 2001).* Spanyolországban a szabványos talajmintavétel ennél jóval nagyobb kezelési egységekből történik. Öt ha-ban határozták meg a mintavételi területet, melyről 12-20 részmintát gyűjtenek. Ennek tömege 500 g kell, hogy legyen *(Barahona – Iriarte, 2001).* Hazánkban a mintavételi terület méretét szintén 5 ha-ban határozták meg, melyről 20-30 részmintából tevődik össze a minta. Tömegét 1000 g-ban határozták meg *(Kalocsai et al., 2006).*

Természetesen a helyspecifikus mezőgazdaság ennél jóval kisebb kezelési egységeket alkalmaz. A kezelési egységek mérete szinte kutatásonként változik, hiszen nehéz meghatározni azok optimális méretét, sőt már a metodikában is jelentős különbségek adódhatnak. Egyes kutatók a hozam és a talaj különböző paramétereiből (összes szén-, nitrogén-, foszfortartalomból) kiindulva Fuzzy halmazok *(Mikéné, 2006)* segítségével próbálják kialakítani a kezelési egység méreteket *(Kurtener et al., 2011).* Mások elegendőnek tartják a 3 ha-onkénti talajminták vételét, s az így kapott paraméterekből kiindulva speciális térinformatikai szoftver interpolációs funkcióját használva próbálják jellemezni a területeket *(Diacono et al., 2011).* Léteznek olyan vizsgálati eredmények is, melyek szerint a kezelési egységek során figyelembe kell venni a mikro domborzatot, melyet RTK-GPS adatainak a segítségével készítenek el, továbbá meghatározzák a talaj elektromos vezetőképességét és az eredmények alapján döntenek a menedzsment zónák

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

határairól egy speciális szoftver segítségével *(Tagarakis et al., 2011; Milics et al., 2012).*

Az azonban mindenképpen kijelenthető, hogy a kisebb kezelési egységek jobban jellemzik a terület heterogenitását, mint a nagyobbak. Egyes kísérletek 100 × 100 méteres kezelési egységeket használnak *(Pecze et al., 2001)*, míg vannak, amelyek ennél kisebb, 50 × 50 méteres kezelési egységekre osztják a területet *(Mesterházi, 2004).*

A kezelési egységek kijelölése után meghatározásra kerül az elvárt hozam, melynek megállapítása során számos tényezőt figyelembe kell venni. Ezen tényezőkkel kapcsolatosan már régóta végeznek vizsgálatokat. *Berzsenyi – Győrffy (1995)* tartamkísérleteik során kimutatták, hogy a termésmennyiséget leginkább meghatározó két tényező a tápanyag-visszapótlás 30,7% és a genotípus 30%. A genotípus jelentőségére már *Sárvári – Győri (1982)* is felhívta a figyelmet. *Nagy (1995)* hasonlóképpen igazolja, hogy a trágyázás a legmeghatározóbb tényező. Vizsgálata szerint a tápanyag-utánpótlás 48%-ban, míg az öntözés 28%-ban determinálja a termés mennyiségét. Ezt a tényt azonban már jóval előbb közzétették, mely szerint a 1960-as 1970-es évek magyar mezőgazdaságában tapasztalható jelentékeny mértékű termésemelkedés a műtrágyák mind nagyobb mértékű alkalmazásának köszönhető *(Bocz, 1976).* Azonban a nagy mennyiségű műtrágya felhasználás befolyásolja a kukorica termesztés energiamérlegét is *(Neményi, 1983; 1988).*

A műtrágyák alkalmazása során felismerték, hogy az állandó NPK trágyázás hatással van a talaj tápanyagforgalmára, amelyet figyelembe kell venni a műtrágya dózis meghatározásnál *(Lásztity – Csathó, 1994).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A rendelkezésre álló adatokból térinformatikai módszerek segítségével digitális térképeket állítanak elő. Ezek elemzésével határozzák meg a beavatkozás mértékét és pontos helyét. A kezelés sikerességéről pedig a következő évi hozamtérkép tájékoztatja a gazdálkodót. A hozamtérképek egyik fontos előnye, hogy hosszú távon rendkívül jól mutatják a kezelések hatására lezajló változásokat tábla szinten épp úgy, mint táblán belül.

A precíziós gazdálkodás azonban nem korlátozódik csupán a tápanyag-visszapótlásra. Az utóbbi időben egyre szélesebb körű alkalmazási módjaival kapcsolatban születnek kutatási eredmények.

3. 2. 2. Gyomszabályozás

A gyom definiálásával számos kutató foglalkozott világszerte, szakirodalma rendkívül széleskörű *(Rademacher, 1948; Wells, 1978; Holzner – Numata, 1982)*. Magyarországon már 1805-ből is származik tudományos definíciója: *„Dudva alatt most minden olyan plántát értünk, mely az önként termesztett plánta között, a neki szabott helyen magában vadon terem, legyen bár az a leghasznosabb plánta magában." (Pethe, 1805).* Ezt követően *Cserháti (1899)* felhívja a figyelmet a gyomok hozam, illetve minőség depresszáló hatására. *Ujvárosi (1957)* különbséget tesz definíciójában szántóföldi- és általános értelemben vett gyomnövény között, majd *Hunyadi (1974)* kimondja, hogy a növényi részek úgymint *„rizóma, tarack, hagyma"* is lehetnek gyomok adott környezetben.

A gyomok káros mivolta, a természetben fennálló versengés a fajok között nem új keletű dolog, már a *Bibliában* is találunk rá utalást *(Máté, 13. 3*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

– 8). A természeti tényezők létért való versengésére azonban a kompetíció fogalmát csak jóval később *Darwin (1859)* vezette be. Ezt a fogalmat finomította *Clements et al. (1929),* mely szerint: *„A kompetíció tisztán fizikai folyamat. Két növény, bármilyen közel is legyen egymáshoz, mindaddig nem verseng egymással, amíg a víz, a tápanyagkészlet és a fény mindkettő szükségletét meghaladja. Amikor a közvetlen ellátás egyetlen szükséges tényezőből a növények együttes szükséglete alá csökken, megkezdődik a versengés”*. Számos kutatást végeztek a gyomok hozamra gyakorolt hatására világszerte *(Kroppf – Spitters, 1991; Lindquist et al., 1998; Varga et al., 2000; Lehoczky et al., 2004).* Igazolódott, hogy a kukorica kezdeti fejlődésében – 3-4 levéltől 14 leveles koráig – a legérzékenyebb a káros kompetícióra *(Hall et al., 1992).* Ezt a jelenséget – a tolerálható versengés hossza és a szükséges gyommentes időszak közti összefüggést – nevezzük kritikus kompetíciós periódusnak *(Nieto et al., 1968).* Később viszont, mikor már a növény fejlettségben előrehaladott állapotba kerül, a hozamát kevésbé befolyásolják a gyomok, hiszen árnyékoló, elnyomó hatása révén nem tudnak azok kifejlődni *(Rademacher, 1966).* Hasonló megállapításra jut *Bosnic – Swanton (1997)* a kakaslábfű *(Echinochloa crus-galli* L.*)* kukoricára gyakorolt termés depresszáns hatásáról, mely szerint a későn csírázott gyomnövények mindösszesen 6%-os hozam kiesést okoznak. *Czimber et al. (1977)* rámutat, hogy a gyomköles *(Panicum miliaceum* L.*)* kukoricában történő fertőzése esetén lényeges terméscsökkenés 20%-ot meghaladó borítottság esetén várható, míg fenyércirok *(Sorghum halepense* L.*)* esetén ez az érték 15-25% közé tehető *(Czimber et al., 1978).* Ebből is látszik, hogy a keskenylevelű kompetítoroknak nagy számban kell jelen lenni a károkozáshoz. Ezt támasztják alá külföldi eredmények is, mely szerint a nagy széltippan *(Apera*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

spica-venti L.*)* gyomirtási küszöbe 10-20 növény/m^2 *(Wahmhoff – Heitefuss, 1985; Niemann, 1986),* míg ugyanez a parlagi ecsetpázsit *(Alopecurus myosuroides* L.*)* esetében 25-35 növény/m^2 *(Wellmann – Feucht, 2002).* Nagy zöldtömeget fejlesztő növényeknél *(Amaranthus spp., Echinochloa crus-galli* L., *Setaria spp.)* már 3-5 db növény/m^2-nél védekezni kell *(Kádár, 1983).* Más kutatások szignifikánsan bizonyítják, hogy a kukorica zöldtömege és növénymagassága csökken a selyemmályva *(Abutilon theophrasti* L.*)* fertőzöttség miatt *(Kazinczi et al., 1991).* A kukoricában okozott gyomkártétel meghatározása azonban nehezen végrehajtható, hiszen a területeknek rendkívül eltérő a gyomfaj-összetétele *(Reisinger, 1995).* Bár ennek ellenére születtek kísérletek matematikai összefüggések felállítására a hozam – száraz gyommennyiség *(Győrffy, 1976),* illetve a gyomborítottság *(Berzsenyi, 1979)* területén.

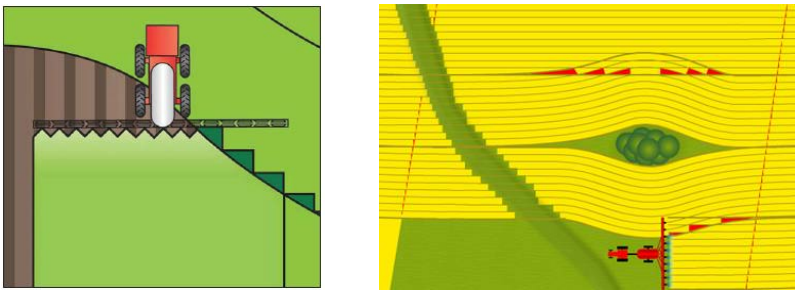
A növényvédelem egy viszonylag új alkalmazási iránya a helyspecifikus gyomszabályozás. A precíziós eszközök alkalmazása a növényvédelemben kétségtelenül nagy jelentőséggel bíró kutatási terület. Számos vizsgálatot végeznek külföldön kukorica, cukorrépa, őszi búza stb. kultúrákban. A kutatási irányzatok mindinkább a többsávos és nagyfelbontású légi-, illetve űrfelvételek irányába tolódnak el. A hiperspektrális képelemzési eljárások a begyűjthető adatok mennyisége, minősége (pontossága) tekintetében nagyságrendi változást hoztak a mezőgazdasági kutatás területén. Hazánkban tíz évesre tehető az az időszak, amióta megbízható eredmények állnak rendelkezésre a hiperspektrális vizsgálatokkal kapcsolatosan *(Németh et al., 1999; Reisinger et al., 2004; Reisinger et al., 2007).* Számos helyen folynak ezzel kapcsolatos vizsgálatok, melyek közül az egyik ilyen intézmény a Széchenyi István Egyetem Növénytudományi Tanszék.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A technológia alapgondolata az, hogy a vegyszereket ne az egész területre juttassák ki, hanem csak a táblának arra a részére, ahol az feltétlen szükséges. Ezt az eljárást a szakma „patch spraying", vagy foltpermetezésként alkalmazza *(Miller – Paice, 1998; Christensen et al., 1999).* Az eljárás egy előzetes gyomfelvételezésre épül, mely során GPS-szel rögzítik a gyomfoltok pontos elhelyezkedését *(Reisinger – Nagy, 2002; Nagy, 2003a)*, és a flóra összetételét fél hektáros mintavételi sűrűséggel *(Nagy et al., 2003)*. Ezzel kapcsolatos kutatások folytak a Nyugat-magyarországi Egyetem (ma Széchenyi István Egyetem) több tanszékén is *(Mesterházi et al., 2001; Nagy, 2004; Virág, 2014).*

Fontos alkalmazási terület a talajtérképre alapozott preemergens gyomszabályozás. Ezt az eljárást *Reisinger et al. (2007)* dolgozta ki napraforgó *(Helianthus annuus* L.*)* kultúrára. Az eljárás figyelembe veszi a vegyszerek kiválasztásakor gyomviszonyokon kívül a talajvizsgálatok adatai is (Arany-féle kötöttség, humusztartalom). A talajvizsgálati adatok mintasűrűségét 3 ha-ban állapították meg a vizsgálat során. A technológia nagy előnye, hogy a gyomfelvételezési procedúrát a kezelést megelőzően nem kell végrehajtani. Azonban szerencsés, ha rendelkezünk a terület gyomviszonyaival kapcsolatos ismeretekkel, hiszen ez segíthet a szer kiválasztásakor, bár kutatások szerint nem szükséges évente elvégezni a felvételezést, mert egy adott terület gyomflórája az évek során számottevően nem változik. Erről egy gyomtérkép készül *(Nagy, 2003b)*, mely alapján a kijuttató gép fedélzeti számítógépe folyamatosan kontrollálja a munkafolyamatot, ha szükséges módosítja a hatóanyag dózisát, elzárja, vagy megnyitja az egymástól független szórófejeket (1. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



1. ábra: Az automatikus szakaszolás működési sémája

(Forrás: Pecze – Reisinger, 2007; Pecze, 2008)

Napjainkban az eljárással kapcsolatos kutatások legfőbb iránya a szenzortechnika. *Legg – Stafford (1998)* szerint a legjobb szenzor maga a növény, saját, természetes közegében, hiszen egyből jelzi az avatott szemnek, ha termesztése során valamely paraméter elmarad az igényeitől. Ebből adódóan indultak a nemzetközi kutatások a gyomszabályozással kapcsolatban a szenzoros érzékelés irányába. A gyakorlatban történő elterjedésüket, azonban nagymértékben befolyásolja az áruk. Német kutatók szerint akkor lehetnek az ilyen megoldások rentábilisak, ha potenciális szermegtakarítások fedezik az érzékelés költségét *(Gerhards – Christensen, 2003).* Léteznek kísérletek távérzékelésre, hiperspektrális szenzorokra alapozott észlelésekre *(Koller – Upadhyaya, 2005a; 2005b; Yang et al., 2008).* Ahhoz azonban, hogy ezek az eljárások megbízható adatokat szolgáltassanak két alapvető kritériumnak kell teljesülnie: (1.) legyen megfelelő differencia a reflektanciában a keresett gyom illetve az azt körülvevő környezet (talaj, kultúrnövény) közt; (2.) legyen megfelelő spektrális felbontása az érzékelőnek, hogy el lehessen különíteni a gyomot *(Lamb – Brown, 2001).* Az érzékelés másik lehetősége az „on-line" szenzorok alkalmazása *(López-Granados, 2010).* Gyakorlatban történő alkalmazásuk kevésbé függ az időjárási

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

paraméterektől, mint távérzékelésnél. Ezek általában vontatóra vagy a permetezőre szerelt infravörös-, multispektrális- vagy RGB- (vörös, zöld, kék csatorna) kamerák, melyek kis magasságból a föld felett készítenek képeket. A képek valamilyen algoritmus alapján feldolgozásra kerülnek. Kezdetben nagyon időigényes folyamat volt, ezért csak lassan haladhatott a gép, azonban már születtek publikációk, melyek 7-8 km/h haladási sebességről számolnak be *(Weis et al., 2008).*

Az alkalmazások használata révén nagy mennyiségű vegyszer takarítható meg, melynek pénzben kifejezett értéke jelentős. Ezáltal elmondható, hogy a technológia nem csak környezetbarátabb gazdálkodást tesz lehetővé, hanem hatékonyabbá és gazdaságosabbá is teszi a termelési folyamatot *(Pecze – Reisinger, 2007; Reisinger, 2008a; Reisinger, 2008b).*

3. 2. 3. Vetés

A precíziós gazdálkodás legújabb kutatási irányát a helyspecifikus vetés képezi *(Heege – Feldhaus, 2002).* A hagyományos módszerekkel történő vetés során az egyik leggyakrabban előforduló probléma a keresztsorok elvetésekor jelentkező felülvetés. Ez a jelenség nem csak gazdaságtalan az optimálistól eltérő csíraszám miatt, hanem ökonómiai szempontból is kifogásolható. Könnyű belátni ugyanis, hogy a magas genetikai értéket képviselő vetőanyag „elpocsékolása" jelentős anyagi többlettel jár. A helyspecifikus vetés során a vetőegységek egyenként egy fedélzeti számítógép által vezéreltek, mely képes elzárni a vetőelemeket, vagy akár menet közben felülbírálni az előre beállított tőszámot, és módosítani azon.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Hazánkban az ilyen alkalmazások még igencsak gyerekcipőben járnak, de már végeztek szántóföldi kísérleteket a témával kapcsolatban. Az egykori IKR Zrt. (ma IKR Agrár Kft.) vezetésével Zimányban a Farkas Kft.-ben 2006 óta folynak vizsgálatok a helyspecifikus vetéssel kapcsolatban. A gyakorlati tapasztalatok szerint a rendszer képes +/- 2 cm-es pontossággal elvetni a csatlakozó sorokat, sőt vetés közben a tőszám változtatására is lehetőséget ad, így a gyengébb vízgazdálkodású, erodáltabb foltokon kisebb hektáronkénti tőszámmal vetik a kultúrákat, míg a jobb kondíciókkal rendelkező táblarészeken nagyobb tőszámmal. A módszer segítségével a termesztés sokkal biztonságosabbá válik, hiszen kedvezőtlen időjárási viszonyok mellett (szárazabb években) a gyengébb adottságú foltokon akár a terméskötődés, vagy a termés kifejlődés is elmaradhat *(Pecze et al., 2007; Milics – Smuk, 2012; Milics et al., 2012).*

3. 3. A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ÜZEMGAZDASÁGI VONATKOZÁSAI

Sajnos napjainkban már közhelynek számít, hogy mezőgazdasági vállalataink versenyképessége nem túl jó. Ennek számtalan oka van, melyek nagyon régre nyúlnak vissza. Az elmúlt ötven év során több ciklust figyelhettünk meg mezőgazdaságunkban, volt lefelé ívelő szakasz, és volt felfelé ívelő időszak is. Napjainkban ismét egy stagnálásból lefelé hanyatló időszakban vagyunk, mely remélhetőleg hamarosan megfordul.

A mezőgazdasági vállalatok tevékenységi körei közül az egész világon egységesen elmondható, hogy a legtőkeigényesebb terület a szántóföldi növénytermesztés. Ez állítható azért is, mert a befektetett eszközök között van

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

egy olyan speciális tőkeszükséglet, mely az összes befektetett eszköz mintegy 60%-át teszi ki, és ez nem más, mint a termőföld *(Pfau, 1999; 2005).* A termőföld mellett szükség van a befektetett eszközöket kitevő másik nagy csoportra, a gépekre is, nem beszélve a mindennapi gazdálkodáshoz elengedhetetlenül szükséges forgóeszköz állományról.

A vállalat folyamatos működéséhez – amely a legfőbb számviteli alapelv is egyben – és piacon maradásához szükséges feltétel, hogy a fent említett eszközök árát megtermelje, sőt ezeken felül nyereséget realizáljon. Az 1990-es évek során a magyar mezőgazdaságban olyan átalakulás zajlott le, ami kedvezőtlenül hatott az ágazat eszközrendszerére, beruházásokra és tőkehatékonyságra. Minden túlzás nélkül állíthatjuk, hogy az ágazat válságba került. Ezt a helyzetet tovább rontotta a beruházási kedv és lehetőség csökkenése, melynek oka elsődlegesen a csökkenő ágazati jövedelmek, kilátástalanság érzete, valamint az állami támogatások mérséklése volt *(Magda, 2005).*

A mezőgazdasági vállalatok jövedelme a Σ termelési érték – a Σ termelési költséggel határozható meg *(Nemessályi, 2005).* A jövedelem nagyságát, mint láthatjuk két tényező befolyásolja. Az INPUT oldalról a termelési költségek, melyek közé elsődlegesen a gépek üzemelési költsége, a felhasznált vetőmag, műtrágya, növényvédő szer árak stb. tartoznak. Az OUTPUT oldalról a termelési érték, – ami nem más, mint a hozam pénzben kifejezett értéke – melyet leginkább a megtermelt termények vagy előállított termékek mennyisége és azok értékesítési ára befolyásol.

Egy-egy új technológia gyakorlatban történő elterjedési lehetőségeit minden bizonnyal az ökonómiai tényezők határozzák meg leginkább. Ezt könnyű belátni, hiszen a vállalkozásoknak a legfőbb célja, a profit

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

maximalizálása, melyet a fogyasztói igények kielégítésén keresztül kíván elérni *(Chikán, 2001).* Amennyiben a vállalat gazdasági háttere nem kellően jól menedzselt az végzetes következményekkel járhat. Nem csoda hát, hogy a nagy befektetést igénylő beruházásokat mindig komoly tanulmányok elkészítése előzi meg, mielőtt azokat a gyakorlatban bevezetnék a kockázatok felmérése, elemzése kulcskérdés lehet, mellyel számos kutatás foglalkozik *(Drimba, 1997; Lőrincz, 2007; Nagy, 2007).* Ezek szerepe a mezőgazdasági szektorban talán még hatványozottabb, hiszen hazánk mezőgazdasági vállalkozásai évek óta jelentős tőkehiánnyal küzdenek *(Salamon, 2004; Kacz, 2007).*

A tőlünk nyugatabbra elhelyezkedő fejlettebb országokban már régóta foglalkoznak a helyspecifikus gazdálkodás nyújtotta lehetőségek környezetre, termésmennyiségre gyakorolt hatásaival. Több publikáció jelent meg már nevesebb fórumokon eredményeikről *(Batte,1999; Godwin et al., 2003)*, azonban kevés kutató foglalkozik a technológia kínálta lehetőségek gazdasági elemzésével. A gazdasági vizsgálatok egy új technológia alkalmazásánál, szinte nélkülözhetetlen információkat adhatnak a döntéshozó szakemberek kezébe, ezért mindenképpen fontos ezek pontos elvégzése. A következőkben néhány nemzetközi példa kerül ismertetésre a témával kapcsolatosan.

A precíziós mezőgazdaság gazdaságosságát rendkívül sok tényező befolyásolja. Egy lengyel esettanulmány szerint a helyspecifikus mezőgazdaság szempontjából a hatékonyság elsődlegesen a következő tényezőktől függ:

1. az eszközök használatból eredő költségszintjének emelkedésétől;
2. a termés mennyiségének és minőségének változásától;

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

3. az input megtakarítás arányától (vetőmag, növényvédő szer, műtrágya stb.);
4. környezetvédelmi előnyök mértékétől.

Tehát a tanulmány szerint a gazdasági hatékonyság nem csak a gépek beszerzési költségétől, hanem a termőföld méretétől, a terméshozamtól és a gépek évi használatának mértékétől is függ. A területegységre jutó költségeket elsődlegesen a következők határozzák meg:

1. a precíziós eszközök árainak csökkenése;
2. a szántóföldek területének növekedése;
3. az eszközök éves kihasználásának emelkedése;
4. az input megtakarítások értékének növekedése;
5. a terméshozam emelkedése;
6. a környezetjavulás gazdasági értéke.

A kutatás szántóföldi nagyüzemi termelés elemezése során állapította meg eredményeit, mely a kisparcellás kísérletekkel ellentétben jobban mutatja, hogy a beruházás milyen irányba változik valós, üzemi körülmények között *(Pawlak, 2003).*

Az optimális méretű kezelési egységek meghatározása nagyon fontos tényező. A kisebb egységek igaz, hogy több adatot szolgáltatnak, de kezelésük sokkal komplikáltabb, mint a nagyobbaké. A túl nagy kezelési egység viszont kevesebb információt szolgáltat az adott területről. Egy, az Amerikai Egyesült Államokból származó kutatás a kezelési egységek optimális méretével és a kukorica helyspecifikus vetésének gyakorlati eredményeivel foglalkozik. A kutatás eredményei azt mutatják, hogy a helyspecifikus vetés csökkentheti a termesztés kockázatát és emelheti a profitot. A kutatás alapját egy matematikai modell képezte, melynek segítségével meghatározták az optimális méretű

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

kezelési egységet. A kutatók véleménye szerint, azonban ez az eljárás egyelőre még nem alkalmas nagy területek modellezésére *(Dillon et al., 2003).*

A precíziós (változó mennyiségű) műtrágya kijuttatás előnyei az egész területre egységes mértékben történő tápanyag-visszapótlással szemben eltérő mértékben mutatkoznak meg. Ezt támasztja alá egy szimulációs kísérlet az Egyesült Államokból. A tanulmány megemlíti az elmúlt évek input (műtrágya, üzemanyag) árainak növekedését – különösen a Nitrogén (N) hatóanyag ára emelkedett – és felhívja a figyelmet arra, hogy ezek a tényezők nagymértékben csökkentették a farmerek jövedelmét. Ennek a helyzetnek a kezelésére lehet megfelelő alternatíva a helyspecifikus tápanyag-kijuttatási rendszer. A növekvő input árak – elsődlegesen a műtrágya árak – következtében a területegységre vetített erőforrás megtakarítás jelentős és ennek következtében sokkal jövedelmezőbb megoldás lehet, mint a táblaszintű műtrágya kijuttatás *(Gandonou – Dillon, 2007).*

Egy másik, szintén az USA-ban, Kelet-Illionis térségében 2001 és 2003 közötti időszakban Pioneer kukorica hibridekkel végzett véletlen blokk elrendezésű nagyparcellás szántóföldi kísérlet a különböző N trágyázás hatására bekövetkező hozam és minőségi eltéréseket vizsgálta. Eredményeik szerint a helyspecifikus technológia 168 kg/ha mértékű táblaszinten egységes műtrágyázott területekkel megegyező nagyságú hozamot produkált, ám ezt 53,17 USD/ha-ral magasabb haszon mellett *(Miao et al., 2004).*

Ausztráliai kutatók 1997 és 2002 között a nyugat-ausztráliai búza övben 199 termőföld hozamtérképei alapján vizsgálták meg a búzatermés nagyságát. A területek 10 és 172 ha-os nagyság között (átlagosan 72 ha), a termés mennyiség 0,6 és 4,9 t/ha közt változtak (átlagosan 2,4 t/ha). A területek között nem volt szignifikáns kapcsolat. Tapasztalataik szerint a gazdasági

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

előnyök 5 és 44 ausztrál dollár között változtak. A változás mértéke a menedzsment zónák talajának tápanyag-ellátottságától, a termés hozamemelkedésétől és a műtrágya árak növekedésétől függtek *(Robertson et al., 2008).*

A precíziós gyomszabályos kérdésköre gazdasági szemmel nézve rendkívül bonyolult, és összetett. Mivel tisztában kell lennünk azzal, hogy a herbicidek felhasználásából eredő megtakarítások nagyban függnek a tábla gyomviszonyaitól, hiszen egy jó kultúrállapotban lévő, kellően elbokrosodott gabonatábla egészen más feltételeket kínál a növények számára, mint egy kapás kultúra. Ezt támasztják alá német kutatások eredményei is, melyek szerint a gyomborítottság mértékétől függően 21% gyomirtószer megtakarítást értek el őszi búza kultúrában. A gyomirtást követően három, majd hat hét múlva ellenőrizték a gyomborítottságot, és a táblát gyommentesnek találták *(Gerhards et al., 1997).* Egy másik tanulmány pedig arra a következtetésre jut, hogy őszi búza és őszi árpa kultúrában nagyobb megtakarítások érhetők el, mint cukorrépában vagy kukoricában *(Gerhards – Sökefeld, 2003).*

A nemzetközi irodalom még számos esetben számol be a helyspecifikus gyomirtással kapcsolatos eredményekről *(Dicke et al., 2007; Tellaeche et al., 2008).* A tanulmányokban szereplő herbicid megtakarítások változatosak. *Gerhards – Oebel (2006)* saját gabonában, kukoricában és cukorrépában végzett kutatásaik alapján 6% és 81% szermegtakarításról számolnak be. Ebből is látszik, hogy a megtakarítás nagyban függ a területek helyi adottságaitól.

A külföldi kutatások ökonómia eredményeit nem minden esetben célszerű összevetni a hazai kutatások eredményeivel, hiszen nem szabad elfelejteni, hogy ezek az eredmények egészen más gazdálkodási-, talajtani-,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

éghajlati-, technikai feltételek mellett születtek. Azonban a témában módszertanuk miatt iránymutatóak lehetnek. A precíziós gazdálkodásnak a hazai irodalmi háttere napjainkban még nem oly gazdag, hiszen viszonylag rövid ideje végeznek kísérleteket e területen, ebből kifolyólag még kevés tapasztalat van ilyen irányban. De az elmúlt időben született néhány publikáció, mely a helyspecifikus gyomszabályozás ökonómiai kérdéseivel foglalkozik *(Lencsés – Takácsné, 2008; Takácsné, 2003a; Takácsné – Lencsés, 2008; Takácsné, 2008; Takácsné et al., 2008).*

A Nyugat-magyarországi Egyetem (ma Széchenyi István Egyetem) az elsők közt kezdett el foglalkozni hazánkban a precíziós gazdálkodás műszaki-, technikai hátterével, emellett megindultak a helyspecifikus növényvédelemmel kapcsolatos kutatások is, melynek eredményeivel számos publikáció és doktori disszertáció foglalkozik *(Kalmár, 2000; Reisinger et al, 2006; Kalmár, 2010).*

Zimány község határában 2007-ben a Farkas Kft.-ben végzett napraforgó preemergens gyomirtási kísérlet eredményei komoly megtakarításról tanúskodnak. A kísérlet egy 40 hektáros napraforgóval bevetett területre terjedt ki. Az előforduló gyomok közül a legfontosabbak az *Amborsia artemisiifolia* L., *Hibiscus trionum* L., *Solanum negrum* L., *Chenopodium album* L.. A gyomirtás sikerességét két alkalommal mérték fel, először a 6-8 leveles állapotban, később virágzás után. A tapasztalatok szerint a tábla mindkét alkalommal mentes volt a gyomoktól. A művelet tehát növényvédői szemszögből nézve sikeres volt. Gazdasági oldalát tekintve a technológia révén 18%-os peszticid megtakarítást értek el, ami összességében 16,3 €/ha megtakarítást eredményezett a gazdaságnak *(Reisinger et al., 2008).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Egy másik kutatás szerint 6.790 Ft/ha többlet fedezeti hozzájárulás érhető el a precíziós növényvédelem eszközrendszerének használatával. Ez 17,6% többletet eredményez a hagyományos technológiához képest. A tanulmány szerint ez az érték nagymértékben változhat, amennyiben a táblát többször kell kezelni, vagy esetlegesen drágább szerek alkalmazása válhat szükségessé. A modellszámítás szerint legrosszabb esetben 12.000 Ft/ha fedezeti hozzájárulás csökkenés, míg a legkedvezőbb esetben 18.450 Ft/ha növekmény érhető el. A cikk szerzője szerint összességében elmondható, hogy kedvező esetben akár 40% költségmegtakarítás is elérhető, de előfordulhat az is, hogy 25% körüli többlet költség terheli meg az üzemi eredményt, tehát a kevesebb vegyszer felhasználás nem szükségszerűen jelent jövedelemnövekedést *(Takácsné, 2003b).*

A precíziós gyomszabályozással kapcsolatosan Győr-Moson-Sopron megyében is végeztek kísérleteket. Szintén modellszámítás alapján a kutatók azt állítják, hogy a precíziós növényvédelmet elsősorban kukorica, szója, napraforgó kultúráknál célszerű bevezetni, ahol a magasabb hektáronkénti védekezési költségek fedezik a gyomfelvételezés és a magasabb gépüzemeltetési költségeket, hiszen ebben az esetben már viszonylag kevés (kb. 10%-os) peszticid megtakarítás is fedezné a többletköltségeket. Azonban gabonában, az alacsony védekezési költségek miatt, még a magasabb hektáronkénti (kb. 50%-os) szermegtakarítás sem fedezné ezeket. Végső soron a tanulmány szerint a technológia csak az 1000 ha-nál nagyobb gazdaságok számára válhat tényleges alternatívává azok magas input költségeinek csökkentése miatt *(Kalmár et al., 2004).*

A növényvédelem fontossága megkérdőjelezhetetlen, hiszen régóta köztudott tény, hogy a gyommentes kultúra várható termőképessége jóval

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

meghaladja egy olyan kultúra termőképességét, mely kezdeti, vagy akár a vegetációs idő előrehaladottabb állapotában kompetíciós versenynek volt kitéve, tehát kívánatos a táblák gyommentes állapotban tartása, mivel ez a feltétel az elérhető hozam nagyságát nagymértékben befolyásolja, ezen keresztül pedig kihatással van a termelési érték nagyságára *(Berzsenyi, 1973).*

A nyereség növelésének lehetőségei központi kérdés az üzemgazdasági vizsgálatok területén. A kutatók már régóta foglalkoznak azzal, hogy miképpen növelhető a nyereség, hogyan lehetne minél állandóbbá, és biztonságosabban realizálhatóvá tenni azt. *Reichenbach (1930; 1932)* szerint a nyereség növelésére alapvetően két út van, az egyik a költség oldali-, míg a másik a bevétel oldali értelmezés.

A növényvédelem költségeinek csökkentése elsősorban a felhasznált növényvédő szer mennyiségének csökkentése révén érhető el *(Pfau – Széles, 2001).* A bevételek növelése a növénytermesztés tekintetében magasabb terméshozamokkal érhető el, hiszen a termelési érték a megtermett növény hozamának és felvásárlási egységárának a szorzatával fejezhető ki, és a termés értékesítése esetén ez az érték fog árbevételként megjelenni, amennyiben eltekintünk a transzferektől.

3. 4. TALAJSZENZOROK A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGBAN

A talaj különböző ásványi és kémiai összetételű, méretű, alakú és térbeli elrendeződésű részecskék halmaza, ez teszi lehetővé a víz, a levegő, valamint felvehető formában lévő (oxidált, oldott) tápanyagok egyidejű jelenlétét, biztosítva ezzel a talaj élővilágának, valamint a természetes

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

növényzetnek és termesztett növényeknek a talajökológiai feltételeit *(Várallyay, 1999).*

3. 4. 1. A fajlagos vezetőképesség (EC_a) szerepe a helyspecifikus gazdálkodásban

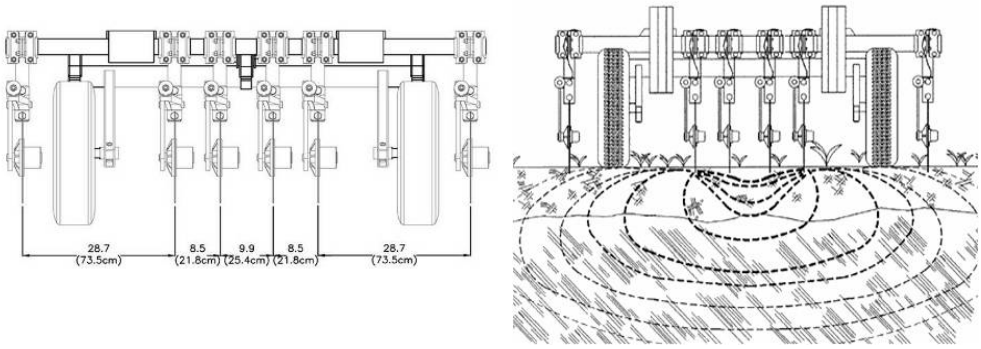
A talaj szerkezetének vizsgálatára számos módszer áll rendelkezésére. Ilyen a talaj elektromos konduktivitásának (EC_a) mérése is. A mérési eljárás elvét G. E. Archie törvénye írja le (1), mely az üledékes kőzetek in situ porozitásával és a sóoldat telítettségével foglalkozik *(Archie, 1942).*

$$EC_a = \alpha\sigma W\phi m \qquad (1)$$

Ahol az α egy empirikus konstans, a σW az elektromos konduktivitása egy porozus anyagnak (dS-1), a ϕ a porozitás jele (m-3), az *m* pedig a cementációs exponens.

Az eljárásra kidolgozott mérőberendezések két nagy csoportra oszthatóak, a kontakt- illetve a nem kontakt mérésen alapuló eszközökre. A kontakt vizsgálat során a mérő elektróda párok a talajba hatolnak (2. ábra). Ebben az esetben általában 2 vagy 3 pár, többnyire tárcsa formájú elektróda van erősítve egy szigetelt gerendelyre, melyekből egy pár biztosítja az elektromos töltést, míg a másikak mérik a feszültség esést *(Sudduth et al., 2005).* Így kerül meghatározásra a talaj elektromos konduktivitása.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



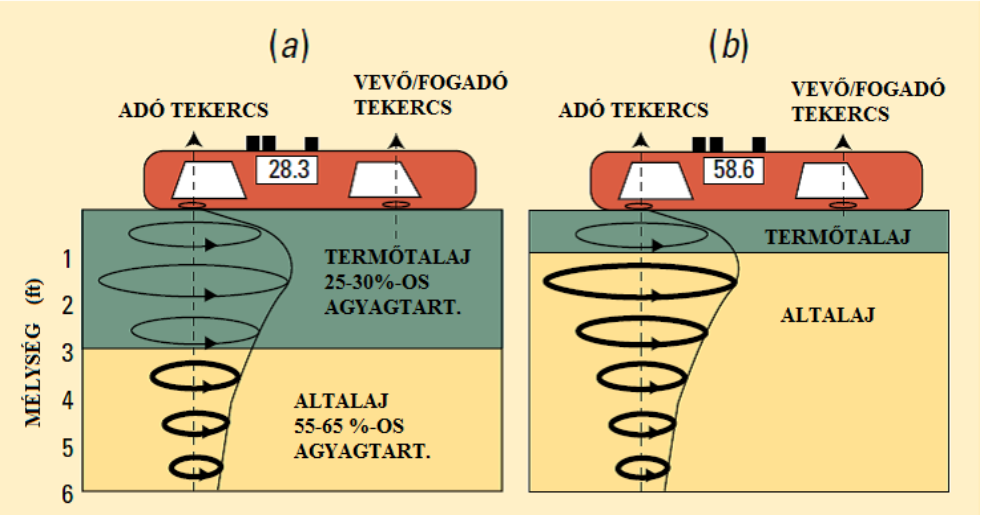
2. ábra: A Veris 3100 kontakt elektromos konduktivitást mérő sematikus felépítése

(Forrás: Balla et al., 2013)

A nem kontakt eszközök elektromágneses mérési elven alapulnak, így nincs szükségük a talajba hatoló művelő elemre. A készülékek egy adó és egy vevő tekercsből épülnek fel, melyeket általában a berendezés két ellentétes végében helyezkednek el (3. ábra). Ilyen eszközök a például az EM38, DUALEM és a GEM-2 *(McNeill, 1992).*

Közös előnyük, hogy adataikat "on-line" gyűjtik, így igen nagy mennyiségű minta begyűjtésére és kielemzésére nyílik lehetőség. A táblán belüli edafikus különbségek feltérképezésének egyik legmegbízhatóbb eszköze napjainkban az elektromos vezetőképesség (apparent soil electrical conductivity, EC_a) mérése *(Corwin – Lesch, 2003).* A technológia egyre szélesebb körben kezd elterjedni és a vizsgálatok számos olyan összefüggésre derítettek fényt, melyek révén közvetett módon az EC_a adatokból a talaj egyéb más tulajdonságaira következtethetünk.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



3. ábra: Az EM38 elektromos konduktivitást mérő sematikus felépítése

(Forrás: URL[8]; Jánosi, 2014 alapján)

Több publikációban utalnak a talaj só- *(Halvorson – Rhoades, 1976; Corwin – Rhoades, 1982; 1984)* és nedvesség tartalmának (*Fitterman – Stewart, 1986; Kaffka et al., 2005; Balla et al., 2011; Nagy et al., 2013),* szerkezetének *(Rhoades et al., 1999; Brevik – Fenton, 2002),* és egyéb más tényezőinek *(Cook et al., 1992; Ellsbury et al., 1999)* az EC_a-val kapcsolatos összefüggéseire.

Brevik – Fenton (2004) szoros pozitív korrelációt talált a talaj térfogattömege és az elektromos vezetőképesség között. A vizsgálatot az EM38 mérőberendezéssel végezték vertikális dipolus üzemmódban. A mérési eredmények alapján lehetővé vált a tömörödött részek elkülönítése a területen.

Jabro et al. (2006) az Észak-Dakotában (USA) végzett méréseik alapján megállapították, hogy szoros és közepes összefüggés van a Cone Index (CI) és az elektromos vezetőképesség közt 0,3 m-es mérési tartományban.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Siqueira et al. (2014) szignifikáns negatív kapcsolatot találtak a talaj penetrációs ellenállása és vezetőképessége között a művelt réteg alatti -36 – -70 cm-es intervallumban.

Jerabek et al. (2017) vizsgálatot folytat a talaj vertikális profiljának felmérésére és az eketalp réteg megállapítására egy a Cseh Köztársaságban kifejlesztett Automatic Resistivity System (ARES) készülékkel.

Az elektromos konduktivitás értékét számos környezeti tényező befolyásolja. Az értékek növekedését okozza például a talajnedvesség tartalmának emelkedése *(Rhoades et al., 1975; Nadler, 1982),* de hatással van rá a környezeti hőmérséklet is *(Rhoades et al., 1975; Brevik – Fenton, 2000),* mivel a talaj hőmérsékletének emelkedésével nő a benne lévő víz viszkozitása és ezért magasabb lesz a mobilizálható oldott elektrolit tartalom a talajban *(Harstock et al., 2000).*

A vizsgálat során kapott eredmények költséghatékonyabbak, mint a hagyományos talajminta vételen alapuló eljárások, hiszen adott idő alatt jóval nagyobb területek megmintázására adnak lehetőséget. Akár még nagyüzemek számára is ideális megoldást kínál. Emellett jóval kevésbé kézi munkaigényes és az eredmények a vizsgálat után azonnal elérhetőek. A kapott adatok digitális talajtérképen jeleníthetőek meg *(Sudduth et al., 2010).*

3. 4. 2. A talaj tömörödöttségének vizsgálata

A talaj művelése során, az egyes műveleti elemek hatására változik annak tömörödöttsége, melyet a talaj ellenállásával is jellemezhetünk. Ennek mértéke az erősen tömörödött talajoknál 1,5 g/cm^3 térfogattömegű, vagy ennél nagyobb, pórustérfogata 40%, vagy ennél kisebb, talajellenállása pedig 2,5-5,5

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

MPa értékkel jellemezhető. Lazítás hatására a térfogattömeg 1,2 g/cm^3 értékre, vagy ez alá csökken, a pórustérfogata 50% fölé emelkedik, talajellenállása pedig 0,5-2,5 MPa-os értéktartományban marad. A talaj tömörödöttnek minősül, ha összporozitása 40% alá csökken, térfogattömege meghaladja az 1,5 g.cm^{-3}, ellenállása pedig a 2,5 MPa értéket *(Birkás, 1999).*

A szántók talajának tömörödése számos okra visszavezethető, káros folyamat, mely hatására a növények gyökere nem képes kellő módon fejlődni, továbbá depresszív hatással van a terméskép*z*ődésre is *(Schafer et al., 1992; Vrindts et al., 2005).* Ezt számos nemzetközi irodalom támasztja alá. Lengyel kutatók árpában *(Horderum vulgare* L.*)* végzett kísérleteik során igazolták, hogy a talajtömörödöttség akár 28% termés csökkenést okozhat. 1,48 g/cm^3 térfogattömegben határozták meg azt az értéket, mely során már termésdepresszió volt tapasztalható *(Styk – Sochaj, 1992).* Hasonló megállapításra jutottak kanadai kutatók is, akik szintén árpát *(Horderum vulgare* L.*)* vizsgálva összefüggést találtak a termésmennyiség és a talajtömörödöttség közt *(Mahli – Nyborg, 1993).* Más növényekben végzett vizsgálatok során amerikai kutatók megállapították, hogy az erőgépek által okozott keréknyomás 8% körüli terméscsökkenést okoz kukorica *(Zea mays* L.*)* kultúrában *(Ngunjiri – Siemens, 1993).* A káros tömörödöttség negatív hatásai a növények fejlődését is befolyásolja. Kutatások igazolják, hogy tömörödött viszonyok közt elmarad a gyökér növekedése a lazább területen fejlődő társaiktól *(Gerard et al., 1972; Benghough et al., 2001).*

A talaj tömörödöttségének mérésére az egyik legelterjedtebb módszer a behatolási ellenállás vizsgálata *(Pidgeon – Soane, 1977; Bauder et al., 1985),* azonban az eljárás hiányosságának tekinthető, hogy a különböző nedvességtartalmú minták nem összevethetők *(Kocsis et al., 1992).* Az

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

összehasonlításra egyes szerzők az azonos nedvesség tartományba tartozó minták összevetését javasolják *(Birkás, 2000; Gyuricza, 2000; Schmidt et al., 1998; Sinóros-Szabó, 1992),* ám ez az eljárás jelentős adatvesztéssel járhat. Mások algoritmust dolgoztak ki az eredmények közös nevezőre hozására *(Szőllősi, 2003).*

Annak ellenére, hogy az eljárás rendkívül idő- és munkaigényes, alapja lehet a terület későbbi részegységekre történő bontásának *(Mouazen – Ramon, 2006).* Ehhez viszont kellő sűrűségű mintával kell rendelkeznünk az adott területről, mely nagyobb táblák esetén jelentős költségekkel jár.

A penetrációs ellenállás folyamatos „on-the-go" mérési eljárásának kidolgozására számos kísérlet történt az elmúlt két évtizedben. A legelterjedtebb ilyen eszköz a precíziós mezőgazdaságban a *Hemmat – Adamchuk (2008)* által kifejlesztett „on-the-go" talaj ellenállást mérő szenzor.

3. 5. KIS MAGASSÁGÚ TÁVÉRZÉKELÉS A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGBAN

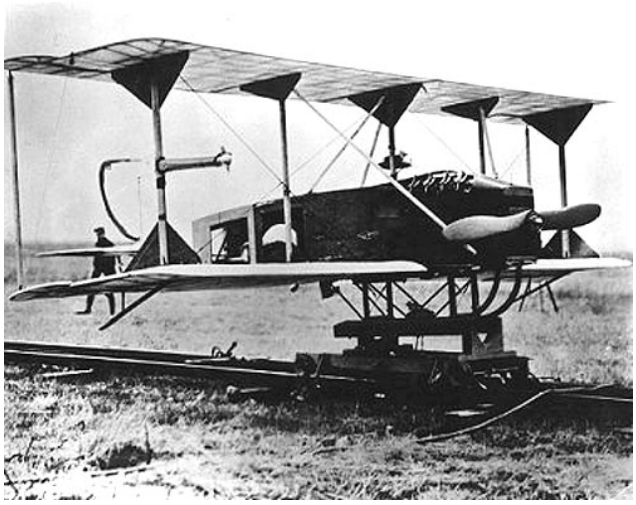
Napjainkban egyre többet hallhatunk különböző modell repülőgépekről, melyek eddig elképzelhetetlen feladatokat hajtanak végre alig néhány perc leforgása alatt. Ez nem meglepő, hiszen egy nagyon dinamikusan bővülő piacról beszélünk. A *Markets and Markets (2013)* felmérése alapján világviszonylatban az általuk elért árbevétel 2013-ban meghaladta az 5.400 M€-t és várhatóan 2018-ra eléri a 6.350 M€-t. Ebből is látszik, hogy egyre elterjedtebb az alkalmazásuk.

Szélesebb körű felhasználásukat tekintve újnak számít a technológia. Ez az oka, hogy még napjainkban is több elnevezéssel illetik. Az USA védelmi minisztériuma „unmanned aerial systems"-nek (UAS), azaz pilóta nélküli légi

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

rendszereknek nevezi, azonban használják még az „unmanned aerial vehicle” (UAV), azaz pilóta nélküli légi jármű kifejezést is, de a köznyelvben egyre gyakrabban alkalmazzák a „UAV” kifejezést is. Az International Civil Aviation Organization (ICAO) a „remotely-piloted aerial system” (RPAS), azaz távirányított légi rendszerek elnevezéssel illeti ezeket a légi járműveket *(ICAO, 2011).*

Kialakulásuk egészen az 1900-as évek elejére vezethető vissza a Hewitt-Sperry Automatic Airplane-re (4. ábra), mely tulajdonképpen a pilóta nélküli repülőknek volt az őse. Irányítását gyroscope alapú robotpilóta végezte. Hatótávolsága elérte a 140 km-t. Hadászati célokra fejlesztették ki az első világháború idején.



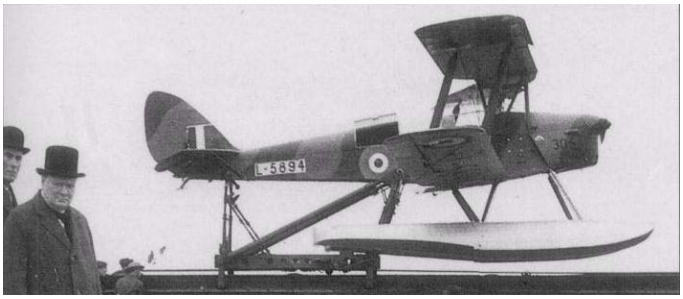
4. ábra: A Hewitt-Sperry Automatic Airplane

(Forrás: URL[1])

Később, az 1930-as évek derekán állították hadrendbe az angol királyi haditengerészetnél (Royal Navy) a „Queen Bee” repülőgépet, melyre először

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

használták a UAV kifejezést. A Queen Bee haditengerészeti gyakorlatokhoz készült tüzérségi mozgó célpont volt (5. ábra).



5. ábra: A Queen Bee UAV

(Forrás: URL[2])

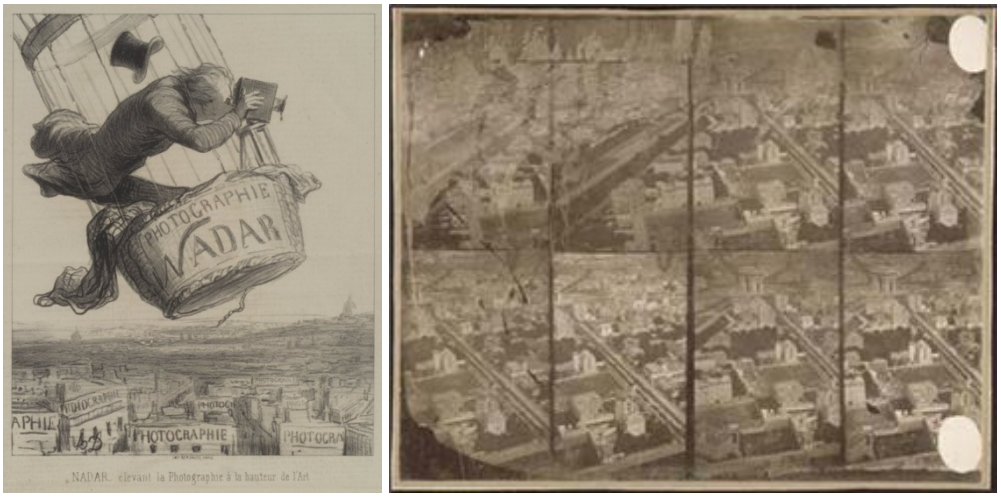
Az amerikai légierő az 1950-es évek közepén állította hadrendbe a „Ryan Firebee” elnevezésű UAV-ját, mely az első gázturbinás UAV-k egyike (6. ábra).

6. ábra: A Ryan Firebee UAV

(Forrás: URL[3])

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A légi megfigyelés lehetősége azonban már jóval korábban foglalkoztatta a tudományos életet, de a hadászati eszközökkel ellentétben itt még kezdetleges eszközöket használtak, a fejlődés léptéke szerényebb volt. Az első ilyen eredmény Gaspard-Felix Tournachon nevéhez fűződik *(URL[4])*, aki hőlégballonjából először készített légi felvételeket Párizsról a 19. század derekán (7. ábra).



7. ábra: Tournachon ballonja és légi felvétele Párizsról, 1858

(Forrás: URL[5], URL[6])

A fényképészet fejlődésével, a készülékek egyszerűsödésével később lehetővé vált más eszközök felhasználása légi felvétel készítésre. Ilyen volt a brit meteorológus, E. D. Archibald 1882-es sárkánya *(Hannavy, 2008)*, vagy Alfred Nobel 1897-es rakétára szerelt kamerája *(Skoog, 2010).*

Nem sokkal később megalakult az USA-ban a világ első légi fotózásra szakosodott vállalkozása, a Bavarian Pigeon Corps *(Lewis, 2014)*, ahol galambokra erősített kisméretű fényképezőkkel készítettek képeket (8. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A kamerákat Julius Neubronner tervezte 1903-ban, és a galambok mellkasára erősítették őket.

8. ábra: A Bavarian Pigeon Corps galambjai és légi felvételei, 1913

(Forrás: URL[7])

A rádió vezérelt eszközök megjelenéséig egészen a 20. század végéig kellett várni, amikor a technikai fejlődés lehetővé tette alkalmazásukat. Az első ilyen vizsgálatot 1979-ben hajtotta végre *Przybilla – Wester-Ebbinghau (1979)* egy 3 m fesztávú modell repülőre rögzített fényképezővel. A következő kísérletet már 1980-ban egy modell helikopterrel végezték *(Wester-Ebbinghaus, 1980).*

A távérzékelés régóta alkalmazott eljárás a mezőgazdaságban. Az eljárást az UAV-k megjelenéséig repülőgép vagy műhold segítségével végezték, amely azonban nagyon komoly anyagi ráfordítást igényelt, ezért csak kutatási célokra alkalmazták.

A szenzorok méretének miniatürizálódásával azonban megnyílt az út egy jóval szerényebb bekerülési értéket képviselő eljárás kidolgozására. Ugyan az UAV nem képes akkora terület egy képen történő megjelenítésére, mint egy műhold, vagy egy nagy magasságban készített légi felvétel, azonban kis és közepes méretű területeken jól alkalmazhatók.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Alkalmazásuk rendkívül széleskörű. Például 2005-ben erdőtűz felmérésre használtak egy közeli NIR tartományban dolgozó hiperspektrális- és hő kamerával felszerelt UAV-t *(Rufino – Moccia, 2005).* Azonban a mérőműszerek tömege sajnos behatárolja az egyes eszközökre történő felszerelhetőséget. A hiperspektrális kamerák súlya általában elég magas, ezért egy kisebb UAV nem lenne képes felszállni vele. Fejlesztések folynak a szenzor méretének csökkentésére, ezzel kapcsolatos eredményeikről számolt be *Zarco-Tejada – Berni (2012)* publikációjukban, melyben egy 6 kg-os hasznos teherbírású UAV-vel jutatták a levegőbe hiperspektrális műszerüket.

Számos kutatás folyik különböző vegetációs indexek létrehozásával, melyeket egyre szélesebb körben használnak a mezőgazdaságban *(Agüera et al., 2011; Gini et al., 2012). Bending et al. (2012)* egy MK-Oktokopter segítségével normalizált vegetációs indexet (2) (NDVI) készített különböző szenzorok segítségével.

$$\text{NDVI} = \frac{\left(NIR - R_r\right)}{\left(NIR + R_r\right)} \qquad (2)$$

ahol a NIR az infravörös, míg az R_r a vörös szín sávot jelölik.

Lucieer et al. (2012) az Antarktisz moha mezőit mérte fel egy hiperspektrális eszközzel felszerelt oktokopterrel.

Az alkalmazható indexek közül kiemelt figyelmet érdemelnek a látható fény tartományból létrehozható indikátorok, hiszen ezek alacsony bekerülési költségű RGB szenzorok segítségével is döntéstámogató rendszerek részét képezhetik. Ilyen a *Tucker (1999)* által meghatározott Normalized Green Red Difference Index (3) (NGRDI)

$$\text{NGRDI} = \frac{\left(R_g - R_r\right)}{\left(R_g + R_r\right)} \qquad (3)$$

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

ahol az R_g a zöld, míg az R_r a vörös szín sávot jelöli. Az NGRDI-t szokás emlegetni visible NDVI-ként is utalva a formula felépítésre. Számos kutatás született gyakorlatban történő alkalmazhatósága tekintetében, melyekben az NDVI alternatívájaként vizsgálják *(Hunt et al., 2005; Sakamoto et al., 2012),* de vizsgálták már a terméshozammal kapcsolatban is *(Elazab et al., 2016).*

A *Louhaichi et al. (2001)-ben* publikálta a Green Leaf Index-et (4) (GLI)

$$\text{GLI} = \frac{\left(2 \times R_g - R_r - R_b\right)}{\left(2 \times R_g + R_r + R_b\right)} \qquad (4)$$

ahol az R_g a zöld, az R_r a vörös, míg az R_b a kék szín sávot jelöli.

A *Gitelson et al. (2002)* által megalkotott Visible Atmospherically Resistance Index-et (5) (VARI)

$$\text{VARI} = \frac{\left(R_g - R_r\right)}{\left(R_g + R_r - R_b\right)} \qquad (5)$$

ahol az R_g a zöld, az R_r a vörös, míg az R_b a kék szín sávot jelöli. *Schneider et al., (2008)* sikerrel alkalmazza a VARI-t az NDVI-al szemben az USA-ban Kalifornia állambéli erdőtüzek előrejelzésében.

Hunt et al. (2011) által kidolgozott Triangular Greeness Index (6) (TGI)

$$\text{TGI} = -0{,}5[(\lambda_r - \lambda_b)(R_r - R_g)\ (\lambda_r - \lambda_g)(R_r - R_b)] \qquad (6)$$

ahol az R_g a zöld, az R_r a vörös, míg az R_b a kék szín sávot, míg az λ_r a vörös λ_b a kék λ_g a zöld csatornák hullámhosszát jelölik. Azóta számos kutatás foglalkozott az indikátorral. Vizsgálták a levél klorofil tartalmát *(Hunt et al., 2013)* vagy értékelték az NDVI-al szembeni teljesítményét *(McKinnon – Hoff, 2017).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

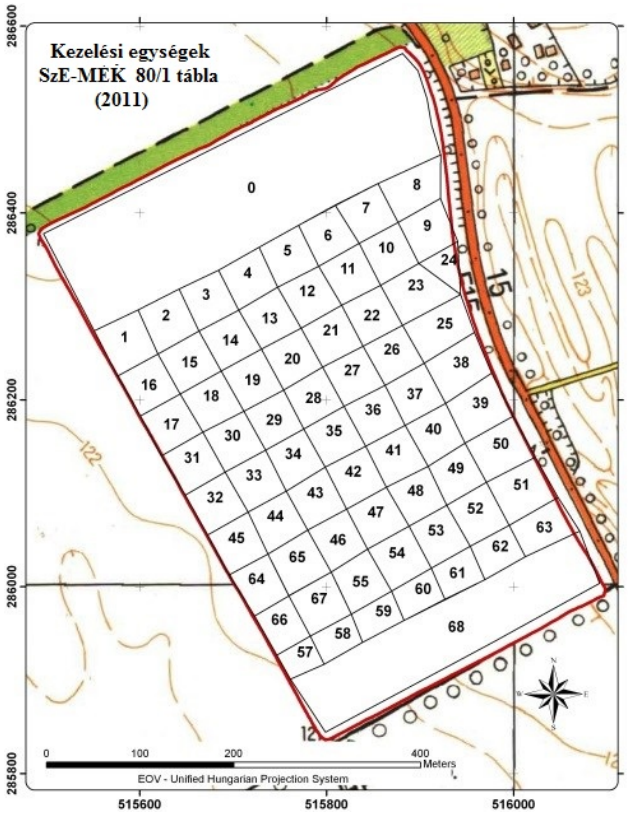
4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4. 1. A PERMETEZÉS VEZÉRLÉS MÓDSZERTANA

A vizsgálatoknak a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Tangazdaságának a kezelésében lévő 0469/2 helyrajzi számon szereplő 23,9 hektáros tábla adott helyet (9. ábra). A terület N 47° 54’ 19,71” E 17° 15’ 0,807” helyen található Mosonmagyaróvár határában, a várostól É-ÉNy irányban 3 km-re a Mosoni-Duna és a Lajta által határolt védett ártéren.

A terület mezőgazdaságilag intenzíven művelt alluviális síkság. A tábla egy talajszelvény leírással nem jellemezhető, hiszen a területen található egy eltemetett folyómeder. Általánosan elmondható, hogy a vizsgálat helyszíne humuszos öntéstalaj, amelynek a legfelső 20 cm-es rétegében a talaj humusztartalma 1,4–2,8% között változik. A humusztartalom ilyen mértékű változása is teljes mértékben követi a terület jellegzetes mintázatát. A kisebb humusztartalommal rendelkező részeken a homokfrakció aránya is jelentősen megnő, ahol viszont magasabb értékekkel találkozunk, ott a vályog és agyagfrakció a meghatározó.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



9. ábra: A 0469/2 helyrajzi számú tábla és a táblán belül lévő kutatási terület

(Forrás: Smuk et al., 2012)

A permetezés vezérléssel kapcsolatos vizsgálatot 2011. évben kukorica *(Zea mays* L.*)* kultúrában folytattam. A kezelést a BBCH skála 9-10 időpontjában hajtottam végre, mikor a növényzet úgynevezett szögcsíra állapotában volt. A herbicides beavatkozást a Syngenta LUMAX nevű növényvédő szerével végeztem, mely háromféle hatóanyag kombinációjából tevődik össze. A készítmény mezotrion, S-metolaklór, illetve terbutilazin hatóanyagokat tartalmaz, melyek közül a terbutilazin, illetve az S-metolaklór jelentős talajhatással rendelkezik az alkalmazott dózis függvényében. A

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

kezelést követően a terület 18 mm bemosó csapadékot kapott, így a talajon keresztüli hatása hetekig biztosítva maradt.

A beavatkozást egy *HARDI RANGER* típusú vontatott, 18 m-es szórókerettel rendelkező szántóföldi permetezővel hajtottam végre. A gép a helyspecifikus kijuttatás vezérlésének köszönhetően alkalmas volt az előre meghatározott dózisok táblán belüli differenciált kijuttatására. A rendszer a dózisszabályozást a vivőanyag, vagyis a permetlé szintjének a GPS koordináta alapján történő változtatásával érte el. A vezérlést az *AgLeader Technology Insight* monitorjával és a *DirectCommand* szakaszvezérlésével végeztem (10. ábra). A rendszer működtetéséhez szükség volt még a permetező modulra, mely a GPS és a permetező közti kommunikációért felelt.

10. ábra: AgLeader Technology Insight monitor a DirectCommand szakaszvezérlővel

(Forrás: saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A dózisvezérlést a *Microsoft Excel 2003 Professional for Microsoft Windows XP* programban létrehozott modell segítségével terveztem meg.

Kiindulási pontnak tekintettem a terület eltérő edafikus viszonyait, melyeket negyedhektáronként vett talajminták révén határoztam meg. A vezérlés kidolgozásakor *Reisinger et al. (2007)* alapján, a vizsgálatokból származó humusz *(Hu%)* illetve Arany-féle kötöttségi szám *(KA)* függvényében létrehoztam egy algoritmust, mely az előre definiált input adatokból meghatározta a területre alkalmazandó dózist.

Első lépésként meghatározásra kerültek a korrekciók során használt faktorok.

$$Faktor_{KA} = \frac{\left(Dózis_{MAX} - Dózis_{MIN}\right)}{\left(KA_{MAX} - KA_{MIN}\right)} \tag{7}$$

$$Faktor_{Hu\%} = \frac{\left(Dózis_{MAX} - Dózis_{MIN}\right)}{\left(Hu\%_{MAX} - Hu\%_{MIN}\right)} \tag{8}$$

$$Faktor_{Permetlé} = \frac{\left(Permetlé_{MAX} - Permetlé_{MIN}\right)}{\left(Dózis_{MAX} - Dózis_{MIN}\right)} \tag{9}$$

Miután az (7), (8), (9) függvények megállapításra kerültek, az eredményeik felhasználásával a modell kiszámította a talajtani paraméterek alapján a tervezett dózisokat.

$$Dózis_{KA} = \left[\left(KA_i - KA_{MIN}\right) \times Faktor_{KA}\right] + Dózis_{MIN} \tag{10}$$

$$Dózis_{Hu\%} = \left[\left(Hu\%_i - Hu\%_{MIN}\right) \times FaktorHu_{\%}\right] + Dózis_{MIN} \tag{11}$$

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A (10) és (11) függvény segítségével a meghatározásra kerültek a hatóanyagok különböző szintjei, azonban attól függően, hogy mely paramétert milyen súllyal kívántuk figyelembe venni a végeredmény szempontjából, létrehoztuk a korrigált dózist (12).

$$Dózis_{Korrigált} = \frac{\left[\left(Dózis_{KA} \times KA_{SÚLY}\right) + Dózis_{Hu\%} \times Hu\%_{SÚLY}\right]}{\left(KA_{SÚLY} + Hu\%_{SÚLY}\right)} \qquad (12)$$

A korrigált dózis meghatározta a végleges hatóanyag szintet, mely az adott kezeléshez tartozott a (9) és az (10) egyenletek felhasználásával.

Végül megkaptam a kipermetezendő permetlé mennyiségét. A (13) függvény által meghatározott eredményeket használtam fel a vizsgálat során.

$$Permetlé = \left\lfloor\left(Dózis_{Korrigált} - Dózis_{MIN}\right) \times Faktor_{Permetlé}\right\rfloor + Dózis_{MIN} \qquad (13)$$

Az adatokhoz GPS koordinátát rendeltem, majd azokat egy speciális térinformatikai szoftver, az *AgLeader Technology SMS Basic* segítéségével feldolgoztam, úgy hogy az erőgépben található vezérlőegység számára értelmezhető kijuttatási tervet kapjak végeredménynek (11. ábra). A traktorban található számítógép kijuttatási terv alapján hajtja végre – a gép térbeli pozícióját figyelembe véve – a beprogramozott parancsokat.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

11. ábra: Az SMS Basic szoftver segítségével létrehozott vegyszer kijuttatási terv

(Forrás: Saját szerkesztés)

4. 2. A PERMETEZÉS VEZÉRLÉS ELEMZÉSÉNEK MÓDSZERTANA

A kezelés során a permetezést vezérlő *AgLeader Technology Insight* monitor a permetezőre szerelt átfolyásmérő műszer alapján folyamatosan naplózta a kijuttatással kapcsolatos adatokat, így lehetőségem nyílt megvizsgálni a rendszer pontosságát a tervezett mennyiségekhez képest.

A rendszer *.ilf formátumban mentette az adatokat a memóriakártyájára, melyeket az *AgLeader Technology SMS Basic* szoftver segítségével mentettem számítógépre. A programmal az adatokat először *.shp

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

formátumba konvertáltam, majd ezt az *ESRI ARCGIS 10.0* segítségével elemeztem tovább.

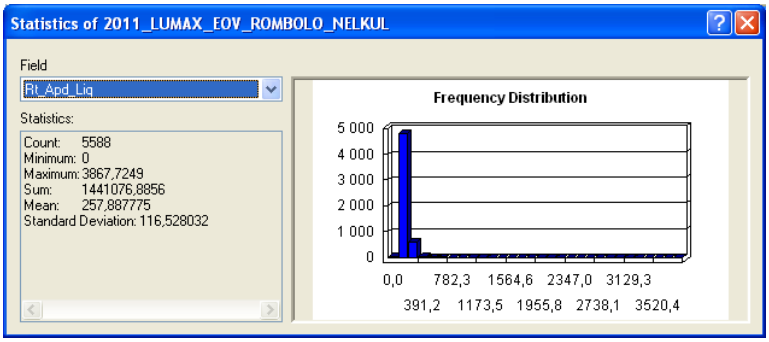
A naplózás során 5588 adat begyűjtésére került sor (12. ábra). Az adatok a mérés során hibákkal terhelhetek voltak, hiszen a talaj egyenetlenségből vagy a fogások elején az elindulásból illetve a megállásokból adódóan az átfolyásmérő torz adatokat mutatott. Ebből fakadóan indokolttá válik az adathalmazból a kiugró értékek eltávolítása, melyek negatív mértékben befolyásolnák a végeredményt. A szűréshez több különböző módszerrel végeztem el.

12. ábra: A kijuttatás adathalmaza a szűrési vizsgálatokat megelőzően

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

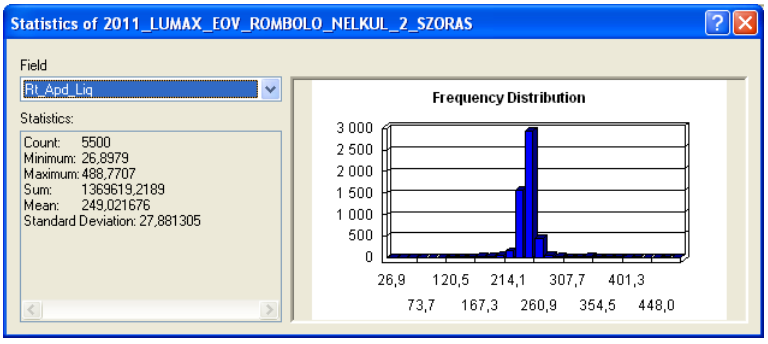
Első lépésként *Microsoft Excel 2003 Professional for Microsoft Windows XP* táblázatkezelő program segítségével nagyság szerint növekvő sorba rendezett adatokat alapstatisztikai vizsgálatnak vetettem alá. Az általános jellemzők (korrigált tapasztalati szórás, átlag, kvartilisek) meghatározása után a kiugró elemek eltávolítását hajtottam végre (13. ábra).



13. ábra: A kiindulási adathalmaz adatai és eloszlásuk grafikonon ábrázolva

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az adatok szűrését két szórás távolságban statisztikai vágással hajtottam végre. Ennek hatására az adat mennyiség 88 elemmel csökkent, az eloszlás szimmetrikusabbá vált (14. ábra).

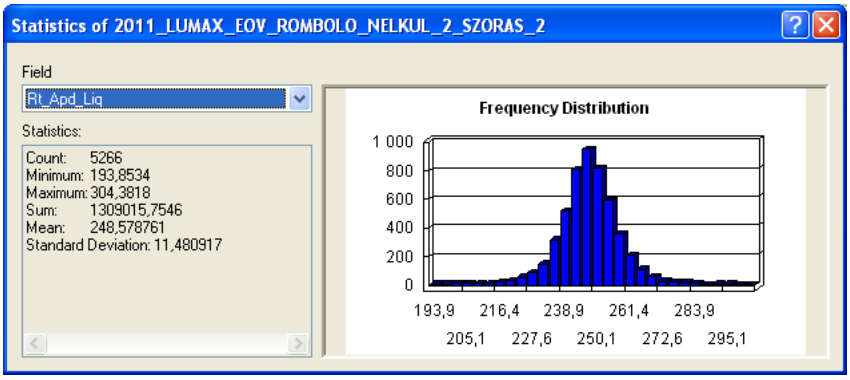


14. ábra: Az adathalmaz jellemzői az első vágást követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Tapasztalati adatok alapján indokoltnak tartottam a vágás ismételt elvégzését, hiszen a legkisebb és a legnagyobb adat még mindig kívül esett a szakmailag elfogható hibahatáron. A szűrést követően további 234 elemmel csökkentettem az adathalmazt. Ennek következtében az eloszlás normál eloszlásra hasonlítóvá vált, és az adatok interkvartilis távolsága is csökkent (15. ábra). Az adattartomány a szakmailag elfogadható szinteket (min/max) elérte.

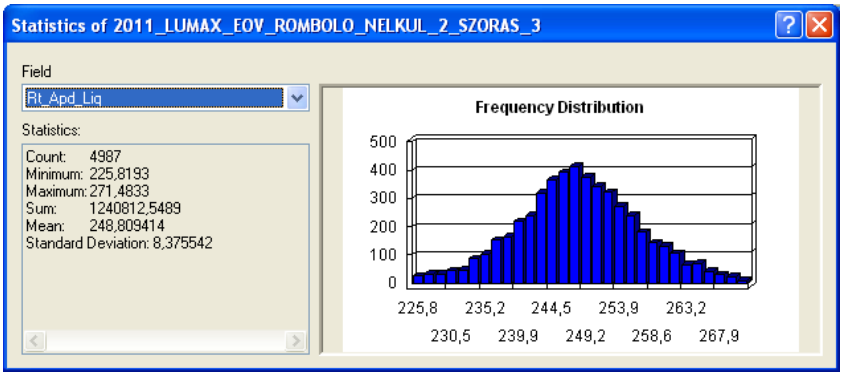


15. ábra: Az adathalmaz jellemzői a második vágást követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

Ezt követően megkíséreltem ismételten végrehajtani a vágást, annak érdekében, hogy a későbbi vizsgálatok során eldönthessem, hogy mely szűrési eljárás a legalkalmasabb kiugró értékek eltávolítására. Az így kapott adathalmaz (16. ábra) alap statisztikai adatai már lényegesen kisebb heterogenitásról árulkodnak, mint ahogy ezt a hisztogram is jól szemlélteti. Azonban a lépés elvégzésének létjogosultsága már szakmailag megalapozatlan, hiszen az eltávolítandó adatok száma túl nagy lenne ez esetben.

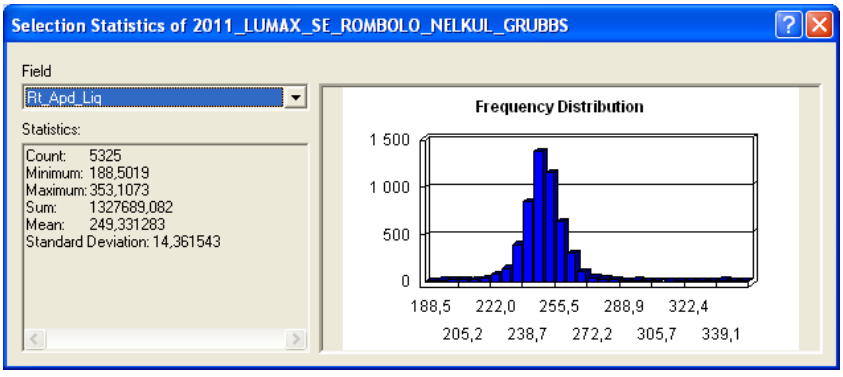
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



16. ábra: Az adathalmaz jellemzői a harmadik vágást követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

Következő eljárásként Grubbs-féle próbát (17. ábra) alkalmaztam *(Grubbs, 1969; Tóth, 2004)*. Melynek a végrehajtására *Microsoft Excel 2003 Professional for Microsoft Windows XP* táblázatkezelőben létrehozott algoritmus szolgált.



17. ábra: Az adathalmaz jellemzői a Grubbs-féle vágást követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A próbára azért esett a választásom, mert az amerikai szabványügyi hivatal ajánlata szerint nemzetközileg elismert módszer, mely alkalmas a kívülálló adatok eltávolítására *(ASTM, 2008)*. A kiindulási adatmennyiségből az eljárás révén 263 db került kizárásra, melyek helyességét a *MedCalc 12.2.1.0.* szoftver segítségével ellenőriztem. Az így megmaradt pontokat az *ESRI ARCGIS 10.0*-ban térképen ábrázoltam és elvégeztem az összefüggés vizsgálatot a végrehajtás során keletkezett és a tervben szereplő adatokkal.

4. 3. A GYOMFELVÉTELEZÉS MÓDSZERTANA

A kezelés hatását vizsgálva a beavatkozást megelőzően, a területen előre meghatározott rendszerben létrehoztam 12 takart kontroll parcellát (18. ábra), melyet további 4 vizsgálati egységre osztottam. A terület lefedését vegyszerálló fóliával hajtottam végre, mely megakadályozta a permetlé felületre jutását, így a gyomok zavartalanul fejlődhettek a kultúrnövénnyel. Egy takarás 20 m^2 területű volt, melyben 4 db 2 × 2 m-es parcella került kialakításra. A takarások helyét kézi GPS segítségével rögzítettem. A koordináták segítségével tenyészidőszak közben többször visszatértem a területre a gyomfelvételezések végrehajtása miatt.

A gyomfelvételezéseket 2 × 2 m alapterületen hajtottam végre, tehát minden egyes takaráson 4 felvételezést készítettem. Összesen 48 db felvételezési ponton vizsgáltam a gyomok és a kultúrnövény borítását, melyet százalékosan becsültem. Minden, a területen előforduló fajt először kézzel speciális felvételezési lapon, ezt követően digitálisan is rögzítettem a későbbi kiértékelés megkönnyítése céljából.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

18. ábra: A takart kontrollparcella

(Forrás: Saját szerkesztés)

A borítottság becslését az Ujvárosi által kidolgozott *(Ujvárosi, 1973a)* módosított Balázs-féle skála alapján végeztem el (2. táblázat). A szemlékre 2011. május 27. és június 29. között összesen négy alkalommal került sor.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

2. táblázat: Balázs-Ujvárosi-féle növénycönológiai felvételezési skála

(Forrás: Reisinger, 1977 alapján saját szerkesztés)

Balázs-Ujvárosi-féle felvételezési skála					
Skálaérték	Borítási %	Skálaérték	Borítási %	Skálaérték	Borítási %
6	100,00%	3-4-4	21,87%	1-2	4,68%
5-6-6	87,50%	3-4	18,75%	1-1-2	3,90%
5-6	75,00%	3-3-4	15,62%	1	3,12%
5-5-6	62,50%	3	12,50%	+-1-1	2,49%
5	50,00%	2-3-3	10,93%	+-1	1,87%
4-5-5	43,75%	2-3	9,37%	+-+-1	1,24%
4-5	37,50%	2-2-3	7,81%	+	0,62%
4-4-5	31,35%	2	6,25%	0-+	0,36%
4	25,00%	1-2-2	5,46%	0	0,10%

4. 4. A GYOMFELVÉTELEZÉS ELEMZÉSE

A kvadrátok (19. ábra) kukorica *(Zea mays* L.*)* termését kézzel takarítottam be. A betakarítás során egyéni azonosítóval láttam el a tároló zsákokat, majd ezt követően a Nyugat-magyarországi Egyetem Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének (ma Széchenyi István Egyetem Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék) Műszaki Kutatóbázisán mértem és morzsoltam őket.

A morzsolt termés Gödöllőre, a Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Gépesítési Intézetének (ma Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Mezőgazdasági Gépesítési Intézet) laborjába került beltartalmi elemzésre.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

19. ábra: A gyom felvételezési pontok elhelyezkedése

(Forrás: Saját szerkesztés)

4. 4. 1. A gyomborítottság adatok kiértékelése

A felvételezett adatok kiértékelését több módon hajtom végre. Első lépésben rendszertani értékeléssel, mely során a felvételezett fajokat

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

azonosítottam, és családjuk alapján csoportosítottam, meghatároztam borítottsági arányukat.

Ezt követően életforma analízist hajtottam végre. A rendelkezésemre álló adatokat ennek tükrében csoportosítottam és elemeztem.

A flóraelemek vizsgálata során a növényeket areájuk alapján soroltam csoportokba és vizsgáltam meg származásukat.

Végül diverzitás vizsgálatot készítettem a *PAST version 2.14* program segítségével. A fajok elemzésére a Shannon-Weawer (14) *(Shannon – Weaver, 1949)* és a Simpson 1-D indexet (15) alkalmaztam *(Simpson, 1949)*.

$$HS = -\sum_{i=1}^{R} p_i \log p_i \qquad (14)$$

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \qquad (15)$$

4. 4. 2. Adatelemzés módszertana

A kapott eredmények feldolgozását az *XLSTAT 2012 for Microsoft Excel Professional* programmal hajtottam végre. Az adatok standardizálással tisztítottam meg dimenziójuktól a (16) összefüggés segítségével. Ennek köszönhetően az adatok szórása egy és átlaga nulla lett ($s = 1$; $\bar{x} = 0$), így a különböző adatok összehasonlíthatóvá váltak.

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \qquad (16)$$

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Ezt követően faktorelemzéssel vizsgáltam meg a statisztikai sokaságot. Az analízis során kritériumnak tekintettem, hogy az egyes faktorok sajátértéke (λ) nagyobb legyen egynél ($\lambda \geq 1$) és a kapott faktorok kumulált varianciái magyarázzák az összes variancia legalább 75%-át ($\sum s^2 \geq 75\%$). A kapott faktorokat varianciájuk alapján növekvő sorba rendezve értékeltem, majd az így kapott eredményeket figyelembe véve többváltozós regresszió analízissel tártam fel a minta összefüggéseit. Az eredményeket táblázatok és ábrák segítségével mutatom be.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

4. 5. AZ ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZERTANA

Kísérletemet Jánossomorja határában, az osztrák határtól 4 km-re, az É 47º 45’ 23,84”; K 17º 05’ 22,01” található, mezőgazdaságilag intenzíven művelt, 0851/2; 0851/3 helyrajzi számokon szereplő 17 ha-os táblán végeztem (20. ábra). A vizsgálatok két időpontban zajlottak, az első mérést 2012. november 11-én, míg a másodikat 2013. október 23-án végeztem el.

20. ábra: A jánossomorjai kísérleti parcella

(Forrás: Google Earth alapján saját szerkesztés)

Az érintett terület tájföldrajzi beosztás szerint a Kisalföld nagytáj, a Győri – medence középtáj, azon belül a Fertő – Hanság – medence kistáj része. Mikrodomborzata nyugodt, felszíne közel sík. Talajtani besorolás szerint

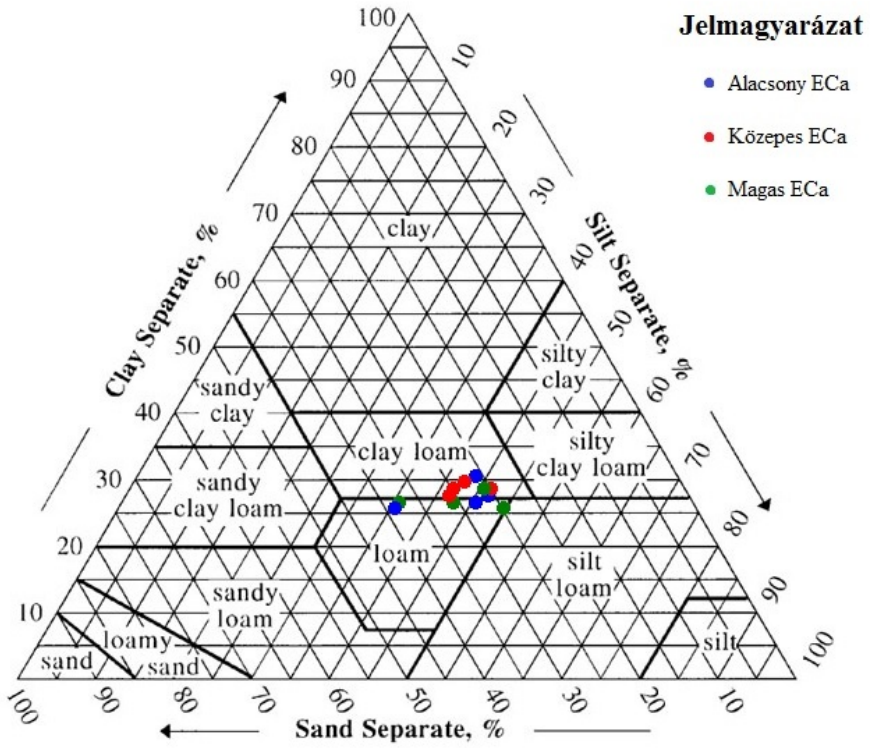
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

csernozjom főtípusba tartozik. Jellemzője a humusz felhalmozódás, a kationban, főleg Ca^{2+}-ban való gazdagsága, a karbonátok biogén eredetű felhalmozódása a talajszelvényben és vándorlásuk a gyökérzónában, emiatt a szerves és szervetlen anyagok semleges és gyengén lúgos viszonyok között alakultak át. Szerkezete többnyire morzsás. A másodlagos anyagok nem bomlanak. A kovasav és az agyagfrakció mennyisége közel azonos az egész szelvényben. Típus és altípus szerint karbonátos terasz csernozjom, mely a mezőségi talajok között különös helyet elfoglaló talajképződmény. A régi folyóteraszok és árterek magasabb részein találhatóak, melyekhez a fiatalabb árterek felől az öntéstalajok, mélyebb fekvésű helyeken pedig a réti talajok csatlakoznak. Jellemzője a csernozjom képződés, azaz a szerves anyag felhalmozódás társul azokhoz a talajtulajdonságokhoz, amelyek a talaj öntésjellegéből fakadnak. Az öntésanyag jellegzetes alluviális rétegzettsége megmarad, de a humuszosodás és a szerkezet-képződés elfedi ezeket. A szürkésbarna, morzsás szerkezetű humuszos szint alatt megtalálható az alluvium homok – iszap – agyag rétegzettsége *(Fülöp, 2007)*.

A feltalaj 5-7%-os szervesanyag-tartalma lefelé haladva fokozatosan csökken. Jó vízgazdálkodású, kedvező természetes drén viszonyokkal.

Az USA talajfizikai féleségének beosztása szerint a vizsgálati parcella két csoportba tartozik *(URL[9], 2017)*. A mintavételi pontok nagyobbik fele (7 db) agyagos vályog talajnak – *clay loam* –, míg a többi része (5 db) vályog talajnak –*loam* – minősül. Azonban ki kell emelnem, ahogy az a 21. ábrán is látható, hogy szinte minden minta az agyagos vályog talaj határán található. A dolgozat további részeiben ezt a besorolási metódust alkalmazom a későbbi eredmények nemzetközi szinten történő összehasonlíthatósága végett.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



21. ábra: A mintavételi pontok szemcsefrakció eloszlása

(Forrás: URL[10] alapján saját szerkesztés)

A vizsgálat során meghatároztam a talaj elektromos vezetőképességét a Veris-3100 típusú mérőrendszerrel. A műszer egy önálló vázra szerelt vontatott eszköz, melynek legfontosabb része a hat darab, egyenként 430 mm átmérőjű mérőtárcsa. Ezek meghatározott távolságban helyezkednek el egymástól, és műanyag szigeteléssel választódnak el a váz anyagától. A berendezés egy időben két mélységben végez méréseket. Az első szint a 0-0,3 m-es, míg a második szint a 0-0,9 m-es tartomány. A Veris-3100 a méréseket másodpercenként végzi, így a mintavételi sűrűséget a haladási sebesség pontos

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

megválasztásával lehet szabályozni. A működtetéshez DGPS üzemmódban működő GPS-re van szükség.

Az eszközt egy STEYR 9078 típusú traktorral 10 m-es sortávolságban 10-12 km/h sebességgel vontattam végig a területen (22. ábra).

22. ábra: A Veris-3100 talaj elektromos vezetőképesség mérő munka közben

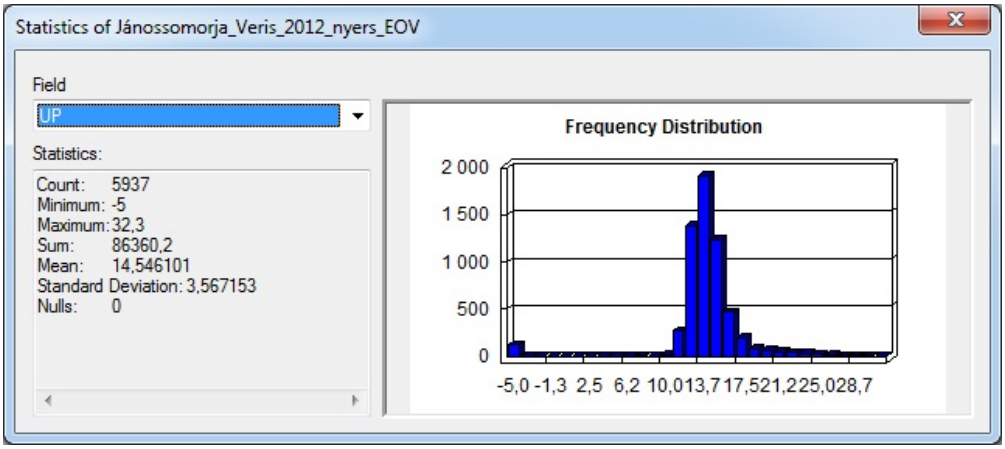
(Forrás: Saját szerkesztés)

A Veris-3100 segítségével begyűjtött adatok előzetes feldolgozását az ESRI ARCGIS 10.2 software-rel hajtottam végre. Az adatok statisztikai vágását követően létrehozásra került a vezetőképesség térkép. Az elkészült térkép kiértékelése után került kijelölésre a tizenkét mintavételi pont, ahol penetrációs ellenállásmérésre került sor. A mintavételt egyenként öt ismétlésben a 3T SYSTEM penetrométerrel 0,35 m mélységig vizsgáltam. A mérési pontok koordinátáit egy TRIMBLE JUNO 3C DGPS készülékkel rögzítettem. Minden egyes mérési ponton felvételezésre került a talajellenállási adatok mellett a talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma is. Az adatokat 0,01 m-es felbontásban rögzítettem, majd a *Microsoft Excel Professional Plus 2010* programban rendszereztem. A statisztikai elemzéseket az *IBM SPSS Statistics 20* programban hajtottam végre, ahol az alapstatisztikai vizsgálatokat

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

követően regresszió- és variancia analíziseket végeztem az adatok kiértékelésére. Az elemzés során 95%-os szignifikancia szintet alkalmaztam.

Az alap statisztikai elemzéseket a *Microsoft Excel 2013 Professional for Microsoft Windows 7* táblázatkezelő program segítségével készítettem el. Az adatok grafikonos ábrázolását követően meghatároztam az adatsor általános jellemzőit (korrigált tapasztalati szórás, átlag, kvartilisek) (23. ábra).

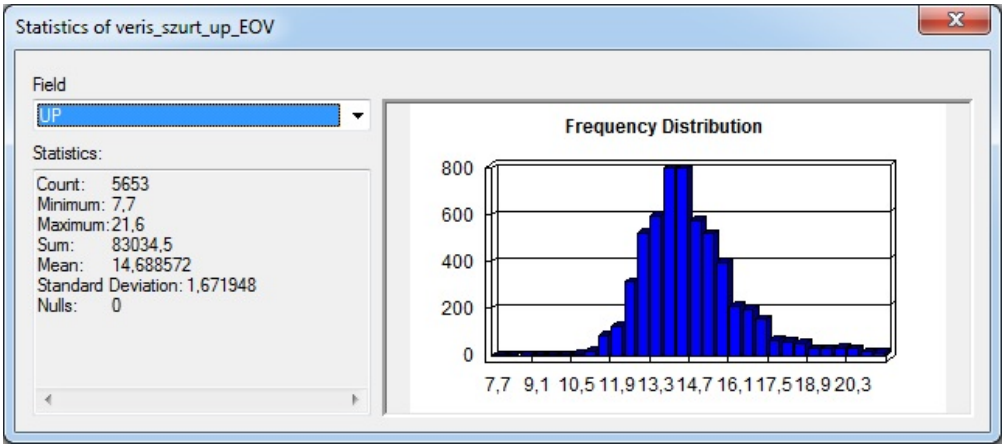


23. ábra: A művelt réteg fajlagos elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

A nagyságrendi sorba rendezett adatok kiugró értékeinek eltávolítását két szórás távolságban végrehajtott statisztikai vágással végeztem (24. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



24. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a statisztikai vágást követően, 2012

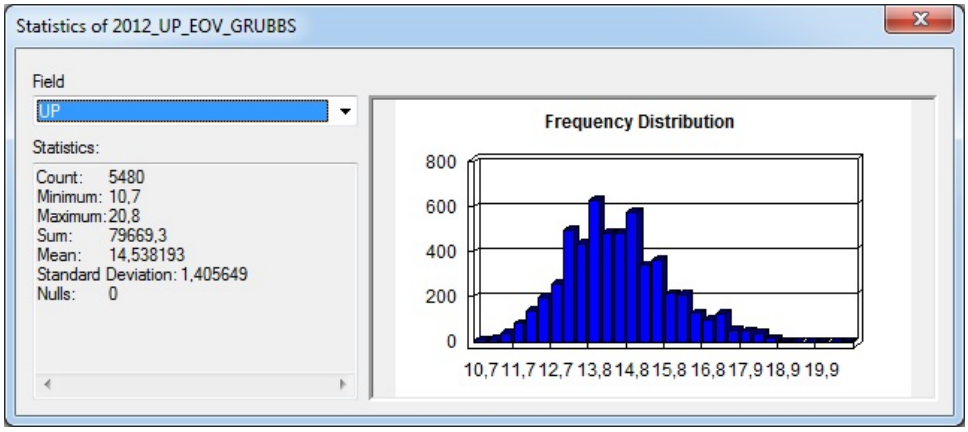
(Forrás: Saját szerkesztés)

A vágás során 284 adattal csökkent a vizsgálandó adathalmaz nagysága. A 24. ábra diagramja a szűrésnek köszönhetően már nem tartalmaz negatív előjelű értékeket, mindemellett lényegesen szimmetrikusabb a kiindulási ábrához viszonyítva.

A végrehajtott eljárás mellett az adatok térbeli elhelyezkedését is figyelembe véve Grubbs-féle próbát alkalmaztam *Tukey (1977)* alapján. A szűrést p=0,05 hibaérték mellett két oldali Grubbs teszttel vizsgáltam.

Az eljárás eredményeként 457 adat került eltávolításra a mérések közül, melyek alapjellemzőit a 25. ábrán mutatom be. Szemrevételezve a grafikont megállapítható, hogy az előző eljáráshoz képest szűkebb intervallumban helyezkednek el a mérési eredmények alacsonyabb szórási mutató mellett.

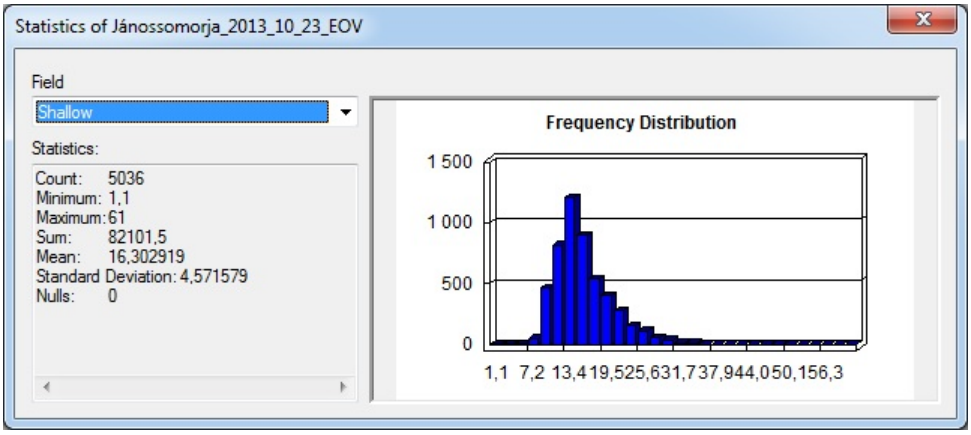
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



25. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a Grubbs-féle próbát követően, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az ismételt mérés során az adatgyűjtést az előző évhez képest 90°-ban elforgatva végeztem, az alapstatisztikai vizsgálatokat a 26. ábra szemlélteti.



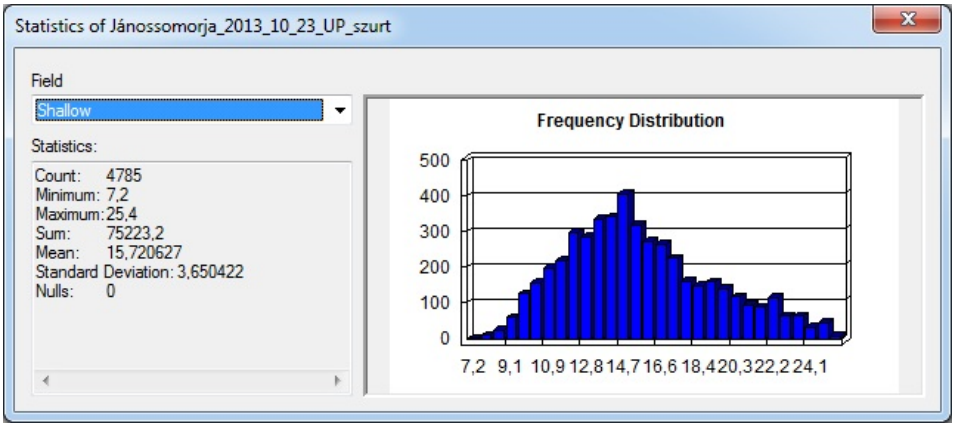
26. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A 26. ábra diagramján jól látható, hogy a begyűjtött adatok balra tolódtak el, hiszen az aritmetikai átlag és a maximum érték közt valamivel több, mint 8 szórás távolságnyi eltérés van. Mivel az adatok jelentős többsége lényegesen alacsonyabb értéket vett fel, ezért indokolt az adatok tüzetesebb átvizsgálása és a kiugró értékektől történő megtisztítása.

Az adatok szűrését a már előzőekben is alkalmazott két szórás távolságban elvégzett statisztikai vágással hajtottam végre (27. ábra).



27. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a statisztikai vágást követően, 2013

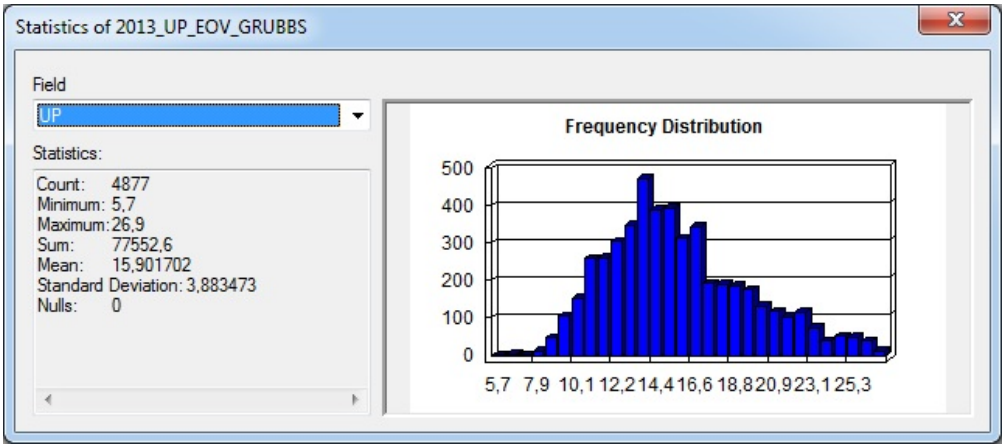
(Forrás: Saját szerkesztés)

A vágás hatására 251 mérési adattal csökkentek az eredmények. Ahogy azt a 27. ábrán is láthatjuk a kapott értékek lényegesen szűkebb intervallum közt mozognak. A szűrést követően a szélső adatok 7,2 illetve 25,4 mS/m között alakulnak. A diagramot szemrevételezve még mindig elmondható, hogy ugyan balra tolódott, ám lényegesen szimmetrikusabb, mint a 26. ábrán látható.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A Grubbs-féle szűrési eljárást, az előzőekben ismertetett módon hajtottam végre. Az adatokat 95%-os szignifikancia szinten vizsgáltam kétoldali Grubbs analízist alkalmazva.

A teszt eredményeként a kiindulási adatmennyiség az előbbi 251-hez képest csak 159 értékkel csökkent, melyek alap statisztikai jellemzőit a 28. ábrán mutatom be. Első pillantásra szembetűnik, hogy a minta terjedelme némileg nagyobb, mint az előző eljárásnál tapasztalhattam, hiszen jelen esetben ez 5,7; illetve 26,9 mS/m között alakult kicsit magasabb szórási mutató mellett, mint az előzőekben.



28. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a Grubbs-féle próbát követően, 2013

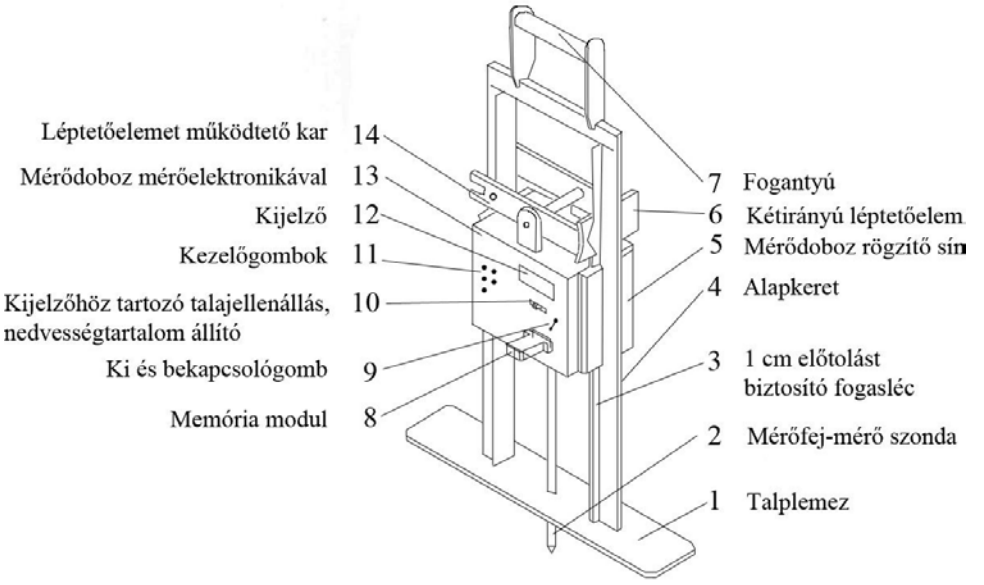
(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

4. 6. A PENETRÁCIÓS ELLENÁLLÁS MÉRÉS MÓDSZERTANA

A 2012. évi mérések alkalmával a 3T SYSTEM elektronikus rétegindikátort alkalmaztam. Az eszköz a talajnedvességet a termőhelyi vízkapacitás százalékában kifejezve és a mechanikai ellenállást (100 kPa-ban) 1 cm-es felbontásban méri. Mérési tartománya 0-95 cm-ig terjedt, mely 5 cm-enként szabadon beállítható. A méréseket 1 cm-enként értékeli és az eredmények számtani középértéke a helyszínen, az LCD képernyőjén leolvasható. Az adatok elektronikusan dokumentálhatóak a készülékben lévő memória segítségével.

Az általam használt készülék felépítését a 29. ábra mutatja be részletesen.



29. ábra: A 3T SYSTEM elektronikus rétegindikátor felépítése

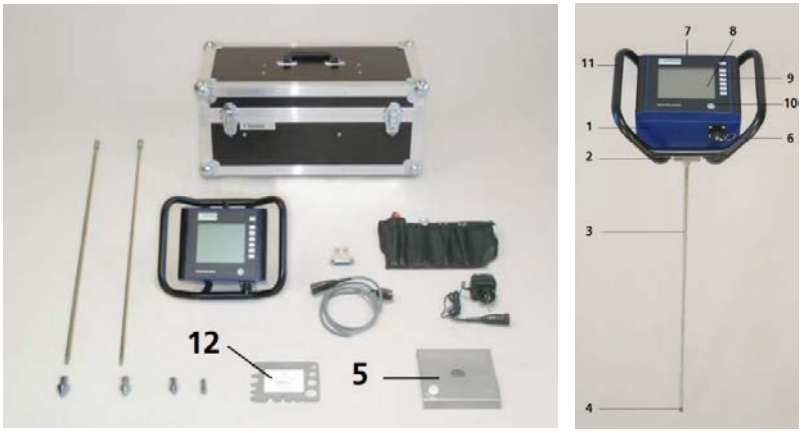
(Forrás: Beke, 2006 alapján saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A talajnedvesség és tömörödöttség megállapításánál szabványos 60°-os kúpszögű (MSZ 08-1784-83) szonda érzékeli az adatokat. Az érzékelő egy üreges szárral kapcsolódik a mérőcellához, mely elektronikus egységgel áll összeköttetésben. Az elektronikus egység és a RAM memória az adatok feldolgozásában, kijelzésében, kiértékelésében vesz részt. A fent említett eszközök egy biztonsági házban vannak elhelyezve, így szállítás és mérés közben sem sérülhetnek meg.

A mérés során az ismételhetőséget és a pontos, 1 cm-kénti behatolást a „T" idomú laposvasból készített keret teszi lehetővé, melynek fogazatába csatlakozik a kilincsmű. Ennek áttételén keresztül könnyen elvégezhető a mérési procedúra még szárazabb talaj esetén is.

Egy EIJKELKAMP gyártmányú PENETROLOGGER készülék állt 2013. évben rendelkezésemre, mely lényegesen magasabb technikai színvonalat képviselt, mint a 3T SYSTEM penetrométer, ezért a további vizsgálatok során már ezt az eszközt alkalmaztam. A készülék elméleti vázát a 30. ábra szemlélteti.



30. ábra: EIJKELKAMP PENETROLOGGER felépítése

(Forrás: Az EIJKELKAMP PENETROLOGGER MANUAL alapján saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A 30. ábrán 1 számmal a vízálló mérőház látható, melybe a 2-sel jelölt erőmérő cellába csatlakozik a 3-sal jelölt kétoldalú mérőszár, aminek a végén 4-sel jelölve található meg a cserélhető mérő kúp. Ennek az egységnek szerves részét képezi az 5-sel jelölt mélység mérő lemez, mely a szár talajba hatolásának pontos megállapítására szolgál.

A készülék az adatokat digitálisan rögzíti és memóriájában tárolja, melyeket a 6-sal jelölt kommunikációs porton keresztül nyerhetünk ki. A vizsgálatok során minden egyes mérési ponton automatikusan elmentésre kerülnek a helyhez tartozó földrajzi koordináták is, melyeket a 7-sel jelölt GPS antenna segítségével határoz meg az eszköz. A mérési procedúra a 8-sal jelölt LCD kijelzőn folyamatosan szemmel követhető. A beállítások pedig a 9-sel jelölt nyomógombok segítségével végezhetők el. A függőleges behatolást hivatott elősegíteni a 10-sel jelölt beépített vízmérték is. A készülék biztonságosan kezelhető a szigetelt markolatoknak köszönhetően (11), míg a rendelkezésre álló több fajta mérőkúpot a 12-sel jelölt tesztelő eszközzel azonosíthatjuk be.

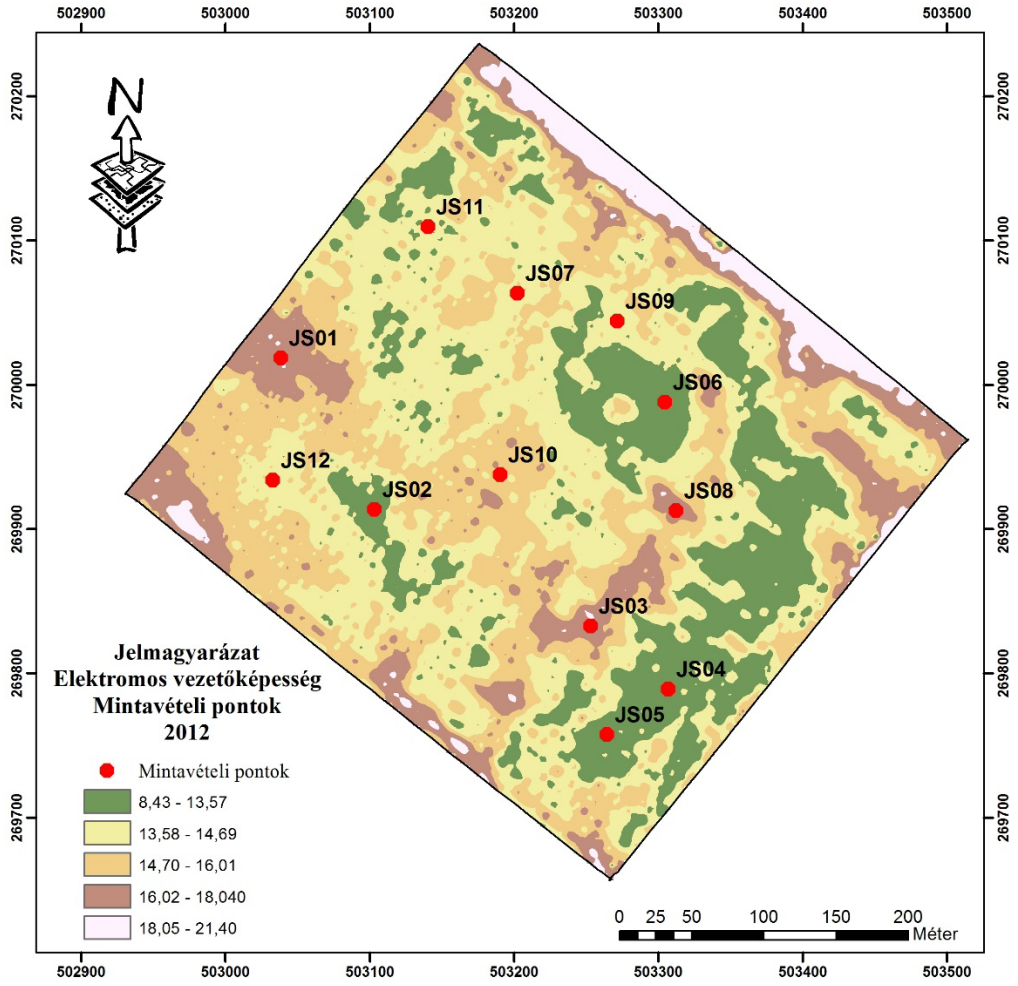
4. 7. A MINTAVÉTELEZÉSI PONTOK KIJELÖLÉSE

A 2012-ben végezett elektromos konduktivitás mérést követően bebizonyosodott, hogy a vizsgálandó terület edafikus jellemzői alapján nem tekinthető egységesnek, egyes részei közt jelentős eltérések mutatkoznak. Ennek okait kutatva 12 mérési pontot határoztam meg a területen.

Ezeket a pontokat a vezetőképesség mérés alapján előre definiált szempontok szerint jelöltem ki a parcellán. Létrehoztam négy darab alacsony

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

(JS02, JS04, JS05, JS06), négy darab közepes (JS7, JS9, JS11, JS12) és négy darab magas (JS1, JS3, JS8, JS10) vezetőképességgel rendelkező mintavételezési pontot (31. ábra).



31. ábra: A mérési pontok kijelölése, 2012

(Forrás: Google Earth alapján saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A pontok meghatározása után megvizsgáltam a talaj jellemző fizikai, illetve kémiai tulajdonságait.

Minden egyes vizsgálati helyszínen talajmintákat gyűjtöttem, melyeket bővített elemzésre a *Synlab Umweltinstitut Ungarn Kft*.-hez juttattam el. Minden egyes minta 5 részmintából tevődött össze, melyeket a pontoktól számított 5 méteres rádiuszú körből gyűjtöttem.

A vizsgálat széleskörű betekintést nyújtott a terület eltérő edafikus viszonyaiba. Általánosságban elmondható, hogy a vizsgálati parcella semleges, gyengén lúgos pH-jú, agyagos vályog talaj, igen magas humusz tartalommal. Karbonát tartalma alapján erősen meszes, mindemellett gyenge – közepes foszfor tartalommal rendelkezik. Kálium, magnézium és mangán tartalma jó, ugyanakkor réz és cink tartalma gyenge (1. melléklet).

A méréseket mindkét vizsgálati évben ugyanazon elv alapján hajtottam végre. Első lépésként mérési tervet készítettem, mely tartalmazta a vizsgálati területen kijelölt 12 mintavételezési pontot és a végrehajtandó vizsgálati eljárást.

Minden egyes mérőponton 5 ismétlésben vizsgáltam a behatolási ellenállást, melyeket GPS koordinátájukkal 1 centiméteres felbontásban rögzítettem. Az ismétlések kijelöléséhez egy szabályos ötszög alakzatot formáló összehajtható méterrudat használtam, mely szárainak a közepén végeztem el az egymást követő méréseket (32. ábra).

Az adatok kiértékelése során *Microsoft Excel 2010 Professional for Microsoft Windows 7 Professional* szoftvert alkalmaztam.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

32. ábra: Az ismétlési pontok megrajzolása és a mérés folyamata

(Forrás: Saját szerkesztés)

Továbbá minden mérőponton öt centiméteres felbontásban bolygatatlan talajminták is begyűjtésre kerültek (33. ábra), melyeket a terepi mintavételezést követően a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának (ma Széchenyi István Egyetem) Műszaki Bázisán mértünk és szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottunk 105 ^{o}C-on.

33. ábra: A bolygatatlan talajminta vétel a penetrációs mérés mellett

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

4. 8. AZ ORTOFOTÓ KÉSZÍTÉS ÉS FELDOLGOZÁS MÓDSZERTANA

A vizsgálatokra 2016. április hó 21.-én került sor Jánossomorja határában, az osztrák határtól néhány kilométer távolságban az É 47º 45’ 16,41”; K 17º 05’ 37,90” található, 0858/1 helyrajzi számon szereplő 4,46 ha-os szántó területen (34. ábra). A felvételezés idején még az alapművelést követően elműveletlen állapotban volt, így az adatok kiértékelését torzító egyéb tényezőktől mentes terep állt rendelkezésemre.

34. ábra: A jánossomorjai kísérleti parcella

(Forrás: Google Earth alapján saját szerkesztés)

A tábla kiválasztását követően a terület helyszíni bejárása során megállapítottam, hogy a szántásban a mezei acat *(Cirsium arvense* L.*)* telepei már jelen vannak, azok a detektáláshoz kellően fejlettek, helyenként nagykiterjedésű, egybefüggő kolóniákat alkotnak (35. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

35. ábra: A kutatási terület a gyomfoltokkal

(Forrás: Saját szerkesztés)

A repülés délelőtt 10:45 perckor vette kezdetét, a légköri- és fényviszonyok kiválóak voltak, szélmentes, 21 ºC-os átlag hőmérséklet jellemezte az időjárást.

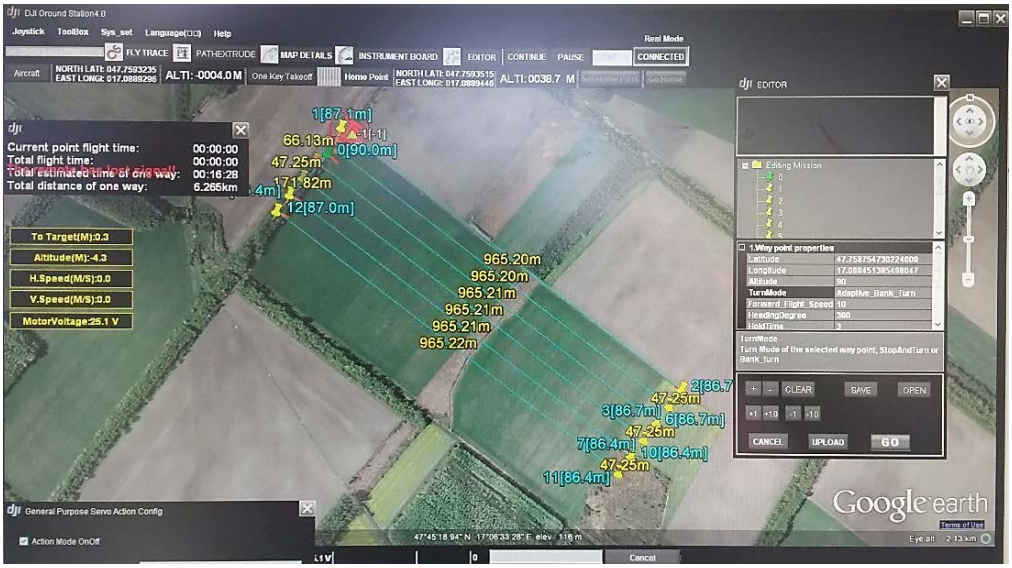
A kutatás során egy *DJI S800* típusú hat rotoros távvezérlésű UAV-t alkalmaztam, mely a légi felvételek elkészítéséhez *SONY NEX 7* tükörreflexes kamerát használt (36. ábra). Összesen 250 db *****.JPG kiterjesztésű RGB kép készült, melyek felbontása darabonként 24 megapixel volt. Ez alkotta a kiindulási képszedetet, mely az ortofotó alapjául szolgált.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

36. ábra: A DJI S800 típusú UAV és a rajta elhelyezett SONY NEX 7 kamera

(Forrás: Saját szerkesztés)

A repülés megtervezésekor a *DJI Ground Station 4.0* programot alkalmaztam, melyben 90 m magasság mellett 45-méteres fogásokkal és 7 m/s sebességgel kerültek meghatározásra a repülési paraméterek (37. ábra).



37. ábra: A repülési útvonal megtervezése

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Az elkészítendő ortofotóhoz a helyszínen különböző tereptárgyak GPS koordinátainak meghatározása is megtörtént egy *SPECTRA PRECISION Mobilemapper 120* készülékkel, melyekkel a georeferálást végre tudtam hajtani (38. ábra). A referencia pontok kiválasztásakor elsődleges szempont volt a későbbi beazonosíthatóság, ezért főként jól elkülöníthető műtárgyakat (öntözőkút fej, villanyoszlop), növényzetbeli eltéréseket (úton található növények, vetéshibák, magányos fűcsomók) kerestem és mértem be.

38. ábra: Referencia pontok a helyszínen

(Forrás: Saját szerkesztés)

Itt emelném ki, hogy a UAV alkalmazása révén lehetőségem nyílt klasszikus elemektől eltérő referenciák alkalmazására is, hiszen a nagyfelbontású képeken, akár kisebb kiterjedésű tárgyak is könnyedén felismerhetőek. Ebből fakadt, hogy referencia pont lehetett a kátyú javításra használt tégla, valamint az úton elhajított műanyag palack is (39. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

39. ábra: A georeferálás során használható „különleges” tárgyak

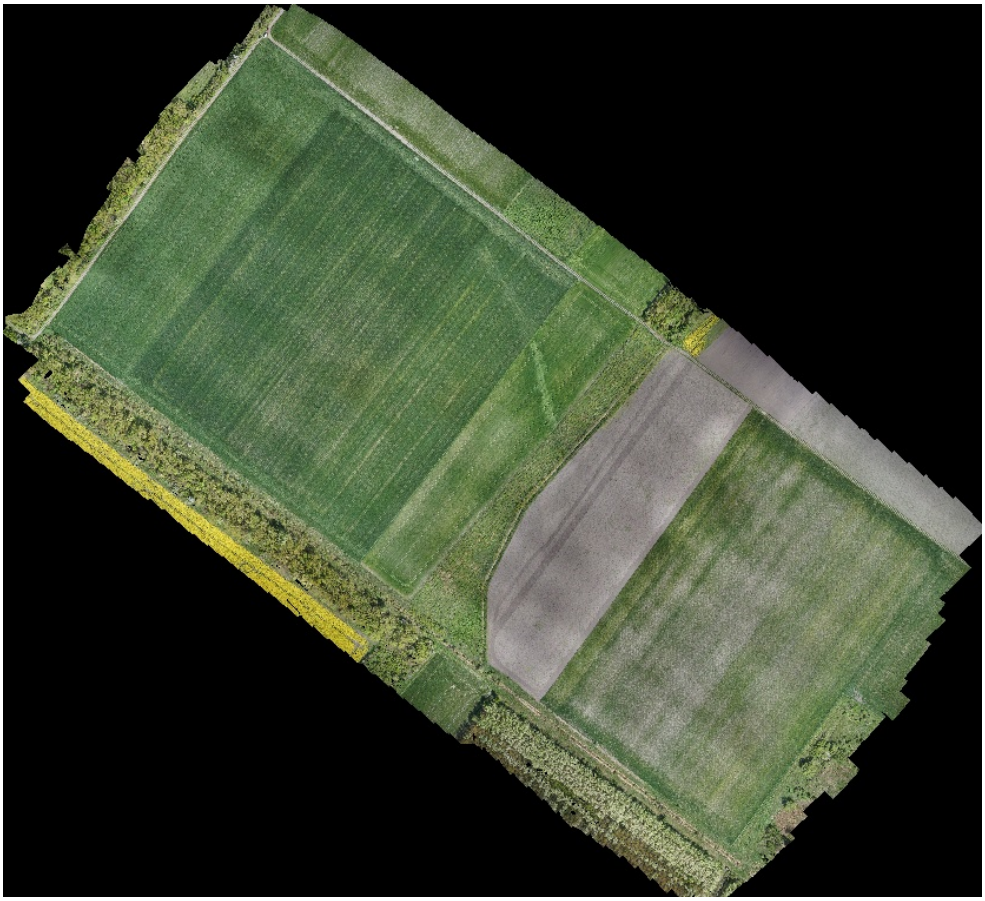
(Forrás: Saját szerkesztés)

A repülés során felvett fényképekből az ortofotót az *AGISOFT PHOTOSCAN PROFESSIONAL EDITION 1.2.6 build 2399* program segítségével készítettem el, ahol a kép georeferálását is végrehajtottam.

A létrehozott fotó 1,41 Gb méret mellett 26 968 × 25 072 képpontot tartalmaz. Emellett a paraméterek mellett sikerült elérni, hogy egy pixel közel 16 cm^2 területű, ami azt jelenti, hogy a felvételen szereplő minden egyes képpont a valóságban megközelítőleg 4 cm × 4 cm nagyságú. Ilyen nagy felbontást egyelőre semmilyen más távérzékelésre használt eszközzel nem lehet elérni ilyen alacsony bekerülési költség mellett.

A geotiff elkészítése során 13, a helyszínen bemért pontot alkalmaztam, melyek segítségével létrehoztam a georeferált ortofotót (40. ábra). Ezeknek köszönhetően tudtam megalkotni a későbbi elemzésekhez használt légi felvételt.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



40. ábra: A georeferált ortofotó

(Forrás: Saját szerkesztés)

A GEOTIFF kiterjesztésű ortofotót az *EXELIS VISAUL INFORMATION SOLUTIONS LNC. ENVI 5.3*-as szoftverével dolgoztam fel és elemeztem ki. A kutatási terület lehatárolás során a helyszíni felmérés során rögzített határvonal alapján létrehoztam egy ún. ROI *(Region of Interest)* layert (41. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

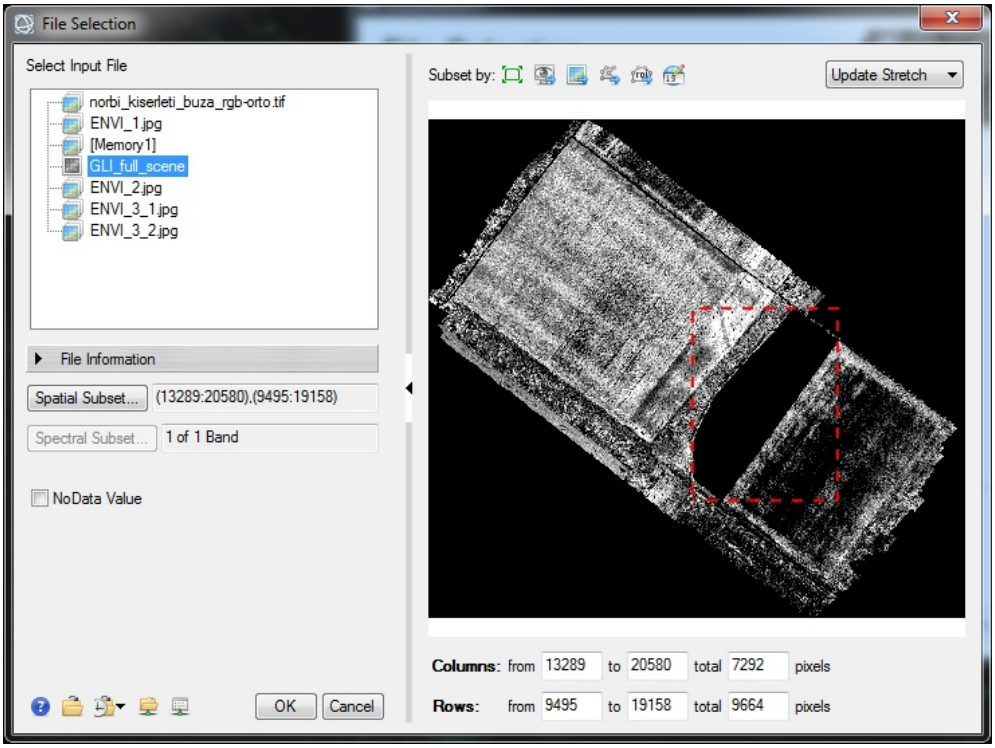
41. ábra: Az elemzéshez használt felvétel rész

(Forrás: Saját szerkesztés)

A lehatárolt területet láthatófény tartományban vörös (R), zöld (G) illetve kék (B) csatornákra bontottam. Majd az így létrejött sávokból vegetációs index képeket alkottam.

A gyomborítottság megállapításhoz digitális leválogatást alkalmaztam, melyet a területen található pixelek klaszter analízisén keresztül határoztam meg (42. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



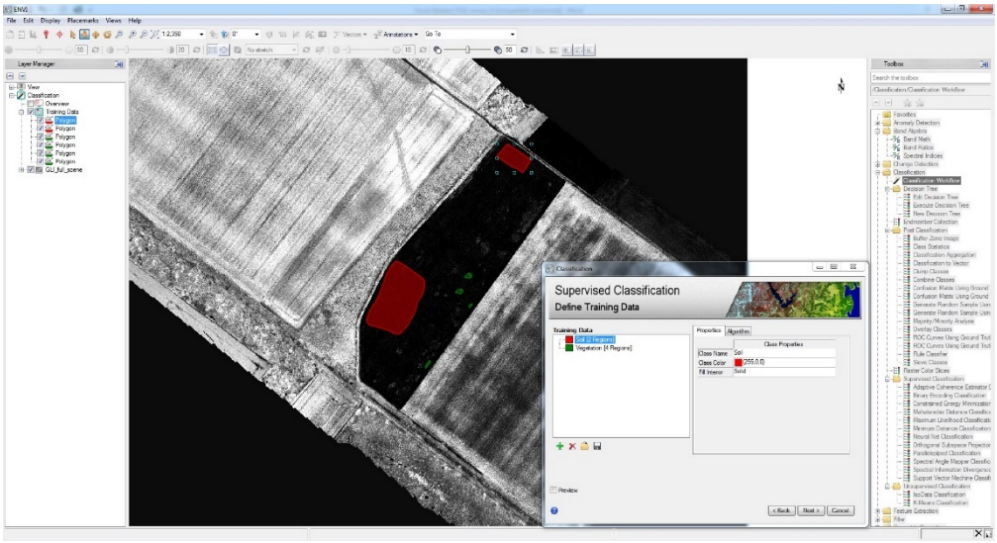
42. ábra: Az analízisbe bevont tényleges terület

(Forrás: Saját szerkesztés)

A vizsgált terület nagyságát lekorlátoztam, a már létrehozott „ROI" által határolt képrészletre, ennek köszönhetően az elemzés során alkalmazott tényleges kép nagysága mindösszesen 7.792 × 9.664 pixel.

A klaszter elemzéssel két csoportra válogattam szét a képpontokat. A vizsgálat céljának megfelelően létrehoztam egy vegetáció csoportot (az ábrán zölddel jelölve), melybe a növényzettel borított pixelek tartoztak bele és egy talaj osztályt (az ábrán pirossal jelölve), melybe a növényzettől mentes szántó terület tartozott (43. ábra). A felügyelt osztályozást előre definiált tanuló területek alapján végeztem el.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



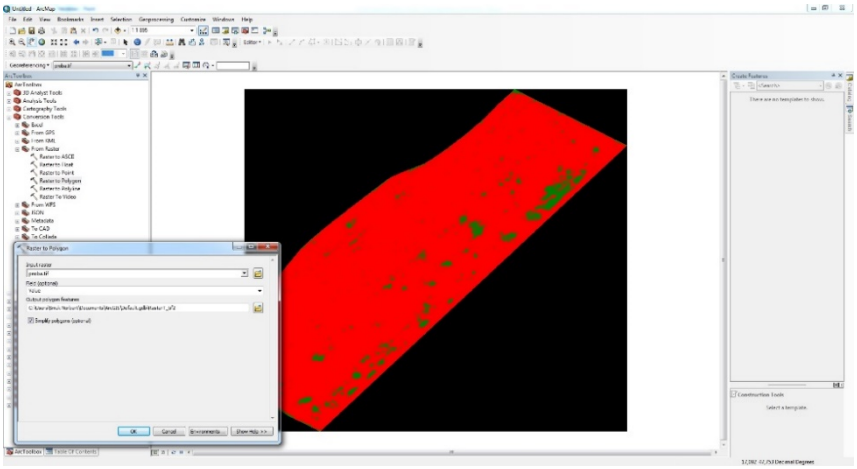
43. ábra: A tanuló területek

(Forrás: Saját szerkesztés)

A permetező vezérlések ugyan általában alkalmasak a raszter állományok kezelésére, azonban, ahogy erre *Virág (2014)* felhívta a figyelmet, a szakaszvezérlés ebben az esetben nem működik kielégítően, hiszen ha a traktor műholdvevő készüléke nem halad el a kijuttatandó felület felett, akkor a gép nem végez kijuttatást, ezért célszerű az előírás térképet vektoros állományban létrehozni.

Ehhez raszter vektor transzformációt kellett végrehajtanom, melyhez az *ESRI ARCGIS 10.2* programot használtam. A conversion toolbox lehetőséget kínál raszter állományok vektor alapú alakzat file-á alakításához (44. ábra).

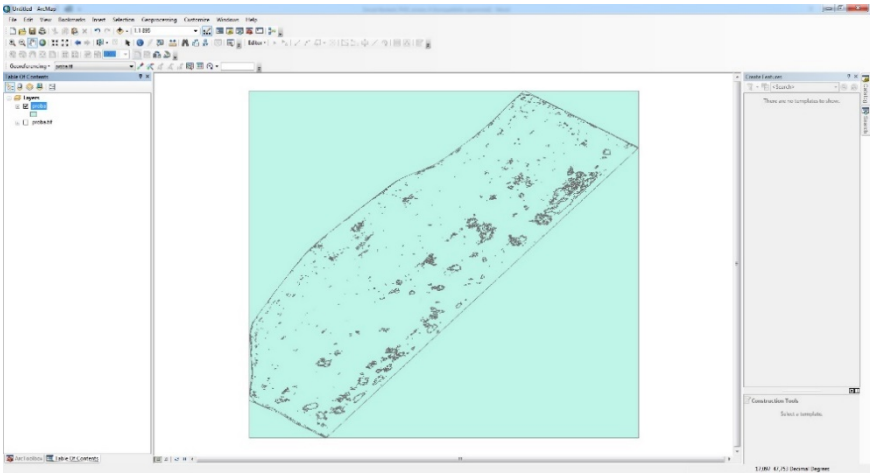
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



44. ábra: A raszter állomány vektor alapú alakzat file-á alakítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az elkészült alakzat file (45. ábra) már alkalmas a vezérlés irányitására, hiszen ebben az esetben már nem szükséges a műhold vevőnek áthaladnia a gyomfolton, elég, ha a vegyszerező kerete áthalad felette.

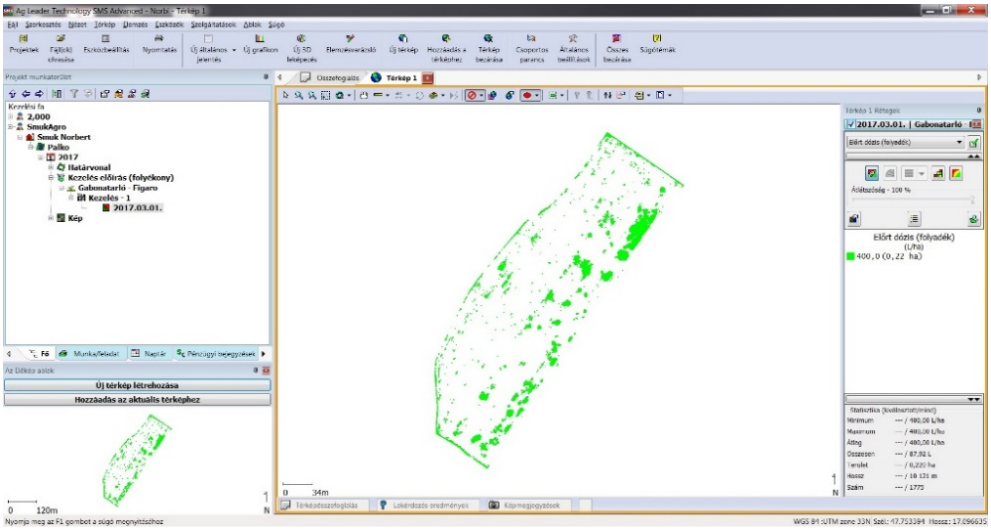


45. ábra: A létrehozott vektoros alakzat file

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A kijuttatási terv készítését az *Ag Leader SMS Advanced 16.70* szoftverben készítettem, ahol az elkészült alakzat file beolvasását követően még a parcella határ beállítását kellett végrehajtanom (46. ábra).



46. ábra: A tábla határhoz igazított alakzat file

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Ebben a fejezetben a vizsgálataim során szerzett tapasztalatokat, és azok részletes érékelését ismertetem. A fejezet tematikájában követi az anyag és módszer fejezet felépítését a könnyebb követhetőség és áttekinthetőség érdekében.

5. 1. A DÓZISSZABÁLYOZÓ ALGORITMUS

Az anyag és módszer fejezetben ismertetett lépések segítségével létrehozott *Microsoft Excel 2003 Professional* modell segítségével részletesen kimunkálásra kerültek a kezelési egységekhez tartozó herbicid, illetve permetlé mennyiségek.

A modell kezelőfelületén (3. táblázat) helyet kaptak a számítások beállításához szükséges legfontosabb paraméterek. Ezek voltak a kijuttatandó permetlé minimum és maximum mennyisége, a legkisebb és a legmagasabb dózis mennyisége, melyeket l/ha-ban kell a modell számára megadni, illetve egy aránypár beállítási lehetőség, hogy a humusztartalmat, illetve az Arany-féle kötöttséget milyen súllyal vegye figyelembe a program. Ezeket a paramétereket szabadon lehet állítani, ezért fehér háttérrel jelennek meg. A táblázatban található további adatok számított értékek, melyek a táblázatba

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

bevittek alapján kerülnek meghatározásra, ezeket nem lehet módosítani, ezért szürke hátérrel jelennek meg.

3. táblázat: A dózis kalkulátor beállítási felülete

(Forrás: Saját szerkesztés)

	K_A	Hu %	Víz (l/ha)	Dózis (l/ha)
Faktor	0,04098	0,37879	40	
Min	33,40	1,46	240	4
Max	45,60	2,78	260	4,5
Súly	1	9		

A részletes kijuttatási táblázatot az 2. melléklet szemlélteti, fejlécét a 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat: A kijuttatási adatok felépítése

(Forrás: Saját szerkesztés)

KEZELÉSI EGYSÉG	KOORDINÁTA EOV X	KOORDINÁTA EOV Y	KA	HU%	DÓZIS KA	DÓZIS HU%	KORRIGÁLT DÓZIS (L/HA)	PERMETLÉ (L/HA)
01	515584	286258	37,60	2,11	4,17	4,25	4,24	249,55
02	515629	286283	36,20	1,92	4,11	4,17	4,17	246,73
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
67	515793	285981	42,00	2,16	4,35	4,26	4,27	250,96

Ahogy az a 4. táblázat felépítésében is látszik, a permetlé mennyiségét nagyon pontosan − két tizedes pontosságig − határozza meg az algoritmus. Ezek az értékek a kijuttatás szempontjából túl pontosak, ezért csoportosítva összevonásra kerültek 10 l/ha szintű lépcsőkben. Így kialakításra került egy

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

240 l/ha, egy 250 l/ha és egy 260 l/ha-os csoport. Ezekbe a csoportokba kerültek besorolásra az adatok. Az összevonásnak köszönhetően, így már a kijuttatásra alkalmassá váltak azok, és létrehozható lett a kijuttatási terv, mely feltöltésre került az *AgLeader Technology Insight* monitorba ami vezérelte a végrehajtást (47. ábra).

47. ábra: A herbicid kijuttatást végző gépkapcsolás

(Forrás: Saját szerkesztés)

A végrehajtás során nagy figyelemmel voltam a kezelés optimális idejének a kiválasztására, mivel a korai posztemergens kezelésnél a kultúrnövény nem lehet fejlettebb a 1,5 leveles állapotnál, ugyanakkor a gyomok fejlettsége sem haladhatja meg a 2-4 leveles állapotot. Mindezeket

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

tovább nehezítette az a kritérium is, hogy megfelelő gyomirtó hatás elérése érdekében, a kijuttatást követően szükséges számottevő − 18 mm körüli − bemosó csapadék is. Természetesen ezeken túlmenően figyelemmel voltam, a szélsebességre, a levegő relatív páratartalmára és levegő hőmérsékletére is. Így esett a választásom 2011. május 12-ére, amikor a fentebb említett paraméterek összessége megfelelően alakult a kezelés végrehajtásához.

5. 2. A PERMETLÉ KIJUTTATÁSSAL KAPCSOLATOS EREDMÉNYEK

A dózisszabályozás értékelésének végrehajtása előtt, a statisztikai sokaságot alapstatisztikai módszerekkel értékeltem (5. táblázat), majd megállapítottam, hogy az adatok változékonysága alapján valószínűsíthető, hogy mérési hibákkal terhelt az adatsor. Ezeket a hibákat több eljárás alkalmazásával igyekeztem eltávolítani.

5. táblázat: A kiindulási adatok statisztikai jellemzői

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
5588	0	3867,72	257,89	116,53

5. 2. 1. A szórás távolságok alapján történő statisztikai vágás eredményei

A szűrési eljárások közül elsőként a szórás távolságok kétszeresénél történő statisztikai vágást alkalmaztam. Az eljárás nagy előnye, hogy

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

egyszerűen elvégezhető és kevés elem eltávolításával szimmetrikussá teszi az adatokat. Ezt már az előző fejezet 14. ábrájánál is jól láthattuk.

A nem kívánatos elemek eltávolítását követően az adatok a 6. táblázat alapján alakultak, ezeket vetettem alá az összefüggés vizsgálatnak, melyet egy változós lineáris regresszióval határoztam meg.

6. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
5500	26,90	488,77	249,02	27,88

Az analízis eredményeit a 7. táblázatban alapján lehet értelmezni. A korreláció vizsgálat eredménye szerint az adatsorok közt r=0,88 a korreláció, mely pozitív előjellel szerepel, tehát a tervezett és a megvalósult dózis közt egyenes arányosság van. A regressziós együtthatót megvizsgálva is elmondható, hogy erős a kapcsolat, tehát pontos volt a kijuttatás. Ez látszik a becslés standard hibájából is, mely a függő változó szórásáról árulkodik.

7. táblázat: A regressziós modell összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,880	0,775	2,174

Ha megvizsgáljuk a variancia analízis eredményeit (8. táblázat), akkor elmondhatjuk, hogy lineárisan értelmezve a modellt az összes variancia 77,5%-át magyarázza a regressziós egyenes. Az F-próba eredménye pedig

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

egyértelműen bizonyítja, hogy az adatok közt szignifikáns az összefüggés, hiszen a szignifikancia kisebb, mint 5%.

8. táblázat: A variancia analízis összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	988,417	1	220,770	0,000
Hiba	286,536	64		
Teljes	1274,953	65		

Az elemzést követően megállapítottam, hogy a megvalósult kijuttatás és a terv adatai közt szoros az összefüggés, ám indokoltnak éreztem a szűrés ismételt elvégzését, hiszen a minimum (26,90) illetve a maximum érték (488,77) közti távolságok még a szakmailag elfogadható sávon kívül estek. A szűrés eredményét a 9. táblázat mutatja be.

9. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
5266	193,85	304,38	248,58	11,48

Ezt követően ismételten végrehajtottam az összefüggés vizsgálatot az előbbiekhez hasonlóan. A regressziós modellt a 10. táblázat szemlélteti.

10. táblázat: A regressziós modell összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,949	0,900	1,359

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Az eredmények itt már nagyon szoros összefüggésről tanúskodnak, ezt jól mutatja mind a korrelációs- mind pedig a regressziós együttható értéke. Az adatok közt lévő nagyon erős egyenes arányosság előre vetíti már az erős illeszkedést is a lineáris modellhez. A becslési hiba pedig a vizsgált elemek kismértékű változékonyságát predesztinálja.

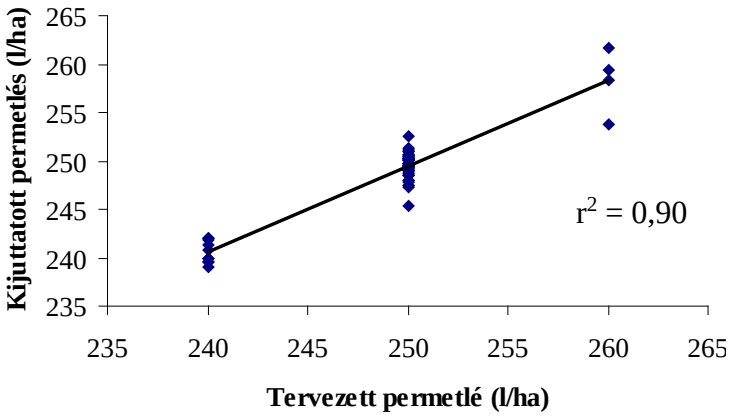
A variancia analízist elvégezve láthatjuk, hogy az összes változékonyság 90%-át magyarázza a lineáris modell. Az F próba alapján pedig szoros a kapcsolat a két adatsor között (11. táblázat).

11. táblázat: A variancia analízis összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	1063,276	1	575,927	0,000
Hiba	118,157	64		
Teljes	1181,433	65		

Az iménti megállapítást szemléletesen támasztja alá a modell grafikus ábrázolása, melyet a 48. ábra mutat be.



48. ábra: A regressziós egyenes illeszkedése az adatsorra

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Az elemzés alapján látható, hogy az illeszkedés jóval erősebb volt ennél a szűrési eljárásnál, mint az előzőnél és az adatok szórása is kisebb volt, melyek jól illeszkedtek a dózis szintek közti különbségekhez is. Ebből következően érdemes meghatározni a regressziós modellt (12. táblázat). A T-próba eredménye alapján a kapcsolat szignifikáns.

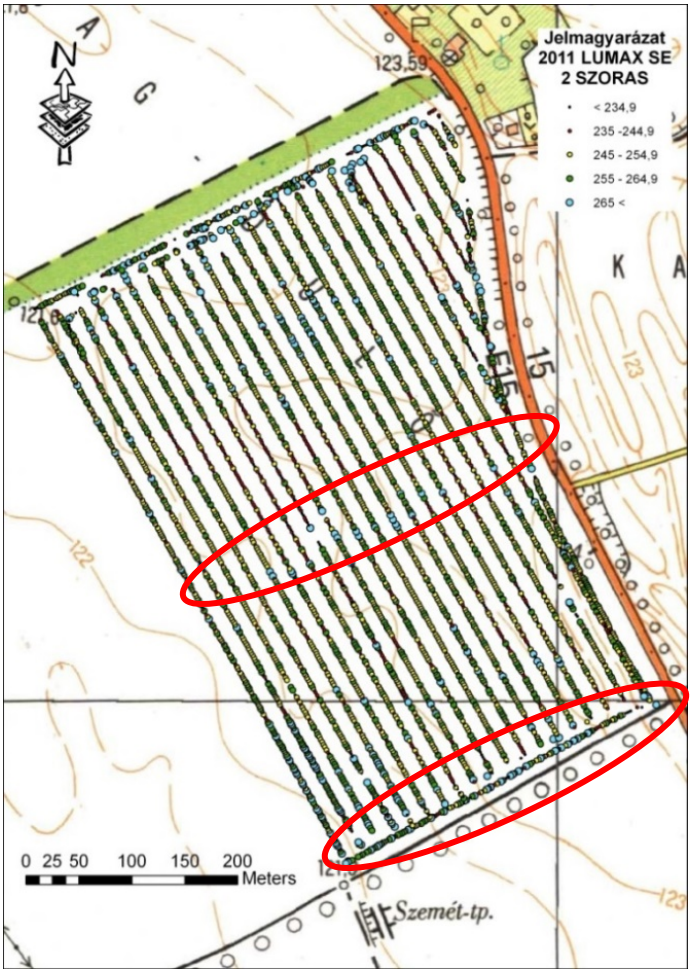
12. táblázat: A regressziós modell koefficiensei

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	**STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK**		**T-PRÓBA**	**SZIGNIFIKANCIA**
	B	**STANDARD HIBA**		
Konstans	27,273	9,229	2,955	0,004
Tervezett permetlé	0,889	0,037	23,998	0,000

A 49. ábrát szemrevételezve láthatjuk, hogy a dózisokon kívül eső értékek főként a fogások végeinél, illetve a tábla középső taktusában helyezkednek el. Ebből következtethetünk arra, hogy indulást követően a számítógép vezérelte hidraulikus rendszernek némi időre van szüksége a pontos dózis beállítására, amit tovább nehezít a tartályban található folyékony anyag hullámzása, löttyenése. A térkép gondos átvizsgálása során találhatunk két területet, ahol az adatok szórása megnő, egyszer a tábla északi részén, a tábla végtől 80-100 méterre, ennek az oka a tartályban lévő vegyszer elfogyása volt. Tehát újra be kellett állni a fogásba. Másodikként pedig a tábla közepén kereszt irányban találkozhatunk sűrűn ilyen pontokkal, ezt a régi művelési irányból fakadó osztóbarázda magyarázza, mely megdobva a permetezőt, a folyadék mozgását idézte elő.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



49. ábra: A két szórás távolságban vágott adatok megjelenítése

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az adatokból készült interpolált térképet az 50. ábra mutatja. Az interpolált térkép rajzolatán az imént említett helyek már nem jelennek meg markánsan, de ezen is jól láthatók az elindulás-megállásra jellemző dózisingadozások, továbbá megfigyelhetők a foltok „fűrészfog” szerű oldalai,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

melyet a GPS jel vevő antenna és a permetező kerettávolságának helytelen megadása magyaráz.

50. ábra: A két szórás távolságban vágott adatok interpolált térképe

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az iménti vizsgálat kedvező eredményei ellenére azonban elvégeztem még egyszer a szűrési eljárást (13. táblázat) és az összefüggés vizsgálatot.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

13. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
4987	225,82	271,48	248,81	8,36

Már az összefoglaló táblázat adatai alapján kimondhatjuk, hogy a szűrés túl sok, még „valid” adat eltávolítását eredményezte, ezt alátámasztja az adatok szórása, mely kisebb, mint a determinált dózisok közti különbségek.

Az elemzés (14. táblázat) gyengébb összefüggésről tanúskodik, mint az előző esetben, annak ellenére, hogy a standard hiba értéke kisebb mértékű, de ez egyenesen következik a kiindulási adatok változékonyságának csökkenéséből.

14. táblázat: A regressziós modell összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,945	0,893	1,259

A variancia analízis (15. táblázat) szignifikánsnak találta az összefüggést a változók közt, ám a regressziós egyenes az adatok kisebb hányadát magyarázta, mint az előző esetben.

15. táblázat: A variancia analízis összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	843,408	1	532,156	0,000
Hiba	101,433	64		
Teljes	944,841	65		

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 2. 2. A Grubbs-próba alapján történő statisztikai vágás eredményei

A Grubbs-féle próbát mind a nemzetközi, mind a hazai szakirodalom szabványként ajánlja a kiugró elemek eltávolítására a statisztikai sokaságokból, ezért választottam vizsgálataim elemzéséhez az eljárást. A próba révén külön kerülnek vizsgálatra mind a minimum felőli, mind pedig a maximum felőli adatok, melyeket egyenként kell megvizsgálni és a teszt eredménye alapján eldönteni, hogy azokat kizárjuk a sokaságból vagy nem. Az elemzést követően 263 adat került kizárásra (16. táblázat) a kiindulási adatokhoz viszonyítva.

16. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
5325	188,50	353,11	249,33	14,36

Azonnal szembetűnik, hogy a szórás alapján történő vágással ellentétben a Grubbs-teszt nem teszi szimmetrikussá az adatokat, tehát a maximum felőli oldalon több adat szerepel. Szórásuk még némileg nagyobb, mint az előző fejezetben ismertetett utolsó két eljárásnál, de lényegesen jobb, mint a legelső műveletnél volt. Ez utalhat a kijuttató gép pontatlanságára is. Az adatokon az előzőekhez hasonlóan elvégeztem az összefüggés-vizsgálatot (17. táblázat).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

17. táblázat: A regressziós modell összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,931	0,866	1,500

A korreláció szoros, egyenes arányosságra utal, ebből adódóan a regressziós együttható is erős. Az értéke az előző fejezetben ismertetett első két szűrési eljárás értékei közé tehető. A standard hiba értéke ugyan magasabb, mint az előzőekben, de még mindig alacsony – erre az értékre már a szűrés utáni adatok szórásából következtetni lehetett. Szakmai oldalról értékelve az adatok a kijuttató gép, illetve a mérőműszerek pontatlanságából fakadó hibahatárokon belül vannak.

A variancia analízis alátámasztja az eredményeket (18. táblázat). A lineáris regresszió szignifikánsan magyarázza az összes variancia 86,6%-át, melyet az F-próbával igazoltam. A hiba variancia mértéke kicsi, ezért elfogadom az eredményt és felírom az egyenlet kofficienseit (18. táblázat).

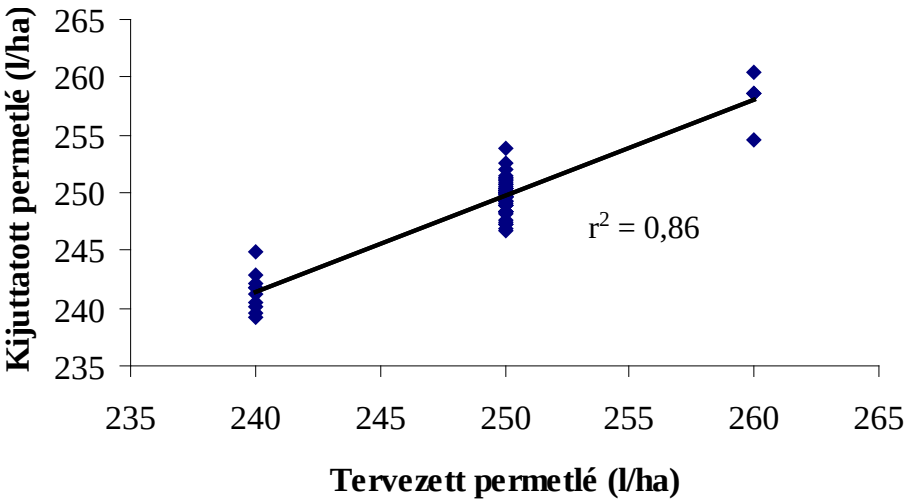
18. táblázat: A variancia analízis összefoglalása

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	930,600	1	413,720	0,000
Hiba	143,958	64		
Teljes	1074,558	65		

Az adatokat grafikonon ábrázolva látható, hogy az egyenes jól illeszkedik, mely alátámasztja fentebb említett eredményeket (51. ábra).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



51. ábra: A kijuttatott permetlé mennyiség illeszkedése a tervezett értékekre

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az eredmények alapján szembetűnik, hogy a T-próba szignifikancia szintje jobb, mint a másik eljárásokkal elvégzett szűréseké volt, még annak ellenére is, hogy a függvény illeszkedése kisebb (19. táblázat).

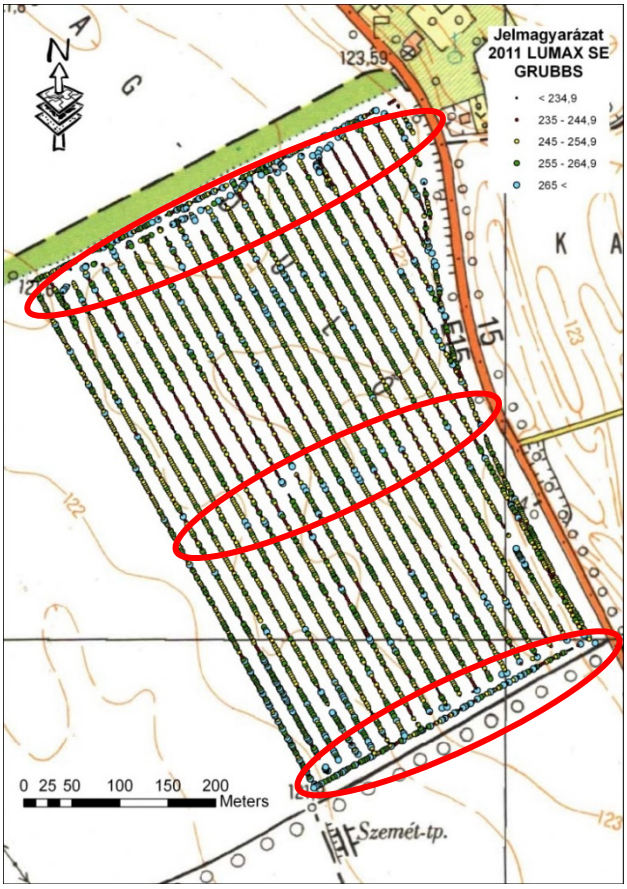
19. táblázat: A regressziós modell koefficiensei

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	41,810	10,186	4,104	0,000
Tervezett permetlé	0,832	0,041	20,340	0,000

A vizsgált pontok térképen történő megjelenítését a 52. ábra mutatja be.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



52. ábra: A Grubbs-féle vágás eredményei

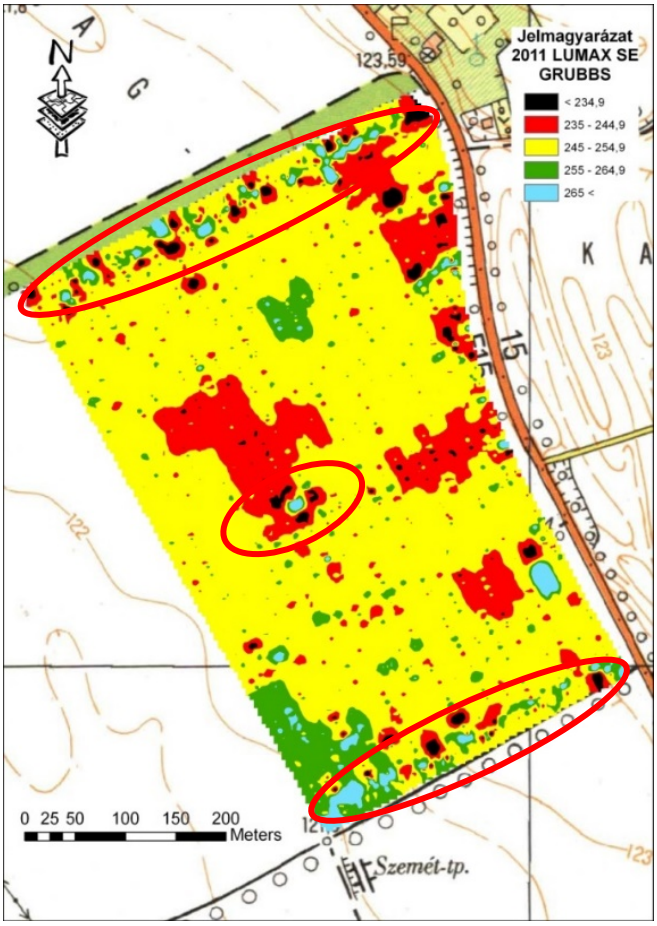
(Forrás: Saját szerkesztés)

Mint ahogy az látszik, hasonlóan a 49. ábrához, jelen esetben is megtalálható a térképen a tábla végeire illetve közepére jellemző változékonyság, mely az indulásokból illetve a fordulásokból adódik. A terület belső részén szintén jelen van a fentebb már említett két jellegzetes rész, ahol az adatok szórása hirtelen megnő. Sajnos az ilyen részeket ez az eljárás sem tudta maradéktalanul kijavítani, ezért az ilyen hibák elkerülése érdekében

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

szükséges fokozott figyelemmel lenni a talaj megfelelő elmunkálására, továbbá a fogások befejezéséhez elegendő permetlé mennyiségére.

Az interpolált térkép (53. ábra) ezeket a hatásokat ugyan némileg elrejti a szem elől, de itt is jól látni az adatok változékonyságát a terület már említett részein.



53. ábra: A Grubbs-féle vágás alapján készült interpolált kijuttatási térkép

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 3. A gyomfelvételezések kiértékelése

A felvételezéseimet 4 alkalommal végeztem el kukorica *(Zea mays* L.*)* vegetációban az év során. A helyszíneket GPS segítségével rögzítettem, így az ismételt vizsgálatokat mindig ugyanazon helyen végeztem el. Az így kapott eredményeket több szempont alapján értékeltem ki.

5. 3. 1. A gyomflóra rendszertani értékelése

A 48 felvételezés során összesen 20 fajt találtam, melyek 13 különböző családba sorolhatók (20. táblázat).

20. táblázat: **Felvételezet gyomfajok családok szerinti megoszlása**

(Forrás: Saját szerkesztés)

FELVÉTELEK GYOMNÖVÉNYEI		
	CSALÁD	FAJOK
1.	Poaceae	3
2.	Polygonaceae	3
3.	Asteraceae	2
4.	Chenopodiumceae	2
5.	Solanaceae	2
6.	Amaranthaceae	1
7.	Apiaceae	1
8.	Cannabaceae	1
9.	Caryophyllaceae	1
10.	Convolvulaceae	1
11.	Euphorbiaceae	1
12.	Malvaceae	1
13.	Resedaceae	1

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A táblázatban látható, hogy a *Poaceae* családba tartozó gyomnövények fordultak elő a legnagyobb mértékben a területen, őket követte a *Polygonaceae*, majd az *Asteraceae, a Chenpodiaceae* és a *Solanaceae*, melyekből 2-2 képviselőt találtam. A többi, a területen előforduló családokból, 1-1 növényfajt felvételeztem.

A felvételezett fajokat és azok családjait a 21. táblázat szemlélteti.

21. táblázat: **Felvételezet gyomfajok és családjaik**

(Forrás: Saját szerkesztés)

	FAJOK	**CSALÁD**		**FAJOK**	**CSALÁD**
1.	*Amaranthus retroflexus*	*Amaranthaceae*	*11.*	*Abutilon theophrasti*	*Malvaceae*
2.	*Daucus carota*	*Apiaceae*	*12.*	*Echinochloa crus-galli*	*Poaceae*
3.	*Ambrosia artemisiifolia*	*Asteraceae*	*13.*	*Panicum miliaceum*	*Poaceae*
4.	*Cirsium arvense*	*Asteraceae*	*14.*	*Setaria pumila*	*Poaceae*
5.	*Cannabis sativa*	*Cannabaceae*	*15.*	*Fallopia convolvulus*	*Polygonaceae*
6.	*Silene noctiflora*	*Caryophyllaceae*	*16.*	*Polygonum aviculare*	*Polygonaceae*
7.	*Chenopodium album*	*Chenopodiumceae*	*17.*	*Persicaria lapathifolia*	*Polygonaceae*
8.	*Chenopodium hybridum*	*Chenopodiumceae*	*18.*	*Reseda lutea*	*Resedaceae*
9.	*Convolvulus arvensis*	*Convolvulaceae*	*19.*	*Datura stramonium*	*Solanaceae*
10.	*Mercurialis annua*	*Euphorbiaceae*	*20.*	*Solanum nigrum*	*Solanaceae*

A 21. táblázat eredményeit megvizsgálva elmondhatjuk, hogy a *Daucus carota* L. kivételével – mely nem tipikus kukorica gyomnövény, de szántókon és szabadföldi társulásokban is gyakran felfedezhető – a kukorica gyomflórájára jellemző fajok fordultak elő döntő többségben. Ezek közül a legnagyobb arányban − a felvételezés helyszínétől függően − a *Chenopodium album* L., a *Cannabis sativa* L. illetve az *Abutilon theophrasti* L. fordult elő. Jellemző volt még a területre az *Echinochloa crus-galli* L., a *Chenopodium*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

hybridum L. és a *Mercurialis annua* L., melyek ugyan kisebb arányban fordultak elő, az iménti fajokhoz képest, de felvételezett kvadrátok zömében megtalálhatóak voltak ebben az időszakban.

A különböző felvételezési időkben előforduló változásokat szemlélteti a 22. táblázat.

22. táblázat: **A családok megoszlása a felvételezések során**

(Forrás: Saját szerkesztés)

	FELVÉTELEK GYOMNÖVÉNYEI				
	CSALÁD	**05. 27.**	**06. 10.**	**06. 17.**	**06. 29.**
1.	Poaceae	3	3	2	2
2.	Polygonaceae	2	3	3	2
3.	Asteraceae	2	1	1	1
4.	Chenopodiumceae	2	2	2	2
5.	Solanaceae	2	2	2	2
6.	Amaranthaceae	1	1	1	1
7.	Apiaceae	1	0	0	0
8.	Cannabaceae	1	1	1	1
9.	Caryophyllaceae	0	1	1	1
10.	Convolvulaceae	1	1	1	1
11.	Euphorbiaceae	1	1	1	1
12.	Malvaceae	1	1	1	1
13.	Resedaceae	1	1	1	1

Az eredmények alapján következtethetünk a gyom-gyom közötti kompetíció kialakulására és kiteljesedésére is, hiszen az idő előrehaladtával bizonyos növényfajok „eltűntek” a felvételezési kvadrátokból, azonban előfordult ennek ellenkezője is. Voltak olyan fajok, mint például a *Silene noctiflora* L., mely a felvételezések kezdetén még nem volt megtalálható a területen, de a későbbi vizsgálatok során rendre előfordult. Ez történhet azért,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

mert a felvételezések kezdetén még nem csírázott, ezért csak a második felvételezéskor került feljegyzésre.

A 23. táblázatban bemutatom a világ, hazánk és a felvételezések során előfordul 10 leggyakoribb növénycsaládot.

23. táblázat: **A 10 leggyakoribb növénycsalád**

(Forrás: Saját szerkesztés)

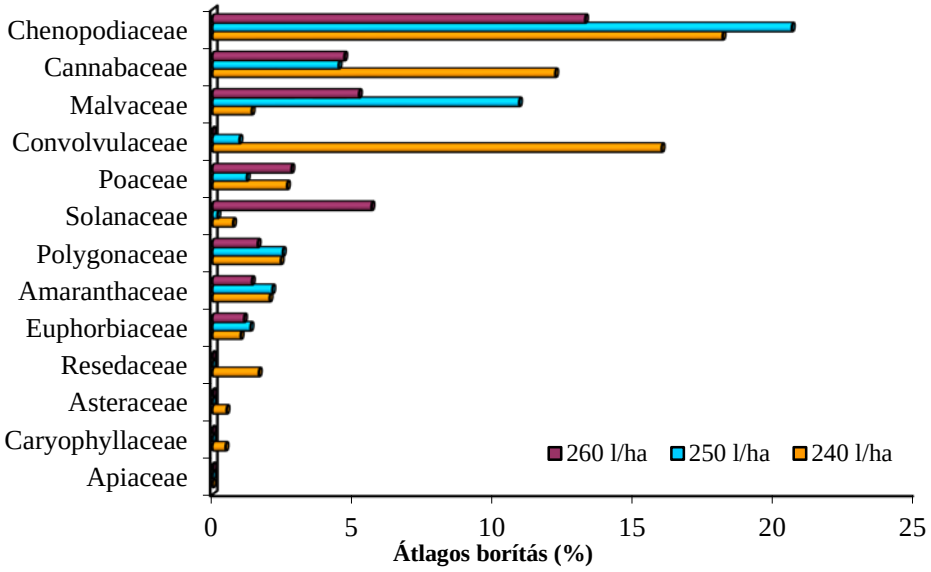
A VILÁG GYOMNÖVÉNYEI (HOLM ET AL., 1977)		HAZÁNK GYOMNÖVÉNYEI (UJVÁROSI, 1973B)		FELVÉTELEK GYOMNÖVÉNYEI	
CSALÁD	FAJOK	CSALÁD	FAJOK	CSALÁD	FAJOK
1. Poaceae	44	1. Astearceae	29	1. Poaceae	3
2. Asteraceae	32	2. Poaceae	24	2. Polygonaceae	3
3. Cyperancaea	12	3. Crucifereae	18	3. Asteraceae	2
4. Polygonaceae	8	4. Caryophylaceae	16	4. Chenopodiumceae	2
5. Amaranthaceae	7	5. Fabaceae	13	5. Solanaceae	2
6. Cruciferae	7	6. Labiatae	12	6. Amaranthaceae	1
7. Fabaceae	6	7. Chenopodiumecea	11	7. Apiaceae	1
8. Convulvulaceae	5	8. Scrophulariacae	11	8. Cannabaceae	1
9. Euphorbiaceae	5	9. Polygonaceae	8	9. Caryophyllaceae	1
10. Chenopodiumceae	4	10. Amaranthaceae	4	10. Convolvulaceae	1

Világviszonylatban elmondható, hogy legnagyobb mértékében a pázsitfűfélék *(Poaceae)* és a fészkesek *(Asteraceae)* fordulnak elő. Hasonló eredményekről számol be *Ujvárosi (1973b)* a Gyomnövények című művében, bár az ő adatai alapján a két család sorrendje felcserélődött. Saját felvételezéseim szerint ezek a családok szintén szerepelnek a három leggyakoribb között.

Az 54. ábrán látható, hogy a különböző kezeléseken a jellemző családok eltérő mértékben fordulnak elő. Legnagyobb borítással a terülten a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Chenopodiumceae, a *Cannabaceae* és a *Malvaceae* fordulnak elő. Ezek azonban a terület különböző részein nagyon diverz módon voltak megtalálhatók. Ez adódhatott a terület rendkívül változatos talajtani adottságaiból is, hiszen ugyanazon a táblán megtalálhatóak voltak az agyagos, a vályog és a homoktalajokra jellemző paramatérek is. Az 54. ábra alapján azt levonhatjuk azt a következtetést, hogy míg a *Cannabis sativa* L. inkább a gyengébben humuszos laza talajon fordult elő addig, az *Abutilon theophrasti* L. inkább a közepesen humuszos vályog talajon volt megtalálható a táblán. Ezekkel ellentétben a *Chenopodiumceae* tagjai mindenütt megtalálhatóak voltak.



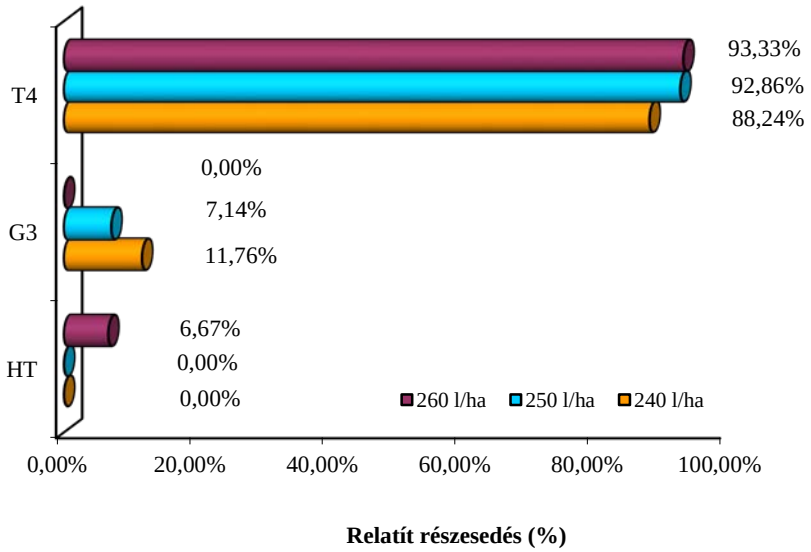
54. ábra: Az átlagos borítottság mértéke a családok alapján a különböző kezeléseken

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 3. 2. A gyomflóra életforma spektrumai

A magyar herbológia egységesen az Ujvárosi féle életforma spektrumokat *(Ujvárosi, 1952)* tartja a legelfogadottabbnak, ezért értékelésem során én is ezt tekintettem a rendszerzésem alapjának (55. ábra).



55. ábra: Az életforma spektrumok megoszlása a borítottság alapján

(Forrás: Saját szerkesztés)

A területen összességében három életforma képviselői voltak megtalálhatóak. Ezek a therophytonok, a geophytonok és hemitherophytonok. A T_4-es fajok elterjedése volt a legnagyobb, összességében a terület 90%-át ezek a fajok népesítették be, mind a három dózisnál egyaránt jelen voltak. A G_3-sok jelenléte már jóval szerényebb mértékű, összességében körülbelül 6-7%. A csoportba tartozó két faj csak szórványosan volt megfigyelhető a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

területen. A vizsgálatban előforduló két növény a *Convulvulus arvensis* L. és a *Cirsium arvense* L. voltak. A HT növények közül a *Daucus carota* L. fordult elő a felvételezések során egy kvadrátban, mely nem jellemző növénye sem a területnek, sem a kukorica klasszikus értelemben vett gyomnövénytársulásának. Ebből adódik minimális részesedési aránya is az életforma spektrumokban.

Az analízis alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált időszakban a kutatási terülten a kukorica kompetítorai jellemzően a T_4 fajok voltak, melyek mellett helyileg megjelentek a G_3 életforma egyes egyedei is.

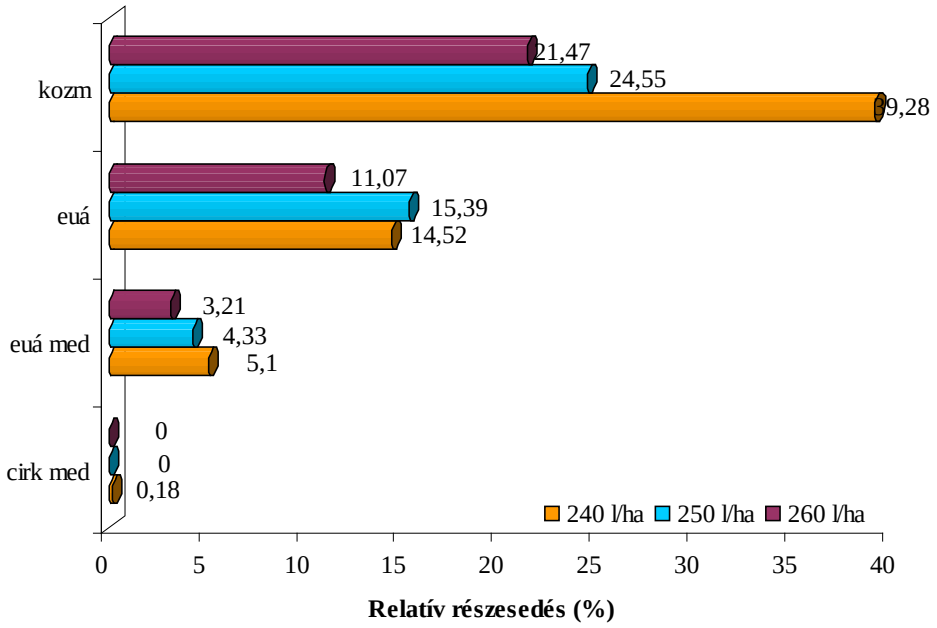
5. 3. 3. A gyomflóra flóraelemei

A növények elterjedését többféle módon lehet csoportosítani. Jelenleg széleskörűen alkalmazott módszer az elterjedésük vagy areájuk alapján történő csoportosítás. Az értékelés során ezt alkalmaztam én is (56. ábra).

A felvételezett 20 növény négy különböző flóraelem csoportba sorolható. A legnagyobb mértékben a kozmopolita fajok voltak megtalálhatóak a területen. Átlagos fedettségük eltérő volt a tábla különböző részein. Az alacsonyabb humusztartalmú homokosabb talajokon fedettségük jellemzően magasabb volt, mint más részeken. Legkevésbé a terület agyagosabb, kötöttebb részein voltak megtalálhatóak.

Az eurázsiai elemek előfordulása még jellemzően magasabb volt, eloszlásuk közel arányos, azonban az előzőekhez hasonlóan a tábla kötöttebb részein kevésbé terjedtek el.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



56. ábra: A flóraelemek megoszlása a borítottság alapján

(Forrás: Saját szerkesztés)

A következő csoport tagjai nem sorolhatóak be egyértelműen. Egyaránt megtalálhatóak bennük eurázsiai és mediterrán elemek. A területen mindenütt jelen voltak, bár átlagos fedettségük kis mértékű volt. A csoportba az alábbi három fajt soroltam a *Chenopodium hybridum* L., *Fallopia convulvulus* L. és a *Reseda lutea* L.

Negyedik flóraelemként a cirkumpoláris csoport szerepelt a felvételezésben. Igen kis mértékű borítottság mellet. Egyetlen képviselőjük a *Daucus carota* L. volt a területen.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a kozmopolita és eurázsiai flóraelemek határozták meg túlnyomó részben a terület flóraösszetételét kis mértékű mediterrán hatással.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 3. 4. A gyomflóra diverzitása

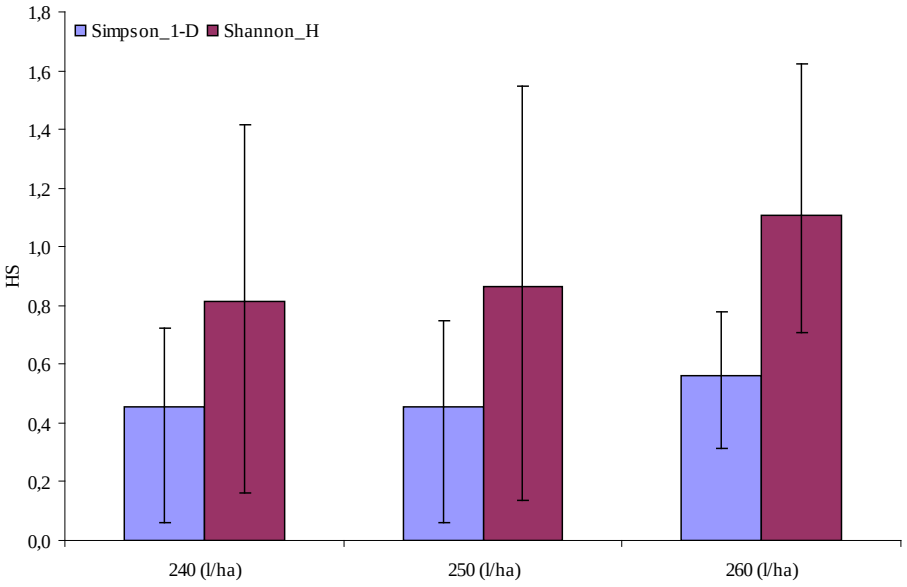
A felvételezések kiértékelése során kiszámításra kerültek a tábla különböző részeire a diverzitás mutatók mind a négy gyomfelvételezés kapcsán. Az eredmények bemutatásához a felvételezési kvadrátokat a kezelések alapján összevontam, így mesterségesen három csoportot hoztam létre. A diverzitás mutatók közül a Shannon-Weawer indexet és a Simpson indexet használtam, mivel e két mutató a legszéleskörűbben alkalmazott.

Az első felvételezés adatait mutatja be az 57. ábra. A három oszlopcsoport a különböző permetlé mennyiséggel kezelt területeket szimbolizálja. Az egyes oszlopok a területre jellemző diverzitás értékek átlaga, a bennük található sáv pedig a kiszámított legkisebb, illetve a legnagyobb eredmények közti távolságot szemlélteti.

Az adatok alapján látható, hogy a homokos, illetve a vályogos talajú területek értékei kismértékben térnek el, azonban az adatok szórása jellemzően nagy. Ebből következtethető, hogy a kategórián belüli diverzitás értékek igen eltérőek.

Az agyagos területeken az eredmények alapján fajgazdagabb flóra alakult ki, ezt egyértelműen mutatja az 57. ábra is. Továbbá az adatok szórása lényegesen kisebb, mint az előző két kategóriában tapasztaltak.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



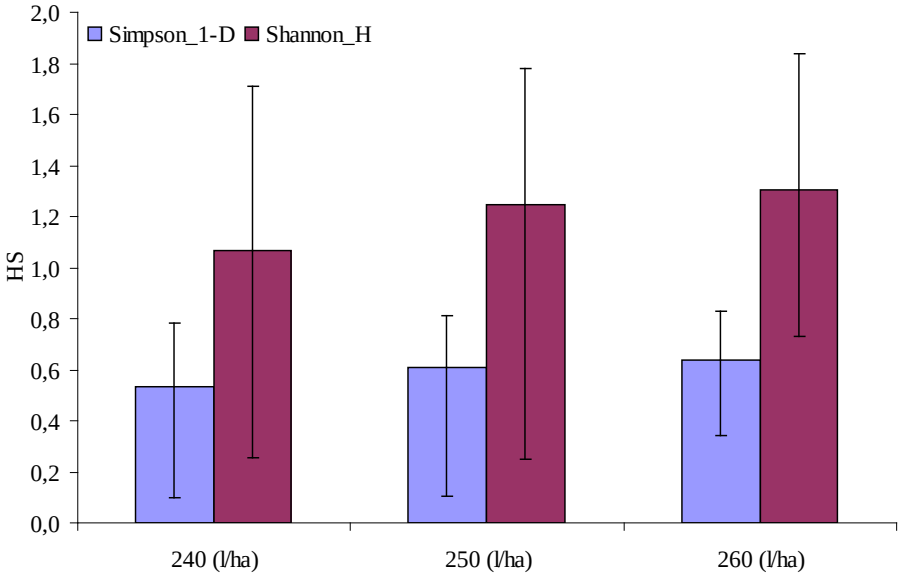
57. ábra: Az első felvételezéskori diverzitás (2011. május 27.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az 58. ábrán látható, hogy a néhány nappal később végzett felvételezéskor az eredmények már változtak.

Fokozott figyelmet érdemel a második oszlop (250 l/ha), hiszen annak értéke jelentősen emelkedett az 57. ábrához viszonyítva. Ennek oka lehet, hogy a kedvezőtlen körülmények miatt a társulás egy része később indult csírázásnak. Ugyanakkor az agyagosabb területek egyenletesebb eloszlása még mindig szemmel látható.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



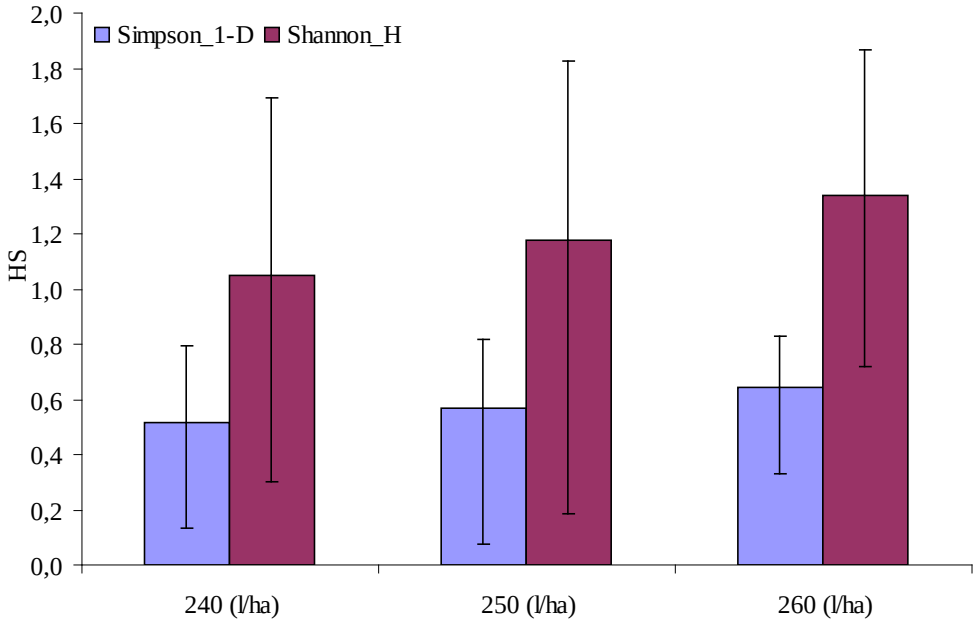
58. ábra: A második felvételezéskori diverzitás (2011. június 10.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

A harmadik felvételezés idején érte el a terület diverzitása a maximumot (59. ábra). Látható, hogy mindegyik csoport mutatószámai emelkedtek és kiegyensúlyozott, szinte lineáris eltérés alakult ki közöttük. Az eltérések a területeken jelenlévő fajokra utal. Ebből adódóan látható, hogy átlagosan kevesebb faj található meg a tábla homokosabb részein, mint a kötöttebb, humuszosabb részeken. Továbbá az is leolvasható az ábráról, hogy vályogos területeken a legnagyobb a diverzitás mérőszámainak a változékonysága. A csoportot alkotó 12 kvadrát eredményeinek jelentős a szórása. Főként az szembetűnő, hogy van olyan terület a csoporton belül (250/3/C jelű kvadrát), aminek a Shannon-Weaver indexe alig éri el 0,2 szintet, ami nagyon kevésnek mondható. Bár nem meglepő, hiszen ebben az időben

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

mindösszesen kettő fajt *(Chenopodium album* L., *Mercurialis annua* L.*)* találtam meg a területen.

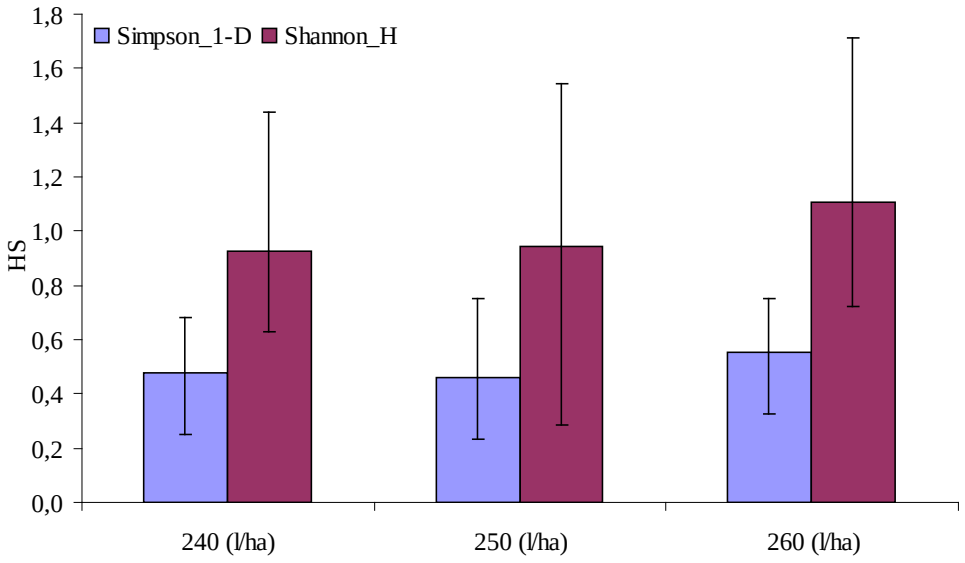


59. ábra: A harmadik felvételezéskori diverzitás (2011. június 17.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

A diverzitásértékek csökkenése már ebben az időszakban előrejelezhető volt, hiszen a gyomborítottság mértéke egyre magasabb lett. Kialakult a gyom-gyom illetve a gyom-kultúrnövény kompetíció, ami előre jelezte, hogy bizonyos fajok el fognak tűnni a kvadrátokból. Ennek hatása figyelhető meg a 60. ábrán.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



60. ábra: A negyedik felvételezéskori diverzitás (2011. június 29.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

5. 4. A GYOMOK HOZAMRA GYAKOROLT HATÁSA

Mint ahogy azt már az irodalmi áttekintésben bemutattam, számos kutatás született a gyomok termésre gyakorolt hatásáról. Természetesen ez más és más fajoknál, illetve a különböző kultúrákban eltérő mértékben jelentkezik. A termés depresszáns hatás nagymértékben függ a kompetíció hosszától, és hogy melyik fenológiai fázisban volt ennek a kultúra kitéve.

A 24. táblázatban láthatók az első vizsgálat során megállapított faktorok és azok saját értékei. Az elemzés során a vizsgálatba vont 14 változóból 5 faktor került meghatározásra, mely az összes variancia 62,5%-át magyarázza.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

24. táblázat: A faktorok a 240 l/ha-os csoportban (2011. május 27.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

	F1	F2	F3	F4	F5
Sajátérték	2,761	1,944	1,924	1,067	1,060
Variancia (%)	19,722	13,888	13,745	7,619	7,574
Kumulativ variancia (%)	19,722	33,609	47,355	54,974	62,547

A 25. táblázatban a faktorokba vont változók szerepelnek a BAYER kódokkal.

25. táblázat: A faktorokat alkotó változók a 240 l/ha-os csoportban (2011. május 27.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

	F1	F2	F3	F4	F5
ABUTH	-0,508	**0,779**	-0,328	0,000	-0,110
CHEAL	**0,734**	0,140	0,158	0,000	0,077
AMARE	0,373	-0,123	**-0,611**	0,000	-0,096
MERAN	**-0,609**	-0,468	-0,009	0,000	-0,204
DATST	-0,101	-0,052	0,035	0,000	0,114
CHEHY	0,288	-0,289	**-0,717**	0,000	0,244
PANMI	-0,113	-0,056	0,035	0,000	0,119
ECHCG	0,391	0,229	**0,608**	0,000	-0,141
SETLU	0,176	0,090	0,191	0,000	0,336
RESLU	-0,471	**0,760**	-0,299	0,000	-0,134
CANSA	**0,661**	-0,002	-0,516	0,000	-0,477
POLAV	0,466	0,230	0,330	0,000	**-0,510**
CONAR	-0,360	-0,384	0,071	**-0,729**	-0,355
CIRAR	-0,360	-0,384	0,071	**0,729**	-0,355

Amennyiben a faktorok alapján elvégezzük az összefüggés vizsgálatot, akkor a következő eredményeket kapjuk (26. táblázat). Látható, hogy az első

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

faktorral van a legszorosabb összefüggése a hozamnak, ezt követi a harmadik faktor. Azonban a faktoroknak önmagukban nincs szoros kapcsolata a terméseredményekkel. Ugyanakkor, ha a regresszió analízist kiterjesztjük az összes a faktorokba vont változóra, akkor 0,866-os értéket kapunk, ami viszont szoros kapcsolat.

26. táblázat: A regresszió elemzés adatai a 240 l/ha-os csoportban (2011. május 27.)

(Forrás: Saját szerkesztés)

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**ÖSSZESEN**
r	0,720	0,222	0,529	0,250	0,233	0,948
r^2	0,518	0,050	0,280	0,062	0,054	0,899
Standard hiba	1,683	2,270	2,056	2,254	2,182	1,3316

A regresszió analízis eredményeinek elfogadása előtt azonban el kell végezni a variancia elemzést és az F-próbát, melyek segítségével igazolható a kapcsolat a változók között. Az elemzést követően arra a következtetésre jutottam, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a változók és a hozam között, így a fenti eredményeket nem fogadhatom el.

A vizsgálatokat rendre elvégeztem az összes kezelésre mind a négy felvételezési időszak kapcsán. Az összefüggés-vizsgálat eredményeit a 27. táblázat szemlélteti.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

27. táblázat: Az összefüggés-vizsgálat összefoglaló eredménye

(Forrás: Saját szerkesztés)

KEZELÉS	IDŐ	R	R^2	STANDARD HIBA
240	05.27.	0,948	0,899	1,3316
	06.10.	0,951	0,905	1,8260
	06.17.	0,869	0,755	2,0763
	06.29.	0,920	0,847	1,8947
250	05.27.	0,846	0,715	1,2677
	06.10.	0,901	0,812	1,2189
	06.17.	0,585	0,342	2,0811
	06.29.	0,565	0,319	1,9593
260	05.27.	0,874	0,764	2,0660
	06.10.	0,885	0,784	1,4952
	06.17.	0,976	0,953	1,0629
	06.29.	0,860	0,740	1,9378

Az eredményeket szemügyre véve néhány kivételtől eltekintve szoros összefüggések tapasztalhatóak a hozam és a különböző gyomborítottságok között. Azonban ahhoz, hogy ezeket statisztikailag igazoltnak tekinthessük el kell végezni a variancia analízist és az F-próbát. A számítások elvégzését követően kijelenthetem, hogy nem találtam szignifikáns kapcsolatot a változók között, ezért az erős összefüggések ellenére is statisztikailag el kell utasítanom az eredményeket.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 5. A TALAJTULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA

5. 5. 1. A fizikai szemcseösszetétel vizsgálat eredményei

Kiegészítő vizsgálatként 2017.-ben kutatási területen fizikai szemcseösszetétel vizsgálatot hajtottam végre, ennek a vizsgálatnak eredményeit a 28. táblázat szemlélteti.

28. táblázat: A szemcsefrakció összetétel a mintavételi pontokon

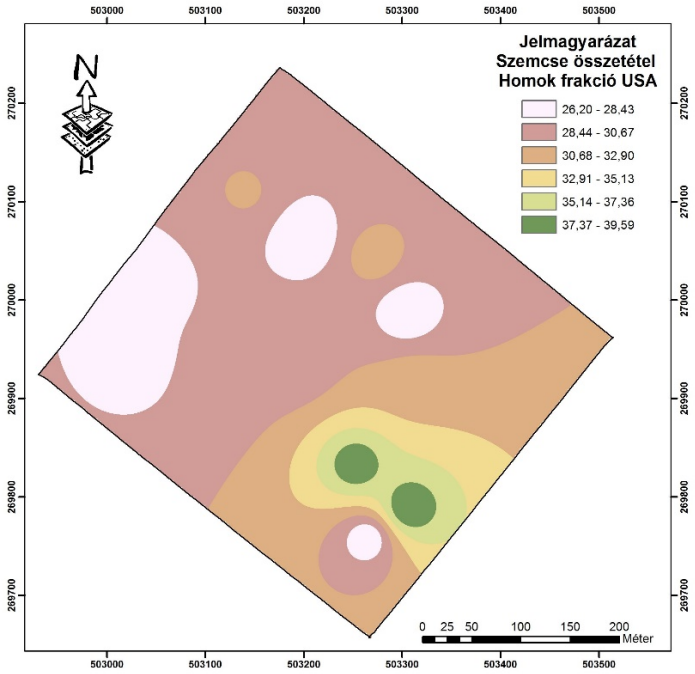
(Forrás: Saját szerkesztés)

MINTAVÉTELI PONT	HOMOK (%)	ISZAP (%)	AGYAG (%)
JS01	39,20	34,80	25,90
JS02	39,60	35,70	24,70
JS03	32,20	42,00	25,80
JS04	26,70	43,00	30,20
JS05	28,50	45,80	25,50
JS06	27,40	45,70	26,80
JS07	26,30	46,00	27,70
JS08	27,10	45,40	27,50
JS09	29,20	42,20	28,60
JS10	26,20	48,70	25,20
JS11	32,00	41,60	26,50
JS12	31,00	40,50	28,40

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A vizsgálat kiértékelését az Amerikai Egyesült Államok Földművelésügyi Minisztériuma (USDA) által kidolgozott besorolási rendszert alkalmazva szemléltetem. Látható, hogy legjelentősebb frakciót az iszap *(0,05 - 0,0002 mm között)* részaránya teszi ki, mely meghaladja az 40%-ot. Emellett meghatározó a homok *(0,25 – 0,05 mm között)* részaránya, mely közel egyharmadát, míg az agyag *(0,0002 mm alatt)* valamivel több, mint negyedét teszi ki mintáknak.

A kutatási terület talajának homok tartalma jól elkülöníthető foltokat alkotva jelenik meg (60. ábra). A tábla nyugati sarkától a keleti felé haladva százalékos értéke folyamatosan nő, míg nem a délkeleti sarok környékén eléri a majd 40% körüli értéket.

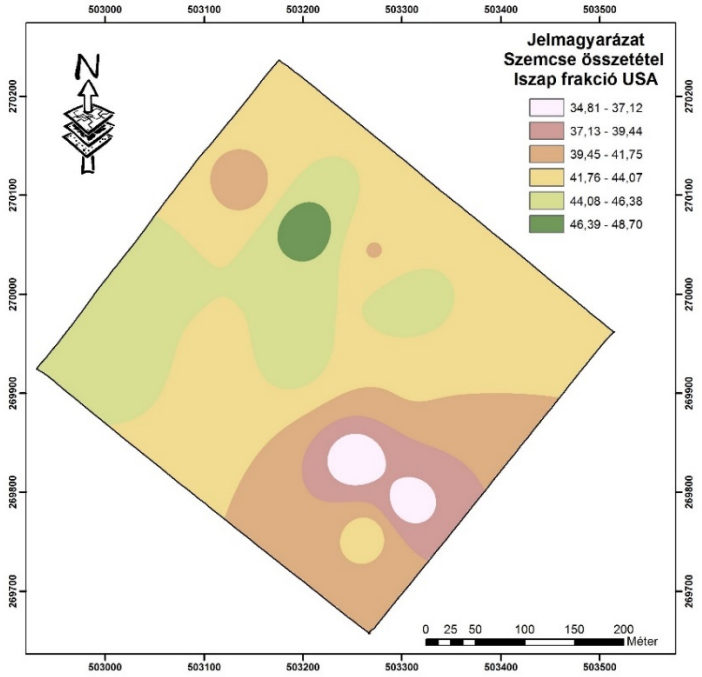


60. ábra: A talaj homoktartalma (%) a kísérleti táblán

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A terület talajának legnagyobb hányadát kitevő iszap frakció tekintetében fordított tendencia alakult ki, mint a homok részarányában (61. ábra). A foltos elhelyezkedés itt megfigyelhető, de a százalékos arányok másként alakultak. A parcella nyugati feléből kiindulva 45%-os értékeket tapaszthatunk az iszap frakció részarányában, mely fokozatos csökkenés mellett a terület a dél, dél-keleti csücsökében eléri a 35% körüli értéket. A fent nevezett két végpont között közel 10% pontos különbség tapasztalható.



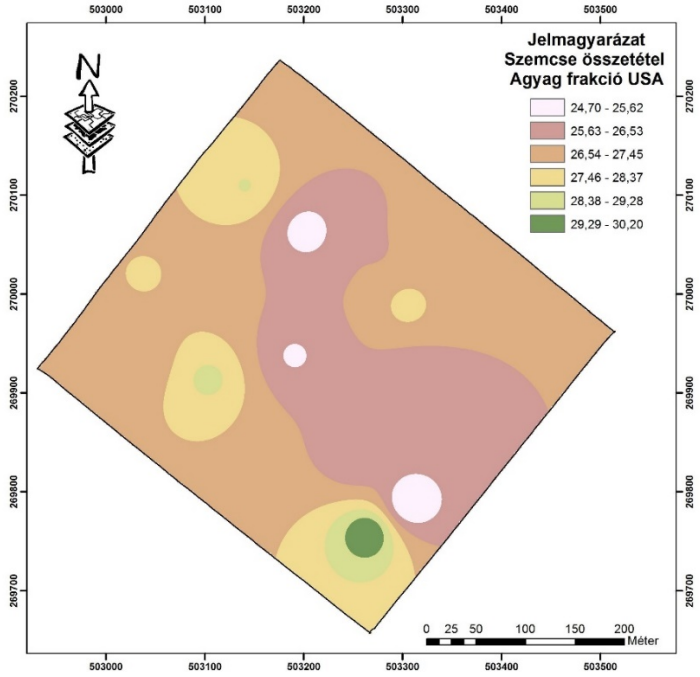
61. ábra: A talaj iszaptartalma (%) a kísérleti táblán

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az agyagtartalom eloszlása jóval homogénebben alakult, mint a homok esetében az látható volt (62. ábra). Ugyan a szélsőséges értékek ez esetben is

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

foltszerűen jelennek meg, de a parcella túlnyomó része azonos csoportba tartozik, mint ahogy azt az ábra is jól szemlélteti.



62. ábra: A talaj agyagtartalma (%) a kísérleti táblán

(Forrás: Saját szerkesztés)

A kiséleti tábla szemcseösszetétele és a vizsgálatba vont változók közötti kapcsolatot a 29. táblázat szemlélteti.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

29. táblázat: A változók közötti korrelációs mátrix

(Forrás: Saját szerkesztés)

	Homok	**Iszap**	**Agyag**	**EC_A 2012**	**EC_A 2013**	**PR 2012**	**Tf % 2012**	**PR 2013**	**Tf % 2013**	**$CaCO_3$**	**K_2O**	**Mg**	**Mn**
Homok	1,00												
Iszap	-0,916	1,00											
Agyag	-0,44	-0,10	1,00										
EC_A 2012	0,53	-0,38	-0,40	1,00									
EC_A 2013	0,78	-0,62	-0,46	0,80	1,00								
PR 2012	-0,67	0,42	0,63	-0,82	-0,83	1,00							
Tf % 2012	0,58	-0,47	-0,29	0,63	0,53	-0,71	1,00						
PR 2013	-0,60	0,45	0,41	-0,77	-0,92	0,83	-0,53	1,00					
Tf % 2013	0,57	-0,45	-0,34	0,36	0,70	-0,59	0,06	-0,68	1,00				
$CaCO_3$	-0,66	0,58	0,26	-0,70	-0,82	0,55	-0,42	0,67	-0,48	1,00			
K_2O	0,70	-0,64	-0,23	0,56	0,63	-0,60	0,55	-0,46	0,13	-0,54	1,00		
Mg	0,64	-0,47	-0,44	0,81	0,82	-0,83	0,56	-0,85	0,70	-0,68	0,29	1,00	
Mn	-0,48	0,29	0,51	-0,48	-0,69	0,50	-0,01	0,64	-0,83	0,67	-0,04	-0,76	1,00

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Az eredmények alapján elmondható, hogy a homok szemcsefrakció számos tényezővel mutat korrelációs összefüggést. Magas pozitív irányú kapcsolat látszik az EC_a *2013*. évi eredményével és a talaj K_2O tartalmával. Közepes pozitív irányultságú a kapcsolat az EC_a *2012, Tf % 2012-es, 2013-as* événél és a talaj *Mg* szintjével. Közepes negatív kapcsolat mutatkozik a *penetrációs ellenállás mérésekkel*, a $CaCO_3$ tartalom esetében.

Az agyag frakció tekintetében nem mutatkoznak szoros összefüggések más tényezőkkel. Közepes negatív kapcsolatot láthatunk az EC_a *2012-es, 2013-as* événél illetve a *Mg* tartalommal. Hasonló mértékű, de ellentétes irányultságú kapcsolat tapasztalható a *penetrációs vizsgálatoknál* és a *Mn*-nál.

5. 5. 2. A 2012-es év elektromos vezetőképesség mérési eredményei

Az első mérés során 5937 adat begyűjtésére került sor (30. táblázat). A vizsgálat során a mérőeszközt 2,7 m/s sebességgel vontattam 10 m-es fogásonkénti távolság mellett.

30. táblázat: A 2012. november 11.-i mérés alapstatisztikai adatai

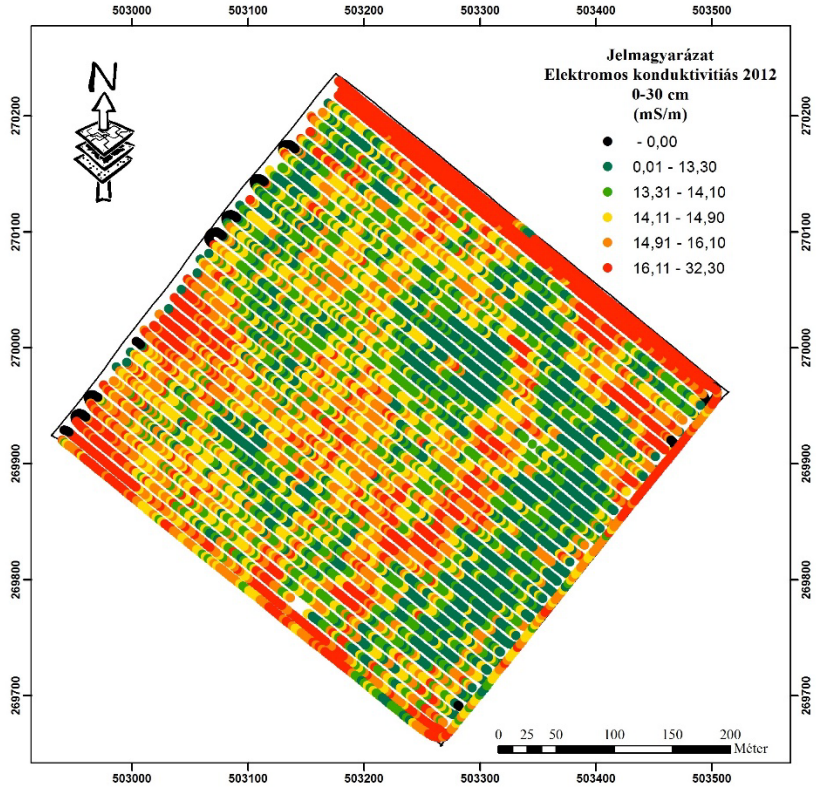
(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ARITMETIKAI ÁTLAG	KORRIGÁLT TAPASZTALATI SZÓRÁS
5937	-5	32,3	14,546	3,567

A 63. ábra alapján látható, hogy több, egymástól jól elkülöníthető terület rajzolódik ki a vizsgált parcellán. A szántó északi, illetve a déli végein

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

jelentékeny eltérések mutatkoznak a vezetőképességben. Ezek akár az előző művelési irányból fakadó forgókra is utalhatnak.



63. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség értékei, 2012

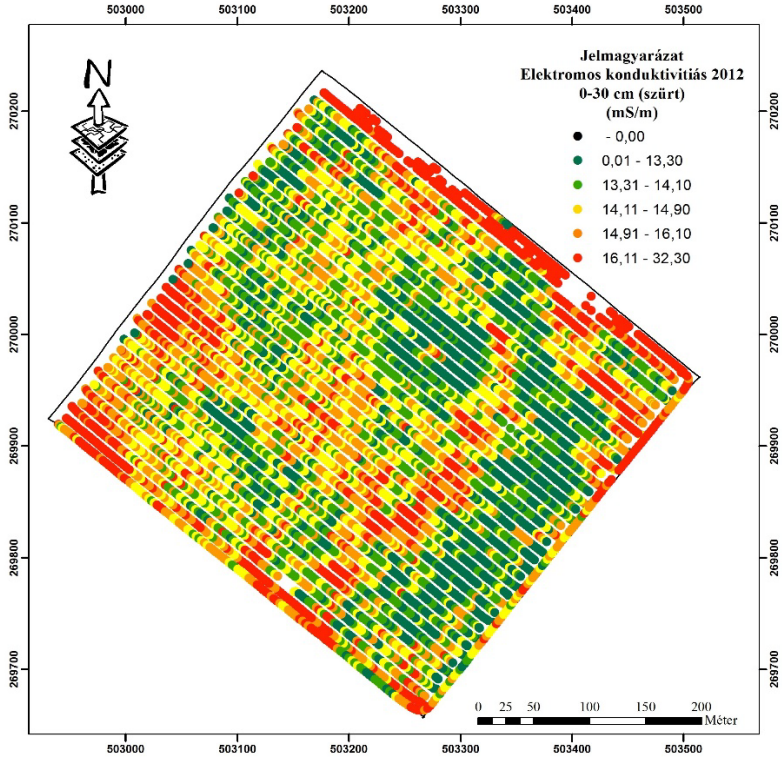
(Forrás: Saját szerkesztés)

A vizsgálatot szemrevételezve megállapítom, hogy az adatsor mérési hibákkal terhelt, hiszen az elektromos vezetőképesség nem vehet fel negatív értéket. Ezek utólagos eltávolítása indokolt.

A statisztikai vágással megtisztított adatokból létrehozott térképet a 64. ábra mutatja. Jól látható, hogy a szűrés hatására az eltávolított adatok jelentős

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

része a terület északi oldalán található három fogásból (9 méterből) kerültek ki. Ez várható volt, hiszen a kiindulási térképen (63. ábra) ez a rész nagyon különbözött a terület jellemző adataitól. Tovább vizsgálva a térképet megfigyelhető még a parcella nyugati részéről hiányzó adatok, melyek a fordulások során nem teljesen kiemelt mérőeszköznek voltak köszönhetőek.



64. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a statisztikai vágást követően, 2012

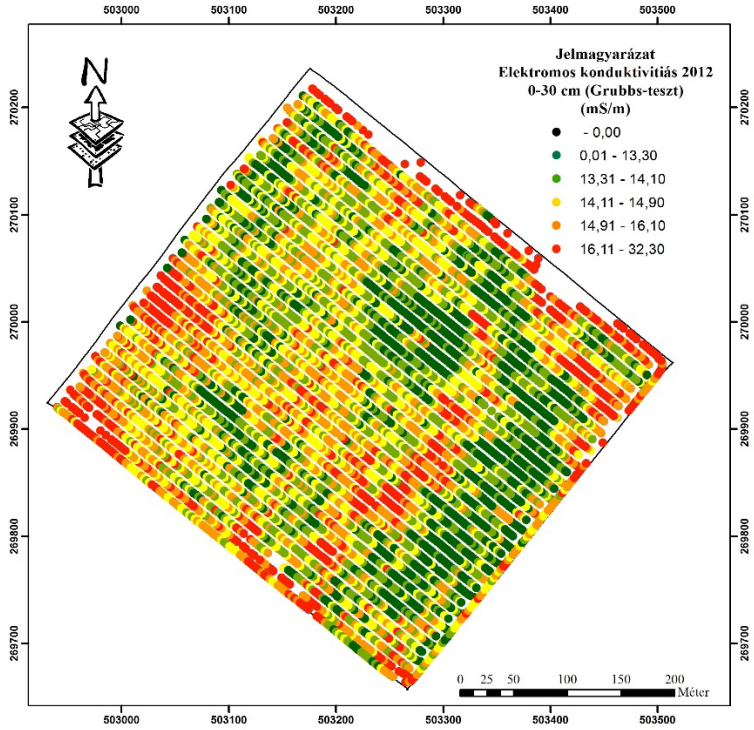
(Forrás: Saját szerkesztés)

A Grubbs-féle szűrést követően az adatok térinformatikai ábrázolását a 65. ábra szemlélteti. Figyelmesen végignézve a térképen felfedezhető, hogy a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

parcella északi részéből lényegesen több információt távolított el ez az eljárás, mint a szórás távolságok alapján elvégzett vágás. Továbbá szembetűnő, hogy leginkább a magasabb értékek felől hiányoznak mérési eredmények, ez azonban már a 25. ábra diagramja alapján determinálható volt, hiszen a haranggörbe az alacsonyabb értékek felé tolódott el.

Lényeges különbség még az előző metódushoz képest, hogy ez az eljárás a parcella belsejében lévő területeken is talált a szomszédos értékek alapján kívülálló mérési pontokat.



65. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a Grubbs-féle próbát követően, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 5. 3. A 2013-as év elektromos vezetőképesség mérés eredményei

A következő évben elvégzett ismételt mérés során 5036 adat került regisztrálásra (31. táblázat). A vizsgálat során a műszert 4 m/s-os sebesség mellett 9 m-es fogásszélességgel vontattam végig a területen.

31. táblázat: A 2013 október 23.-ai mérés alapstatisztikai adatai

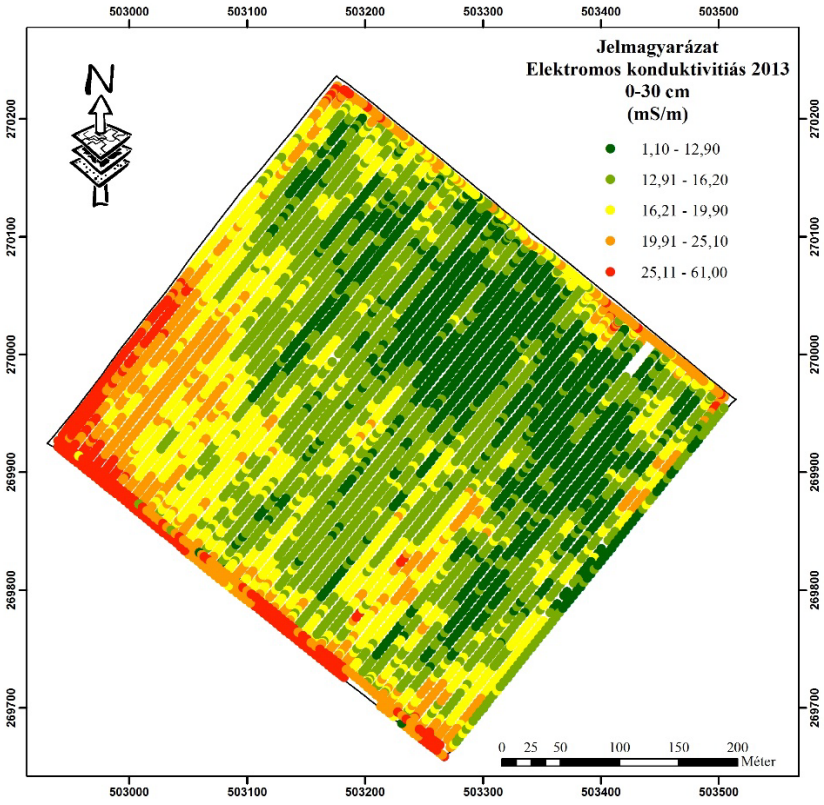
(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ARITMETIKAI ÁTLAG	KORRIGÁLT TAPASZTALATI SZÓRÁS
5036	1,1	61	16,302	4,571

A 31. táblázat eredményein végig tekintve elmondható, hogy az előző évhez képest ugyan negatív előjelű adattal nem találkozhatunk, viszont az adatsor felső szélső értékei kiugróan magasak.

Az adatok topográfiai megjelenítését a 66. ábrán láthatjuk. Az ismételt mérés során az adatgyűjtést az előző évhez képest 90°-ban elforgatva, a terület általános művelési irányának megfelelően hajtottam végre. Szembetűnő, hogy az előző évben is tapasztalt magas mérési értékek a terület nyugati sarkában adott helyeken szintén megtalálhatóak, ahogy a fogások végeinél található északi, és déli forgóknál is jellemzően magasabbak a begyűjtött értékek.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



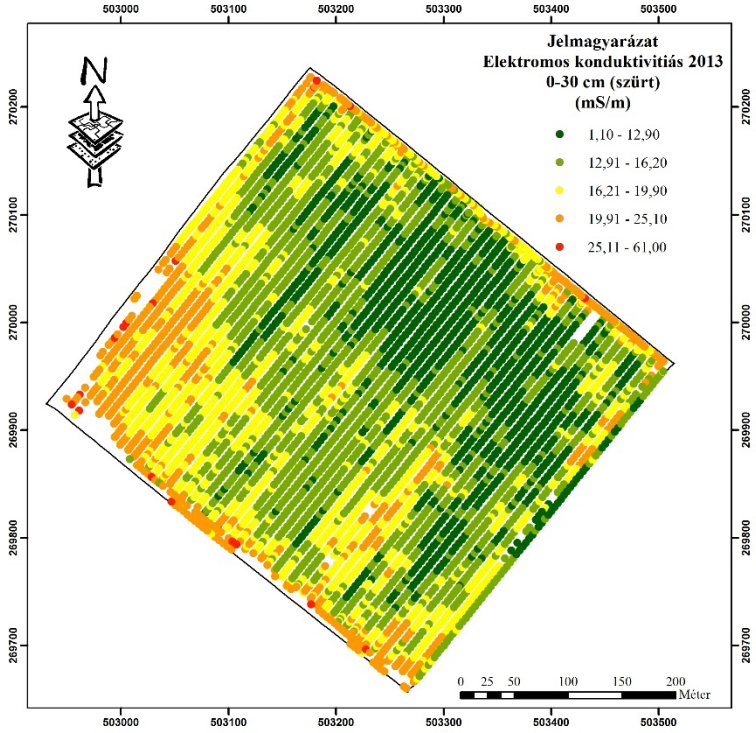
66. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség értékei, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

A statisztikai vágást az előző módszer szerint két szórás tartományban hajtottam végre. Az így létrejött mérési eredményekből készített térképet a 67. ábra mutatja be. Szembetűnő, hogy a terület nyugati sarkánál található értékekből számottevő mennyiség hiányzik úgy, ahogy az a parcella déli oldalának közepénél is tapasztalható. A 66. ábra tanulsága alapján, ezeken a helyeken voltak a legmagasabb értékei a mérési adatsornak. Ezeket a pontokat

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

már megfigyelhettük az előző évi méréseknél is, melyeket a 64. ábra is alátámaszt.



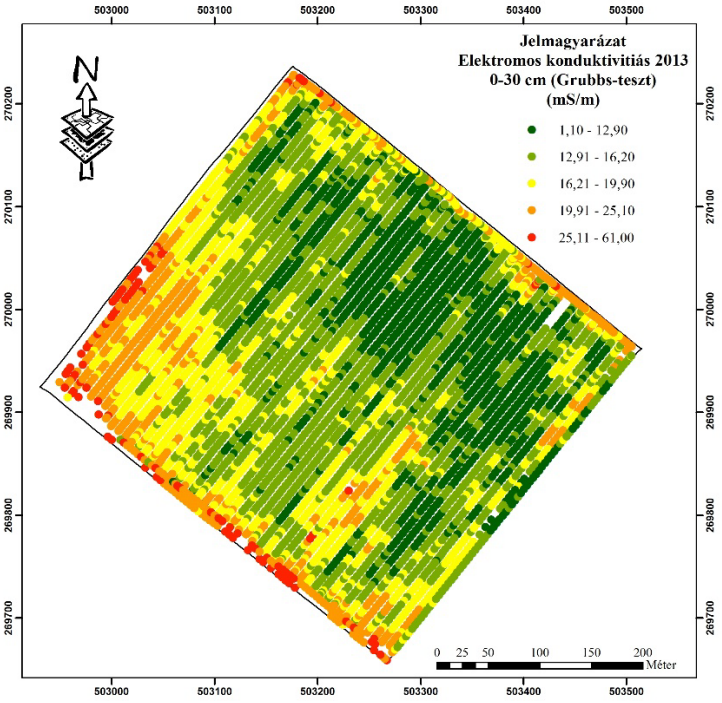
67. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a statisztikai vágást követően, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

A Grubbs-féle szűréssel kapott elemek térképen történő megjelenítését mutatja be a 68. ábra. Lényeges különbségként figyelhető meg a parcella nyugati sarkában található adatok nagy száma. Jelen esetben kevesebb adat került eltávolításra, mint a másik eljárásnál az tapasztalható volt. Ebből fakad a 67. és a 68. ábrák közti különbség is. A szűrés során az algoritmus figyelembe

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

vette a szomszédos adatok értékeit is, így kevesebb adat került kizárásra, mint a másik eljárás révén. A kapott térkép ennek köszönhetően több hasznos információt szolgáltat a későbbi elemzésekhez.



68. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége a Grubbs-féle próbát követően, 2013

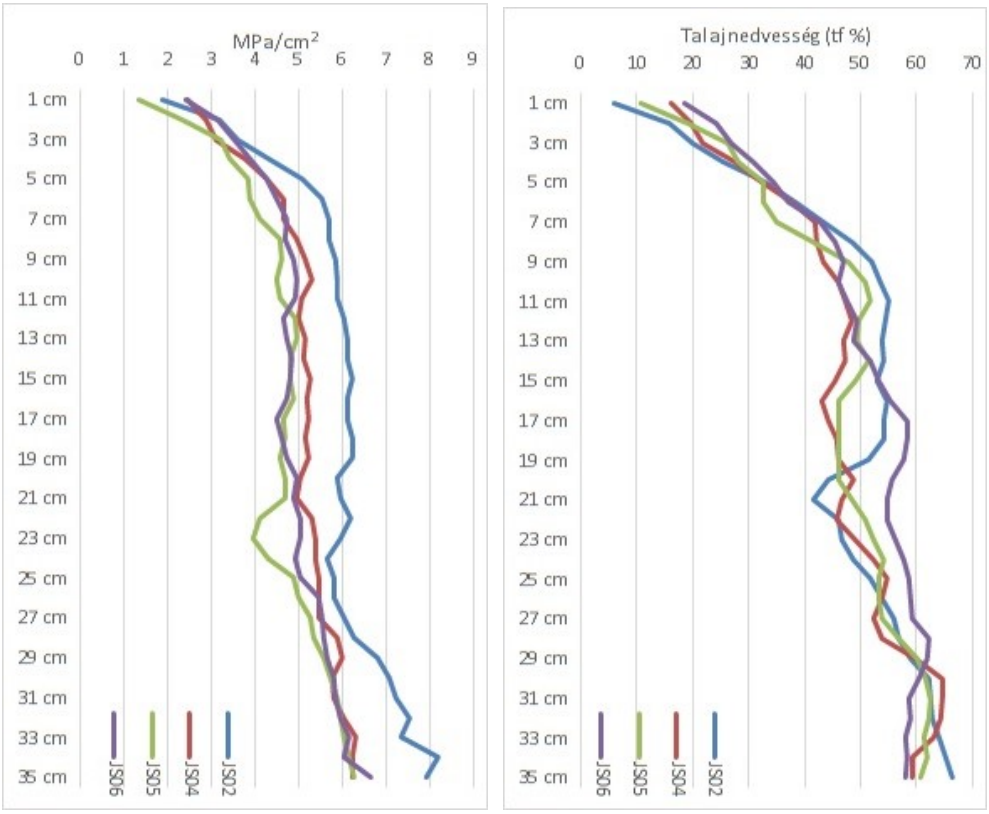
(Forrás: Saját szerkesztés)

5. 5. 4. A 2012. évi penetrációs ellenállás mérés eredményei

A 69. ábrán az alacsony elektromos vezetőképességű pontok penetrációs és talajnedvesség mérései láthatóak. A penetrációs ellenállás

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

adatok kis szórás mellett közel párhuzamosan futnak le egymás mellett. A talaj felső rétegének alacsony behatolási értékeit követően 5 – 6 cm-es mélységtől szinte egyenletes 5 – 6 MPa/cm^2-es értékek láthatóak egészen a mérési tartomány alsó taktusáig, ahol ezek az értékek fokozatosan megnőnek.



69. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

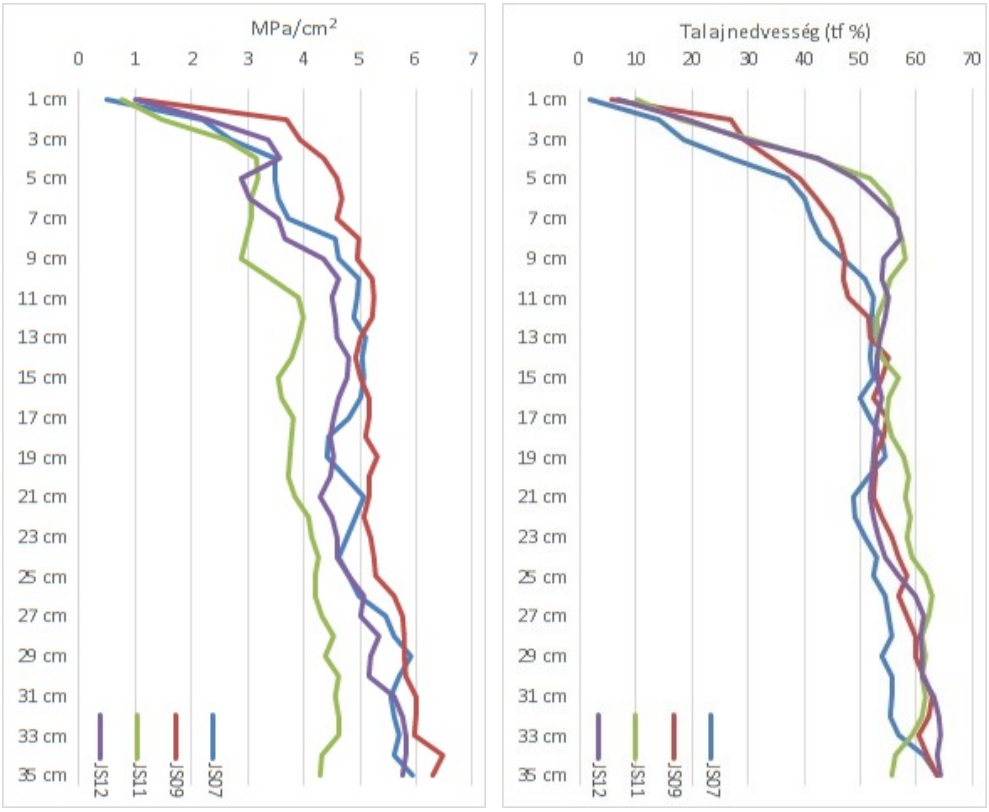
A 69. ábra alapján nem állapítható meg egyértelmű „eketalp” réteg, az ellenállások szinte az egész mérési tartományban egyenletesen magasak. A vizsgált mérési pontok a penetrométer adatai alapján erősen kötött talajúak.

A talaj ellenállását a nedvességtartalmával együtt lehet értelmezni. A vizsgálati ponton a talaj felső rétegéből indulva fokozatosan nőnek a térfogatszázalékos nedvesség értékek 8 – 9 cm-es mélységig. Ezt követően szinte egyenletesen haladnak, míg 29 cm körül némileg ismét növekedésnek indulnak.

A 70. ábrán a közepes elektromos konduktivitással rendelkező területek ellenállás és talajnedvesség adatait mutatom be. Az ábrán látható, hogy ugyan a vizsgálati pontok felső 5 cm-es sávja lényegesen tömörebb, mint az imént bemutatott kezeléseknél, az ezt követő mélységekben viszont az átlagosan 1 MPa/cm^2 értékkel alacsonyabb behatolási ellenállás értékek figyelhetőek meg *(3,6 – 5 MPa/cm^2)* 29 cm-es mélységig. Ahogy az a 69. ábrán is látható volt, ezeknél a kezeléseknél sem definiálható egyértelmű „eketalp” réteg.

Míg az előző területekhez viszonyítottan a talajszelvény behatolási ellenállása 0,68 MPa/cm^2 értékkel csökkentek átlagosan (4,48 MPa/cm^2), addig a talaj térfogatszázalékos nedvesség tartalmai 2,85 százalékponttal emelkedtek (51,26 tf %).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



70. ábra: A közepes vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012

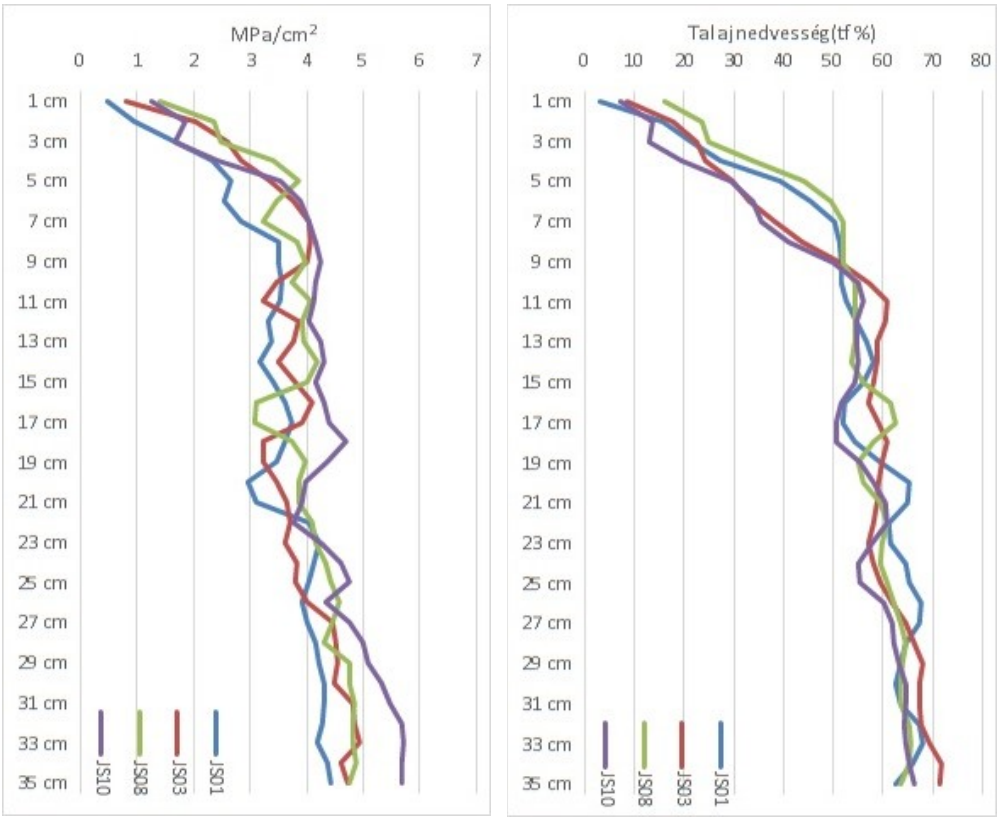
(Forrás: Saját szerkesztés)

A 71. ábra a magas elektromos vezetőképességgel rendelkező területek adatait mutatja be. Hasonlóan az előzőekben bemutatottakhoz a diagramok lefutása a már ismertettet módon alakul, azonban jellemző értékeik változtak.

A talaj behatolási ellenállása jól láthatóan alacsonyabb, mint az előzőekben. A felső 5 cm-es réteget elhagyva 3 és 4,2 MPa/cm^2 értékek figyelhetőek meg, melyek a talajszelvény átlagában ugyancsak 0,68 MPa/cm^2, talajellenállás csökkenést jelent (3,84 MPa/cm^2). Ezzel szemben a talaj

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

térfogatszázalékos nedvességtartalma további 2 százalékpontos emelkedést mutat átlagosan a közepes vezetőképességgel rendelkező vizsgálati pontokhoz képest (53,28 tf %).

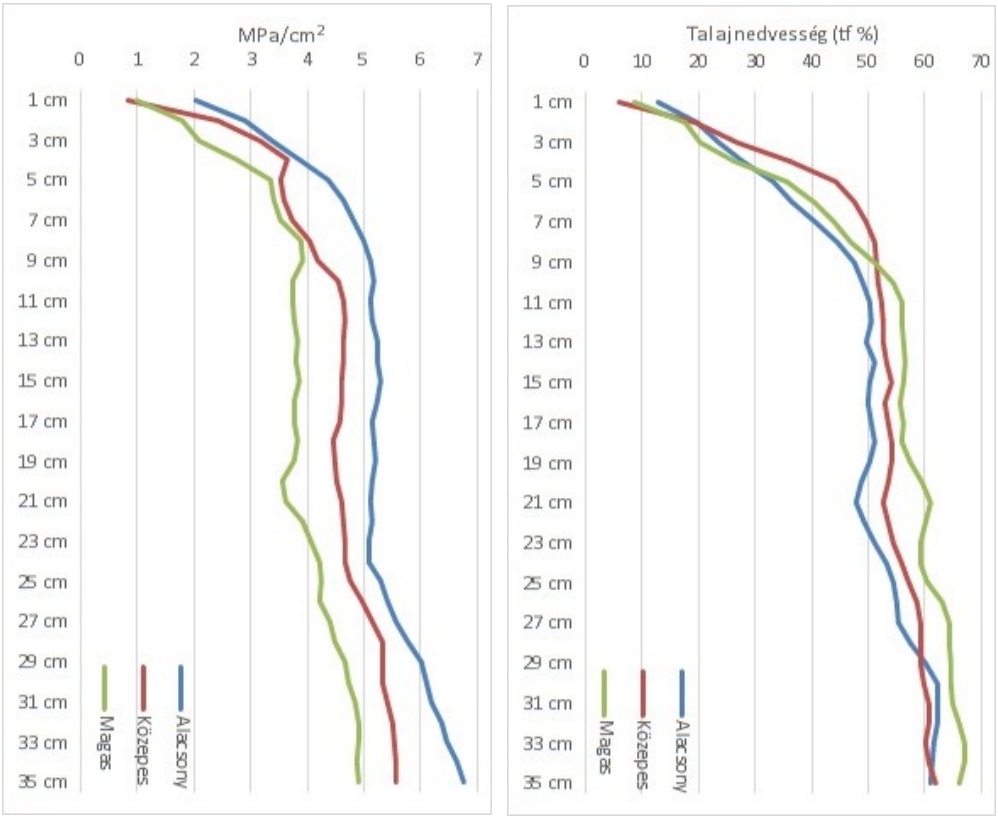


71. ábra: A magas vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

A 72. ábrán a három terület eredményeinek átlaga látható. Az ábra szemléletesen mutatja, hogy a penetrációs mérések a talaj nedvességtartalmával fordított arányban változtak.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



72. ábra: A vizsgálati pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012

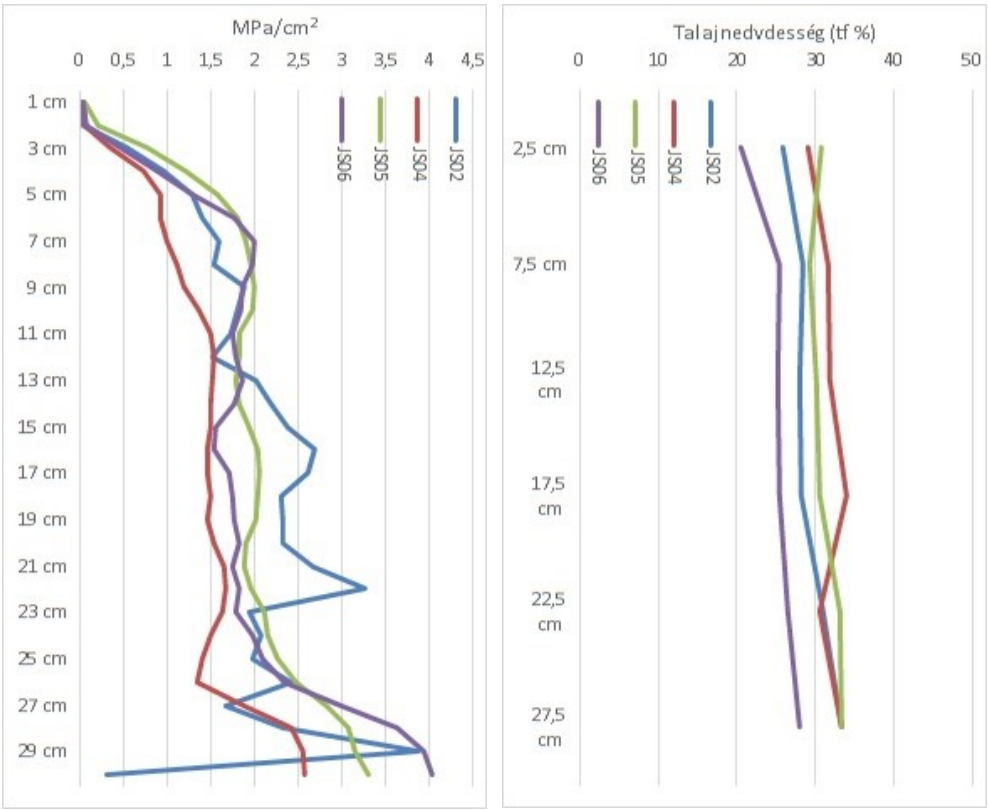
(Forrás: Saját szerkesztés)

Az alacsonyabb elektromos vezetőképességű területek átlagosan 2 százalékponttal szárazabbak voltak a közepes-, míg 4 százalékponttal a magas konduktivitású területeknél. Ezzel szorosan összefüggve alakultak a penetrációs ellenállás értékek is. Az alacsony vezetőképességgel rendelkező területek átlagosan 0,68 MPa/cm^2 voltak tömörödöttebbek a közepes-, míg 1,36 MPa/cm^2 a magas vezetőképességgel rendelkező foltoknál.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 5. 5. A 2013. évi penetrációs ellenállás mérés eredményei

A 73. ábrán a 2013. év alacsony konduktivitású területeinek a mérési eredményei láthatóak. Az előző évhez hasonlóan a felső 5-7 cm-es szakasz szintén lazább talajszerkezettel rendelkezett.



73. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2013

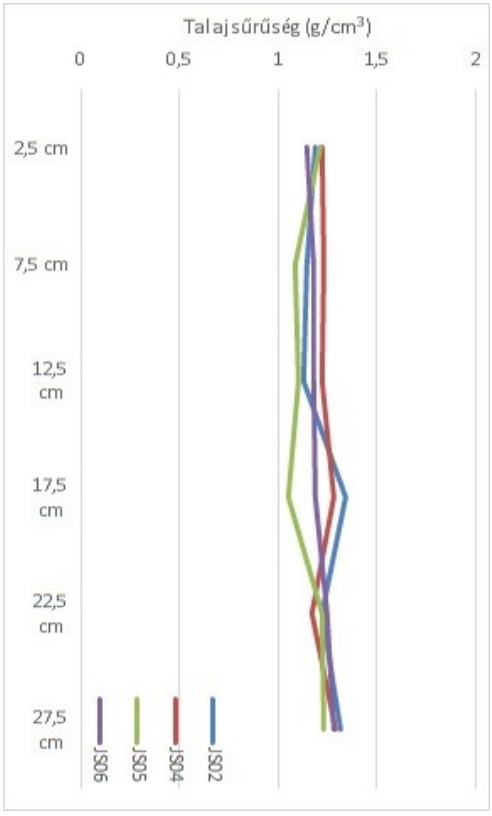
(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Ezt követően mintegy 27 cm-es mélységig 1,5-2,5 MPa/cm^2 közti értékek figyelhetőek meg, mely természetes talajállapotra utal. Nagyjából 27 cm alatt figyelhető meg egy „eketalp” réteg, melyet átlépve egyenletesen növekednek a penetrációs értékek. A vizsgált 35 cm-es talajszelvényben átlagosan 2,23 MPa/cm^2 volt a behatolási ellenállás. A térfogatszázalékos nedvességtartalmak szinte teljesen egyenletes lefutásúak, 25 és 31 tf % között figyelhetőek meg a mintavételi ponttól függően. Átlagos értékük 29,32 tf % a négy kezelési egység felső 30 cm-es rétegében. A két ábrát összehasonlítva megfigyelhető, hogy a nedvességtartalom növekedése ellenére a behatolási ellenállás is növekedett a különböző adatgyűjtési helyszíneken.

A talajsűrűség adatokat a 74. ábrán szemléltetem. Hasonlóan az előző ábra adataihoz természetes talajállapotról tanúskodnak a vizsgálati értékek. Az ábra tanúsága szerint JS04-es parcella adatai veszik fel a legmagasabb értékeket, ahogy azok már a penetrációs- és talajnedvesség mérések során is láthatóak voltak.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



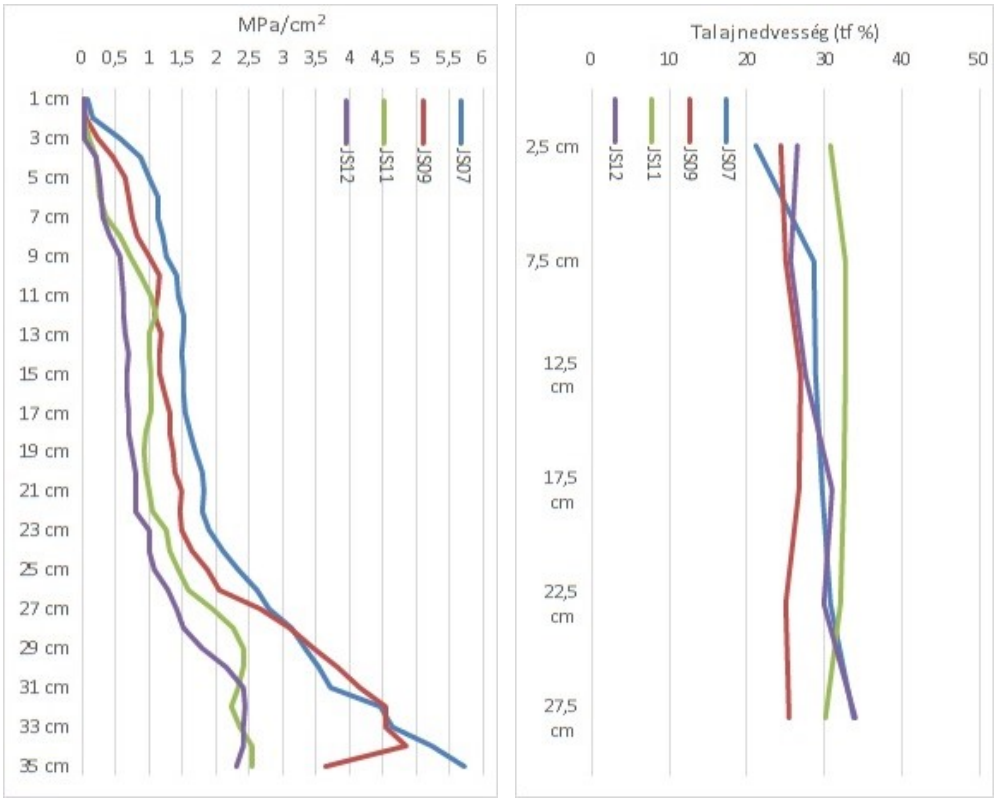
74. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

A közepes vezetőképességű pontok talajellenállása és talajnedvessége a 75. ábrán kerül bemutatásra.

Az értékek alapján látható, hogy a négy vizsgálati helyszín behatolási ellenállásai eltérést mutatnak, azonban tendenciájukban megegyeznek. Egyértelmű „eketalp” réteg a mérések alapján nem mutatható ki, azonban 27 cm-es mélység felett magasabb értékeket vesz fel a diagram.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



75. ábra: A közepes vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2013

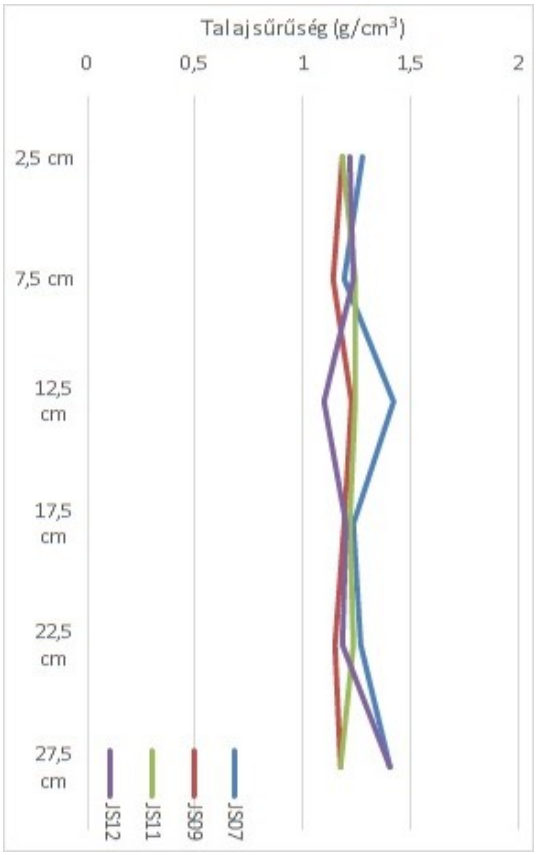
(Forrás: Saját szerkesztés)

A vizsgálati terület talajállapota természetes, átlagosan 1,9 MPa/cm^2 behatolási ellenállású a négy kezelési egység átlagában.

A talajnedvesség értékek 27 és 33 tf % között alakultak. Átlagosan 28,9 tf % volt a talajnedvesség tartalma a négy vizsgált ponton, mely némileg alacsonyabb az előző területekhez viszonyítva.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A talajsűrűség adatokra tekintve megállapítható, hogy a jellemző értékek 1,2 és 1,4 g/cm^3 körül alakulnak, mely szintén megerősíti, hogy a talaj természetes ülepedett állapotban van (76. ábra).



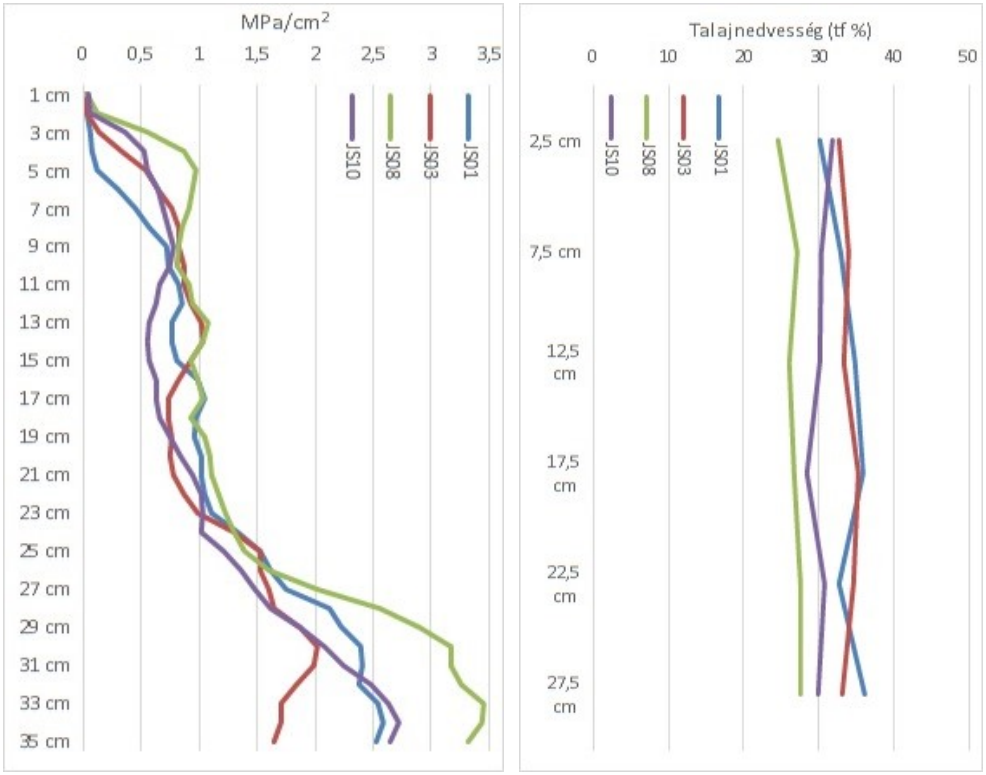
76. ábra: A közepes vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

A magas vezetőképességgel rendelkező területek mérési eredményeit a 77. ábrán mutatom be. Hasonlóan az előző év tendenciájához a vizsgált pontok behatolási ellenállása ezeken a területeken alakultak a legalacsonyabban.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A felső 5 – 7 cm-es réteg alatt egyenletesen laza a talaj 27 cm-es mélységig, az értékek 0,7 – 1,0 MPa/cm^2 között változnak. A vizsgálati parcellák alsó szekvenciájában 23 – 27 cm körül figyelhető meg egy „eketalp" réteg, amelytől a behatolási ellenállások növekedésnek indulnak. A talajszelvény átlagos penetrációs ellenállása 1,43 MPa/cm^2.



77. ábra: A magas vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás adatai és talajnedvesség tartalmai, 2013

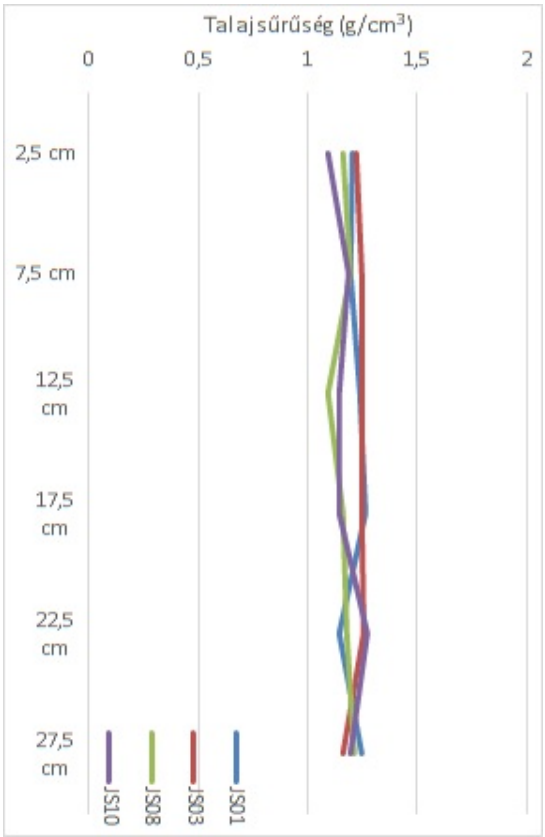
(Forrás: Saját szerkesztés)

A nedvességtartalmak lefutása, mint ahogy az már az előző helyszíneken is látszott, közel egyenletesen alakulnak, átlagosan 31,16 tf%. A

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

helyszínek közül a JS03 pont adatai mutatják a legkisebb talajellenállás értékeket (1,14 MPa/cm^2), ezzel arányosan a talajnedvesség tartalom is itt volt a legmagasabb (33,83 tf%). Ezzel szemben a legtömörebb pont a JS08 volt (1,84 MPa/cm^2), ahol a talajnedvesség tartalmak a négy vizsgált pont közül a legalacsonyabbak voltak (26,67 tf%).

A helyszín talajsűrűség adatait a 78. ábrán mutatom be.



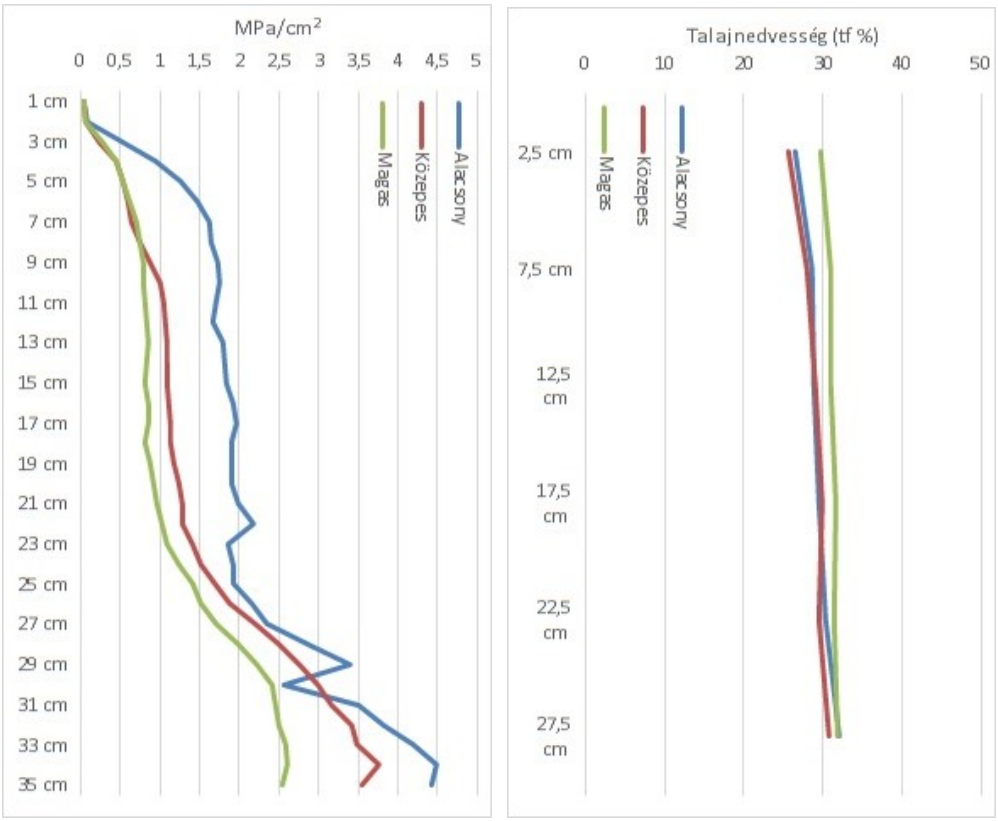
78. ábra: A magas vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Jellemző értékek 1,1 és 1,3 g/cm^3 között változnak. A három vizsgált terület közül a legalacsonyabb értékeket itt tapasztaltam, mely igazodik a terület penetrációs értékeihez. Azonban a 77. ábra adataival szemben nem a JS08-as pont talajsűrűség értékei a legmagasabbak, mint ahogy az várható lett volna, hanem éppen ellenkezőleg, a JS03 ponté.

A 2013-as év vizsgálati eredményeit foglalja össze a 79. ábra.



79. ábra: A vizsgálati pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvesség tartalmai, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A diagramon a három jellemző terület átlagos mérési eredményei jelennek meg, melyek teljességgel alátámasztják a 2012-es év tapasztalatait, mely szerint az alacsonyabb vezetőképességű területek penetrációs ellenállása magasabb (2,23 MPa/cm^2), mint a magas elektromos konduktivitással rendelkezőké (1,43 MPa/cm^2). A talajnedvesség méréseknél megfigyelhető – ahogy az előző évben is –, hogy a legmagasabb vezetőképességű terület talajnedvesség tartalma a legmagasabb a vizsgált helyszínek közül (31,16 tf %).

5. 5. 6. Összefüggés vizsgálatok

Elektromos vezetőképesség és penetráció

A sokaság alap statisztikai adatait a 32. táblázatban foglaltam össze. A vizsgálat során egy változós lineáris regresszió analízist használtam.

32. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
5480	10,70	20,80	14,54	1,41

Az elemzés során a 0 – 30 cm között mért talajellenállások adataiból képzett átlagokat használtam fel, mivel a talaj vezetőképességét mérő eszköz is ebben az intervallumban képzett átlag értékeket.

A számítások eredményeit a 33. táblázat foglalja össze. Az adatok közti korrelációt megvizsgálva megállapítom, hogy nagyon erős fordított

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

arányosságról beszélhetünk jelen talajtípus és vizsgálati év tekintetében. A korreláció mértéke már előrevetíti a nagyon erős determinációs együttható mértékét is (r^2 = 0,916), a becslés standard hibája pedig utal arra, hogy a vizsgált sokaság szórása alacsony volt.

33. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós elemzése, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
-0,957	0,916	0,63336

Az ANOVA táblázat F-próbája alapján egyértelműen megállapítom, hogy a két változó között szignifikáns a kapcsolat és az összes variancia közel 92%-át magyarázza az összefüggés (34. táblázat).

34. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg variancia analízise, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	43,644	1	108,799	0,000
Hiba	4,011	10		
Teljes	47,655	11		

Felírva az egyenlet koefficienseit látható, hogy a T-próba szignifikancia szintje is alacsonyabb 5%-nál, tehát a vizsgálatba vont változók között igazolt a kapcsolat (35. táblázat).

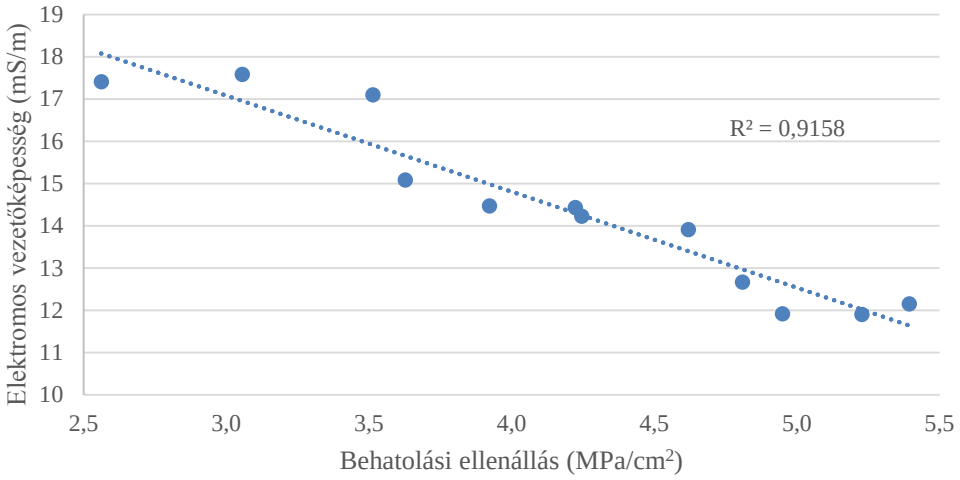
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

35. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós modelljének koefficiensei, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	23,897	0,928	25,744	0,000
0-30 cm-es frakció penetrációja	-0,227	0,022	-10,431	0,000

Az iménti megállapítást szemléletesen támasztja alá a modell grafikus ábrázolása (80. ábra).



80. ábra: A 0 – 30 cm közti réteg regressziós egyenletének illeszkedése az adatsorra, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Ez alapján felírható a vizsgált változók közti összefüggés regressziós egyenlete (16):

$$\mathbf{PR_{0\text{-}30}} = -0{,}227 \times EC_a + 23{,}897 \qquad (16)$$

A 2013. év alapstatisztikai jellemzőit a 36. táblázatban mutatom be.

36. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

ELEM SZÁM	MINIMUM ÉRTÉK	MAXIMUM ÉRTÉK	ÁTLAG	SZÓRÁS
4877	5,70	26,90	15,90	3,88

A regresszió eredményeit a 37. táblázatban ismertetem. Ahogy az már az előző év adataiból következtethető volt, ismét nagyon erős fordított arányosságról tanúskodnak az értékek. Látható, hogy az elektromos vezetőképesség változásával ellentétesen irányban alakulnak a behatolási ellenállás adatok. A korrelációs együttható erősségéből következik az erős determinációs együttható is (r^2 = 0,853), ami ugyan a 2012-es mérés során erősebb volt, de még mindig nagyon szoros kapcsolatra utal.

37. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós elemzése, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
-0,923	0,853	1,57732

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A variancia vizsgálat eredményét a 38. táblázatban foglaltam össze. Az adatok alapján kijelentem, hogy a két változó között szignifikáns az összefüggés.

38. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg variancia analízise, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	129,591	1	52,088	0,000
Hiba	22,392	9		
Teljes	151,983	10		

A 39. táblázat az egyenlet koefficienseit szemlélteti. A T-próba elvégzése után bizonyítottan hatással van a két változó egymásra, ahogy azt az előző év adatai alapján már megállapítottam.

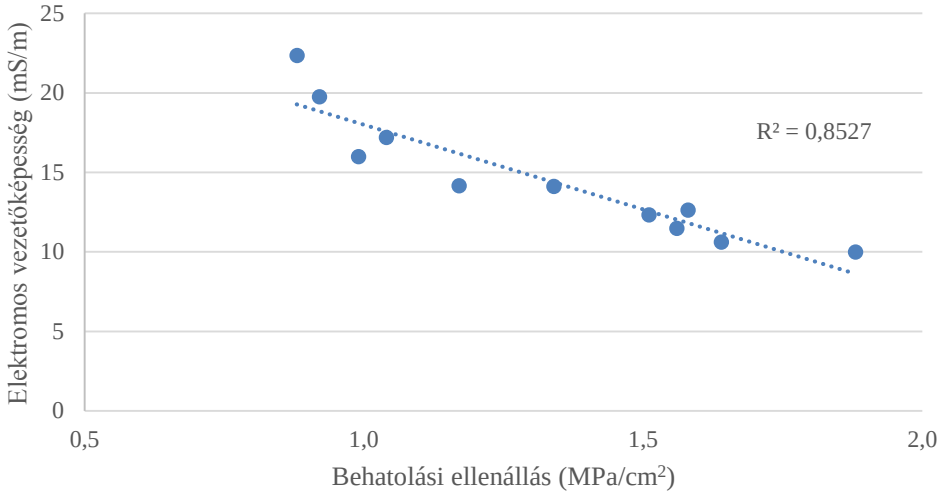
39. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós modelljének koefficiensei, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	28,656	2,005	14,293	0,000
0-30 cm-es frakció penetrációja	-10,657	1,477	-7,217	0,000

Az eredményeket azonban jóval látványosabban mutatja az egyenes grafikus megjelenítése, mely a 81. ábrán látható.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



81. ábra: A 0 – 30 cm közti réteg regressziós egyenletének illeszkedése az adatsorra, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

A fentiek alapján felírható a változók közti összefüggés regressziós egyenlete (17):

$$\mathbf{PR_{0\text{-}30}} = -10{,}657 \times EC_a + 28{,}656 \qquad (17)$$

Elektromos vezetőképesség és szemcseösszetétel

A vizsgálatba vont tényezők az USA nomenklatúrája szerinti homok frakciót alkotói voltak (durva- illetve a finom homok). A számítások eredményeit a 40. táblázat foglalja össze. A vizsgálat igazolta, hogy magas a korrelációs összefüggés a talaj szemcseösszetétele és elektromos

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

vezetőképessége között (r = 0,798). Ez a markáns kapcsolat azonban még nem eredményez erős determinációs együtthatót, így a regressziós vizsgálat eredménye csak közepes erősségű kapcsolatról tesz tanúbizonyságot.

40. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regresszió analízise, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,798	0,637	1,38728

Az ANOVA táblázat F-próbája alapján igazolódik, hogy a kapcsolat szignifikáns a változók között, de csak az összes variancia két harmadát magyarázza (41. táblázat).

41. táblázat: EC_a és a homok réteg közti variancia analízise, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	30,334	2	15,167	0,011
Hiba	17,321	9	1,925	
Teljes	47,655	11		

Felírva az egyenlet koefficienseit látható, hogy a T-próba szignifikancia szintje is alacsonyabb 5%-nál, tehát a talaj elektromos vezetőképessége és szemcseösszetétele között valós kapcsolat áll fenn (42. táblázat).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

42. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regressziós modellje, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	12,215	2,750	4,442	0,002
Durva-	-0,509	0,177	-2,869	0,019
Finom homok	0,273	0,102	2,674	0,025

A következő év kutatási eredményeit a 43. táblázat foglalja össze. A vizsgálat megismétlése során az eredmények hasonlóképpen alakultak, mint azt a megelőzőekben tapasztaltható volt.

43. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regresszió analízise, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,812	0,660	2,454584

Megvizsgálva a 44. táblázat értékeit látható, hogy a variancia analízis szignifikáns.

44. táblázat: EC_a és a homok réteg közti variancia analízise, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	105,093	2	52,546	0,008
Hiba	54,236	9	6,026	
Teljes	159,329	11		

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Felírva az egyenlet koefficienseit azonban szembetűnő, hogy a vizsgálatba vont változók a T-próbái nem mutatnak szignifikáns összefüggést (45. táblázat). Az eredmények alapján csak a finom homok frakció és az EC_a közt van való összefüggés a vizsgált évben.

45. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regressziós modellje, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	-2,984	4,866	-0,613	0,555
Durva-	0,102	0,314	0,324	0,754
Finom homok	0,752	0,180	4,170	0,002

Penetrációs ellenállás és a szemcseösszetétel

A talaj behatolási ellenállása és szemcseösszetétele közti összefüggést mutatja a 46. táblázat. A markáns korreláció utal a változók közti egyenes arányosságra és utal a szoros determinációs együtt ható értékére ($r^2 = 0,717$).

46. táblázat: PR és a homok réteg közti regresszió analízise, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,846	0,717	5,16056

Az ANOVA táblázat F-próbája igazolja a változók közti szignifikáns kapcsolatot (47. táblázat).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

47. táblázat: PR és a homok réteg közti variancia analízise, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	605,909	2	302,955	0,003
Hiba	239,683	9	26,631	
Teljes	845,592	11		

A T-próba szignifikanciája igazolja az alaphipotézist, mely szerint a szemcseösszetétel vizsgálatba vont két homok frakciója (durva- illetve finom homok) befolyással van a területen tapasztalt behatolási ellenállás mérések eredményeire (48. táblázat).

48. táblázat: PR és a homok réteg közti regressziós modellje, 2012

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	51,305	10,230	5,015	0,001
Finom-	2,286	0,660	3,465	0,007
Durva homok	-1,211	0,379	-3,193	0,011

A 2013-as év kutatási eredményeit a 49. táblázat foglalja össze. A vizsgálat megismétlése során az eredmények jóval lazább összefüggésről tanúskodnak, mint azt a megelőzőekben tapasztaltható volt. Ennek ellenére a korreláció még mindig egy biztos közepes kapcsolatra utal.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

49. táblázat: PR és a homok réteg közti regresszió analízise, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

R	R^2	BECSLÉS STANDARD HIBÁJA
0,687	0,471	0,27461

Az 50. táblázat értékein látható, hogy az értékek szignifikánsak ugyan, de csak P = 0,90 szabadság fok mellett. Azonban meg kell említeni, hogy a mérés hibája miatt ki kellett zárnom az elemzésből az egyik mintavételi pont eredményeit, ezért az adott összefüggésben 11 változó szerepel.

50. táblázat: PR és a homok réteg közti variancia analízise, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	NÉGYZETEK ÖSSZEGE	DF	F	SZIGNIFIKANCIA
Regressziós	0,538	2	0,269	0,078
Hiba	0,603	8	0,075	
Teljes	159,329	10		

A regressziós egyenlet koefficienseit felírva szembetűnő, hogy a vizsgálatba vont változók T-próbái közül csak a finom homok frakció mutat szignifikáns összefüggést, míg a durva homok nem (51. táblázat).

51. táblázat: PR és a homok réteg közti regressziós modellje, 2013

(Forrás: Saját szerkesztés)

MODELL	STANDARDIZÁLATLAN KOEFFICIENSEK		T-PRÓBA	SZIGNIFIKANCIA
	B	STANDARD HIBA		
Konstans	2,388	0,775	3,081	0,015
Finom-	0,752	0,180	4,170	0,045
Durva homok	0,102	0,314	0,324	0,790

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 6. ÉVELŐ GYOM FOLTOK DETEKTÁLÁSA KIS MAGASSÁGÚ TÁVÉRZÉKELŐ ESZKÖZZEL

Napjainkban a mezőgazdasági gépgyártók nagyon magas fokú technológiákkal vannak a jelen a piacon. Ezeknek az eszközöknek már sok esetben csak a humán erőforrás tekintetében vannak szűk keresztmetszeteik. Több esetben előfordul, hogy adott gazdaságban a technika rendelkezésre áll, csak a működtetéséhez szükséges információ, vagy döntéstámogató rendszer nem.

5. 6. 1. A vizsgálatba vont vegetációs indexek

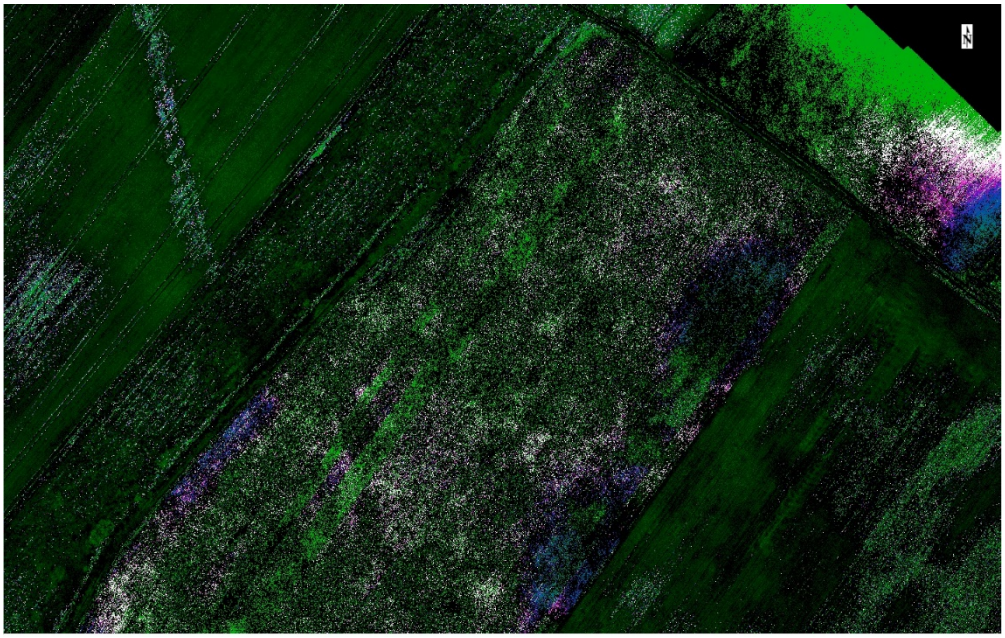
Jelen fejezetben olyan légi felvételek kiértékeléssel kapcsolatos eredményeket mutatok be, melyek alacsony, néhány száz euró bekerülésű költségű CCD kamerákkal előállíthatóak és alkalmazásuknak köszönhetően helyspecifikus beavatkozásoknak az alapjául szolgálhatnak.

A vegetációs indexek sokrétűen alkalmazott eszközök a képfeldolgozások terén. Rengeteg féle változatuk került kidolgozásra különböző problémák megoldására, azonban viszonylag kevés olyan áll rendelkezésre, melyek a látható fény tartomány *(~ 380 és 760 nanométer)* RGB képének a segítségével hoz létre index képet.

A vizsgálat során elsőként a Normalized Green Red Differences Index-et *(NGRDI)* használtam, A létrehozott hamis színes képet a 82. ábrán szemléltetem. Már első pillantásra látható, hogy a kép rendkívül zajos, a gyomfoltok nehezen körülrajzolhatók és jól körülírható foltokon kívül a terület

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

számos részén jelennek meg azonos színnel jelölt részek, ezért a további vizsgálatokhoz elvetettem alkalmazhatóságát.

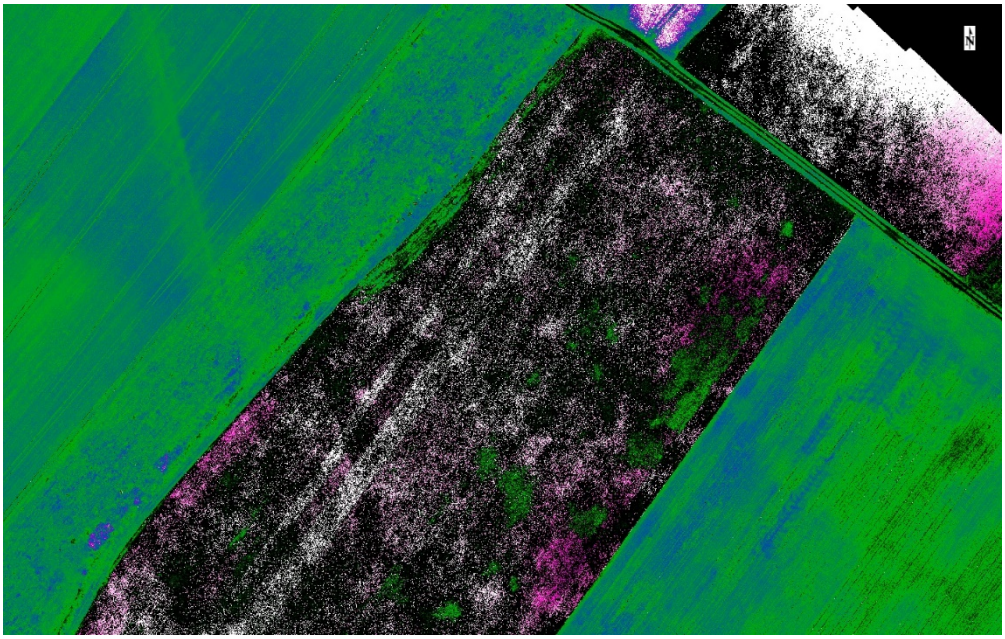


82. ábra: Az NGRDI-vel létrehozott hamis színes kép

(Forrás: Saját szerkesztés)

A következő indikátor a Visible Atmospheric Resistant Index *(VARI)* Az általa képzett hamis színes kép ugyan zajos, de a területen fellelhető zöld növény kolóniákat egyértelműen megjeleníti és elhatárolja a környezetétől (83. ábra). Figyelmesen megvizsgálva az indexképet megállapítható, hogy a talajt is több színben tűnteti fel, mely alapján későbbi, talajjal kapcsolatos vizsgálatok megtervezéséhez is támpontot adhat.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

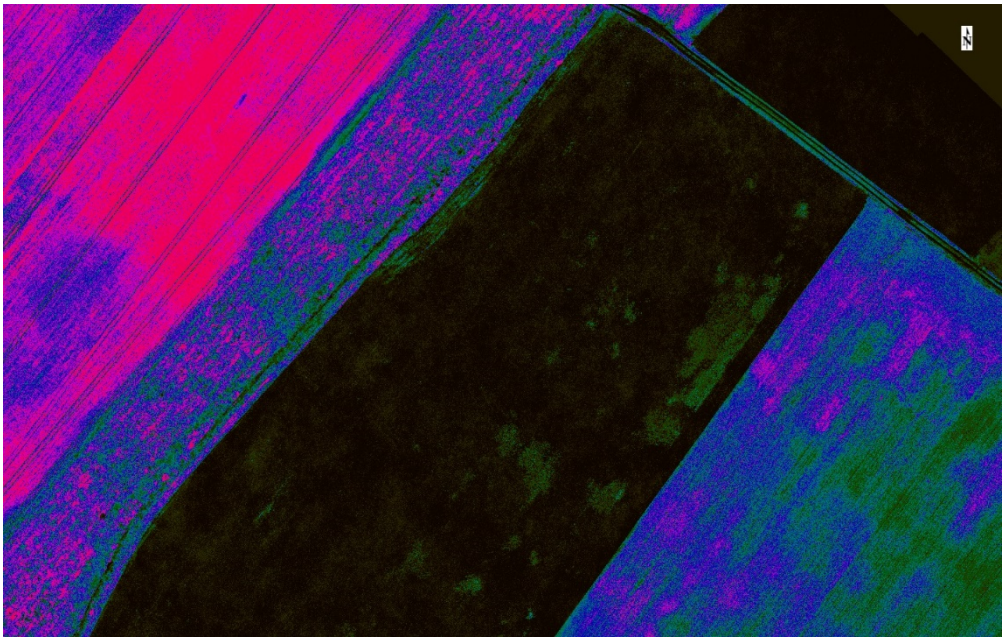


83. ábra: Az VARI-val létrehozott hamis színes kép

(Forrás: Saját szerkesztés)

A Triangular Greeness Index *(TGI)* megalkotása során a növényi levélzet klorofil tartalmának a mérése volt az elsődleges cél. A kidolgozott alkalmazási területnek megfelelően nagyon pontos információkat nyújt a környezet állapotáról. A létrehozott hamis színes képen is jól látható, hogy nagyon tisztán és jól körülírhatóan jelennek meg a növényzettel borított részek (84. ábra). Szembetűnő azonban, hogy a talajról jóval kevesebb többletinformációt szolgáltat, mint a VARI. Azonban a növényzet zöld színbeli eltérései nagyon élesen elkülöníthetőek. Továbbá jól látható, hogy terület észak-keleti részén megfigyelhető nagy kiterjedésű gyomfolt nem ér véget a szántott terület határán, hanem az folytatódik a szomszédos őszi búza *(Triticum aestivum* L.*)* vetésterületen is.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

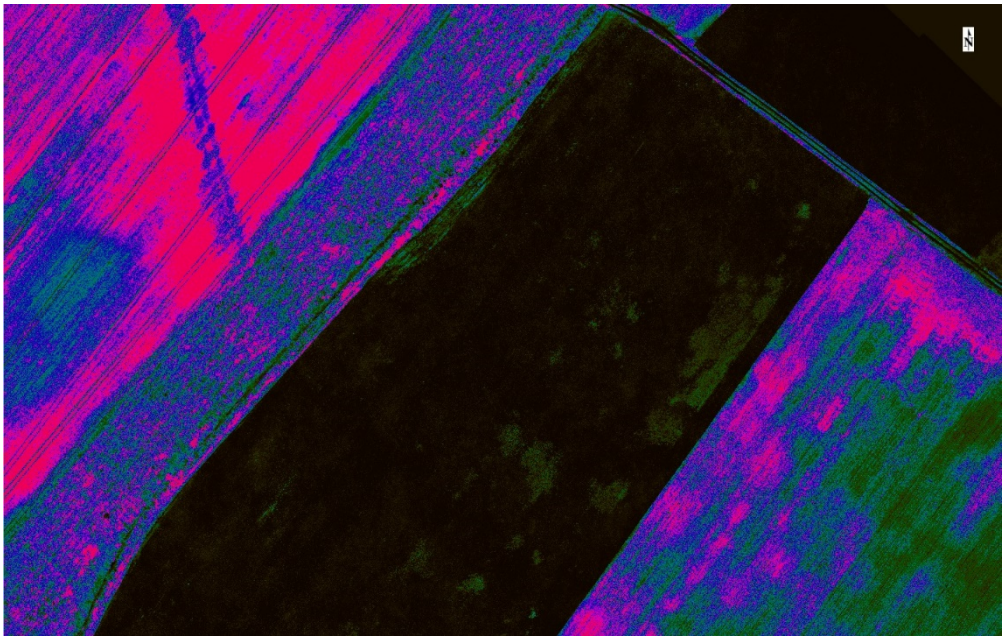


84. ábra: A TGI-vel létrehozott hamis színes kép

(Forrás: Saját szerkesztés)

Végül a Green Leaf Index-et *(GLI)* készítettem el, melyet a 85. ábra mutat be. Ahogy az már a TGI esetében is látható volt ennek a képnek alapján is elkülönültek a termőföldtől a gyom borította területek, amik jellegzetes sötét zöld árnyalattal rajzolódnak ki a szántásban. Továbbá itt is megfigyelhető, hogy az évelő telep nem ér véget a műveletlen rész határánál, hanem folytatódtak a kolóniák a szomszédos őszi búza *(Triticum aestivum* L.*)* vetésben is. További eltérés az említett két vegetáció index között még a kép észak nyugati csücskében megfigyelhető felszántott útvonal is, mely a GLI-nek köszönhetően egyértelműen kirajzolódik az őszi árpa *(Hordeum vulgare* L.*)* vetésből, míg ez a TGI esetében nem vált láthatóvá.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



85. ábra: Hamis színes kép a green leaf indexszel

(Forrás: Saját szerkesztés)

5. 6. 2. Green Leaf Index-szel kapcsolatos eredmények

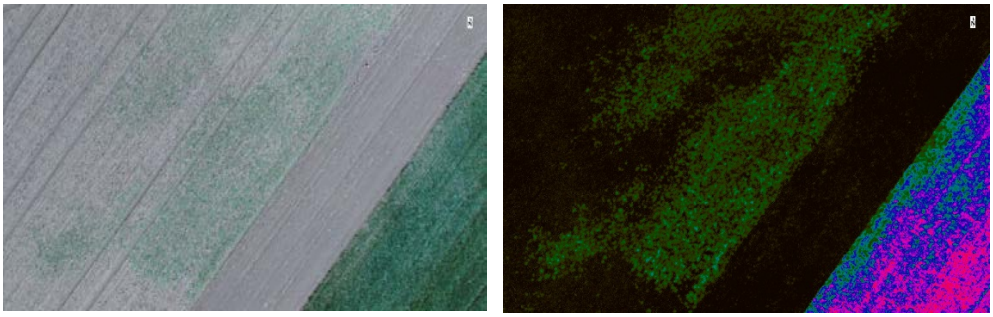
A megalkotott vegetációs indexek közül kettőt lehet kiemelni a detektálás pontossága tekintetében a TGI-t, illetve a GLI-t. Minkét indikátor esetében jól körül írhatóak a zöld növény kolóniák, de a GLI részletesebben volt képes megjeleníteni az eltéréseket a vegetációban a vizsgált területen.

A felmérés idején a szomszédos őszi búza *(Triticum aestivum* L.*)* kultúra a BBCH skála szerint 25-29-es fázisban volt, tehát még a növény nem indult szárba. Talaj borítottsága ebben az időszakban nem érte el a 100%-ot, ezért a *Cirsium arvense* L. növények szabad szemmel és jól elkülöníthetőek voltak, azok zöld színbeli eltérése miatt. Fontos kiemelnem, hogy ebből

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

fakadóan nem a magas fokú kompetícióból adódó klorózist láthatjuk a képen, hanem a növények természetes szín árnyalatbéli eltérését.

Egymás mellé helyezve a kiindulási ortofotót és hamis színes képet, egyértelműen látszik, mennyivel több információt hordoz az index kép (86. ábra).

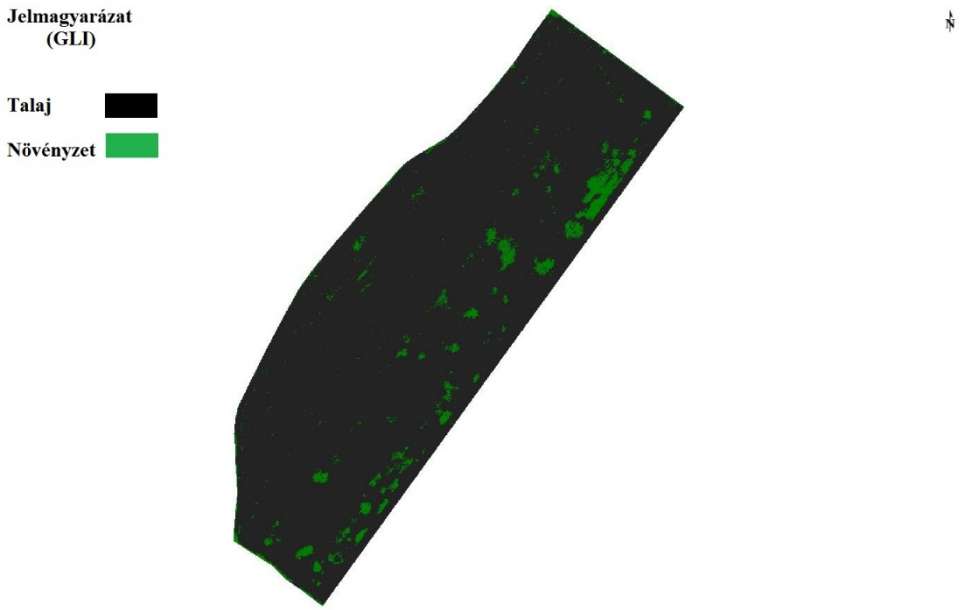


86. ábra: A folytatólagos gyomos terület az őszi búza vetésterületén

(Forrás: Saját szerkesztés)

A vizsgálat eredményeit a 87. ábra mutatja be. A képen zöld színnel jelenítem meg a növényzettel fedett pixeleket és feketével a vegetációtól mentes elműveletlen szántást. Az eredmények alapján látható, hogy a növényborítottság a tábla egészéhez viszonyítva lényegesen szerényebb mértékű, ezért indokolt a védekezés helyspecifikus elvégzése, hiszen a művelet révén nem csak számottevő mennyiségű növényvédő szer takarítható meg, de a környezeti terhelés is jelentékeny mértékben csökkenthető.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001



87. ábra: A klaszter analízis eredménye

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az 52. táblázat mutatja be az indexképen végrehajtott klaszter elemzés eredményeit. A kép összesen 27,91 millió pixelt tartalmaz, mely 4,46 ha területet fed le. Ezek alapján minden egyes pixel közel 16 cm^2 területről hordoz információt. A táblázatból kiderül, hogy 26,53 millió pixelen a vizsgálat alapján nem található növényzet, mely az összes pixel 94,78%-a volt. Amennyiben ezeket az adatokat területben fejezem ki, akkor megállapítható, hogy 4,24 ha-on felesleges lenne a mezei acat *(Cirsium arvense* L.*)* elleni védekezés, hiszen a fedetlen talaj kezelése szakmailag indokolatlan, így gazdasági megtakarítás realizálható. Tovább vizsgálva az eredményeket, látható, hogy növényzettel borított pixelek lényegében nagyságrenddel kisebbek, mint az előző csoporté, hiszen mindösszesen 1,39 millió képkockán

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

található vegetáció. Ez csupán a parcella 5,22%-a, ami területben kifejezve nem sokkal kevesebb, mint negyed hektár (2 215 m^2).

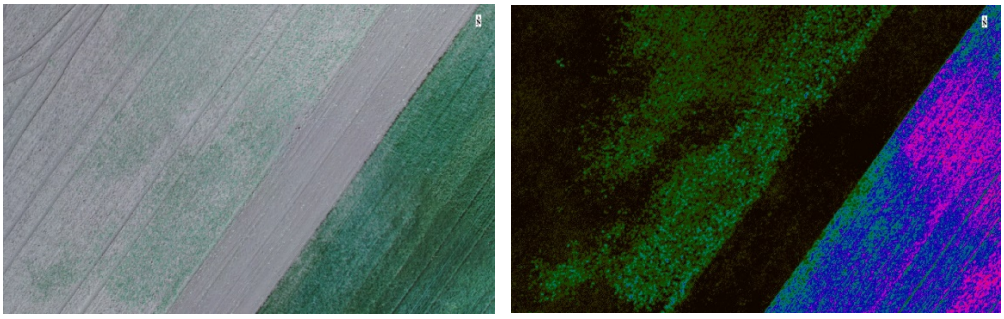
52. táblázat: A klaszter analízis eredménye

(Forrás: Saját szerkesztés)

MEGNEVEZÉS	PIXEL SZÁM	FEDETTSÉG (%)	TERÜLET (M^2)
Talaj	26 528 451	94,78 %	42 418,63
Növényzet	1 385 258	5,22 %	2 215,01

5. 6. 3. Triangular Greeness Index-szel kapcsolatos eredmények

Egymás mellé helyezve a kiindulási ortofotót és a TGI hamis színes képét megtévesztően hasonló eredményt láthatunk, mint a GLI esetében (88. ábra). Ebből adódóan bátran javasolható mindkét vizsgált index alkalmazása a gyomos területek tarlón vagy szántáson történő detektálására.

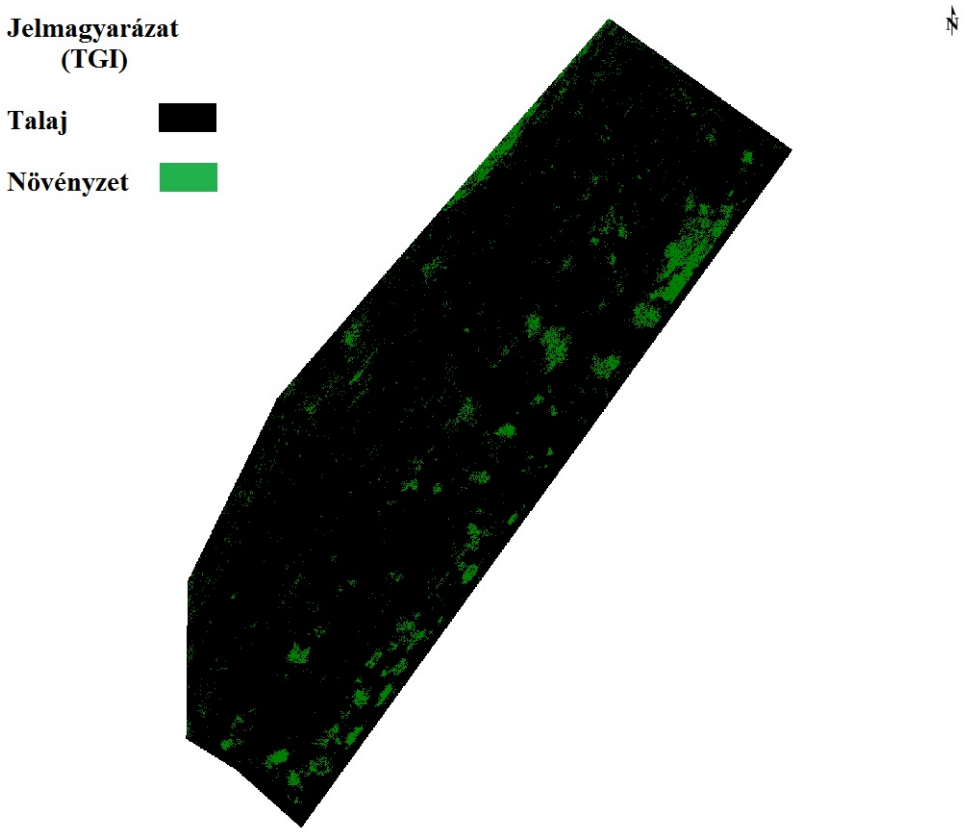


88. ábra: A folytatólagos gyomos terület az őszi búza vetésterületén

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A klaszter analízis eredményeit a 89. ábra mutatja be. A GLI-hez hasonlóan ez esetben is zöld színnel jelenítem meg a növényzettel fedett pixeleket és feketével a vegetációtól mentes elműveletlen szántást. A borítottság mértéke szabad szemmel nem elkülöníthető az előző módszer eredményeitől ezért a számszerűsített adatokat az 53. táblázat szemlélteti.



89. ábra: A klaszter analízis eredménye

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

A kép szintén 27,91 millió pixelt tartalmaz, mely az előzővel megegyező nagyságú területet fed le. A fedetlen talaj borítottság mértéke 26,33 millió pixel, mely az összes pixel 94,34%-a volt. Ez területben kifejezve 4,21 ha. A növényzettel fedett részek lényegében a maradék 1,58 millió képkockán találhatóak, mely a parcella 5,66%-a, ami területben kifejezve valamivel több, mint negyed hektár (2.525 m^2).

53. táblázat: A klaszter analízis eredménye

(Forrás: Saját szerkesztés)

MEGNEVEZÉS	**PIXEL SZÁM**	**FEDETTSÉG (%)**	**TERÜLET (M^2)**
Talaj	26 334 612	94,34 %	42 108,71
Növényzet	1 579 079	5,66 %	2 524,93

Ismerve minkét vizsgálat eredményét megállapítom, hogy a módszerek alkalmasak voltak a területen található *Cirsium arvense* L. kolónia feltárására. A fedettséget mind a GLI, mind TGI hasonló mértékben határozta meg. A számított értékek különbségei egy százalékon belül voltak, azonban elmondható, hogy a növényzettel fedett képrészeknél a GLI több információt fedett fel, mint TGI.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

5. 6. 4. A kijuttatási terv

A kutatás eredményeit felhasználva kimunkáltam a gyomfoltok elleni védekezés menetét. A klaszterezett *.geotiff állomány önmagában alkalmatlan a kijuttatást irányító monitor vezérlésére, ezért azt több lépésben kompatibilis végrehajtási tervvé kell alakítani.

Miután megtörtént a terület pontos határvonalainak a levágása, permetlé mennyiségeket rendeltem a gyomfoltok elhelyezkedéséhez (90. ábra).

Az egész terület teljes kezeléséhez 400 l/ha dózis mellett 1784 liter permetlé lenne szükséges. Ez 1%-os töménységű oldat esetén 17,8 liter növényvédő szert jelent. Azonban a kezelési előírás szerint mindösszesen 87,57 liter permetlére van szükség a folt kezelésekhez, ami 0,88 liter növényvédő szert jelent, ez nagyságrendileg 95%-os megtakarítást jelent.

Látva a számokat ki kell hangsúlyozni, hogy ez elméleti számítás. A gyakorlatban a permetező gép keretének szakaszolhatósága miatt az adott eszköz szakaszainak számától függően ennél alacsonyabb megtakarítás érhető csak el.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

90. ábra: A raszter állomány vektor alapú shapefile alakítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Értekezésemben kidolgozásra került *Reisinger et al. (2007)* alapján egy a talajtulajdonságokra alapozott algoritmus, melynek köszönhetően megvalósítható a dózisszabályozás a kukorica *(Zea mays* L.*)* preemergens növényvédelemében. A módszer révén pénzügyi megtakarításon túl csökkenteni tudtuk a kemikália felhasználást a területen, ezáltal környezetkímélőbb megoldás született a hagyományos gyakorlathoz viszonyítva, mely jól illeszkedik a fenntartható fejlődés koncepciójába. Az algoritmus alkalmazásának további jelentősége a fitotoxikus hatások csökkentése a túldozírozás elkerülése miatt. Ennek azonban főként napraforgó *(Helianthus annuus* L.*)* termesztésénél lehet szerepe, hiszen a növény rendkívül érzékenyen reagál a tavaszi herbicides kezelésekre.

Az adatgyűjtés során fellépő mérési pontatlanságok, hibák eltávolítására összehasonlítottam több adatszűrési eljárást. A megtisztított adatok elemzése során megállapítottam, hogy a két szórás távolságban vágott adatok szimmetriája meghaladta a Grubbs-féle eljárását és az összefüggés vizsgálat is szorosabbnak igazolta a kapcsolatot, ugyanakkor az ellenőrző számításoknál a Grubbs-féle módszer variancia analízisének és T-próbájának a szignifikanciája magasabb volt. Mindezek ellenére azonban azt kell megállapítanom, hogy a leíró statisztikai módszerek alkalmazása nem kellően kielégítő, hiszen nem veszik figyelembe az adatok térbeli elhelyezkedését, ami fontos többletinformációt hordoz. Ezért mindenképpen ajánlatos a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

későbbiekben olyan geostatisztikai eljárás alkalmazása, mely ezt a hiányosságot kiküszöböli.

A gyomfelvételezések során részletes felmérések révén megismertem a területre jellemző gyomflórát. A szakirodalmakkal egyetértve megállapítottam, hogy a kukoricára jellemző T_4-es egy éves és G_3-as évelő fajok voltak a területen leginkább elterjedve. Ez az eredmény jól illeszkedik számos külföldi és hazai kutatás eredményéhez. A rendszertani besorolást követően a *Poaceae* és a *Polygonaceae* családok képviselői fordultak elő a legnagyobb mértékben. A flóraelemek tekintetében pedig a kozmopolita és eurázsiai fajok terjedtek el a leginkább a táblán.

A diverzitásvizsgálatok során mesterséges csoportokba rendeltem a felvételezett kvadrátokat, és ennek függvényében végeztem el a kiértékelést. Megállapítottam, hogy az egyes felvételezési egységek fajösszetétele jelentősen eltérő. A kialakított csoportokat figyelembe véve kijelenthetem, hogy a jobb edafikus körülmények hatására az átlagos diverzitás mértéke nőtt. A legmagasabb értékeket a magasabb humusztartalmú és kötöttebb talajú területek mutatták, kisebb változékonyság mellett. A kisebb értékek a humuszban szegényebb, lazább talajú részeken voltak fellelhetőek. Itt a változékonyság is magasabb volt. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az edafikus viszonyok hatással lehetnek a gyomflórára, ám ennek biztos meghatározása további vizsgálatokat igényel.

A gyomok hozamra gyakorolt hatásának a vizsgálatakor összefüggéseket találtam a terméscsökkenés és a gyomok borítottságával kapcsolatosan. Az összefüggésvizsgálatok szoros korrelációs és regressziós együtthatókról tanúskodnak. Azonban a további elemzések kapcsán ezek nem

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

bizonyultak szignifikánsnak. A különböző gyomfajok termésdepresszáns hatásának megállapítása ezért további vizsgálatokat igényel.

Két egymást követő évben, művelési irány szerint majd arra merőlegesen is vizsgáltam ugyanazon mezőgazdasági parcella elektromos vezetőképességét, melyből megállapítottam, hogy a terület mutatott hasonlóságot a vezetőképesség alapján. Ugyanezen időszakban a talaj behatolási ellenállását penetrométer segítségével is meghatároztam, mely vizsgálatot kiegészítettem talajminta adatokkal is. Eredményeim alapján az alacsony elektromos vezetőképességű területeken mért penetrációs ellenállások vették fel a legmagasabb behatolási ellenállás értékeket, ami már előre vetítette a megállapításra került fordított arányosságot is, hiszen ezek a további vizsgálatba vont területeknél is hasonlóan alakultak. Így arra a következtetésre jutottam, hogy az általam vizsgált területen a talaj felső 30 cm-es művelt rétegének tömörödöttsége és vezetőképessége szoros negatív korrelációban van. Ezt a megállapításomat alátámasztja *Siquera et al. (2014)*-es vizsgálata is, amelyben hasonló következtetésre jutnak, azonban ők a talaj -36 - -70 cm-es rétegével kapcsolatosan. Ezzel ellentétben a talajnedvesség adatok arról tanúskodtak, hogy a térfogatszázalékos nedvességtartalom növekedésével arányosan az elektromos konduktivitás értékek is emelkedtek. Ez a megállapítás egybevág *Nagy et al. (2007)* tapasztalataival is. Ezeket az eredményeket alátámasztja mindkét kutatási év adatsora. A nyert tapasztalatok alapján az elektromos vezetőképességből következtetések vonhatóak le az adott területen a talaj tömörödöttségi viszonyaira és ezeket felhasználva a precíziós művelések során azok figyelembe vehetőek. Az összefüggést felhasználva a területre kidolgozható egy váltakozó mélységű alapművelés, mely hatására csak a parcellának az a része művelendő mélyebben, melyeknél

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

a tömörödöttség alapján az indokolt. Így komoly mennyiségű üzemanyag takarítható meg, mely akár fedezheti is az adatgyűjtés költségeit.

A folt permetezéseket már régóta alkalmazzák a mezőgazdasági művelések során, azonban kielégítő eredményt csak akkor várhatunk tőle, ha végrehajtása előtt valamilyen módon informálódtunk a parcellán elhelyezkedő beavatkozást igénylő területekről. Dolgozatomban a napjainkban egyre inkább elterjedő UAV technológiát alkalmazva vizsgáltam a látható fény tartományban elkészített felvételek alkalmazásának lehetőségét a herbicides folt permetezések tervezésénél. Az eredmények alapján kijelenthetem, hogy az évelő gyomfoltok jól detektálhatóak a módszer segítségével, helyzetük, kiterjedésük és a táblán belüli részarányuk pontosan meghatározható, ezért a védekezés jól tervezhető. A drón alkalmazása jól illeszthető a termelési feladatokba, hiszen köszönhetően az eljárás mobilitásának, gyorsan begyűjthetőek a kívánt adatok, melyek megfelelő informatikai háttérrel gyorsan kielemezhetőek. A létrehozott ortofotó alapján elkészített index kép segítségével, a növényzet színbeli eltérésének köszönhetően, még a növényzettel borított területeken is jól láthatóvá válnak a mezei acat *(Cirsium arvense* L.*)* telepei, így akár a gyomfelvételezési stratégiánk kialakításakor is nagyon sok többletinformációhoz juthatunk a felvételeknek köszönhetően.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. Igazoltam, hogy a létrehozott matematikai modell alkalmas volt a kísérleti terület edafikus viszonyai alapján a dózis szabályozás értékeinek kiszámítására, melyek képesek voltak kísérleti tábla gyomflórájának szabályozására kukorica *(Zea mays* L.*)* kultúrában.

2. Megállapítottam, hogy a talajtulajdonságok közül összefüggés van az elektromos konduktivitás *(EC_a)*, a talaj homok tartalma, valamint a penetrációs ellenállása között a kísérleti parcellán.

3. Megállapítottam, hogy a kismagasságú távérzékelés alkalmas a vizsgálatban használt Triangular Greenness Index (TGI), illetve a Green Leaf Index (GLI) segítségével évelő gyomok *(Cirsium arvense* L.*)* telepeinek detektálására és elkülönítésére RGB színcsatornákat alkalmazva.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós gazdálkodás területén napjainkban egyre több szakcikk, tanulmány, értékezés születik, melyek a téma műszaki növényvédelmi feltételrendszerével, a technológia megvalósítási és továbbfejlesztési lehetőségeivel foglalkoznak. Az intenzív mezőgazdasági termelés elképzelhetetlen vegyszeres gyomszabályozás nélkül. Bár számos törekvés van különböző alternatív megoldások bevezetésére, mint például az ökogazdálkodás, de magas munkaerő és tőkeigényük miatt széleskörű elterjedésük csak komoly központi ösztönzés hatására valósítható meg. Azonban az ökológia irányelvek, a fenntartható fejlődés szem előtt tartását nem kerülhetjük meg a hagyományos gazdálkodási rendszerek alkalmazása során sem. Ezt támasztja alá az is, hogy egyre szigorodó európai irányelvek szabályozzák a felhasználható kemikáliák körét és maximális mennyiségét. Ezeknek a céloknak az eléréséhez nyújthat segítséget a helyspecifikus növényvédelem.

Dolgozatom céljai közt szerepelt, hogy egy preemergens herbicidet a talajadottságok figyelembevételével, dózisszabályozással helyspecifikusan juttassak ki a célterületre.

Vizsgálataimat a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Tangazdaságában folytattam. Itt került kijelölésre a 0469/2 helyrajzi számon szereplő 23,9 hektáros tábla, amelyre a dózis meghatározásért felelős algoritmust kidolgoztam. A *Microsoft Excel*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

2003 Professional for Microsoft Windows XP programban létrehozott modell a talajvizsgálati adatokból származó humusz *(Hu%)* illetve Arany-féle kötöttségi szám *(KA)* felhasználásával az előre definiált input adatokból kiszámította a területre alkalmazandó permetlé és herbicid mennyiségét. A módszernek köszönhetően a pénzügyi megtakarításon túl csökkenteni tudtam a kemikália felhasználást a területen, ezáltal környezetkímélőbb megoldás született a hagyományos gyakorlathoz viszonyítva, mely jól illeszkedik a fenntartható fejlődés koncepciójába. Az algoritmus alkalmazásának további jelentősége a fitotoxikus hatások csökkentése a túldozírozás elkerülése miatt.

A gyomszabályozás eredményességét takart kontrollparcellákkal vizsgáltam, melyeken gyomfelvételezési kvadrátokat alakítottam ki, és a vegetációs időszakban rendszeresen felvételezéseket hajtottam végre. A felvételezéseimet 4 alkalommal végeztem el a kukorica vegetációban az év során. Meghatároztam a társulás jellegzetes gyomnövényeit, melyeket rendszertani, életforma és flóraelem szempontok alapján részletesen elemeztem. A szakirodalmakkal egyetértve megállapítottam, hogy a kukoricára jellemző T_4-es egy éves és G_3-as évelő fajok voltak a területen leginkább elterjedve. Ez az eredmény jól illeszkedik számos külföldi és hazai kutatás eredményéhez. A rendszertani besorolást követően – némileg ellentmondva *Ujvárosi (1973b)* tapasztalatainak – a *Poaceae* és a *Polygonaceae* családok képviselői fordultak elő a legnagyobb mértékben.

Megvizsgáltam a flóra diverzitását, mely során mesterséges csoportokba rendeltem a felvételezett kvadrátokat, és ennek függvényében végeztem el a kiértékelést. Megállapítottam, hogy az egyes felvételezési egységek fajösszetétele jelentősen eltérő. A kialakított csoportokat figyelembe véve kijelentem, hogy a jobb edafikus körülmények hatására az átlagos

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

diverzitás mértéke nőtt. A legmagasabb értékeket a magasabb humusztartalmú és kötöttebb talajú területek mutatták, kisebb változékonyság mellett. A kisebb értékek a humuszban szegényebb lazább talajú részeken voltak fellelhetőek. Itt a változékonyság is magasabb volt. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az edafikus viszonyok hatással lehetnek a gyomflórára, ám ennek biztos meghatározása további vizsgálatokat igényelne.

A gyomok termésre gyakorolt hozamcsökkentő hatásáról számos kutatás számolt be, ezért a kvadrátok termésének betakarításával vizsgáltam, hogy az előforduló gyomok különböző mértékű és összetételű rendszere, milyen hatást gyakorolt a betakarított kukorica mennyiségére. Az összefüggésvizsgálatok szoros eredményei ellenére nem találtam szignifikáns kapcsolatot a gyomtársulás és a hozam csökkenés között, ezért további kutatások szükségesek ennek pontos kimutatására.

Talajtulajdonságok „on-the-go” mérésével kapcsolatos kísérletemet Jánossomorja határában található, mezőgazdaságilag intenzíven művelt 17 ha-os táblán végeztem. A vizsgálat során meghatározásra került a talaj elektromos vezetőképességét a Veris-3100 típusú mérőrendszerrel. A begyűjtött adatok előzetes feldolgozását az ESRI ARCGIS 10.2 software-rel hajtottam végre. Az adatok statisztikai vágását követően létrehozásra került a vezetőképesség térkép. Az elkészült térkép kielemzése után került kijelölésre a tizenkét mintavételi pont, ahol penetrációs ellenállásmérésre került sor. A mintavételt egyenként öt ismétlésben a 3T SYSTEM penetrométerrel 0,35 m mélységig végeztem. A mérési pontokat egy TRIMBLE JUNO 3C DGPS készülékkel rögzítettem. Minden egyes mérési ponton felvételezésre kerültek a talajellenállási adatok mellett a talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma is. Az adatokat 0,01 m-es felbontásban rögzítettem, majd a *Microsoft Excel*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Professional Plus 2010 programban rendszereztem. A statisztikai elemzéseket az *IBM SPSS Statistics 20* programban hajtottam végre, ahol az alapstatisztikai vizsgálatokat követően regresszió- és variancia analíziseket végeztem az adatok kiértékelésére. Az elemzés során 95%-os szignifikancia szintet alkalmaztam. A begyűjtött adatok alapján talajtextúrozottsági térképet készítettem, melynek köszönhetően kialakítottam 3 menedzsment zónát a vezetőképességi értékek figyelembevételével. Minden menedzsment zónában 4 különböző helyszínen, egyenként 5 ismétlésben penetrációs méréseket és talajnedvesség vizsgálatokat végeztem. A mérési eredmények alapján megállapítottam, hogy a talaj fajlagos elektromos vezetőképessége és a talajnedvesség tartalma között pozitív korreláció van, míg a behatolási ellenállással fordított arányosság volt kimutatható mindkét vizsgálati évben a kísérleti területen. Az ismétlések alapján meghatároztam egy, az adott területre jellemző regressziós függvényt, mely jól jellemzi a kapcsolatot a két vizsgált változó függvényében. A nyert tapasztalatok alapján az elektromos vezetőképességből következtetések vonhatóak le az adott területen a talaj tömörödöttségi viszonyaira és ezeket felhasználva a precíziós művelések során azok figyelembe vehetőek, mely hatására csak a parcellának az a része művelendő mélyebben, melyeknél a tömörödöttség alapján az indokolt. Így komoly mennyiségű üzemanyag takarítható meg, mely akár fedezheti is az adatgyűjtés költségeit.

Célom volt továbbá a dolgozat elkészítésével, hogy látható fény tartományban évelő gyomokat detektáljak kis magasságú légi felvételek alkalmazásával, melyek adatait felhasználva helyspecifikus beavatkozási eljárást dolgozzak ki a területen fellelhető mezei acat *(Cirsium arvense* L.*)* kolóniái ellen. A vizsgálatokra 2016. április hó 21.-én került sor Jánossomorja

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

határában, az osztrák határtól néhány kilométerre található 4,46 ha-os szántó területen. A kutatás során egy *DJI S800* típusú hat rotoros távvezérlésű UAV segítségével légi felvételeket készítettem a tábláról. A repülés megtervezésekor a *DJI Ground Station 4.0* programot alkalmaztam, melyben 90 m magasság mellett 45-méteres fogásokkal és 7 m/s sebességgel kerültek meghatározásra a repülési paraméterek. Az elkészítendő ortofotóhoz a helyszínen különböző tereptárgyak GPS koordinátainak meghatározása is megtörtént egy *SPECTRA PRECISION Mobilemapper 120* készülékkel. Az így elkészült GEOTIFF kiterjesztésű ortofotót az *EXELIS VISIUL INORMATION SOLUTIONS LNC. ENVI 5.3*-as szoftverével dolgoztam fel és elemeztem ki.

A vizsgálat alapján különböző vegetációs indexek segítségével felmérésére került a területen található évelő gyomfoltok *(Cirsium Arvense* L.*)* földrajzi elhelyezkedése, annak kiterjedése. A létrehozott hamis színes kép segítségével a növényzet színbeli eltérésének köszönhetően még a növényzettel borított területeken is jól láthatóvá válnak a mezei acat *(Cirsium Arvense* L.*)* telepei, így akár a gyomfelvételezési stratégiánk kialakításakor is nagyon sok többletinformációhoz juthatunk a felvételeknek köszönhetően. A raszter állomány klaszterezésével meghatároztam a növényvédelmi beavatkozások pontos helyét és a hozzárendelt növényvédő szer felhasználást. A vizsgálat eredményeként 95 %-os herbicid megtakarítást állapítottam meg, mely ugyan elméleti kalkuláció és mértéke nagyban függ a kijuttatást végző permetezőgép műszaki specifikációitól, de még ezek fényében is figyelemre méltó.

A drónok alkalmazása jól illeszthető a termelési feladatokba, hiszen az eljárás mobilitásának köszönhetően, gyorsan begyűjthetőek a kívánt adatok,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

melyek megfelelő informatikai háttérrel gyorsan kielemezhetők. A nagy felbontású kameráknak és a kis repülési magasságnak köszönhetően igen részletes (akár néhány centiméteres pixel nagyságú) képek készíthetők, amik széleskörűen alkalmazhatóak a mezőgazdaságban gondolván itt akár a vadkárbecslésre vagy a helyspecifikus beavatkozások előkészítésére.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt köszönetem fejezem ki témavezetőimnek, **Dr. habil Kovács Attila József**nek és **Dr. habil Milics Gábor**nak, hogy felhívták figyelmem a téma jelentőségére és javító szándékú tanácsaikkal segítették dolgozatom elkészítését.

Ez úton szeretném megköszönni **Prof. Dr. Neményi Miklós** akadémikus Úrnak, hogy a vizsgálatok műszaki feltételeit megteremtette számomra.

Köszönettel tartozom **Deákvári József** Úrnak és a **Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Mezőgazdasági és Gépesítési Intézet**nek, hogy biztosították a mérőeszközöket a vizsgálataimhoz.

Köszönettel tartozom **Prof. Dr. Reisinger Péter**nek, **Dr. habil Kalocsai Renátó**nak, **Dr. Kalmár Sándor**nak és **Dr. Mesterházi Péter Ákos**nak a konzultációs lehetőségekért.

Köszönettel tartozom a FlyBySense Kft.-nek, **Fülöp Szilárd**nak és **Gyergyói János**nak, hogy segítségemre voltak a légi felvételek elkészítésében, és **Szalka Pál**nak, aki biztosította a kutatási területet a távérzékelési vizsgálatokhoz.

Köszönet illeti meg **Dr. Gergely István**t és **Horváth Józsefné**t, hogy a kísérleteim számára szükséges területet és a herbicidet biztosították számomra a Tangazdaságban.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Köszönettel tartozom **Dr. Enzsöl Erzsébet**nek a konzultációs lehetőségekért és az adatok kiértékelésében nyújtott segítségért.

Köszönöm **Dr. Nagy Vilmos**nak a bolygatatlan talajminták levételében és kiértékelésében nyújtott segítségét.

Ez úton szeretném megköszönni **Dr. Pomsár Péter János**nak a szakmai beszélgetéseket és az erkölcsi támogatást, mely nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Végül köszönöm **családom**nak, **barátaim**nak, akik bíztattak és építő kritikával láttak el munkám során, hogy értekezésem elkészülhessen.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Az automatikus szakaszolás működési sémája 28
2. ábra: A Veris 3100 kontakt elektromos konduktivitást mérő sematikus felépítése 40
3. ábra: Az EM38 elektromos konduktivitást mérő sematikus felépítése..... 41
4. ábra: A Hewitt-Sperry Automatic Airplane 45
5. ábra: A Queen Bee UAV 46
6. ábra: A Ryan Firebee UAV..... 46
7. ábra: Tournachon ballonja és légi felvétele Párizsról, 1858 47
8. ábra: A Bavarian Pigeon Corps galambjai és légi felvételei, 1913..... 48
9. ábra: A 0469/2 helyrajzi számú tábla és a táblán belül lévő kutatási terület 52
10. ábra: AgLeader Technology Insight monitor a DirectCommand szakaszvezérlővel..... 53
11. ábra: Az SMS Basic szoftver segítségével létrehozott vegyszer 56
kijuttatási terv..... 56
12. ábra: A kijuttatás adathalmaza a szűrési vizsgálatokat megelőzően..... 57
13. ábra: A kiindulási adathalmaz adatai és eloszlásuk grafikonon ábrázolva 58

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

14. ábra: Az adathalmaz jellemzői az első vágást követően 58
15. ábra: Az adathalmaz jellemzői a második vágást követően..... 59
16. ábra: Az adathalmaz jellemzői a harmadik vágást követően 60
17. ábra: Az adathalmaz jellemzői a Grubbs-féle vágást követően 60
18. ábra: A takart kontrollparcella 62
19. ábra: A gyom felvételezési pontok elhelyezkedése 64
20. ábra: A jánossomorjai kísérleti parcella..... 67
21. ábra: A mintavételi pontok szemcsefrakció eloszlása 69
22. ábra: A Veris-3100 talaj elektromos vezetőképesség mérő munka közben 70
23. ábra: A művelt réteg fajlagos elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva, 2012 71
24. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a statisztikai vágást követően, 2012..... 72
25. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a Grubbs-féle próbát követően, 2012..... 73
26. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva, 2013 73
27. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a statisztikai vágást követően, 2013..... 74
28. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége és annak eloszlása grafikonon ábrázolva a Grubbs-féle próbát követően, 2013..... 75
29. ábra: A 3T SYSTEM elektronikus rétegindikátor felépítése..... 76
30. ábra: EIJKELKAMP PENETROLOGGER felépítése 77
31. ábra: A mérési pontok kijelölése, 2012..... 79
32. ábra: Az ismétlési pontok megrajzolása és a mérés folyamata..... 81

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

33. ábra: A bolygatatlan talajminta vétel a penetrációs mérés mellett 81
34. ábra: A jánossomorjai kísérleti parcella 82
35. ábra: A kutatási terület a gyomfoltokkal 83
36. ábra: A DJI S800 típusú UAV és a rajta elhelyezett SONY NEX 7 kamera 84
37. ábra: A repülési útvonal megtervezése 84
38. ábra: Referencia pontok a helyszínen 85
39. ábra: A georeferálás során használható „különleges” tárgyak 86
40. ábra: A georeferált ortofotó 87
41. ábra: Az elemzéshez használt felvétel rész 88
42. ábra: Az analízisbe bevont tényleges terület 89
43. ábra: A tanuló területek 90
44. ábra: A raszter állomány vektor alapú alakzat file-á alakítása 91
45. ábra: A létrehozott vektoros alakzat file 91
46. ábra: A tábla határhoz igazított alakzat file 92
47. ábra: A herbicid kijuttatást végző gépkapcsolás 95
48. ábra: A regressziós egyenes illeszkedése az adatsorra 99
49. ábra: A két szórás távolságban vágott adatok megjelenítése 101
50. ábra: A két szórás távolságban vágott adatok interpolált térképe 102
51. ábra: A kijuttatott permetlé mennyiség illeszkedése a tervezett értékekre 106
52. ábra: A Grubbs-féle vágás eredményei 107
53. ábra: A Grubbs-féle vágás alapján készült interpolált kijuttatási térkép 108
54. ábra: Az átlagos borítottság mértéke a családok alapján a különböző kezeléseken 113
55. ábra: Az életforma spektrumok megoszlása a borítottság alapján 114

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

56. ábra: A flóraelemek megoszlása a borítottság alapján 116
57. ábra: Az első felvételezéskori diverzitás (2011. május 27.) 118
58. ábra: A második felvételezéskori diverzitás (2011. június 10.) 119
59. ábra: A harmadik felvételezéskori diverzitás (2011. június 17.) 120
60. ábra: A negyedik felvételezéskori diverzitás (2011. június 29.) 121
60. ábra: A talaj homoktartalma (%) a kísérleti táblán 126
61. ábra: A talaj iszaptartalma (%) a kísérleti táblán 127
62. ábra: A talaj agyagtartalma (%) a kísérleti táblán 128
63. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség értékei, 2012 131
64. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a statisztikai vágást követően, 2012 132
65. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a Grubbs-féle próbát követően, 2012 133
66. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség értékei, 2013 135
67. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképesség térképe a statisztikai vágást követően, 2013 136
68. ábra: A művelt réteg elektromos vezetőképessége a Grubbs-féle próbát követően, 2013 137
69. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012 138
70. ábra: A közepes vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012 140
71. ábra: A magas vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012 141
72. ábra: A vizsgálati pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2012 142

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

73. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2013 143
74. ábra: Az alacsony vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013 .. 145
75. ábra: A közepes vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvességtartalmai, 2013 146
76. ábra: A közepes vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013 147
77. ábra: A magas vezetőképességű pontok penetrációs ellenállás adatai és talajnedvesség tartalmai, 2013 148
78. ábra: A magas vezetőképességű pontok talajsűrűség adatai, 2013 149
79. ábra: A vizsgálati pontok penetrációs ellenállás mérései és nedvesség tartalmai, 2013 150
80. ábra: A 0 – 30 cm közti réteg regressziós egyenletének illeszkedése az adatsorra, 2012 153
81. ábra: A 0 – 30 cm közti réteg regressziós egyenletének illeszkedése az adatsorra, 2013 156
82. ábra: Az NGRDI-vel létrehozott hamis színes kép 163
83. ábra: Az VARI-val létrehozott hamis színes kép 164
84. ábra: A TGI-vel létrehozott hamis színes kép 165
85. ábra: Hamis színes kép a green leaf indexszel 166
86. ábra: A folytatólagos gyomos terület az őszi búza vetésterületén 167
87. ábra: A klaszter analízis eredménye 168
88. ábra: A folytatólagos gyomos terület az őszi búza vetésterületén 169
89. ábra: A klaszter analízis eredménye 170
90. ábra: A raszter állomány vektor alapú shapefile alakítása 173

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Néhány GPS mérési módszer jellemzői 19
2. táblázat: Balázs-Ujvárosi-féle növénycönológiai felvételezési skála 63
3. táblázat: A dózis kalkulátor beállítási felülete 94
4. táblázat: A kijuttatási adatok felépítése 94
5. táblázat: A kiindulási adatok statisztikai jellemzői 96
6. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően 97
7. táblázat: A regressziós modell összefoglalása 97
8. táblázat: A variancia analízis összefoglalása 98
9. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően 98
10. táblázat: A regressziós modell összefoglalása 98
11. táblázat: A variancia analízis összefoglalása 99
12. táblázat: A regressziós modell koefficiensei 100
13. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően 103
14. táblázat: A regressziós modell összefoglalása 103
15. táblázat: A variancia analízis összefoglalása 103
16. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően 104
17. táblázat: A regressziós modell összefoglalása 105
18. táblázat: A variancia analízis összefoglalása 105
19. táblázat: A regressziós modell koefficiensei 106
20. táblázat: Felvételezet gyomfajok családok szerinti megoszlása 109
A felvételezett fajokat és azok családjait a 21. táblázat szemlélteti. 110
21. táblázat: Felvételezet gyomfajok és családjaik 110
22. táblázat: A családok megoszlása a felvételezések során 111

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

23. táblázat: A 10 leggyakoribb növénycsalád 112
24. táblázat: A faktorok a 240 l/ha-os csoportban (2011. május 27.) 122
25. táblázat: A faktorokat alkotó változók a 240 l/ha-os csoportban..... 122
(2011. május 27.) 122
26. táblázat: A regresszió elemzés adatai a 240 l/ha-os csoportban 123
(2011. május 27.) 123
27. táblázat: Az összefüggés-vizsgálat összefoglaló eredménye..... 124
28. táblázat: A szemcsefrakció összetétel a mintavételi pontokon..... 125
29. táblázat: A változók közötti korrelációs mátrix..... 129
30. táblázat: A 2012. november 11.-i mérés alapstatisztikai adatai..... 130
31. táblázat: A 2013 október 23.-ai mérés alapstatisztikai adatai..... 134
32. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően, 2012 151
33. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós elemzése, 2012..... 152
34. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg variancia analízise, 2012..... 152
35. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós modelljének koefficiensei, 2012..... 153
36. táblázat: Az adatok statisztikai jellemzői a szűrést követően, 2013 154
37. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós elemzése, 2013..... 154
38. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg variancia analízise, 2013..... 155
39. táblázat: A 0-30 cm-es közti réteg regressziós modelljének koefficiensei, 2013..... 155
40. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regresszió analízise, 2012..... 157
41. táblázat: EC_a és a homok réteg közti variancia analízise, 2012 157
42. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regressziós modellje, 2012 158
43. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regresszió analízise, 2013..... 158
44. táblázat: EC_a és a homok réteg közti variancia analízise, 2013 158

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

45. táblázat: EC_a és a homok réteg közti regressziós modellje, 2013 159
46. táblázat: PR és a homok réteg közti regresszió analízise, 2012..... 159
47. táblázat: PR és a homok réteg közti variancia analízise, 2012 160
48. táblázat: PR és a homok réteg közti regressziós modellje, 2012 160
49. táblázat: PR és a homok réteg közti regresszió analízise, 2013..... 161
50. táblázat: PR és a homok réteg közti variancia analízise, 2013 161
51. táblázat: PR és a homok réteg közti regressziós modellje, 2013 161
52. táblázat: A klaszter analízis eredménye 169
53. táblázat: A klaszter analízis eredménye 171

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

IRODALOMJEGYZÉK

1. Adamchuk, V. I. – Hummel, J. V. – Morgan, M. T. – Upadhyaya, S. K. (2004): On-the-go soil sensors for precision agriculture, Computer and Electronics, Volume 44. Issue 1. pp.: 71-91.
2. Agüera, F. – Carvajal, F. – Pérez, M. (2011): Measuring sunflower nitrogen status from an unmanned aerial vehicle-based system and an on the ground device. ISPRS – Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXVIII-1/C22, pp.: 33–37.
3. Aichbereger, K. – Bäck, J. (2001): The Austrian soil sampling prcedure tested in a field study (CEEM-project). The Science of The Total Environmental, Volume 264, Issues 1-2, 8 January 2001. pp.: 175-180.
4. Archie, G. E. (1942): The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. Petroleum Transactions of the AIME, 146, pp.: 54-62.
5. Arslan, S. – Colvin, T. S. (2002): Grain yield mapping: yield sensing, yield recontruction, and errors. Precision Agriculture 3, pp.: 135-154.
6. ASTM (2008): E 178-08. Standard Practice for Dealing With Outlying Observations. Annual book of ASTM standards. Developed by Subcommittee: E11.10 Book of Standards Volume: 14.02

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

7. Auernhammer, H. – Demmel, M. – Muhr, T. – Rottmeier, J. – Wild, K. (1994): GPS for Yield Mapping on Combines. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 11., Issue: 1. pp.: 53-68.
8. Bakacsi Zs. – Csathó P. – Czinege E. – Szabó J. (1997-1998): Jelentés a „Környezetkímélő Talajvédelmi Kiegyenlítő Trágyázási Módszer kidolgozása" című kutatási programban elvégzett munka eredményeiről. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest
9. Balla I. – Milics G. – Deákvári J. – Fenyvesi L. – Neményi M. – Jolánkai M. (2011): Talajnedvesség meghatározás fajlagos elektromos vezetőképesség alapján a precíziós mezőgazdaságban. Növénytermelés, Volume 60. pp.: 5-25.
10. Balla I. – Milics G. – Deákvári J. – Fenyvesi L. – Smuk N. – Neményi M. – Jolánkai M. (2013): Connection between soil moisture content and electrical conductivity in a precision farming field. Acta Agronomica Óváriensis, Volume 55. Number 2. pp.: 21-32.
11. Barahona, E. – Iriarte, A. (2001): An overview of the present state of standardization of soil sampling in Spain. The Science of The Total Environmental, Volume 264, Issues 1-2, 8 January 2001. pp.: 169-174
12. Basso, B. – Ritchie, J. T. – Pierce, F. J. – Braga, R. P. – Jones, J. W. (2001): Spatial validation of crop models for precision agriculture. Agricultural Systems, Volume 68, Issue 2, May 2001, pp.: 97-112.
13. Bauder, J. W. – Randall, G. W. – Schuler, R. T. (1985): Effects of tillage with controlled wheel traffic on soil propertie and root growth of corn, J. Soil Water Conserv., Volume 40, pp.: 382-385.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

14. Batte, M. T. (1999): Precision Farming – Factors Influencing Profitability The Ohio State University, 1999. http://aede.osu.edu/Programs/VanBuren/pdf/ PrecisionFarming.pdf
15. Bedő P. (2007): Szakmai igényesség és technika, IKR Magazin 2007 nyár, pp.: 13-15.
16. Beke D. (2006): Talajtömörödés és -nedvességtartalom vizsgálat szántóföldi tartamkísérletekben, Doktori disszertáció, Keszthely
17. Bendig, J. – Bolten, A. – Bareth, G. (2012): Introducing a low-cost mini-UAV for thermal- and multispectral-imaging. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B1, pp.: 345–349.
18. Benghough, A. G. – Campbell, D. J. – O'Sullivan, M. F. (2001): Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. In: Soil and Environmental Analysis: Physical Methods, Smith, K. A. – Mullins, C. E. (Eds.) Marcel Decker, New York, NY, USA, pp.: 377-404.
19. Berzsenyi Z. (1973): A vegyszeres gyomirtás eredményeinek vizsgálata. Gazdálkodás XVII. évf. 1. sz. pp.: 21-28.
20. Berzsenyi Z. (1979): A kukorica vetések gyomborítottsága és termésmennyisége közötti összefüggés. Növénytermelés Volume: 28. Issue 5. pp.: 417-425.
21. Berzsenyi Z. – Győrrfy B. (1995): Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és terméstabilitására. Növénytermelés, 44. 507-517.
22. Birkás M. (1999): A talajtömörödés a hazai szakirodalomban. Mezőgazdasági Techmika, Volume 40. Issues 10. pp.: 28-30.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

23. Birkás M. (2000): A talajtömörödés kialakulása Magyarországon, következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés.
24. Bocz E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
25. Bosnic, A. C. – Swanton, C. J. (1997): Influence of barnyardgrass (Echinochola crus-galli L. P. Beauv.) time of emergence and density on corn (Zea mays L.) Weed Science Volume: 45. Issue 2. pp.: 276-282.
26. Brevik, E. C. – Fenton, T. E. (2002): The relative influence of soil water, clay, temperature, and carbonate minerals on soil electrical conductivity readings taken with an EM-38 along a Mollisol catena in central Iowa. Soil Survey Horizons, Volume 43. pp.: 9-13.
27. Brevik, E. C. – Fenton, T. E. (2004): The Effect of Changes in Bulk Density on Soil Electrical Conductivity as Measured with the Geonics® EM-38. Soil Survey Horizons, Volume 45, Issues 3, pp.: 96-102.
28. Brock, R. H. – Karakurt, E. (1999): GPS precision and efficiency under variable forest types and crown density. Paper No. 99-5035, American Scociety of Agriculuture Engineers, St Joseph, MI, USA
29. Chikán A. (2001): Vállalatgazdaságtan. Aula kiadó Kft, Budapest pp.: 1-564.
30. Christensen, S. – Walter, A. M. – Heisel, T. (1999): The patch treatment of weeds in cereals. In: Proceedings of the 1999 Brighton Crop Protection Conference, British Crop Protection Council, Volume: 2 pp.: 591-600.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

31. Clements, F. E. – Weaver, J. E. – Hanson, H. C. (1929): Plant competition – an analysis of community furction. Published No. 398. Carnegie Institute, Washington D. C. p.: 340.
32. Cook, P. G. – Walker, G. R. (1992): Depth profiles of electrical conductivity from linear combinations of electromagnetic induction measurements. Soil Science Society of American Journal, Volume 56. pp.: 1015-1022.
33. Corwin, D. L. – Lesch, S. M. (2005): Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: I Survey protocols. Computer and Electronics in Agriculture. Volume 46. pp.: 103 – 133.
34. Corwin, D. L. – Rhoades, J. D. (1982): An improved techniques for determining soil electrical conductivity-depth relations from above-ground electromagnetic measurements, Soil Science Society of America Journal, Volume 46, pp.: 517-520.
35. Corwin, D. L. – Rhoades, J. D. (1984): Measurement of inverted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction. Soil Science Society of America Journal, Volume 48. pp.: 288-291.
36. Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Sulyok D. – Magda S. – Németh T. (2006): Költség- és környezetkímélő trágyázási rendszer. GAZDÁLKODÁS 5: pp.: 60-67.
37. Csathó P. – Németh T. (2006): Költség- és környezetkímélő tápanyag-utánpótlási szaktanácsadási rendszer. AGROINFORM SZAKLAP 15:(6) pp.: 25-26.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

38. Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Sulyok D. – Magda S. – Németh T (2007a): Költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer. GAZDÁLKODÁS 51:(5) pp.: 60-67.
39. Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Horváth J. – Németh T. (2007b): Az MTA TAKI és MTA MGKI trágyázási szaktanácsadási rendszer. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana, Jate Press – MTA TAKI, Szeged, p. 239
40. Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Horváth J. – Németh T (2008): Költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer tesztelése az OMTK kísérletek eltérő NPK szintjein. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 1: p. 1.
41. Cserháti S. (1899): Általános és különleges növénytermesztés. Győr. p.: 600.
42. Csiba M. – Milics G. – Smuk N. – Neményi M. (2009): A fenntartható fejlődés kihívása és az erre adható válasz a magyar mezőgazdaságban. In: Mezőgazdaság és a vidék jövőképe, Mosonmagyaróvár 2009. április 17-18. Konferenciakiadvány II. kötet. pp.: 264-272.
43. Czimber Gy. – Précsényi I. – Csala G. (1977): Adatok a kukoricavetésekben gyomosodást okozó köles (Panicum miliaceum L.) kártételéről. Növénytermesztés Volume 26. Issue 4. pp.: 275-284.
44. Czimber Gy. – Précsényi I. – Kulcsár A. (1978): A fenyércirok (Sorghum halepense (L.) Pres.) kártétele és növekedésének fontosabb jellemzői a székesfehérvári „Vörösmarty" termelőszövetkezet kukoricavetésében. Növénytermelés, Volume: 27. Issue 6. pp.: 521-528.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

45. Czinege E. – Pásztor L. – Szabó J. – Csathó P. – Árendás T. (2000): Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. Agrokémia és talajtan 49. pp.: 55-63.
46. Czinege E. (2002): Precíziós gazdálkodás: a jövő évezred agrotechnológiája. Agro Napló VI. évfolyam, 2002/2
47. Deákvári J. – Kovács L. (2008): GPS a mezőgazdaságban, Agrárágazat IX. évfolyam 7. szám, 2008. augusztus, pp.: 22-27.
48. Daberkow, S. G. – McBride, W. D. (2000): Adoption of precision agriculture technologies by U.S. farmers. Proceeding (on CD) of the 5th International Conference on Precision Agriculture, edited by P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson (ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI, USA)
49. Daberkow, S. G. – McBride, W. D. (2003): Farm and Operator Charateristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US, Precision Agriculture, 4, pp.: 163-177, 2003 – Kluwer Academic Publishers. Manufactured in Netherlands
50. Darwin, C. (1859): On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life. John Marray. Abbemare St. London p.: 502.
51. Diacono, M. – Abd El Rahman, H. – Cocozza, C. – De Benedetto, B. – Troccoli, A. – Rubino, P. – Castrignano, A. (2011): Delineation of homogeneous field zones based on soil fertility indices in a durum wheat – chickpea rotation. . In: John V. Stafford: Precision Agriculture 2011. ISBN: 978-80-904830-2-6, Prague, pp.: 164-179.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

52. Dicke, D. – Gerhards, R. – Büchse, A. – Hurle, K. (2007): Modeling spatial and temporal dynamics of Chenopodium album L. under the influence of site-specific weed control, Crop Protection, Volume 26, Issue 3, March 2007, pp.: 206-211.
53. Dillon, C. L. – Mueller, T. – Shearer, S. (2003): An economic optimization modell for managment zone configuration. Precision Agriculture 2003. Wagenigen Academic Publisher pp.: 165-169.
54. Drimba P. (1997): An application of risk modelling in agriculture decision. 3rd International Conference on Applied Informatics. Eger-Noszvaj. Előadás
55. Elazab A. – Ordónez, R. A. – Savin, R. – Slafer, G. A. – Araus, J. L. (2016): Detecting interactive effects of N fertilization and heat stress on maize productivity by remote sensing techniques. European Journal of Agronomy, Volume 73. pp.: 11-24.
56. Ellsbury, M. M. – Woodson, W. D. – Malo, D. D. – Clay, D. E. – Carlson, C. G. – Clay, S. A. (1999): Spatial variability in corn rootworm distribution in relation to spatially variable soil factors and crop condition. In: Robert, P. C. – Rest, R. H. – Larson, W. E. (Eds.), Preceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculure, St. Paul, MN, 19 – 22 July 1998.ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, pp.: 523-533.
57. Fairchild, D. S. (1988): Soil information system for farming by knd of soil. In: Proceedings, International Interactive Workshop on Soil Resources: Their Inventory, Analysis and Interpretations for Use int he 1990's, University of Minnesota, USA pp.: 159-164.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

58. Fittermann, D. V. – Stewart, M. T. (1986): Transient electromagnetic sounding for groundwater. Geophysics Volume 51, pp.: 995-1005.
59. Fodor N. – Csathó P. – Árendás T. – Németh T. (2007): MTA TAKI - MTA MgKI új trágyázási szaktanácsadási rendszere az NVT agrár-környezetgazdálkodási program eredményes megvalósításáért. ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS 49: pp.: 141-145.
60. Fülöp I. (2007): Pannon-Víz Zrt. Győr jánossomorjai szenyvíztisztító telepén keletkező víztelenített szennyvíziszap mezőgazdasági területen történő elhelyezési talajalkalmassági szakvéleménye. Zalaegerszeg, p.: 112
61. Gandonou, J. – Dillon, C. R. (2007): Precision timing and spatial allocation of economic fertilizer application considering suitable field days. Precision Agriculture 2007. Wagenigen Academic Publisher pp.: 737
62. Gandorfer, M. – Bachmaier, M. – Meyer-Aurich, A. – Heißenhuber, A. (2003): Precision Farming- ein innovativer Ansatz zur Verminderung des ökonomischen und ökologischen Risikos- eine Simulationsstudie. Budde, H-J; Müller R, A.E. und U. Birkner (Hrsg.): Referate der 24. GIL - Jahrestagung in Göttingen 2003. Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Band 16, Göttingen 2003, pp.: 36-40.
63. Gerard, C. J. – Mehth, H. C. – Hinojosa, F. (1972): Root growth in a clay soil. Soil Science. Volume 114. pp.: 37-49.
64. Gerhards, R. – Sökefeld, M. – Schulze-Lohne, K. – Mortensen, D. A. – Kühbauch, W. (1997): Site pecific weed control in winter wheat.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Journal of Agronomy and Crop Science, Volume 178, Issue 4, pp.: 219-225.

65. Gerhards, R. – Christensen, S. (2003): Real-time weed detection, decision making and patch spraying in maize, sugar beet, winter wheat and winter barley. Weed Research. Volume: 43; pp.: 385-392.
66. Gerhards, R. – Sökefeld, M. (2003): Precision farming in weed control-system components and economic benefits. Precision Agriculture 2003, Wagenigen Academic Publisher pp.: 229-234.,
67. Gerhards, R. – Oebel, H. (2006): Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. Weed Research. Volume: 46. Issue 3. pp.: 185-193.
68. Gini, R. – Passoni, D. – Pinto, L. – Sona, G. (2012): Aerial images from a UAV system: 3D modelling and tree species classification in a park area. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B1, pp.: 361–366.
69. Gitelson, A. A. – Kaufman, Y.J. – Stark, R. – Rundquist, D. (2002): Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment 80, pp.: 76–87.
70. Goad, C. (1996): Surveying with the Global Positioning System. In: Global Positioning System: Theory and Applications. Edited by Parkinson, B. W. – Spilker, J. J., American Institute of Aeronautics and Atronautics, Inc, Washington DC, USA
71. Godwin, R. J. – Richards, T. E. – Wood, G. A. – Welsh, J. P. – Knight, S. M. (2003): An Economic Analysis of the Potential for Precision

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Farming in UK Cereal Production. Biosystems Engineering, Volume 84, Issue 4, April 2003, pp.: 533-545.

72. Grubbs, F. E. (1969): Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. Technometrics, Volume 11. No. 1. pp.: 1-21.
73. Győrffy B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közlemények. Volume 35. pp.: 239-266.
74. Győrffy B. (2000): Javaslat a precíziós agrárgazdálkodás kutatási programjának indítására. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi osztályának 2000. évi tájékoztatója. Budapest, pp.: 17-22.
75. Gyuricza Cs. (2000): Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő. p. 148.
76. Hall, M. R. – Swanton, C. J. – Anderson, G. W. (1992): The critical period of weed control in grain corn (Zea mays L.). Weed Science Volume: 40.Issue 3. pp.: 441-447.
77. Halvoroson, A. D. – Rhoades, J. D. (1976): Field mapping soil conductivity to delineate dryland seeps with four-electrode techniques. Soil Science Society of America Journal, Volume 44. pp.: 571-575.
78. Hannavy, J. (2008): Encylopedia of Nineteenth-Century Photography. Volume 1 A – I Index, Routledge Taylor & Francis Group 270 Madison Avenue New York, NY 10016, ISBN 0-415-97235-3 p. 1630.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

79. Harstock, N. J. – Müller, G. W. T. – Barnhisel, R. I. – Wells, K. L. (2000): Soil sensing techniques as soil survey tools in lacustre-derived soils, central Iowa (Cd). International Econference on Precision Agriculture, Volume 5. ASA-CSSA-SSSA, Bloomington, Ind. USA
80. Heege, J. H. – Feldhaus, B. (2002): Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drills, Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 012. Volume IV. December, 2002.
81. Hemmat, A. – Adamchuk, V. I. (2008): Sensor systems for measuring soil compaction: Review and analysis. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 63, Issue 2, October 2008, pp.: 89-103.
82. Holm, L. G. – Plucknett, D. L. – Pancho, J. V. – Herberger, J. P. (1977): The World's worst weeds. Distribution and biology. Honolulu. University of Hawaii. p. 609.
83. Holzner, W. – Numata, M. (1982): Biology and ecology of weeds. Dr. W. Junk Publishers, The Hague – Boston – London, p. 461.
84. Hunyadi K. (1974): Vegyszeres gyomirtás, I. Általános rész. Egyetemi jegyzet, Keszthely p. 200.
85. Hunt, E. R. – Cavigelli, M. – Daughtry, C. S. T. – McMurtrey, J. E. – Walthall, C. (2005): Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing ofcrop biomass and nitrogen status. Precis. Agric. 6, pp.: 359–378.
86. Hunt, E. R. – Daughtry, C. S. T. – Eitel, J. U. H. – Long, D. S. (2011): Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. Agronomy Journal 103, pp.: 1090–1099.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

87. Hunt, E. R. – Doraiswamy, P. C. – McMurtrey, J. E. – Daughtry, C. S. T. – Perry, E. M. – Akhmedov, B. (2013): A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Volume 21. pp.: 103-112.
88. ICAO, (2011): ICAO Circular 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS). Technical Report. International Civil Aviation Authority. Montreal, Canada
89. Jabro, J. D. – Evans, R. G. – Kim, Y. – Stevens, W. B. – Iversen, W. M. (2006): Characterization of spatial variablilty of soil electrical condutivity and cone index using coulter and penetrometer-type sensors. Soil Sciences, Volume 171, pp.: 627-637.
90. Jerabek, J. – Zumr, D. – Dostál, T. (2017): Identifying the plough pan position on cultivated soils by measurments of electrical resistivity and penetration resistance. Soil and Tillage Research. Volume 174. pp.: 231-240.
91. Johnson, C. E. – Schafer, R. L. – Young, S. C. (1983): Controlling agricultural machinery intelligently. In: Agricultural Electronics - 1983 and Beyond. Proceedings of the National Conference on Agricultural Electronics Applications, American Society of Agricultural Engineers, USA, pp.: 114-119.
92. Kádár A. (1983): Gyomirtás – vegyszeres terméssza bályozás. Mezőgazdasági Kiadó, p. 217.
93. Kacz K. (2007): A birtokviszonyok és az üzemi struktúra alakulását befolyásoló tényezők vizsgálata a Nyugat-Dunántúli régióban. Doktori disszertáció, Keszthely

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

94. Kaffka, S. R. – Lesch, S. M. – Bali, K. M. – Corwin, D. L. (2005): Site-specific managment in salt-affacted sugar beat fields using electromagnetic induction, Computer and Electronics in Agriculuture. Volume 46. pp.: 329-350.
95. Kalmár, S. (2000): A precíziós gazdálkodást megalapozó hozamtérképkészítési módszer, valamint a tápanyag utánpótlási, agrotechnikai és növényvédelmi eljárások alkalmazásának vizsgálata. Témavezető: Dr. habil Reisinger Péter NYME Mezőgazdaságtudományi Kar Szaktanácsadó és Továbbképző Intézet Mosonmagyaróvár 2000
96. Kalmár S. – Salamon L. – Reisinger P. – Nagy S. (2004): Possibilities of applying precision weed control in Hungary (A precíziós gyomszabályozás üzemi alkalmazhatóságának vizsgálata.) Gazdálkodás XLVIII. évf. 8. sz. Különkiadása (English Special Edition)
97. Kalmár S. (2010): Új mezőgazdasági technológiák üzemgazdasági értékelése az optimális üzemméret kialakítása tükrében. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár, 2010, 135. p.
98. Kalocsai R. – Schmidt R. – Szakál P. (2006): A szakszerű talajmintavételezés jelentősége, módszerei, Agro Napló X. évfolyam, 2006/10
99. Kazinczi G. – Béres I. – Mikulás J. – Pölös E. (1991): A selyemmályva (Abutilon theophrasti Medic.) allelopatikus hatásának és kompetitív képességének a vizsgálata. Növénytermesztés. Volume: 40. Issue 4. pp.: 321-331.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

100. Klopp B. (2000): Precíziós gazdálkodás a harmadik évezred agrotechnológiája, Gyakorlati Agrofórum, 11. évf. 14. szám, 2000. december, pp.: 56-57.
101. Kocsis I. – Daróczi S. – Czinkóczky M. – Nagy J. (1992): Nedvességmérős penetrométer gyepen. In: Természetes állattartás. 2. Tudományos és termelési tanácskozás. (Szerk: Vinczeffy I.) Debrecen, pp.: 75-84.
102. Koller, M. – Upadhyaya, S.K. (2005a): Prediction of processing tomato yield using a crop growth model and remotely sensed aerial images. Trans. ASABE 48 (6), pp.: 2335–2341.
103. Koller, M. – Upadhyaya, S.K. (2005b): Relationship between modified normalized difference vegetation index and leaf area index for processing tomatoes. Appl. Eng. Agric. 21 (5), pp.: 927–933.
104. Kroppf, M. – Spitters, C. J. T. (1991): A simple model of crop loss by weed competition from early observations on leaf area of the weeds, Weed Research Volume: 31. pp.: 97-105.
105. Kurtener, D. – Yakushev, V. – Torbert, H. A. – Krueger, E. (2011): Zoning of an agricultural field using a fuzzy indicator model. . In: John V. Stafford: Precision Agriculture 2011. ISBN: 978-80-904830-2-6, Prague, pp.: 157-163 .
106. Lachapelle, G. – Henriksen, J. (1995): GPS under cover: the effect of foliage on vehicular navigation. GPS World, Volume 6. Issue: 3, pp.: 26-35.
107. Lamb, D. W. – Brown, R. B. (2001): Remote-sensing and mapping of weeds in crops. Journal of Agricultural Engineering Research. Volume: 78 pp.:: 117-125.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

108. Langley, R. B. (1997): The GPS error budget. GPS World. Volume 8. Issue: 3, pp.: 51-56.
109. Langley, R. B. (1998): RTK GPS. GPS World, Volume 9. Issue: 9. pp.: 70-72.
110. Legg, B. J. – Stafford, J. V. (1998): Precision agriculture – new technologies. In Proceedings of an International Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases, Volume 3, pp.: 1143–1150. 16–19 November 1998, Brighton, UK.
111. Lewis, J. (2014): Mobility and Fantasy in Visual Culture. Routledge, 711 Third Avenue, New York, NY 10017. ISBN: 978-0-415-82129-2. pp.: 298.
112. López-Granados, F. (2010): Weed detection for site-specific weed managment: mapping and real-time approaches. Weed Research. Volume: 51. pp.: 1-11.
113. Long, D. S. – Engel, R. E. – Carlson, G. R. (1988): Grain protein mapping for precision N managment of dryland wheat. In proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture. Edited by: Robert, P. C. – Rust, R. H. – Larson, W. E., American Scociety of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, USA, pp.: 787-796.
114. Lásztity B. – Csathó P. (1994): A tartós NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. Növénytermelés, 43. pp.: 157-167.
115. Lehoczky É. – Reisinger P. – Nagy S. – Kőmíves T. (2004): Early competition between maize and weeds. Zeitschrift für

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. XIX. pp.: 383-389.

116. Leiva, F. R. – Morris, J. – Blackmore, B. S. (1997): Precision Farming Techniques for Sustainable Agriculture. 1st European Conference on Precision Agriculture, Warwick University Conference Centre, Warwick UK.
117. Lencsés E. – Takácsné Gy. K. (2008): Economic aspects of different weed management systems in corn production. Cereal Research Communications. Volume 36, Suppl. 2008. pp.: 707-710.
118. Lindquist, J. L. – Dielman, J. A. – Mortensen, D. A. – Johnson, G. A. – Wyse–Pester, D. Y. (1998): Economic importance of managing spatially heterogeneous weed papulations. Weed Technology Volume: 12. pp.: 7-13.
119. Louhaichi, M., Borman, M. M., Johnson, D. E., (2001): Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. Geocarto International 16, pp.: 65–70.
120. Lőrincz Zs. (2007): Kockázatelemzés a növénytermesztésben. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár, 2007, pp.: 1-159.
121. Lucieer, A. – Robinson, S. – Turner, D. – Harwin, S. – Kelcey, J. (2012): Using a micro-UAV for ultra-high resolution multi-sensor observations of antarctic moss beds. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B1, pp.: 429–433.
122. Lyson, T. A. (2002): Advanced agricultural biotechnologies and sustainable agriculture, Trends in Biotechnology, Volume 20, Issue 5, 1 May 2002, pp.: 193-196.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

123. Mahli, S. S. – Nyborg, M. (1993): Compaction of soils. Yield of barley in greenhouse and field. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 24: 13-14, pp.: 1453-1464.
124. Markets and Markets, (2013): Unmanned Aerial Vehicle Market (2013-2018). Technical Report, Markets and Markets, Dallas, TX, USA.
125. Magda S. (2005): A mezőgazdasági vállalkozások tőkeigényessége. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen pp.: 14-22.
126. Mesterházi P. Á. – Pecze Zs. – Neményi M. (2001): A precíziós növényvédelmi eljárások műszaki-térinformatikai feltételrendszere. Növényvédelem 37 (6) pp.: 273-282.
127. Mesterházi P. Á. (2004): Development of measurement technique for GPS-aided plant production, Doctoral dissertation, Mosonmagyaróvár 203. p.
128. MÉM NAK. „kék füzet" (1979): Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere. Szerkesztette: Buzás I., – Fekete A. Mazőgazdasági Kiadó, Budapest
129. McKinnon, T. – Hoff, P. (2017): Comparing RGB-based vegetation indices with NDVI for UAV based agricultural sensing. Agribotix LLC. 3309 Ariport Road, Boulder, CO 80301, USA
130. McNeff, J. (1999): Leadership in satellite navigation and timming. GPS World. Volume 10. Issue: 10, pp.: 48-52.
131. McNeill, J. D. (1992): Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In: Topp, G. C. – Reynolds, W. D. – Green, R. E. (Eds.), Advances in Measurments of

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice, SSSA Special Publication No. 30. ASA-CSSA-SSSA, Medison, WI, USA, pp.: 201-229.

132. Miao, Y. – Robert P. C. – Mulla D. J. (2004): Spatial and temporal variability in corn yield and quality responses to N fertilization within an Eastern Illinois no-till field. Proceedings of the 7th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Hyatt Regency, Minneapolis, MN, USA, 25-28 July, 2004
133. Mikéné H. F. (2006): A fuzzy logika és a neurális hálók alkalmazása a precíziós növénytermelés adatbázisának értékelésében. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár, pp.: 1-207
134. Miller, P. C. H. – Paice, M. E. R. (1998): Patch spraying approaches to optimise the use of herbicides applied to arable crops. Journal of the Royal Agriculutral Society of England, Volume: 144. pp.: 146-158.
135. Milics G. (2007): Szenzortechnikai fejlesztések a kemikáliák precíziós-helyspecifikus kijuttatásához. In: Jávor A. – Kovács J. (szerk.): A korszerű tápanyaggazdálkodás műszaki feltételei, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, pp.: 143-148.
136. Milics G. (2008): A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben, Doktori disszertáció, Pécs, pp.: 1-127.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

137. Milics G. – Smuk N. – Nagy V. – Deákvári J. – Neményi M. (2012): The role of microrelief measurements in precision agriculture. Növénytermelés, Volume: 61. Supplement 1. pp.: 403-406.
138. Milics G. – Smuk N**.** (2012): Lehetőségek a helyspecifikus vetés megvalósítására, Agro Napló 2012. április, pp.: 25.
139. Milics G. – Smuk N. – Virág I. – Neményi M. (2012): Precision agriculture – technical development for a sustainable agriculture. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint
140. Moore, I. D. – Gessler, E. – Nielsen, G. A. – Peterson, G. A. (1993): Terrain analysis for soil specific crop management. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, ASACSSA-SSSA. pp.: 27-51.
141. Morgan, M. – Ess, D. (1997): The Precision Farming Guide for Agriculturist. Deere & CoMPany, John Deere Publishing, ISBN-13: 9780866912457. pp.: 1-124.
142. Mouazen, A. M. – Roman, H. (2006): Development of on-line measurement system of bulk density based on on-line measured draught, depth and soil moisture. Soil and Tillage Research, Volume 86. pp.: 218-229.
143. Nadler, A. (1982): Estimating the soil water dependence of the electrical conductivity soil solution/electrical conductivity bulk soil ratio. Soil Science Society of American Journal. Volume 46. No. 4. pp.: 722-726

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

144. Nagy J. (1995): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (Zea mays L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés, 44. pp.: 493-506.
145. Nagy L. (2007): A növénytermesztés termelési kockázatának elmezése különböző termőhelyi adottságoknál az észak-alföldi régióban. INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ECONOMICS, RURAL DEVELOPMENT AND INFORMATICS, ISBN: 978-963-9732-11-7 AVA3, Debrecen, pp.: 905-916.
146. Nagy S. (2003a): A gabonatarló gyomfelvételezése GPS segítségével, Agro Napló, 2003. év, 6. szám.
147. Nagy S. (2003b): Gyomfelvételezési mintaterek kijelölése és gyomtérképek készítése precíziós gyomszabályozáshoz, Agro Napló, 2003. év, 6. szám
148. Nagy S. – Reisinger P. – Antal K. (2003): Mapping of distribution of perennial weed species to elaborate precision weed control. 3rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University (3rd IPPS). From ideas till implementation. Challenge and Practice of Plant Protection in the beginning of the 21st century. Debrecen, 15-16. 10. 2003. Proceedings. pp.: 300-306.
149. Nagy S. (2004): A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár p. 223.
150. Nagy V. – Milics G. – Smuk N. – Kovács A. – Balla I. – Jolánkai M. – Deákvári J. – Szalay K. – Fenyvesi L. – Štekauerová, V. – Wilhelm, Z. – Rajkai K. – Németh T. – Neményi M. (2013): Continuous field

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement. Journal of Hydrology and Hydromechanics. Volume 61, no. 4, pp.: 305-312.

151. Neményi M. (1983): A kukoricatermesztés energiamérlegének javítása, különös tekintettel a szemtermés mesterséges szárításának hőfelhasználását befolyásoló tényezőkre. Kandidátusi disszertáció. Mosonmagyaróvár, 156. p.
152. Neményi M. (1988): Energiatakarékosan szárítható kukoricahibridek jellemzői. Akadémiai Kiadó, Budapest. 87 p. ISBN 963 05 4876 3
153. Neményi M. – Pecze Zs. – Mesterházi P. Á. – Németh T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. Növénytermelés 50 (4) pp.: 419-430.
154. Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Pecze Zs. – Stépán Zs. (2003): The role of GIS and GPS in precision farming Computers and Electronics in Agriculture, Volume 40, Issues 1-3, October 2003, pp.: 45-55.
155. Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Milics G. (2006a): An Application of Tillage Force Mapping as a Cropping Management Tool, Biosystems Engineering. Volume 94, Issue 3, July pp.: 351-357.
156. Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Milics G. (2006b): Növényi kártevők helyspecifikus érzékelése infraszenzorral. In: A növényvédő szer használat csökkentés gazdasági hatásainak vizsgálata – milyen irányok lehetségesek? In: Növényvédő szer használat csökkentés gazdasági hatásai. (szerk.: Takácsné Gy. K.). Szent István Egyetemi Kiadó. 2006. pp.: 41-45 .

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

157. Neményi M. – Milics G. (2007): Precision agriculture technology and diversity. Cereal Research Communications, Volume 35, Nr. 2, Akadémiai Kiadó, pp.: 829-832.
158. Nemessályi Zs. (2005): Jövedelem, jövedelmezőség, versenyképesség a hatékonyság rendszerében. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen
159. Német T. – Kovács Z. – Kovács A. – Potyondi l. (1999): GPS technológia mezőgazdasági felhasználása (Táblaszintű gazdálkodás - Precision Farming). Növényvédelmi Tanácsok. 8.8. pp.: 26-28.
160. Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATEPress-MTA TAKI, Szeged-Budapest, pp.: 1-239.
161. Ngujuri, G. M. – Siemens, J.C. (1993): Tractor wheel traffic on corn growth. Paper of American Society of Agricultural Engineers. 93. 1110. p. 22
162. Niemann, P. (1986): Mehrjährige Anwendung des Schadensschwellenprizips bei der Unkrautbekämpfung auf einem landwirtschaftlichen Betrieb. (Using weed control threshold over many years on a farm.) In: Proceedings of the EWRS Symposium on Economic Weed Control (Edited by: Hurle, K. – Eggers, T. – Hance, R. J. –Menck, B. H.), Germany, pp.: 385-392.
163. Nieto, H. J. – Bernardo, M. A. – Gonzales, J. T. (1968): Critical periods for the crop growth cycle for competition from weeds. Pest Articles and News Summaries, Volume14, Issue 2, pp.: 159-166.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

164. Nyéki A. É. (2016): A precíziós növénytermesztés és a fenntartható mezőgazdaság kapcsolata. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár pp.: 1-179.
165. Pawlak J. (2003): Precision agriculture – economic aspects. Precision Agriculture 2003. Wagenigen Academic Publisher pp.: 527-532.
166. Pecze Zs. (2001): A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere, Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár pp.: 1-161.
167. Pecze Zs. – Neményi M. – Debreczeni Béláné – Csathó P. – Árendás T. (2001): Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás kukoricanövénynél, Növénytermelés 50., pp.: 269-280.
168. Pecze Zs. – Reisinger P. (2007): Előnyök és Lehetőségek, IKR Magazin 2007 ősz, pp.: 20-21.
169. Pecze Zs. szerk. (2007): Az IKR ZRT. gyakorlati rendszere. pp.: 241-261, Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. Által (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press – IKR Bábolna, Szeged
170. Pecze Zs. (2008): Az Ez-Guide 500-tól a precíziós gazdálkodásig. IKR Magazin 2008 tavasz pp.: 22-23.
171. Pethe F. (1805): Pallérozott mezei gazdaság. Sopron. Szász Antal József Nyomtatószereivel nyomva. p. 776.
172. Pfau E. – Széles Gy. (2001): Mezőgazdasági Üzemtan II. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest pp.: 1-510.
173. Pfau E. (1999): Mezőgazdasági vállalkozások tőkeszükséglete és finanszírozása, különös tekintettel a szántóföldi növénytermesztésre. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok ’99. pp.: 1-5.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

174. Pfau E. (2005): A mezőgazdaság tőke szükséglete és forrásai. A mezőgazdaság tőkeszükséglete és hatékonysága. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen, pp.: 51-58.
175. Pidgeon, J. D. – Soane, B. D. (1977): Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. J. Agric. Sci, Camb. 88, pp.: 431- 442.
176. Przybilla, H. − Wester-Ebbinghaus, W., (1979): Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug. Bildmessung und Luftbildwessen 47, pp.: 137–142.
177. Rademacher, B. (1948): Gedanken über Begriff und Wesen des „Unkaruts". Zeitschrift Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 55, pp.: 3-10.
178. Rademacher, B. (1966): The current status and achievements of agromechanical and agrobiologicl research. 13. weed control in cereals viewed as a problem of soil fertility. Land Forshung (Sonderh, 20.) pp.:: 21-30. In: Hunyadi K. szerkesztette (1988): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp.: 356-380.
179. Reichenbach B. (1930): Mezőgazdasági üzemtan I. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomda Rt. Budapest pp.:1-268.
180. Reichenbach B. (1932): Mezőgazdasági üzemtan II. Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomda Rt. Budapest pp.: 1-228.
181. Reisinger P. (1977): A gyomfelvételezés módszereinek összehasonlító vizsgálata. Növényvédelem. (8): 359-361.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

182. Reisinger P. (1995): A kukorica gyomnövényzete és gyomirtása. Agrofórum. Volume 6 Issue 5. pp.: 72-83.
183. Reisinger P. − Nagy S. (2002): Helyspecifikus gyomirtási technológia tervezése kukoricában GPS-el megjelölt gyomfelvételezési mintaterek alapján. Magyar Gyomkutatás és Technológia Volume: 3 Issue: 1 pp.: 45-55.
184. Reisinger P. – Lehoczky É. – Nagy S. – Kőmíves T. (2004): Database-based precision weed management. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. XIX. pp.: 467-472. Eugen Ulmer GmbH. & Co. Stuttgart
185. Reisinger P. – Németh L. – Pomsár P. – Páli O. – Kuroli M. – Ősz F. (2006): Model experiment for optimising the number of weed survey sample areas, Zeitschrift für Pflanzenkrankenheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XX,, pp.: 249-254.
186. Reisinger P. szerk. (2007): Precíziós növényvédelem. pp.: 77-132, Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. Által (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press – MTA TAKI, Szeged
187. Reisinger P. – Pecze Zs. – Pálmai O. (2007): A talaj kötöttségének és humusztartalmának figyelembe vétele a precíziós gyomszabályozási technológiák tervezésénél. Magyar Gyomkutatás és Technológia. Volume: 8, Issue: 1. pp.: 59-66.
188. Reisinger P. (2008a): Preciziós mezőgazdaság 1. rész. Agro Napló, 2008. év, 9. szám
189. Reisinger P. (2008b): A gabona és a gabonatarló precíziós gyomirtása, Precíziós mezőgazdaság 2. rész. Agro Napló, 2008. év, 10-11. szám.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

190. Reisinger P. – Pecze Zs. – Kiss B. (2008): Precision development in the preemergent weed control of sunflower. Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI, pp.: 177-180.
191. Rhoades, J. D. – Raats, P. C. A. – Prather, R. J. (1972): Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Science Society of American Journal. Volume 40. No. 5. pp.: 651-655.
192. Rhoades, J. D. – Corwin, D. L. – Lesch, S. M. (1999): Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. In: Corwin, D. L. – Lougue, K. – Ellsworth, T. R. (Eds.), Assessment of Non-point Source Pollution in the Vadose Zone. Geophysical Monograph. Volume 108. American Geophysical Union, Washington, DC, USA, pp.: 197-215.
193. Robertson, M. J. – Lyle, G. – Bowden J. W. (2008): Within-field variability of wheat yield and economic implications for spatially variable nutrient managment. Field Crops Research, Volume 105, Issue 3, 1 February 2008, pp.: 211-220.
194. Rufino, G. – Moccia, A. (2005): Integrated VIS-NIR Hyperspectral/thermal-IR Electrooptical Payload System for a Mini-UAV. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Arlington, VA, USA, pp.: 647–664.
195. Sági F. (1996): Precíziós gazdálkodás az EU-ban, különös tekintettel a termés biológiai értékének növelésére, Tématanulmány, Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest
196. Sakamoto, T. – Gitelson, A. A. – Nguy-Robertson, A. L. – Arkebauer, T. J. – Wardlow, B. D. – Suyker, A. E. – Verma, S. B. – Shibayama,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

M. (2012): An alternative method usingdigital cameras for continuous monitoring of crop status. Agric. For. Meteorol.154–155, pp.: 113–126.

197. Salamon L. (2004): Vertikális termékpályák – Tej, gabona, hús. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest pp.: 1-208.
198. Sarkadi J. – Thamm F-né – Pusztai A. (1987): A talaj P-ellátottságának megítélése a korrigált AL-P segítségével. Melioráció, öntözés és tápanyaggazdálkodás, Agroinform, Budapest pp.: 66-72.
199. Sárvári M. – Győri Z.: 1982. A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás mellett. Növénytermelés, 47. pp.: 213-221.
200. Schafer, R. L. – Johnson, C. E. – Koolen, A. J. – Gupta, S. C. – Horn, R. (1992): Future research needs in soil compaction. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Volume 35. Issue 6. pp.: 1761-1770.
201. Schmidt R. – Szakál P. – Kerekes G. – Bene L. (1998): A talajok tömörödöttségének vizsgálata művelőutas cukorrépa-termesztési technológia alkalmazása esetén. Cukorrépa, 16. 1. pp.: 8-14.
202. Schneider, P. – Roberts, D.A. – Kyriakidis, P.C. (2008): A VARI-based relative greenness from MODIS data for computing the
203. Fire Potential Index. Remote Sensing of Environment. Volume 112. pp.: 1151–1167.
204. Schüller, J. F. – Wang, M. M. (1994): Spatially-varriable fertilizer and pesticide application with GPS and DGPS. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 11., Issue: 1., pp.: 69-83.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

205. Shannon, C. E. – Weaver, W. (1949): The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois. pp. 144.
206. Simpson, E. H. (1949): Measurement of Diversity, Nature, Volume 163. p. 688.
207. Sinóros – Szabó B. (1992): Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. Akadémiai doktori értekezés, Nyíregyháza.
208. Siqueira, G. M. – Dafonte, J. D. – Lema, J. B. – Armesto, M. V. – e Silva, É. F. F. (2014): Using soil apparent electrical conductivity to optimize sampling of soil penetration resistance and to improve the estimations of spatial patterns of soil compaction. The Scientific World Journal, Volume 2014. p.:12
209. Smuk N. – Salamon L. – Milics G. (2012): A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás ökonómiai vizsgálata. Növénytermelés. Volume: 61. Issue: 1. pp.: 67-82.
210. Spilker, J. J. – Parkinson, B. W. (1996): Overview of GPS operation and design. In: Global Positioning System: Theory and Applications. Edited by Parkinson, B. W. – Spilker, J. J., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. Washington DC, USA
211. Skoog, A. I. (2010): The Alfred Nobel rocket camera. An early aerial photography attempt. Acta Astronautica, Volume 66, Issues 3–4, February–March 2010, pp.: 624-635.
212. Sudduth, K. A. – Kitchen, N. R. – Wiebold, W. J. – Batchelor, W. D. – Bollero, G. A. – Bullock, D. G. – Clay, D. E. – Palm, H. L. – Pierce, F. J. – Schuler, R. T. – Thelen, K. D. (2005): Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

USA.Computers and Electronics in Agriculture, Volume 46, Issues 1 – 3, March 2005, pp.: 263-283.

213. Sudduth, K. A. – Kitchen, N. R. – Myers, D. B. – Drummond, S. T. (2010): Mapping depth to argillic soil horizons using apparent electrical conductivity. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, Volume 15, pp.: 135-146.
214. Stafford, J. V. – Ambler, B. (1994): In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture, Vol 11, Issue 1, Elsevier Science Ltd., pp.: 23-36.
215. Stafford, J. V. (1996): Introduction Spatially Variable Field Operations. Computer and Electronics in Agriculture. Elsevier Science Ltd., Volume 14. pp.: 99-100.
216. Styk, B. –Sochaj, J. (1992): Effect of pre-sowing soil compaction on yield of spring barley. Seria A, Produkeja Roslinna, 109: pp.: 177-184.
217. Szőllősi I. (2003): Talajok tömörödöttségi állapotának jellemzése penetrométeres vizsgálatokkal. Doktori (PhD) Értekezés, Debrecen p. 150.
218. Tagarakis, A. – Liakos, V. – Fountas, S. – Koundouras, S. – Aggelopoulou, K. – Gemtos, T. (2011): Managment zones delineation using fuzzy clustering techniques in vines. In: John V. Stafford: Precision Agriculture 2011. ISBN: 978-80-904830-2-6, Prague, pp.: 191-202.
219. Takácsné Gy. K. (2003a): Precíziós növényvédelem, mint alternatív gazdálkodási stratégia? Gazdálkodás 2003. 3. szám XLVII. évfolyam p. 18.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

220. Takácsné Gy. K. (2003b): Növényvédő szer használatának csökkentése és a precíziós gazdálkodás közötti összefüggések – alternatív gazdálkodási stratégia? Gazdálkodás. 2003. XLVII. Évf. 3. sz.
221. Takácsné, Gy. K. (2008): Economic aspects of chemical reduction in farming - future role of precision farming. Food Economics - Acta Agriculturae Scandinavica, Section C,5:2, pp.: 114 -122.
222. Takácsné Gy. K. – Lencsés E. (2008): A precíziós növénytermesztés megítélése gazdasági szempontból, XXXII. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, 2008. október 9.
223. Takácsné Gy. K. – Reisinger, P. – Lencsés E. – Takács I. (2008): Economic analysis of precision plant protection by stochastic simulation based on finite elements method. Journal of Plant Diseases and Protection. Stuttgart. Special Issue XXI 2008. ISSN 1861-4051. pp.: 181- 186
224. Tellaeche, A. – BugossArtizzu, X. P. – Pajares G. – Ribeiro, A. – Fernández-Quintanilla, C. (2008): A new vision-based approach to differential spraying in precision agriculture, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 60, Issue 2, March 2008, pp.: 144-155.
225. Tóth M. (2004): Korszerű matematikai módszerek a geodéziában. Budapesti Műszaki Egyetem egyetemi jegyzet. p. 99.
226. Tucker, C. J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment 8, pp.: 127–150.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

227. Tukey, J. W. (1977): Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley. *ISBN 0-201-07616-0. OCLC 3058187*.
228. Ujvárosi M. (1952): Szántóföldjeink gyomnövényfajai és életforma-analízisük. Növénytermelés. pp.: 27-50.
229. Ujvárosi M. (1957): Gyomnövények, gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p.: 430.
230. Ujvárosi M. (1973a): Gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp.: 269-284.
231. Ujvárosi M. (1973b): Gyomnövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 833.
232. Újszövetségi Szentírás (2008): Szent István Társulat az Apostoli Szentszék könyvkiadója, Budapest, 2008. p.: 48.
233. Várallyay Gy. (1950): A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. Agrokémia Volume 2. pp.: 110-126.
234. Várallyay Gy. – Buzás I. – Kádár I. – Németh T. (1992): New plant nutrition advisory system in Hungary. Communications in Soil Science and Plant Analysis. Volume 23. pp.: 2053-2073.
235. Varga P. – Béres I. – Resinger P. (2000): Gyomnövények hatása a kukorica terméserdményére szántóföldi kísérletekben. Magyar gyomkutatás és technológia. Volume: 1. Issue 1. pp.: 45-52.
236. Virág I. – Csiba M. – Milics G. – Smuk N. – Neményi M. (2011): Evaluation of Variable Rate Fertilization Technology with the help of geospatial processing programs 8th European Conference of Precision Agriculture, Prague 11-14. 07. 2011, ISBN 978 80 904830 5 7 pp.: 352-357.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

237. Virág I. (2014): A precíziós mezőgazdaság elemeinek fejlesztése, különös tekintettel a fuzárium kártétel spektroszkópiai detektálására és a kemikáliák kijuttatásának folyamatvezérlésére. Ph.D. értekezés, Mosonmagyaróvár, p. 130.
238. Virág I. (2016): Csúcstechnológia és fejlesztések a maximális hatékonyságért. Agrár Horizont 3. évfolyam 1. szám pp.: 32 – 33.
239. Vrindts, E. – Mouazen, A.M. – Reyniers, M. – Maertens, K. – Maleki, M.R. – Ramon, H. – Baerdemaeker, J. De (2005): Management Zones based on Correlation between Soil Compaction, Yield and Crop Data. Biosystems Engineering, Volume 92, Issue 4, December 2005, pp.: 419-428.
240. Wahmhoff, W. – R. Heitefuss, (1985): Überlegungen zur gezielten Unkraut bekämpfung im Raps. Raps 3, pp.: 115-118.
241. Wagner, W. C. (1999): Sustainable agriculture: how to sustain a production system in a changing environment, International Journal for Parasitology, Volume 29, Issue 1, January 1999, Pages 1-5 Second International Conference Novel Approaches to the Control of the Helminth Parasites of Livestock
242. Weis, M. – Gutjahr, C. – Rueda A. – Victor, R. – Gerhards, R. – Ritter, C. – Schölderle, F. (2008): Precision farming for weed management: techniques. Gesunde Pflanzen, Volume: 60; pp.: 171-181.
243. Wellmann, A. – Feucht, D. (2002): Control of Alopecurus myosuroides Huds. and Apera spica-venti L. Beauv. with propoxycarbazone-sodium. Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer Volume 55. pp.: 273-281.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

244. Wells, M. J. (1978): What is a weed?, Environment. Volume 5 Issue 11. pp.: 6-7.
245. World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future. Oxford: Oxford University Press. ISBN 0-19-282080-X
246. Yang, C. – Liu, T.X. – Everitt, J.H. (2008): Estimating cabbage physical parameters using remote sensing technology. Crop Protection. 27, pp.: 25–35.
247. Zarco-Tejada, P. – Berni, J. (2012): Vegetation monitoring using a micro-hyperspectral imaging sensor onboard an unmanned aerial vehicle (UAV). In: Proceedings of the EuroCOW 2012, European Spatial Data Research (EuroSDR), Castelldefels, Spain.

Elektronikus irodalom:

URL[1]: http://blogs.mentor.com/jvandomelen/blog/tag/hewitt-sperry-automatic -airplane/)
URL[2]: http://hushkit.wordpress.com/2013/10/01/ka-boom-a-gallery-of-target-UAVs/de-havilland-dh82b-queen-bee/)
URL[3]: http://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee#mediaviewer/File:Teledyne-Ryan-Firebee-hatzerim-1.jpg
URL[4]: http://en.wikipedia.org/wiki/Nadar_%28photographer%29
URL[5]: http://www.eominers.eu/earth_observation/eo_eof_rst_techniques.htm
URL[6]: http://www.curious-eye.com/photography_pg7.php
URL[7]: http://www.papainternational.org/history.asp

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

URL[8]: http://www.precisionagriculture.com.au/em38-soil-mapping.php

URL[9]: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb 1044818.pdf

URL[10]: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

FÜGGELÉK

1. számú melléklet

Minta név	pH KCl	KA	Só %	Humusz	CaCO3	P2O5	K2O	Na	NO2-NO3-N	Mg	SO4	Cu	Mn	Zn
JS 01	7,09	46	<0,02	5,96	28,40	123,00	825	267	5,52	310	24,30	1,45	12,70	1,90
JS 02	7,49	46	<0,02	6,59	31,80	96,90	735	213	7,09	343	37,30	1,55	11,00	1,92
JS 03	7,20	48	<0,02	7,10	27,80	65,60	653	204	9,64	370	48,50	1,20	10,90	0,67
JS 04	7,55	46	<0,02	7,07	37,00	52,30	624	243	10,40	216	40,50	0,89	14,50	0,77
JS 05	7,31	48	<0,02	7,13	40,60	44,80	620	312	7,76	232	35,00	1,09	13,70	0,95
JS 06	7,50	44	<0,02	5,40	36,20	114,00	695	195	4,76	187	24,50	1,07	15,90	1,59
JS 07	7,27	44	<0,02	5,44	37,40	108,00	683	209	4,74	248	25,30	1,24	14,10	1,97
JS 08	7,59	48	<0,02	5,75	37,20	48,40	709	223	6,76	260	27,00	1,37	16,20	0,78
JS 09	7,23	44	<0,02	5,51	37,00	128,00	652	246	4,75	228	27,00	1,08	15,20	1,97
JS 10	7,52	46	<0,02	5,88	35,10	66,00	671	222	7,21	260	29,00	1,19	13,40	1,22
JS 11	7,28	46	<0,02	6,27	38,90	129,00	681	244	6,45	305	15,30	1,08	14,40	2,89
JS 12	7,60	45	<0,02	5,76	34,50	70,50	707	247	7,08	265	26,80	1,10	14,90	1,24

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

2. számú melléklet

KEZELÉSI EGYSÉG	KOORDINÁTA		KA	HU%	DÓZIS		KORRIGÁLT DÓZIS (L/HA)	PERMETLÉ (L/HA)
	EOV X	EOV Y			KA	HU%		
01	515584	286258	37,60	2,11	4,17	4,25	4,24	249,55
02	515629	286283	36,20	1,92	4,11	4,17	4,17	246,73
03	515673	286306	7,39	38,60	4,21	4,12	4,13	245,22
04	515715	286330	42,00	2,29	4,35	4,31	4,32	252,73
05	515759	286352	42,00	2,49	4,35	4,39	4,39	255,46
06	515802	286376	38,80	2,07	4,22	4,23	4,23	249,20
07	515844	286399	40,00	1,95	4,27	4,19	4,19	247,76
08	515894	286426	36,80	1,72	4,14	4,10	4,10	244,10
09	515910	286380	40,00	2,16	4,27	4,27	4,27	250,63
10	515866	286357	42,00	2,07	4,35	4,23	4,24	249,73
11	515825	286333	37,80	2,15	4,18	4,26	4,25	250,13
12	515780	286310	37,80	2,28	4,18	4,31	4,30	251,90
13	515739	286286	38,00	2,02	4,19	4,21	4,21	248,39
14	515697	286262	37,60	1,55	4,17	4,03	4,05	241,92
15	515653	286238	37,20	1,66	4,16	4,08	4,08	243,35
16	515609	286214	40,80	2,11	4,30	4,25	4,25	250,08
17	515635	286171	36,80	2,19	4,14	4,28	4,26	250,51
18	515677	286198	36,40	1,69	4,12	4,09	4,09	243,63
19	515722	286218	33,40	1,68	4,00	4,08	4,08	243,00
20	515764	286242	36,80	1,71	4,14	4,09	4,10	243,97
21	515807	286264	38,00	1,77	4,19	4,12	4,12	244,98
22	515849	286288	39,00	1,98	4,23	4,20	4,20	248,01
23	515897	286314	39,20	2,25	4,24	4,30	4,29	251,72
24	515928	286344	38,00	1,66	4,19	4,08	4,09	243,48
25	515921	286273	38,00	1,76	4,19	4,11	4,12	244,85
26	515871	286246	35,80	1,90	4,10	4,17	4,16	246,39
27	515828	286223	42,20	1,90	4,36	4,17	4,19	247,44
28	515787	286199	38,00	1,78	4,19	4,12	4,13	245,12
29	515744	286177	34,00	1,46	4,02	4,00	4,00	240,10
30	515702	286155	36,00	2,01	4,11	4,21	4,20	247,93
31	515657	286128	40,00	2,01	4,27	4,21	4,21	248,58
32	515679	286086	41,60	2,14	4,34	4,26	4,27	250,62

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.001

33	515724	286110	38,00	2,26	4,19	4,30	4,29	251,66
34	515766	286134	37,20	1,78	4,16	4,12	4,12	244,99
35	515809	286159	35,20	1,84	4,07	4,14	4,14	245,48
36	515852	286181	33,40	1,82	4,00	4,14	4,12	244,91
37	515895	286203	36,40	1,74	4,12	4,11	4,11	244,31
38	515942	286234	37,60	1,65	4,17	4,07	4,08	243,28
39	515964	286190	37,40	1,83	4,16	4,14	4,14	245,70
40	515916	286160	34,00	1,96	4,02	4,19	4,17	246,92
41	515874	286137	38,00	1,78	4,19	4,12	4,13	245,12
42	515832	286115	35,40	1,99	4,08	4,20	4,19	247,56
43	515788	286092	37,20	1,91	4,16	4,17	4,17	246,76
44	515748	286068	40,00	2,06	4,27	4,23	4,23	249,26
45	515703	286044	38,60	2,35	4,21	4,34	4,32	252,99
46	515812	286048	38,00	2,08	4,19	4,23	4,23	249,21
47	515853	286071	35,20	1,98	4,07	4,20	4,18	247,39
48	515896	286095	35,60	1,84	4,09	4,14	4,14	245,54
49	515937	286119	38,00	1,86	4,19	4,15	4,16	246,21
50	515985	286147	36,60	2,11	4,13	4,25	4,23	249,39
51	516011	286103	37,60	1,96	4,17	4,19	4,19	247,51
52	515961	286076	34,80	1,69	4,06	4,09	4,08	243,37
53	515920	286053	38,20	1,86	4,20	4,15	4,16	246,24
54	515878	286028	34,80	1,91	4,06	4,17	4,16	246,37
55	515837	286004	40,00	1,94	4,27	4,18	4,19	247,63
56	515769	285920	45,60	2,78	4,50	4,50	4,50	260,00
57	515811	285943	44,00	2,58	4,43	4,42	4,43	257,01
58	515854	285967	40,00	2,25	4,27	4,30	4,30	251,85
59	515897	285992	36,00	2,19	4,11	4,28	4,26	250,38
60	515940	286014	38,00	2,03	4,19	4,22	4,21	248,53
61	515981	286037	37,20	1,77	4,16	4,12	4,12	244,85
62	516029	286062	39,60	1,95	4,25	4,19	4,19	247,70
63	515728	286000	40,80	2,39	4,30	4,35	4,35	253,89
64	515772	286024	42,00	2,36	4,35	4,34	4,34	253,68
65	515753	285956	39,80	2,57	4,26	4,42	4,40	256,19
66	515916	286160	34,00	1,96	4,02	4,19	4,27	246,92
67	515793	285981	42,00	2,16	4,35	4,26	4,27	250,96