

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR  
Mosonmagyaróvár**

**BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE**

**„Precíziós növénytermesztési módszerek” alkalmazott  
Növénytudományi Doktori Iskola**

**Vezetője:**

**Dr. Neményi Miklós intézetigazgató, egyetemi tanár,  
az MTA doktora**

**Program:**

**Termőhelyspecifikus precíziós növénytermesztés műszaki  
feltételrendszere**

**Programvezető: Dr. Neményi Miklós DSc**

**Témavezető: Prof. Dr. habil. Kacz Károly egyetemi tanár**

A precíziós mezőgazdaság segítése távérzékelte adatokkal

**Készítette:**

**Gyulai István**

**Mosonmagyaróvár  
2009.**

A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG SEGÍTÉSE  
TÁVÉRZÉKELT ADATOKKAL  
Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

A Nyugat-magyarországi Egyetem „Precíziós növénytermesztési módszerek”  
alkalmazott Növénytudományi Doktori Iskola  
Termőhelyspecifikus precíziós növénytermesztés műszaki feltételrendszere  
programja

Írta:  
GYULAI ISTVÁN

Témavezető: Prof. Dr. Kacz Károly egyetemi tanár

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....  
aláírás

A jelölt a doktori szigorlaton 100 %-ot ért el.

Mosonmagyaróvár, .....  
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom

Első bíráló (Dr. ....) igen / nem  
.....  
aláírás

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

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ..... %-ot ért el.  
Mosonmagyaróvár,

.....  
A Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése

.....  
.....  
Az EDT elnöke

## A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG SEGÍTÉSE TÁVÉRZÉKELT ADATOKKAL

### **Kivonat**

A Nyugat-Magyarországi Egyetem Mosonmagyaróvári Karán több éve folyó kutatási munka egy részterületével foglalkozik a tanulmány. Három témakörre tagozódik: műholdas helymeghatározás, űrfelvételek, ortofotó. A helyspecifikus tápanyag kijuttatás összetett műszaki feladatai egyike a műholdas helymeghatározás. E modul vizsgálatát írja le az első rész. A dolgozat második része az MTA TAKI műtrágya program és a FÖMI által rendelkezésre bocsátott űrfelvételek kapcsolatát elemzi. Elvégzi az adatok egységes rendszerbe foglalását, és elemzését. Korreláció, legkisebb négyzetek módszere, együttlítés diagram, osztályba sorolás, interpretáció, statisztikai feldolgozás módszereit használja.

## THE PRECISION AGRICULTURE AIDED BY REMOTELY SENSED DATA

### **Abstract**

The study is a part of the research has been going on some years at University of West Hungary at Mosonmagyaróvár. Three themes are mentioned: positioning with satellites, space images, orthophotos. One of sophisticated jobs of site-specific nutrient replenishment is GNSS positioning. Accuracy of this modul is examined in the first part of study. In the second part investigations are made about correspondence between artificial fertilizer MTA TAKI (RISSAC-HAS) program, soil data and FÖMI RSC space images, orthophotos. Study arranges data into one system in order to analyse them. It uses methods of correlations, least squares regression, diagram, chart, classification, interpretation, statistical treatment.

## Tartalomjegyzék

<i>1. Bevezetés</i>	6
<i>2. Irodalmi áttekintés</i>	8
<i>2.1 A földhasználat</i>	8
<i>2.1.1 Történelmi kialakulás</i>	8
<i>2.1.2 Jogi háttér</i>	10
<i>2.1.3 Földhasználati intézmények, hatóságok</i>	12
<i>2.1.4 Föld adatbázisok</i>	15
<i>2.1.5 Térképek</i>	21
<i>2.2 A precíziós mezőgazdaság</i>	21
<i>2.2.1 Alapfogalmak</i>	21
<i>2.2.2 AgroCom Terminal, ACT</i>	22
<i>2.2.3 Radio Data System, RDS</i>	24
<i>2.2.4 Egész Földre kiterjedő szatellitá r. GNSS</i>	25
<i>2.3 Űrfelvételek</i>	37
<i>2.3.1A mesterséges holdak tulajdonságai</i>	37
<i>2.3.2 Felvételi rendszerek</i>	38
<i>2.3.3 Mesterséges hold programok</i>	39
<i>2.3.4 NÖVMON</i>	44
<i>2.4 Fotogrammetria, légi felvételek</i>	52
<i>2.4.1 Történelmi áttekintés</i>	52
<i>2.4.2 Magyarország légi felmérése</i>	52
<i>2.4.3 Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer</i>	53
<i>3. Anyag és módszer</i>	55
<i>3.1 GNSS mérések</i>	55
<i>3.2 Űrfelvételek</i>	59
<i>3.3 Ortofotók értékelése</i>	73
<i>4. Eredmények</i>	74
<i>4.1 GNSS mérések</i>	74
<i>4.2 Űrfelvételek</i>	78
<i>4.3 Légi felvételek</i>	94
<i>5. Következtetések és javaslatok</i>	95
<i>5.1 Helymeghatározás</i>	95
<i>5.2 Űrfelvételek</i>	98
<i>5.3 Ortofotó</i>	99

<i>6. Új tudományos eredmények (tézisek)</i>	<i>100</i>
<i>7. Összegzés</i>	<i>100</i>
<i>8. Köszönet, elismerés</i>	<i>102</i>
<i>9. Irodalom</i>	<i>103</i>
<i>10. Melléklet</i>	<i>109</i>

## 1. Bevezetés

A mezőgazdasági táblák alakja, nagysága, a vetésterület, az agrotechnika kialakulása és mostani helyzete történelmi folyamat eredménye.

A dolgozat témája: a jelenlegi viszonyokhoz vezető út áttekintése, jogi háttér, a termőföldről gyűjtött adatok számbavétele, egységes geometriai rendszer megválasztása és abban végzett vizsgálatok, amelyek kiterjednek a helymeghatározásra, a távérzékelés adatok és a mezőgazdasági tábla kapcsolatára.

A távérzékelés fogalma a hatvanas években fogalmazódott meg (*Krausz 1988*): információszerezés elektromágneses hullámok segítségével. Az elnevezés (németül Fernerkundung, angolul Remote Sensing, franciául Télétection) arra utal, hogy az objektum megközelítése, érintése, mintavételezése nélkül szerzünk adatot a kérdéses objektumról. Mindjárt hozzátesszük, hogy nemcsak objektumról, hanem élőszervezetről, és folyamatról is szerezhethetünk információt.

A távérzékelés módszere szerteágazó területeken érvényesül: az orvostudománytól kezdve a gépészeti alkalmazásokon át a meteorológiáig.

A gyógyászatban pl. röntgen felvételek készítése, véráram-sebesség mérés, ultrahangos vizsgálat. Gépészet: kazánok hőmérséklet-különbség kimutatása termovízióval, elektromos meghajtások hőhatásának megfigyelése. Épületeknél: hő hidak felderítése termovíziós felvételeken, vagy szigetelés, hő áteresztés vizsgálata. Navigáció, geodézia: mikrohullámmal illetve látható fényvel (lézer), infrával történő távmérés. Mi szűkebb értelemben a légi és űrfelvételek adatait tekintjük távérzékelés adatnak. Adva van tehát egy olyan módszer, a távérzékelés, amely különböző érdekekből keletkező és a földfelszín raszteres ábrázolását adó anyagot kínál. Ennek hasznosítási területeit keressük.

Az első, földfelszínfigyelő mesterséges holdat - Earth Research Satellite Technology – földi forráskutató műhold technológia - 1972-ben állították pályára, amely a globális módszerek között elsőként képes volt 18 napos visszatérési idővel az egész Földre kiterjedő adatokat szolgáltatni. Nevét – ERST-1 – később Landsat -1 -re változtatták. Ebben az időben a fosszilis energia forrásokra (szén, kőolaj, földgáz) irányult a kutatás *Környezetvédelmi Lexikon (2002)*.

Különböző érdekből bocsátanak fel mesterséges holdakat. Kezdetben többnyire katonai célokat szolgáltak: felderítés, navigáció, majd egyre inkább kereskedelmi, pl. térképészeti, meteorológiai, óceán és légkör figyelő környezetvédelmi, telekommunikációs stb. célú. Az energia

források keresése, összefüggésben a környezetvédelemmel, a megújuló energiákat (szoláris, szél, víz, talaj, biomassza) célozza meg (*Kacz - Neményi 1998*).

Rögtön az elején megemlítjük a térkép és a távérzékelt kép (image, imidzs) szoros kapcsolatát. A térképnek vonatkozási rendszere (síkkoordináta rendszere) van. Ebbe a rendszerbe illesztjük a távérzékelt képet. Ha a képet nem vonatkozási rendszerben használjuk, akkor abból geometriai információ nem nyerhető, csak értelmezés, interpretáció készíthető.

A földfelszín ábrázolás legelterjedtebb formája a térkép. A térkép elvonatkoztatva, a lényegét kiemelve ábrázolja a földfelszínt. Tájéolása, méretaránya és feliratai segítik a térképolvasót. Ezek a térképi ábrázolás előnyei. A térkép hátrányai közé soroljuk, hogy a tartalma egy idő múlva elavul, nem követi a természetbeni változásokat.

A légi és űrfelvételek előnye, hogy viszonylag nagy területről homogén képet adnak, velük a térkép tartalma időről időre hatékonyan frissíthető. Hátrányuk, hogy sem tájolásuk, sem méretarányuk nincs, tartalmuk zsúfolt, a tónusos megjelenítés miatt. Nem különböztetik meg a lényegest a lényegtelentől, úgy ábrázolják a földfelszínt, ahogy a felvétel időpontjában az van. Ez persze néha előny is lehet, pl. árvizes állapot interpretálása. Az előnyök és a hátrányok figyelembe vételével a legjobb megoldás a térkép és a távérzékelt adat együttes használata, pl. belvíz térképezésnél (*Lénárt 2001*).

A dolgozat célkitűzései

1. Egységes geometriai rendszer választás, amelyben térkép, műholdas helymeghatározás, űrfelvétel, légi felvétel, agrártechnika kezelhető.
2. A műholdas helymeghatározás pontosságának vizsgálata (ACT és DGPS max. vevőkkel) terepi körülmények között.
3. Tábla inhomogenitás kimutathatósága űrfelvételekkel, pl osztályba sorolással.
4. Műtrágya program és űrfelvételek közötti korreláció számítás. Az osztálybasorolással kimutatott tábla inhomogenitás és az említett adatok egymásból átszámíthatósága.
5. A légi felvételek hasznosíthatósága.

## 2. Irodalmi áttekintés

Az első részben a földhasználat témáját, a második részben a földfelszín ábrázolását, majd az alkalmazásokat vesszük számba.

### 2.1 A földhasználat

A földhasználat elemzése során leírjuk annak történelmileg végigjárt útját, a földről adatbázisokba gyűjtött ismereteket.

#### 2.1.1 Történelmi kialakulás

A szántóföldi növénytermesztés mai formája Magyarországon olyan történelmi fejlődés eredménye, amely tartalmaz technikai és társadalmi vonatkozásokat. Röviden áttekintjük a mai állapothoz vezető utat.

A honfoglalás utáni évszázadban, a X. század végén keletkezett angolszász zsoldár-világtérkép, a Cottonian, a Kárpát-medencét elfoglaló magyarokat, mint a hunok leszármazottait (hunorum gens) jelöli.

Egyes szerzők (Joó - Raum 1990, Klinghammer 1997, Varga 2006) hosszabb-rövidebb történelmi áttekintéssel kezdik a földhasználati viszonyok leírását.

Szent István király központi hatalmának megerősödésével nyugati mintára Magyarországon is kialakult a földesúr-jobbági rendszer. A jobbágycsoportok a nagy- és a középbirtokokon éltek, munkájuk ellenértékéért házhelyet és művelésre alkalmas földet kaptak. A jobbágytelek nagysága vidékenként 24-40 hold között változott (egy holdon a föld minősége szerint 1100-1300 négyszögöl nagyságú területet értettek).

Érdekességként említjük, hogy a mai kataszteri térképeken is gyakran találunk dűlő névként vagy egyéb tömbben lévő telekcsoportra „Jobbágytelkek”, elnevezést, utalva a korábbi használatra.

A középkori térképkészítés büszkeségéért, (a későbbi) I. Ferdinánd támogatásával az első jó magyarországi térképet Rosetus Lázár, „Lázár deák” készítette kb. 1 : 152 000 méretarányban, 1514-ben. Az 55x78 centiméteres nagyságú térkép egy fanyomatú másolata maradt ránk.

A térképkészítés feladata és szükségessége Mária Terézia uralkodása alatt fogalmazódott meg erőteljesen. Az osztrák örökösödési háború, amely 1748-ban Szilézia elvesztésével zárult, ráirányította a figyelmet a hiányos térképi felszereltségre. 1763-ban elkezdődött az úgynevezett I. Katonai felmérés, amelyet később több is követett.



Térképet két alapvető érdekből készítettek: egyrészt a honvédelem céljaira, másrészt a nyilvántartás és adókiivetés céljára. Mindkettő elkészítését és tartalmi frissítését napjainkig fontos államérdek támasztja alá. A nyilvántartás céljára - a katonai térképek titkossága miatt - inkább összeírásokat készítettek Mária Terézia idejében. II. József is elrendelte az adókiivetés célú összeírást, amit 4 év alatt el is készítettek. Kilenc művelési ágat (szántó, halastó, rét, kert, mező, havas, tövisbokor, szőlő, erdő) határoztak meg. Területegységként a kataszteri holdat jegyezték. A király halálával megsemmisült a felmérés.

A 48-as forradalom után császári pátenst, azaz nyílt parancs, rendelkezett a földadó kataszterről. Több ilyen pátenst is kiadtak a témában. Hároméves műszaki előkészítés után, 1856. évtől kezdve megindult a rendszeres, folyamatos, részletes kataszteri felmérés Magyarország területén. Megalakították a Földmérési Igazgatóságot és a földmérési felügyelőségeket. A szervezet a bécsi, majd az 1867-es kiegyezés után a magyar pénzügyminisztérium alá tartozott. Az 1875. évi VII. törvénycikk rendelkezett az állandó kataszterről, ami a mérőföldköve lett egy 80 évig tartó szoros és szabályozott telekkönyv – földmérés kapcsolatnak. 10 évig tartó munkával felmérték a földterületeket és megállapították azok tiszta jövedelmét. Kezdetben koronában, majd búza egyenértékben, 1924-től aranykoronában.

Az 1959-1962 közötti években megvalósult a mezőgazdaság „szocialista” átszervezése, az állami gazdaságok mellett megalakultak a nagy termelőszövetkezeti gazdaságok. Később (1976-tól) földrendezések, földcserék történtek a nagyüzemi táblák kedvezőbb kialakítására.

A nagyüzemi termelésre alkalmas táblákat tudományos igényekkel igyekeztek megvalósítani. 1: 10 000 –es méretarányú térképet használva, Észak- Dél irányú, 700-1300 méter hosszúságú, általában 40 – 50 hektár, sík vidéken 80 – 100 ha, dombvidéken ennél kisebb, 15 – 20 hektár területű táblákat terveztek.

1967-ben a földhasználat ügye átkerült a mezőgazdasági tárcához. és azt a megalakuló földhivatalok kezelésébe adták.

A földhivatali egységes ingatlan nyilvántartás hármas hatósági és szolgáltatási feladatot kapott:

- jogi rész: a földrészletek nyilvántartása, tulajdoni lapok vezetése,
- műszaki: a nyilvántartási térkép tartalmának karbantartása,
- mezőgazdasági célú földminősítés, földrendezés, földvédelem.

1991-ben elindult a földkárptólás és részarány földtulajdon kiadás évekig tartó folyamata. A kárptólás tetemes mennyiségű adminisztratív és műszaki munkájának a földhivatalok megerősítésével lehetett

hozzákezdni. Korszerű eszközökkel szerelték fel a földhivatalokat, és elvégeztették a kárpótlási földeket tartalmazó térképek digitalizálását (Bolla 2008). 1994-ben elindult a TAKAROS (Térképi Alapú **K**ataszteri **R**endszer **O**rszágos **S**zámítógépesítése). Már ekkor felmerült a Nemzeti Kataszteri Program (NKP) megvalósítása, amely a teljes földhivatali térképállomány digitalizálását tűzte ki célul. A Takaros befejeződött 1997-ben és elkezdődött a Takarnet program, ami az internetes földhivatali szolgáltatás bevezetését célozta meg.

1997-től újtára indult a Nemzeti Kataszteri Program, egy közhasznú társaság (NKP Kht.) szervezésében. 1998-ban beindult a számítógépes tulajdoni lap szolgáltatás, majd 2003-tól a térképes szolgáltatás is, kezdetben kísérleti, majd előfizetéssel megvásárolható szolgáltatásként.

2007. évben elkészült az egész országra a kataszteri (földhivatali) térképek digitalizálása. A digitális állományokat két részre osztották:

- külterületi vektor térkép (KÜVET)
- belterületi vektor térkép (BEVET).

Megjegyezzük, hogy a digitális térképek pontossága nem nőtt a korábbi állapotukhoz képest, csak a kezelhetőségük lett hatékonyabb. A térkép pontossága a származásától függ, milyen adatokból szerkesztették: újfelmérés, felújítás, digitalizálás eredményeként jött-e létre?

A kataszteri térképek tartalmáról külön alfejezetben szólunk, de már itt megemlítjük, hogy nemzetközi összehasonlításban jól megállja a helyét a hazai térkép (Osskó 2008).

A kárpótlás a kezdeti becslésekkel ellentétben nagymértékben megváltoztatta a hazai birtokviszonyokat.

A versenyképesség szempontjából előnyös közép birtok eltűnt. Az egyéni gazdaságok átlagos földterülete 3,5 hektár (KSH 2005), a gazdasági szervezeteké pedig 487 ha. A mezőgazdaság hatékonysága kisebb, mint az EU 25-ök átlaga (Alvincz - Schmidt 2008), a nagyszámú kisbirtokok nem elég tőkeerősek. Az élelmiszergazdaság belső vertikálitása meggyengült az élelmiszeripar külföldi kézbe kerülése miatt.

### 2.1.2 Jogi háttér

A földhasználat kiterjed nemcsak a mezőgazdasági vagy erdőgazdasági célú hasznosításra, hanem egyéb használatra is, pl. földművek (töltés, bevágás, meder) építése, bányászat, hulladék elhelyezés. A földnek több funkciója van (Várallyay 2002, Várallyai 1992):

- építési anyag, illetve épületek és építmények (út, vasút) teherhordó közege,

- energia átalakító rendszer, a Nap sugárzását elnyeli, átalakítja,
- szűrő rendszer, a felszín alatti vizeket megszüri és védi a felszíni szennyeződéstől,
- tároló (puffer), hő, víz, növényi tápanyag raktározására képes; veszélyes anyagokat képes tárolni és lebontani,
- élettér, földön / földben lakó növények, állatok, mikro-organizmusok élőhelye,
- az élelmiszer termelés létfontosságú közege.

Az élelmiszer termeléshez kapcsolódó földművelés összetett tevékenység, amelyhez sok szakterület adja tudását: a földhasználat (Lóczy 2002), az agrokémia (Szűcs *et al.* 2006, Szűcs - Szűcsné 2006), a tápanyag utánpótlás (Csathó *et al.* 2007) a tápanyag gazdálkodás gépei (Csizmazia 2007), a mezőgazdasági hulladék-hasznosítás (Kacz *et al.* 2002), a térinformatika (Longley 1999), GPS technika (Lénárt 2008).

A több funkció és érdekelttség miatt a földhasználatot több törvény és alacsonyabb szintű jogszabály is érinti. Külön van erdőtörvény, bányatörvény, környezetvédelmi törvény és földtörvény, illetve az építési, környezetvédelmi, mezőgazdasági, ipari tárca (melyek elnevezése folyamatosan változik) által kiadott rendeletek szabályozzák a földhasználati tevékenységeket (Liziczai 2008).

A földtörvény témánkhoz kapcsolódó egyes részeit idézzük alábbiakban. 2007. évi CXXIX. törvény a termőföld védelméről

1.§ (1) A törvény hatálya kiterjed a termőföldre, valamint - ha e törvény így rendelkezik - a termőföldnek nem minősülő ingatlanokra.

(2) E törvény a termőföldek hasznosítására, a földvédelemre, a földminősítésre és a talajvédelemre vonatkozó rendelkezéseket állapítja meg.

2.§ E törvény alkalmazásában

a) termőföld: a termőföldről szóló 1994. évi LV. törvény (a továbbiakban: Tft.) 3. § a) pontjában meghatározott földrészlet;

h) talaj: feltételesen megújuló természeti erőforrás, amely egyben a mező- és erdőgazdasági termelés alapvető termelő eszköze, a Föld szilárd felszínének élő közege, amelynek a legfontosabb tulajdonsága a termékenység;

A földtörvényhez kapcsolódóan idézünk a 105/1999. (XII. 22.) FVM rendelet a földminősítés részletes szabályairól c. jogszabályból.

Fogalom meghatározások

1. § (1) Földminősítés: az az eljárás, amelynek során az adott művelési ágú föld minőségi osztálya és kataszteri tiszta jövedelme megállapításra kerül.

(2) Becslőjárás: a földminősítési rendszer olyan területi egysége, amelyben a termelési feltételek megközelítően hasonlóak. Az egyes becslőjárásokhoz művelési áganként és minőségi osztályonként különböző kataszteri tiszta jövedelmi értékek tartoznak.

(3) Osztályozási vidék: ha a becslőjáráson belül a gazdálkodási vagy talajviszonyok a becslőjárás egész területére nem általánosíthatók, a becslőjárás további területegységekre, osztályozási vidékekre oszlik. Az egyes osztályozási vidékekhez művelési áganként és minőségi osztályonként különböző kataszteri tiszta jövedelmi értékek tartoznak.

(4) Kataszteri tiszta jövedelem: az az aranykoronában kifejezett viszonyszám, amely az azonos művelési ágú területek termőképessége közötti különbséget fejezi ki.

(5) Minőségi osztály: a becslőjáráson és az osztályozási vidéken (a továbbiakban együtt: becslőjárás) belül művelési áganként a különböző minőségű területek megkülönböztetésére egytől legfeljebb nyolcig terjedő értékszám. Az alacsonyabb számértékű minőségi osztályok a jobb, a magasabb számértékűek pedig a rosszabb talajminőséget mutatják.

c) a különböző művelési ágakban hasznosított területek növénykultúrájára kedvező vagy kedvezőtlen hatással bíró talaj, domborzati, éghajlati, vízgazdálkodási és agrotechnikai adottságokra.

(3) A talajt a minőségi osztályra jellemző mélységig, legfeljebb száz centiméterig kell megvizsgálni.

### **2.1.3 A földhasználati intézmények, hatóságok**

A legfelsőbb irányító szerv a minisztérium. A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztériumban több főosztály és hivatal működik. Ezek közül számunkra fontos a

- Földügyi és Térinformatikai Főosztály (FTF), az ingatlan nyilvántartási hatóság kapcsán,
- Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal (MgSzH), amely alá a földvédelem tartozik,
- Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (MVH), a földterület alapú EU-s kifizetések kapcsán.

#### **Ingatlan nyilvántartási hatóság**

A területi ingatlan nyilvántartási hatóságok szerepét a megyei földhivatalok és a fővárosi földhivatal, valamint a 116 körzeti földhivatal látja el. A tulajdoni lapok vezetése és szolgáltatása, a nyilvántartási

térkép karbantartása (KÜVET, BEVET) és a földminősítés feladata hárul rájuk.

A műszaki osztályon a nyilvántartási térkép mellett a régi térképeket is megőrzik, néha 10-20 évvel korábbi állapotokat kell vizsgálni. Ezek mellett az egykori felmérések, tömbrajzok, légi felvételek, felmérési alappontok, telek megosztások, az átvezetéshez szükséges munkarészek is megvannak (Bolla 2008).

A földmérés keretét adó országos alappontok adatait a megyei földhivatalokban érjük el, az országos műholdas helymeghatározással bemért pontokat (OGPSH) a Földmérési és Távérzékelési Intézetben (FÖMI) (Borza et al. 1994, Borza et al. 2000, Borza - Kenyeres 2004), Borza et al. 2005)



2.1.3 – 1. ábra: Negyedrendű országos alappont

### **A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal**

A MgSzH alapfeladatai keretében ellátja (többek között):

- a növénytermesztéssel, az állattenyésztéssel, a genetikai anyagok megőrzésével;
- **az agrár-környezetvédelemmel, a növényvédelemmel, a talajvédelemmel;**
- a zöldség–gyümölcs minőségellenőrzéssel, a növényvédő szerek és termésknövelő anyagok engedélyezésével;
- a mezőgazdasági célú vízgazdálkodással; továbbá

- az agrárpiaci rendtartás működésének szervezésével és ellenőrzésével kapcsolatban külön jogszabályban hatáskörébe utalt hatósági és mezőgazdasági szakigazgatási feladatokat, valamint a külön jogszabály szerinti földügyi igazgatási és hatósági feladatokat.

A munkát MgSzH 19 megyei kirendeltségén végzik.

### **Talajvédelmi hatóság**

A termőföldek talajvédelmével kapcsolatos állami feladatokat a földügyért felelős miniszter a talajvédelmi hatóság útján látja el. Feladatai: engedélyt ad ki, és külön jogszabályban foglaltak alapján szakhatóságként jár el.

Engedélyezési hatáskörök (többek között):

- talajjavítás (savanyú vagy a savanyodásra hajlamos, szikes vagy a szikesedésre hajlamos talajok, valamint homoktalajok javítása),
- mezőgazdasági célú tereprendezés,
- Erózióval veszélyeztetett területeken, talajvédelmi műszaki beavatkozások, létesítmények megvalósítása, amennyiben az engedélyezés nem tartozik más hatóság hatáskörébe.

A talajvédelmi hatóság szakhatósági feladatai:

vízügyi, környezetvédelmi, jegyzői, földhivatali, ingatlanügyi, bányahatósági, erdészeti, kül- és belterületi termőföldet érintő építésügyi, távközlési építmények engedélyezési, közlekedésfelügyeleti, kulturális örökségvédelmi, védetté nyilvánítási, helyi önkormányzat képviselő testületének rendeletalkotási, MVH hivatali (pl. szőlőkivágás, -telepítés), a mezőgazdasági beruházások és értékcsökkenési leírási eljárások, továbbá vegyes, például a termőföldön (állókultúra telepítés) , vagy termőfölddel határos beruházások, területfejlesztési, valamint kistérségi koncepciók és programok kidolgozása, területén (Czebe 2008).

A hatóság munkáját segítik a regionális laboratóriumok: Tanakajd, Velence, Kecskemét, Szolnok, Debrecen központtal.



2.1.3 – 2. ábra: Műholdról készített ortofotó, a termőföld végleges elvesztésével járó beruházásokról Forrás: Czebe L. Talajvédelmi Szolgálat, Győr

## 2.1.4 Föld adatbázisok

Először a föld, mint termőföld: a mezőgazdaság eszköze kerül sorra (TIM, TAKI), majd röviden az egyéb funkciók: földtan, bányászat.

### Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM)

A TIM adatait a Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat regionális Talajvédelmi laboratóriumaiban keletkezett adatok alkotják. A TIM kialakítása során a talajkészleteinkre vonatkozó minden eddigi információt (leírást, adatot, térképet, modellt, stb.) felhasználták. Ezek közül legfontosabbak a következők:

- a harmincas évek közepétől az 50-es évek közepéig az ország egész területére elkészített 1:25.000 méretarányú Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképek,
- az ország mezőgazdasági területének 60 %-ára elkészült nagyméretarányú (M=1:10.000) talajtérképek,
- az erdőterületekre elkészített 1:10.000 méretarányú „termőhely-térképek”,
- az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázisát szolgáltató, mintegy 5 millió hektárnyi szántóterület, a rét-, legelőterületek, és az ültetvények tábláinak feltalajára vonatkozó hároméves ciklusú talajvizsgálatok eredményei, valamint a termelő üzemek összes táblatorzskönyv adatai,

- mintegy 6000 tábla talajának 3 szintjére vonatkozó, úgynevezett mélyebb réteg vizsgálatok adatai,
- az országos mintateres földértékelési program keretében feltárt, -több ezer- talajszelvényre vonatkozó leírás és vizsgálati adat,
- az MTA TAKI talajinformációs rendszerének (TIR) adatbázisa,
- a különböző speciális célokra készített talajtérképek és azok adatbázisa (például a Kiskörei Vízlépcső és Öntözőrendszer területére elkészített, 1:25.000 méretarányú, 6 tematikus térképet magában foglaló térképsorozat),
- meliorációs, vízháztartási és agrotechnikai beavatkozásokat megalapozó térképek, adatok és szakvélemények, stb.,
- különböző értekezések, könyvek, atlaszok, tanulmányok, gyűjteményes kötetek, szakvélemények, stb. talajtani információ anyaga.

Fenti szempontok figyelembevételével 1236 pontot jelöltek ki. Alapos felmérést 1992-től végeznek.

Talajfizikai, vízgazdálkodási jellemzők az alábbiak:

- Arany-féle kötöttségi szám ( $K_A$ ),
- mechanikai összetétel,
- higroszkóposság ( $h_y$ ),
- térfogattömeg,
- teljes vízkapacitás ( $pF_0$ ),
- szabadföldi vízkapacitás ( $pF_{2,5}$ ),
- holtvíz tartalom ( $HV$ ,  $pF_{4,2}$ ),
- hasznosítható vízkészlet ( $DV$ ,  $pF_{2,5}-pF_{4,2}$ )

Talajkémiai jellemzők, tápanyagtartalom

- kémhatás / $pH(H_2O)$ ,  $pH(KCl)$ /, összes vízdoldható sótartalom, fenolftalein lúgosság, hidrolitos aciditás, kicserélődési aciditás, szerves anyag tartalom, szénsavas mésztartalom, adszorpciós kapacitás (T érték), kicserélhető kationok, 1:5 arányú vizes kivonat,  $NO_3^-+NO_2^-$ , összes nitrogéntartalom a talaj minden szintjéből;
- felvehető tápanyagtartalom (P, K, Mg, Na, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe, B, Mo) csak a szelvények felső szintjéből, de minden évben;
- oldható toxikus elemtartalom (As, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, Cu). a talajmintákból Lakanen-Erviö-féle eljárás szerinti oldattal kivonatot készítenek, majd ebből határozzák meg a talaj oldható toxikus elem tartalmát ICP készüléken;



- összes toxikus elemtartalom (As, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, Cu). a feltárást cc. salétromsav és hidrogén peroxid keverékével 105 °C-on végzik, a szűrletből határozzák meg az előzőekben felsorolt toxikus elemeket ICP készüléken.

Talajvízmintákból meghatározandó paraméterek: pH, EC,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

A vizsgálati módszerek megtalálhatók a vonatkozó magyar szabványokban, valamint a vizsgáló laboratóriumok akkreditálási kézikönyvében.

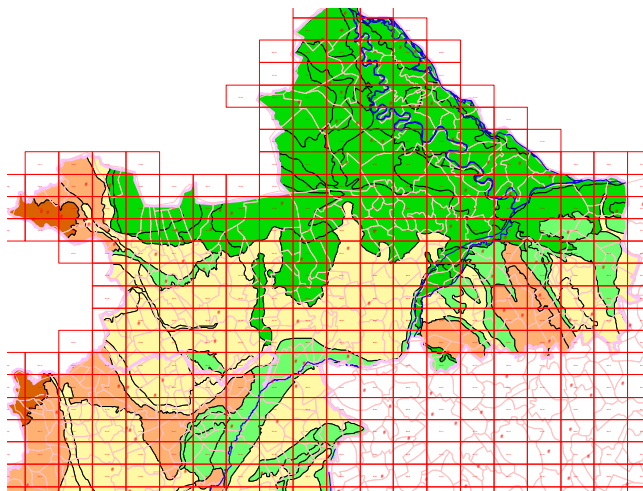
Talaj mikrobiológiai vizsgálatok:

- nedvességtartalom,
- $\text{CO}_2$  produkció meghatározása,
- cellulózbontó aktivitás,
- dehidrogenáz enzimaktivitás meghatározása.

Az  $\text{CO}_2$  produkció meghatározását kivéve a talajbiológiai vizsgálatokat is szabványos módszerekkel kell végezni.

Eróziós mérőpontok vizsgálata

A talajréteg vastagsága változásának mérésére a felszín alá, azzal párhuzamosan elhelyezett  $1 \text{ m}^2$  ( $1 \times 1 \text{ m}$ ) területű, 10 mm vastagságú alumínium lemez beépítését végezték el. A lemez helyzetét GPS méréssel rögzítették, majd penetrométer segítségével a visszatöltött föld vastagságát közvetlenül megmérték.



2.1.4 – 1. ábra: Győr-Moson-Sopron megyei TIM pontok

### **A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet (MTA TAKI) adatbázisa**

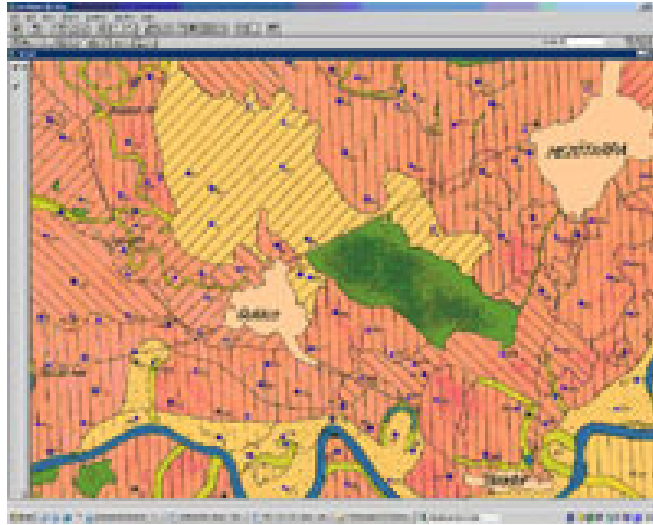
Az intézetet 1949-ben alapították. A '80-as években kezdődött a talajtani adatok adatbázisokba szervezése és a GIS Labor 1993-as megalakulását követően regionális léptékű térképek készítése.

#### **Az Agrotopográfiai Adatbázis (AGROTOPO)**

Az ország területére 1:100.000-es méretarányban, talajtani, meteorológiai és földhasználati adatokból építkezik. A geometriai adatbázis homogén agroökológiai egységekből áll, amelyekhez a termőhelyi talajadottságokat meghatározó főbb talajtani paraméterek tartoznak.

Nagyléptékű adatbázisok

- Pest megye területére üzemi genetikus talajtérképek felhasználásával szerkesztett, 1:25.000 méretarányú talajtérkép-sorozat és mintegy négyezer talajszelvény adatainak egységes (digitális térinformatikai) rendszerbe szervezése (PeTTRe).
- Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképsorozat a mindmáig egyetlen, az országot teljes egészében lefedő ilyen jellegű nagyléptékű térképsorozat 1:25 000.
- Térinformatikai módszertani fejlesztés 1997-től, amelynek célja a mezőgazdaság táblaszintű adatainak (1:10.000 méretarányú üzemi genetikus- és földértékelési-, valamint egyéb talajvizsgálati adatok) üzemi szintű hasznosításának megalapozása.
- A korábbi magyarországi talajtani kutatások: nagy mennyiségű térképi és leíró adat (térképezett talajtulajdonságok legnagyobb részének időbeli változása nem jelentős.) A gyors változások esetén viszont éppen ellenkezőleg, ezen archív térképek adatai referenciaként szolgálhatnak az ember által okozott környezeti hatások részletes vizsgálatához.



2.1.4 – 2. ábra: Digitális Kreybig – féle térkép. (Forrás: MTA TAKI honlap, Németh Tamás, Szabó József)

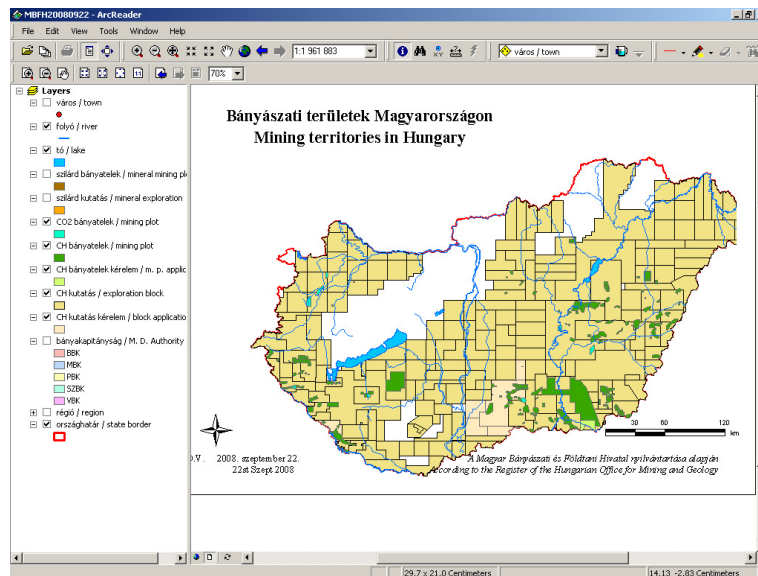
#### **Földtani térképezés, a Magyar Állami Földtani Intézet adatbázisa**

Itt történik az ország földtani térképezése, amelynek során időről időre újabb földtani térképek készülnek el és jelennek meg nyomtatásban.

Hegyvidéki területeken a felvételezés általában 1:10 000-es, a szerkesztés pedig 1:25 000-es méretarányú térképlapokon történik. A nyomtatásban megjelenő tájegységi térképek méretaránya általában 1:50 000-es. A síkvidéki területek esetében a felvétel 1:25 000-es, a szerkesztés 1:50 000-es, míg a kiadás 1:100 000-es méretarányú lapokon történik.

#### **Földtani térképezés, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal adatbázisa**

- bányászati nyilvántartása szén, bauxit, érc, szénhidrogének, nemfémes nyersanyagok, geotermikus energia témakörben
- Építési Geotechnikai Adattár



2.1.4 – 3. ábra: Bányászati területek

## 2.1.5 Térképek

A történelmi áttekintésben és a föld adatok fejezetben már említettünk térképeket, melyeket két nagy csoportra oszthatunk. Az egyik csoport az úgynevezett szelvényezett térképek, a másik a tematikus vagy szaktérképek (Klinghammer – Papp-Váry 1983). A szelvényezett térkép művek egy egész országot, vagy az egész földet lefedik. Kiemeljük közülük a kataszteri és a topográfiai térképeket. A szaktérképekkel itt nem foglalkozunk, csak megemlítjük, hogy a Nemzetközi Térképészek Szövetsége (ICA) 1200 fajta térképet tart nyilván (Klinghammer 1997).

### Kataszteri térképek

Más néven nagy méretarányú vagy geodéziai térképek. Készítésük elkezdődött már a 18. században. A felmérések hosszúságát bécsi ölben mérték, a térképek méretaránya, 1:2880, ehhez igazodott. 1908-tól átvették a méter rendszert.

A mai alapfelületet és vetületi rendszert 1974/75-ös években alkották meg. (Mihály 1995, Ádám et al. 2000, Ádám 2000). Az ekkor bevezetett Egységes Országos Térképrendszer (EOTR) célja az ország teljes lefedése 1:4000 méretarányú térképeken. A belterületeken, községekben 1:2000, városokban 1:1000 ma. A 2007. évre elkészült a teljes országra a digitális állomány, KÜVET és BEVET formában.

### **Topográfiai térképek**

Honvédelmi érdekből készültek/készülnek. A 18. században először 1:28 800 méretarányban, majd 1:75 000, a második világháború után 1:25 000 ma (titkos), illetve a NATO csatlakozás után 1:50 000 ma arányú térképek készültek. Ez utóbbi digitális formában, kereskedelmi forgalomban kapható. (DTM – 50).

A titkos minősítés miatt elkezdték a civil felhasználású (1: 10 000 ma.) topográfiai térképeket is készíteni, de az ország területének csak egy részére készült el.

Mára csaknem az egész ország területére feloldották a „titkos” illetve „szolgálati használatra” minősítést.

## **2.2 A precíziós mezőgazdaság**

### **2.2.1 Alapfogalmak**

A hagyományos növénytermesztés legkisebb egysége a tábla, amelyre a veteményt, s az ahhoz kapcsolódó kezeléseket megállapítják. A táblán belül eltérő termékenységű kisebb földterületek lehetnek, amelyek a fizikai, kémiai, geometriai (mély fekvésű pl.), vagy egyéb (pl. gyomok, kártevők előfordulása) tekintetében különböznek. Ezen kisebb egységek figyelembe vétele, a termőhely változatosságát szem előtt tartó (helyspecifikus) technológia, agrotechnikai beavatkozás jelenti a precíziós mezőgazdaságot. (*Neményi et al. 2001, Tamás 2001, Tamás et al. 2005, Cambardella 1999*)

*Neményi és társai: Pecze és Mesterházi (2001)* felhívják a figyelmet arra, hogy a helyspecifikus és precíziós fogalmak műszaki tartalmát meg kell különböztetni. Lehet egy termelés helyspecifikus úgy, hogy nem precíziós és fordítva.

A helyspecifikus az, ha a kezelés helyét pontosan megállapítjuk (koordinátákkal, méterben). Precíziós az, ha a szaporítóanyagot a megfelelő tö- és sortávolságra, mélységre, juttatjuk ki, a műtrágyát és növényvédőt a megfelelő időben és mennyiségben adagoljuk.

A növénytermesztés összetevői (termelés technológiai komponensei) (*Jolánkai, Németh 2007*), amelyhez a termőhely-specifikus technológiák kapcsolódnak:

- talajművelés
- tápanyagellátás
- vízellátás
- vetés

- növényápolás
- növényvédelem
- betakarítás.

A technológiákon belül vizsgálataink a tápanyagellátáshoz kötődnek.

Az eltérő tulajdonságú kis területekkel való törődés nem új gondolat, de a gépesítéssel háttérbe szorult. A gépekkel egyre nagyobb táblákon egyre többet termelnek. A többlet haszon jóval nagyobb, mint a munkaigényes kisebb területekkel „vesződés” eredményezne (*Neményi et al. 2001*).

Ebben a helyzetben a kis területek figyelembe vételét az új technikák megjelenése teszi lehetővé. A szenzorok, mesterséges holdak, számítógépek teremtik meg a műszaki feltételeket a hely meghatározására és a beavatkozás folyamatos elvégzésére (*Neményi et al. 2002*). A precíziós mezőgazdaság eszközeinek egyike a helymeghatározó rendszer. Talajminta vétel, műtrágya kijuttatás, aratás – hozammérés, stb. közben a rendszer meghatározza a táblán belüli műveletek helyét. A helymeghatározás mesterséges holdak segítségével történik (*Milics 2007*).

Dolgozatunkban az ACT és a DGPS max. rendszerek helymeghatározó pontosságát vizsgáljuk.

## **2.2.2 ACT (AgroCom Terminal), AGRO-MAP Basic**

(*Forrás: AGRÁRIN Agrár-Informatikai Rendszerház Kft., 8646 Balatonfenyves, Kossuth L. u. 60/1*)

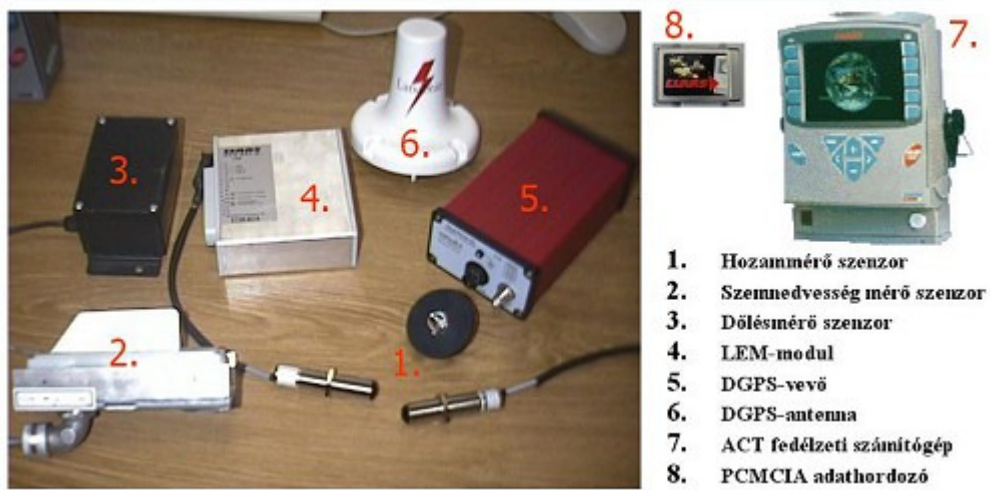
Az ACT mobil fedélzeti számítógép. Összekötve egy műholdas helyzetmeghatározó berendezéssel, alkalmas a megfelelő információk (földrajzi koordináták, hozameredmények, kiszórt műtrágya-mennyiség) mérésére, rögzítésére és munkagép-vezérlésre, így ezen adatok (hozamtérképek) és más információk (talajtérképek, táblatorzskönyvi- és távérzékelési adatok, stb.) alapján hozott döntések megvalósítására (tápanyag-, növényvédő szer- és vetőmag kijuttatás, talajminta-vételezés, stb. (*Milics 2007*).

Az AGRO-MAP Basic programcsomag.

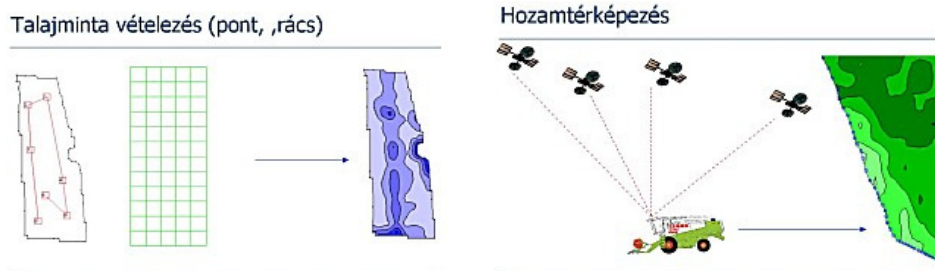
Az ACT által mért adatok fogadására, feldolgozására és tervezési feladatok ellátására szolgál. A nyersadatokat (földrajzi koordináták, hozameredmények) alapján minden egyes táblához megrajzolhatjuk - a vágóasztal szélességének figyelembe vételével - a tábla határvonalát és a

hozamtérképet. A tájékozódás megkönnyítése érdekében lehetőségünk van raszter térkép beillesztésére.

## Hozammérés - hardverek



2.2.2 -1. ábra: ACT összetevők. Megjegyzés: az 5. sz. jelölt egység az RDS Ceres rendszeréhez tartozik



2.2.2 -2. ábra: AGRO-MAP alkalmazás: talajminta és hozam térképezés

Rács- és pont talajminta-vételi tervet is készíthetünk, a laboreredmények ismeretében pedig a táblára vonatkozó talajtérképet is megrajzoltathatjuk a szoftverrel, és lehetőségünk van a táblára vonatkozó, táblatorzskönyvi adatok elemzésére és szerkesztésére, valamint az AGRO-MAP Basic-ben létrehozott térképek AGRO-MAP Professional térinformatikai rendszerbe való exportálására.

*Neményi, Pecze, Mesterházi (2001, 2003)* a precíziós – helyspecifikus növénytermesztés műszaki feltételeit tisztázta és beszámolt kukorica és búza növények esetén alkalmazott tápanyagvisszapótlás illetve hozam eredmények értékeléséről. *Mesterházi és Maniak (2001)* ismertette az ACT és RDS térinformatikai rendszerek átjárhatóságának megoldását.

### **2.2.3 Radio Data System, RDS**

*(Forrás: Bank Csaba, FVM szaktanácsadási szolgálat INTERAT RT., Milics, Tamás, 2007.)*

Az RDS (Radio Data System) cég a világon elsőként kifejlesztette a gabonakombájnok, permetezőgépek, műtrágyaszóró gépek és egyéb mezőgazdasági gépek műholdas helyzet-meghatározását, az RDS DGPS (Radio Data System Differential Global Positioning System) rendszert.

A korábbi évek RDS HERMES és RDS JUPITER komputereit az RDS cég továbbfejlesztette és 2001. évben megjelent az RDS PRO-SERIES 8000 DGPS műholdas helyzet-meghatározással vezérelt rendszer.

A rendszer nagy előnye, hogy a betakarításhoz, permetezéshez, műtrágyaszóráshoz, talajmintavételhez és vetéshez csak a vezetőfülkébe szerelhető RDS PRO-SERIES 8000 komputert kell használni. Az RDS PRO-SERIES 8000 komputerben a különböző feladatoknál csak szoftvert kell váltani. Az RDS DGPS rendszer alkalmas gabonakombájnok által végzett betakarítás hozam adatainak (nedves- és száraz átlagtermések, nedvességtartalom adatok, egyéb teljesítmény adatok, a kombájn útvonala stb.) rögzítésére és pontos táblatérkép készítésére.

Az RDS DGPS rendszer alkalmas továbbá talaj mintavétel térkép, talaj szerkezet térkép, talajnedvesség térkép, műtrágya térkép, pH térkép, gyomtérkép és művelőút térkép készítésére és rögzítésére. Az üzemeltető számítógépén el kell helyezni az RDS PRECISION FARMING (PF) szoftvert, mely a felvett adatok megjelenítésére, kezelésére, a permetezés, műtrágyaszórás és a vetés megtervezésére alkalmas.

A mért és rögzített adatokat tartalmazó mágneslemezt személyi számítógépbe helyezve a képernyőn igen változatos formában megjeleníthető a táblaméret, az átlagtermések, a gyomtérképek illetve a talaj-mintavételi (talajminőségi) térképek. Lekérdezhető továbbá a gabonakombájn vagy a traktorhoz csatolt mezőgazdasági eszköz haladási útvonala is. Az átlagtermések és a gyomosodás illetve a talaj tápanyag-utánpótlás hiányosságai között szoros összefüggés van.

Permetezés, műtrágyaszórás vagy gabonavetés előtt az agronómus vagy növényvédő szakmérnök a személyi számítógép monitorán megjelenített



táblatérképen az átlagterméseknek vagy a gyomtérképnek megfelelően megtervezheti és kijelölheti, hogy az adott táblán belül melyik helyre milyen permetlé (vagy folyékony műtrágya) dózis (liter/ha), milyen szilárd műtrágya dózist (kg/ha) kíván kijuttatni, vagy gabonavetés esetén milyen mennyiségű (kg/ha) vetőmagot kíván elvetni.

Az RDS MARKER műholdvezérlésű elektronikus nyomjelző, melyet a vezető elé, a műszerfal fölé kell szerelni. Használata előnyös minden pontos csatlakozást igénylő munkánál.

A pontossággal kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy ezekre a sorvezetőkre alapozott navigációs rendszerek, amelyek jele alapján kell a traktorvezetőnek az irányítást biztosítani, a gépkezelő korlátai miatt nem képesek pontosabb csatlakoztatásra, mint 25 – 30 cm. Ez pedig a vetéshez nem elegendő, a permetezéshez még éppen elfogadható, a műtrágyaszóráshoz jó.

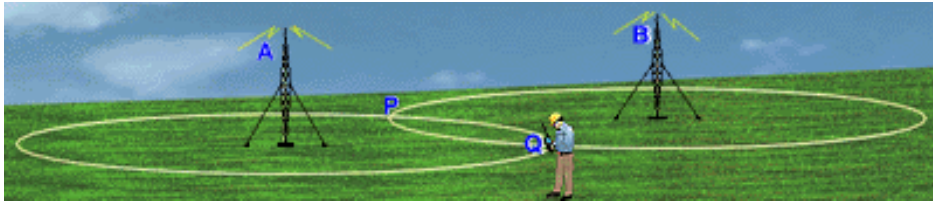
A nagyméretű, napsütésben is jól látható jeleket tartalmazó kijelző pontos utasítást ad a traktorvezetőnek a helyes irányról, a csatlakozás pontosságáról, jelzi, hogy jobbra vagy balra kell kormányozni a traktort. Közvetlenül összeköthető az RDS PRO-SERIES 8000 komputerrel és a DGPS MAX műholdjel vevő egységgel. Használható önállóan is (pl. kukorica vagy zöldség vetésnél) az RDS PRO-SERIES 8000 komputer nélkül, de a DGPS MAX műholdjel vevő egységre ebben az esetben is szükség van. Ebben az esetben a traktorral és a bekapcsolt műholdjel vevővel a tábla területét körbe kell járni, az RDS MARKER így felveszi a tábla térképét. Ezután kitűzhető az első sor egyenes iránya. Be kell programozni a munkaszélességet (a csatlakozási méretet) és ezt követően tájékoztatja a vezetőt a helyes irányról, és automatikusan navigálja a következő csatlakozáshoz.

## **2.2.4 Egész Földre kiterjedő szatellita rendszer Global Positioning Satellite System (GNSS)**

### **a) A rendszer és a helymeghatározás**

#### Rádiónavigáció

A múlt század közepén fejlesztették ki a rádiójelek terjedési idejének mérésén alapuló távolságmérési technikát.



2.2.4 – 1. ábra: Rádiónavigáció (Forrás: Mucsi 2007)

Az alapötlet szerint, ha egy adóállomásról kisugárzott és egy vevőberendezéshez beérkezett rádiójel haladási idejét ismerjük, akkor az adó és a vevő közötti távolságot is meg tudjuk határozni (a rádió hullámok azaz elektromágneses hullámok terjedési sebességével megszorozva).

A hajó és légiforgalmi irányítást szolgálta a LORAN (LONG RANGE Navigation): 1950-es években kiépített rádiónavigációs rendszer. A rendszer minden láncszeme legalább négy adóból állt, kb. 800 km-es útvonalat fedett le és a láncszemek hálózata alkotta a teljes rendszert, pl. az USA nyugati partján a navigációt két láncszemmel biztosították. Nem globális rendszer, csak a földfelszín 5 %-án tette lehetővé a navigációt. Pontossága kb. 250 méter volt.

A kezdeti rádiónavigációs rendszerek alapját ezek a földfelszín ismert pontjain elhelyezkedő rádióállomások jelentették. A földi irányadóakra épülő rendszerek mindegyikének közös problémája volt, hogy a rádióadók vételi körzete és vételi lehetőségei korlátozottak voltak.

Műholdas navigáció (Husti et al. 2000, Detrekői 2004, Milics 2007)

Az előbbieken említett problémák megoldására a rádióadókat műholdakra telepítették, amelyek kellően nagy magasságú pályáikról biztosítják a globális lefedettséget, vagyis a Föld bármely pontján megfelelő számú műholdjel vételét.

A rendszer alapelve megegyezik a földi rádiónavigációs rendszer elvével, a különbségek a következőkben foglalhatók össze:

- képes háromdimenziós helymeghatározásra,
- a műholdak helyzete folyamatosan változik (nem állandó, mint a földi rádióadóknál), pillanatnyi pozíciójuk ismeretének pontossága befolyásolja a meghatározni kívánt helyzet pontosságát.

A jelenlegi helyzetben (2009. év) az amerikai és az orosz működik, és több tervezett rendszer van.

## **Az amerikai GPS (Global Positioning System, egész Földre kiterjedő helymeghatározó rendszer)**

1978 - 1993 között épült ki, azóta működik Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (DoD) tartja fenn. A rendszer kiépítésének eredeti célja az volt, hogy a tengeralattjárók számára az egész földön biztosítsa a pozíció meghatározás lehetőségét.

A GPS térbeli derékszögű koordinátarendszert használ, a WGS 84 nevűt, amelynek középpontja egybeesik a Föld középpontjával, Z tengelye a forgástengelyével.

Alkotórészei a következők:

- a műhold hálózat
- a földi állomások és irányító központ.

### **Műholdak**

A műholdpályák helyzete, a műholdak száma és elhelyezkedése azt biztosítja, hogy a Földfelszín bármely pontján, tetszőleges időpontban egyszerre legalább négy műhold legyen észlelésre alkalmas helyzetben, legalább  $15^\circ$ -kal a horizont felett. Hat pályán legalább 4 műhold és további tartalék műholdak keringenek 20200 km magasan, közel kör alakú pályán, 11 óra 58 perces keringési idővel. A közel 750 kg tömegű műholdakon rádió adó-vevő készülék, atomóra (cézium, rubidium) található és a működéshez szükséges energiát napelemek biztosítják. A műhold rádióüzenete egyrészt lehetővé teszi a földi ponton a műhold-vevő távolság meghatározását, másrészt információt ad a műhold pontos térbeli helyzetéről.

A műholdak által sugárzott navigációs üzenetek a pályaadatok és – korrekciók, valamint az óraparaméterek mellett a műholdakra vonatkozó státusz-információt (on/off) és ionoszféra-paramétereket is tartalmaznak. Az ionoszféra jelkésleltető hatása hibával terheli a mérés eredményét.

A közelítő pálya- és óraadatokat tartalmazó információkat, a legalább 6 naponként frissített *almanach* üzenetekben sugározzák.

### **Földi monitor állomások**

Az ismert WGS-84 koordinátájú földi követő állomások a mérési sorozatból pályaadatokat számítanak. Egyszerre kezdetben öt állomás mért, manapság már tucatnyi a monitor állomások száma. A műholdakra vonatkozó adatokat a vezérlő központban (Colorado Springs, USA) értékelik, meghatározzák a pálya- és időkorrekciókat, majd az adatokat a műholdak fedélzeti számítógépének memóriájába juttatják.

## **GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System)**

Hasonló mesterséges holdas rendszert alakított ki az egykori Szovjetunió, felújítását Oroszország folytatja. Az első műholdat 1982 októberében lőtték fel. A teljes kiépítésben a 24 darab GLONASS műhold 19 100 km-es magasságban, közel kör alakú pályán kering három pályasíkban (inklinációja  $64.8^\circ$ ), melyek  $120^\circ$ -os szöveget zárnak be egymással. A pályánként 8 műhold egyenlő távolságra van egymástól, egy teljes pálya megtétele kb. 11 óra 15 percre tart. A műholdak pályáját úgy tervezték meg, hogy egyszerre legalább 5 holdat lásson a felhasználó.

## **GALILEO**

Folyamatban van az európai rendszer kiépítése teszt üzemben.

Az Európa Tanács 2002-ben Madridban határozott a GALILEO rendszer kiépítéséről. Tisztán európai és polgári felhasználású, a hely-, idő- és sebesség-meghatározást segíti.

Jellemzői:

- pályán, pályánként 7 aktív és 3 tartalék műholdból áll,
- jobb észlelhetőség az északi országokban és szűk, magas épületekkel határolt utcákban,
- európai vezérlő központokból irányítva gyors pályamódosításokra lesz lehetőség,
- a jelenlegi GPS-nél nagyobb pontosságú és megbízhatóbb,
- mindenki számára elérhető, ingyenes szolgáltatás,
- speciális komponensek, pl. földi kiegészítő integrált hálózatok, használhatóság parkolóházakban és egyéb épületekben, fedett helyeken,
- olcsó, többfunkciós vevőkészülékek.

### **b) Felhasználók**

A helymeghatározáshoz olyan műszer szükséges, amely képes a mesterséges holdak jeleinek vételére és feldolgozására.

A világszerte működő több tízmillió GPS vevőberendezés antenna-egységből és jelfeldolgozó-egységből áll. Az antenna-egység feladata az észlelési programban kiválasztott műholdak összetett jelének vétele. A jelfeldolgozó-egység legfontosabb része navigációs célú készülék esetében a gyors működésű számítógép, helymeghatározásra szolgáló mozdulatlan vevőkészülék esetében a nagy kapacitású adattároló. A

korszerű vevők többszörös vételére alkalmasak, azaz egy időben több – általában 8-14 – műhold jelének vételére alkalmasak.

A polgári alkalmazások széles körben elterjedtek. Különösen azokon az alkalmazási területeken ad jó szolgálatot a műholdas helymeghatározás, ahol tájékozási alappontokat nem lehet elhelyezni, vagy körülményes az elhelyezésük pl. tengeri navigáció, felszíni vizek felmérése, mezőgazdasági, erdészeti területek, stb.

A civil felhasználók számára számos gyártó kínál a műholdak adását venni és feldolgozni képes berendezéseket: (a teljesség igénye nélkül): pl. a Trimble, Thales, Navsys, Leica, Javad, Sokkia, Garmin, CSI wireless, Mio, ACT, DGPS max stb.

Leggyakrabban alkalmazott csoportosításuk ( *Mucsi 2007*):

- navigációs (kb. 15-20 m-es pontosság),
- térinformatikai (méteres-szubméteres pontosság),
- valamint geodéziai (cm-es pontosság) vevőket, amelyeket hosszú mérési idővel (12-24 óra) és tudományos feldolgozással geodinamikai (pl. kőzetlemezek mozgása, izosztázia) célra, mm-es mozgások meghatározására is alkalmaznak.

Hazánkban földmérési célra leginkább Leica, Trimble, Sokkia műszereket használnak ( *Horváth 2004*).

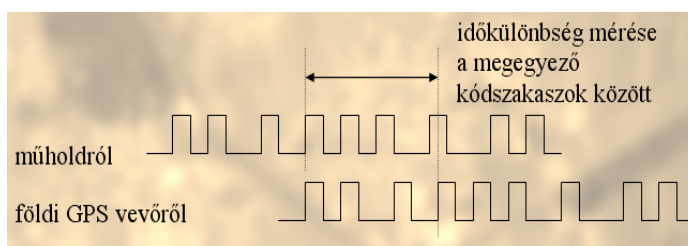
A talajvédelmi szolgálatnál pl. az alábbi – néhány méter pontosságú – készülékek vannak ( *Forrás: Műholdas helymeghatározás 2004*):



2.2.4 – 2. ábra: Kézi műholdas műszerek

### c) Mérés a vevővel

A jel terjedési idejének mérése 0,06 mp-nyi időtartam megmérését jelenti. Feltételezzük, hogy a műhold és a vevő órája együtt jár. A műhold és a vevő egy ezred másodpercenként ugyanazt a – műholdanként különböző - kódsorozatot generálják. A vevő összeveti (elcsúsztatja) a saját jelsorozatát a műholdról érkezett jelsorozattal.



2.2.4 – 3. ábra: Időmérés

Az időeltérést a terjedési sebességgel megszorozva kapjuk a műhold – vevő távolságot. A helymeghatározás távolság mérésen alapszik. Egy térbeli derékszögű koordináta rendszerben a mért távolságra felírható a térbeli Pythagoras összefüggés:

$$D^2 = (x - X)^2 + (y - Y)^2 + (z - Z)^2 + (dt \cdot c)^2$$

ahol

- D vevő – műhold távolság, mért adat
- x, y, z a mesterséges hold koordinátái, ismert adatok,
- X, Y, Z a pozíció koordinátái, a keresett adatok,
- dt az észlelő és a rendszer közötti időeltolódás, keresett adat,
- c elektromágneses hullám terjedési sebessége.

Az egyenletet négy, egy időben észlelt műholdra négyszer felírva, a négy ismeretlen: az álláspont koordinátái (X, Y, Z) és az idő korrekció (dt) meghatározhatók.

A távolságot elektromágneses hullám futási idejével mérik. Az időmérés pontossága kulcsfontosságú, hiszen a futásidő pontossága határozza meg alapvetően a földi pozíció pontosságát.

A térbeli X, Y, Z koordináta értelmezés a gyakorlati élet számára nehézkes. A földgömbön (pontosabban földi ellipszoidon) értelmezett földrajzi szélesség és hosszúság jobban tudatosít bennünket, hogy hol vagyunk? A mérnöki alkalmazások számára a fölfelszínhez simuló síkkoordináta rendszer a megszokott. A legtöbb műholdas helymeghatározón a pozíció kijelzés változtatható. Beállíthatjuk a

kijelzést földrajzi koordinátákra, vagy a választható rendszerre - geodéziai koordináta rendszerre.

#### Mérési technikák

Statikus mérés: mérés közben mozdulatlan vevőkkel történik.

Kinematikus mérés: mozgó vevővel (rover) mérünk, míg a referenciavevő (bázis) ismert ponton áll.

Navigációs mérés: a pillanatnyi helyzet meghatározására szolgál, funkció lehetnek pl. célpont felkeresése, bejárt útvonal rögzítése, stb.

#### Differenciális GPS (DGPS)

Valós idejű, relatív, kódmerést jelent. Két vevővel történik:

- referencia-állomás (bázis) korrekciós adatokat szolgáltat
- mozgó (rover) vevő a korrekciós adatokkal javítja saját méréseit,

#### Statikus GPS mérés

Mozdulatlan vevők közötti térbeli vektorok meghatározása szolgál, fázisméréssel. A térbeli vektorokból a térbeli hálózat kiegyenlíthető (fix pontokra). Több 10 km-es, de akár több 1000 km-es vektorok mérhetők cm pontossággal, de minél nagyobb a vektor, annál hosszabb mérési idő (atmoszférikus hatások kiküszöbölésére) és speciálisabb vevő és feldolgozó program szükséges. A méréshez szükséges időtartam kb. 30-50 perc, amely a vevőtől és a DOP értékétől függ.

Kinematikus GPS mérés: egy ismert ponton elhelyezett vevőhöz képest mérjük a pozíciót. Két típusa: - folyamatos: mozgó vevő (jármű) útvonalát rögzítjük fázisméréssel, és - Stop and Go: terepen kijelölt pontokon rövid ideig (néhány epocha) mérünk.

Valós idejű kinematikus (RTK) mérés: geodéziai pontosságú terepi munkákhoz: felméréshez, pontkitűzéshez használatos módszerek. Jellemzői:

- technika: megegyezik a kinematikus mérésével,
- feldolgozás: egyidejűleg a méréssel (real time),
- referencia-adatokat rádióon, vagy mobil GPRS technológiával közvetítik a mozgó vevőhöz,
- mérés jósága azonnal ellenőrizhető,
- hatótávolság: 5-10 km, de ez a GNSS rendszerek kiépülésével folyamatosan növekszik
- legmagasabb készülékárak,
- rádiófrekvencia használatához engedély szükséges.

A precíziós mezőgazdaság helymeghatározó részének az a feladata, hogy a táblán folyó beavatkozás helyét megállapítsa. A beavatkozó művelet lehet pl. aratás – hozammérés, ekkor a kombájn mozgásának rögzítése teszi lehetővé a táblán belüli hozam eltérések vizsgálatát.

Amennyiben szilárd műtrágya kijuttatása a feladat, akkor a fedélzeti számítógép a traktor pozíciója alapján szabályozza a szórógép adagolószerkezetét (*Csizmazia 2007*).

Előbbi esetben az adatfeldolgozás elképzelhető a művelet (betakarítás) után is (utólagos adatfeldolgozás). A műtrágya szórásnál viszont azonnal kell tudni a táblán a pozíciót: valós idejű, DGPS helymeghatározás szükséges.

#### **d) A pontosságot befolyásoló tényezők**

A mesterséges holdak „L” mikrohullámú tartományban, rádió jelet sugároznak. A sugárzott csomag tartalmazza a mesterséges hold pálya adatait, a pontos időt és egyéb információkat. Két frekvencián történik a sugárzás (L1= 1575,42 MHz, L2= 1227,60 MHz). A két vivő frekvenciát modulálják (bináris fázis moduláció), adott chipfrekvenciával megváltoztatják. A chipfrekvenciának megfelelő chiphossz 1 %-a jelenti a távolságmérés felbontóképességét, a pozíció meghatározás elvi pontosságát (*Husti et al. 2000*). A pontosságot befolyásoló tényezőket 4 csoportba osztják (*Milics 2007*): műhold, jelterjedés, észlelés, mesterséges rontás. A felhasználó szempontjából fontos tényezők:

- az észlelt mesterséges holdak száma és helyzete,
- korlátozott hozzáférés, C/A, P kód
- órajárás,
- pályaelemek,
- a Föld atmoszférája,
- GPS vevők.

Minél több egyidejű mesterséges hold észlelésből számítjuk a pozíciót, annál megbízhatóbb lesz az eredmény. A minimális számú műholdon felüli észleléssel kiegyenlítést, eredményjavulást érhetünk el.

Továbbá javítja (vagy rontja) a pontosságot a mesterséges holdak vevőhöz viszonyított geometriai elhelyezkedése, észlelési idő alatti helye a látszólagos éggömbön (a holdak „jó metszést adó helyzete”, más szóval a „geometria erőssége-gyengesége”). A kedvezőtlen geometriát ún. DOP számmal (Dilution of Precision, a pontosság hígulása) jellemzik. Mértékegység nélküli szám. Minél nagyobb a DOP, annál kedvezőtlenebb a meghatározás. Például 6: kedvezőtlen érték, 2,5: átlagos, 1: jó. A pozíció helyzeti PDOP számát vízszintes vagy horizontális meghatározási pontosságra: HDOP és magassági vagy vertikális pontossági számra: VDOP bontják.



Az észlelt mesterséges holdak számát és a HDOP számot a legtöbb vevő kijelzi. Az abszolút meghatározást terhelő hibahatások (HDOP=2; VDOP=2,5) mellett a következő táblázatban olvashatók.

2.2.4 – 1. táblázat: Távolságmérést befolyásoló tényezők (Mucsi 2007):

Hibaforrás	Távolsághiba (m)
műhold pálya	2,3
műhold óra	2,1
ionoszféra	4
troposzféra	1,4
több utas terjedés	1,4
vevő zaja	0,5
URE (felhasználó távolsághibája)	5,1
vízszintes helyzethiba (HDOP*URE)	10,2
magassághiba (VDOP*URE)	12,8

C/A, P kód: A használatos két kódból a C/A kód a civil alkalmazásoknak szól, 3 m távolságmérési pontossággal, a P kód pedig elzárt kód (0,3 m pontossággal).

Kódmérés: Az L1 és L2 frekvenciát a nagyobb mérési pontosságot biztosító P (precision) korlátozott hozzáférésű kóddal modulálják, amelynek hullámhossza kb. 30 m és csak az arra jogosult, elsősorban katonai felhasználók használhatják. Az L1 frekvenciát a szabad elérésű C/A (coarse/acquisition - durva/elérés) kóddal modulálják, amely kb. 300 m hosszú és kisebb mérési pontosságot tesz lehetővé.

A C/A kód véletlen kód, zérusokból és egyesekből áll. Egy elem frekvenciája  $\nu=1,023$  MHz, a kód 1023 bit hosszú. Időben kifejezve egy elem 1 mikro szekundumnak (0,000001 másodpercnek) felel meg, a teljes kód 1 milliszekundumnak (0,001 másodpercnek) felel meg, így: egy elem hossza:  $\lambda=c/\nu=2,99792458 \cdot 10^8 \cdot 0,977517106 \cdot 10^{-6}=293,052$  [m], az egész kódsorozat hossza:  $293,052 \cdot 1023 = 299792,458$  [m]. A jobb minőségű vevők mérési pontossága a kódelem (~300 m) 1 %-ára tehető, így ennél a mérési módszernél megközelítőleg 3 méteres elvi pontosságra számíthatunk.

Vivőfázis mérése (geodéták kedvenc eljárása): A vivőjel frekvenciája kb. 1000-szerese a kódfrekvenciának, a hullámhossz 0,001 része (L1 : 19,05 cm; L2 : 24,45 cm) így ennél a mérési módszernél a pontosság növekedése is 1000-szeres a kódméréssel összehasonlítva,

vagyis a jelkiértékelés mm-es pontossággal végezhető el (1 %-os mérési hibával számolva). Problémaként jelentkezik a módszernél, hogy az egész periódusok száma nem ismert (fázis többértelműség). A megoldására matematikai modelleket, illetve a két frekvenciás feldolgozásra alkalmas vevőt használnak.

**Órajárás:** A mesterséges holdakon nagy pontosságú atomórák biztosítják a pontos időmérést. A vevő egy ezredmásodperces órahibája 300 kilométeres pontatlanságot okoz a távolságmérésben, ami a pozíció meghatározásban ilyen nagyságrendű hibát okoz.

**Pályaelemek:** A pályaelemeket a földi követő állomások folyamatosan mérik és küldik a holdakra.

**Atmoszférikus hatás:** A nagy távolságban lévő mesterséges holdokról lejutó jel sorozat áthalad az ionoszférán és a troposzférán. Ezek állapota befolyásolja a haladást. A két frekvencián venni képes készülék jobb atmoszféra modellel tud számolni és így pontosabb mérésre képes.

**GPS vevők:** Ami a GPS vevőket illeti: pontosabbak a két frekvencián mérni képesek. A pontosságot fokozni lehet, ha egy időben két készüléket használnak (DGPS mérési módszer). Ennek során különbség képzéssel (térbeli vektor kivonással, differenciával) számolnak, ami kiejti a mérési hibák nagy részét.

A műholdas helymeghatározás pontossága első lépésben 10 – 30 méter. A pontosságot fokozni lehet utólagos korrekciókkal, 2 frekvencián vett műhold jelekkel (kétsatornás, drágább készülékekkel) és korrekciós adatok egyidejű vételével.

*Borza et al. (1994)* összefoglalja a meghatározás pontosságát. Összesen 9 kategóriát állapít meg (pl. statikus kétfrekvenciás, kinematikus egyfrekvenciás, differenciális, abszolút, stb.) 5mm-től az 50 m pontosságig.

A szántóföldi művelés gépeit a valós idejű (azonnali), folyamatos (real time kinematic, RTK) pozíció meghatározásra készítik fel. Ennél az eljárásnál a pontosság javítását a korrekciós jelek egyidejű vételével végzik.

A differenciális GPS (DGPS) mérés elve az – *Husti et al. (2000)* szerint – hogy egy nagyon pontos készülékkel ismert koordinátájú ponton állnak fel (ez a bázis vevő) és folyamatosan mérik a pozíciót a műholdak segítségével. Így a valós és a mért adat összehasonlításából korrekciót lehet számítani. A korrekciós értéket rádió hullámok segítségével szétsugározzák. A tényleges munkát egy másik, ún. rover készülékkel végzik. A mozgó (rover) készülék folyamatosan veszi a korrekciós adatokat és a pozíció mérést ezzel megjavítja. A pontosság attól függ,

hogy milyen pontos a vevő és milyen távolságra van a bázistól. A mozgó vevő távolsága a bázistól lehet több ezer kilométer és néhányszor 10 km. A korrekció sugárzás történhet földi bázisról (GBAS) és mesterséges holdakról (SBAS).

A GBAS estén a bázis és rover távolság 50-100 km, SBAS esetén 500-1000 km. Ilyen feladatot lát el Pl. az Inmarsat vállalkozás. Kiterjedt kommunikációs műhold hálózattal rendelkezik az egész Földre kiterjedően.

*Eissfeller (2001)* összefoglalja a SBAS (WAAS, EGNOS), és GBAS (LAAS) rendszereket.

A korrekció sugárzás az 1983 évektől elkezdődött, támaszkodva a tengeri navigációban szerzett tapasztalatokra. A tengeri navigációval foglalkozó szervezet (Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM) már 1947-ben elkezdte működését.

Mezőgazdasági célra különböző eszközök és rendszerek, általában méter, néhány deciméter körüli pontosságúak állnak rendelkezésre (*Stoll et al. 2004, Noack 2004*).

*Pap (2004)* alábbiakban foglalja össze a jelenleg elérhető pontosságokat

#### 2.2.4 – 2. táblázat: Pontosságok Pap szerint

Referencia állomás sűrűség	A használt rendszer	megjegyzés	elérhető pontosság méterben
5 állomás az egész Földre	SPS	L1 (1575,42 MHz frekvencia) C/A kód	100
5 állomás az egész Földre	PPS	L1+L2 (12227,60 MHz frekvencia) P kód	10-30
30 állomás/ USA	WAAS		1-10
1 állomás/40 km	LAAS		0,1-1
1 állomás/10 km	DGPS	vivófázissal mérés	0,01-0,1

*Halmos István (2004)* szerint WAAS (amerikai), MSAS (japán), OmniStar, EGNOS (európai) rendszerek 1-3 m pontosságot ígérnek.

A GBAS lehet rádiós vagy internet alapú.

A John Deere Ag mezőgazdasági ajánlatában 3 féle pontosságot különböztet meg a StarFire GPS készülékre (*GreenStar Talk 2005*):

WAAS (ezer km távolságban lévő bázis)	8-10 méter pontosság
SF1 (korrekció egy frekvencián)	0,8 m pontosság
SF2 (korrekció két frekvencián)	0,25 m pontosság

A pozíció meghatározás másodpercenként egyszer illetve ötször történhet, beállítás szerint.

Ha a bázis-rover távolság kb. 35 km, akkor a valósidejű (RTK) műholdas mérés 0,1 m helymeghatározást biztosít. A 35 km-nél kisebb távolságra eső mérésnél az 1-3 cm is biztosítható.

Egy országos aktív hálózat kiépítésével a felhasználónak csak egy (rover) GPS vevőre van szüksége a munkavégzéshez, hiszen a bázis vevőt nem kell működtetnie. Annak állandóan működtetett szolgáltatását megveszi/bérli és pl., mobil telefon szolgáltató segítségével fogja a jelét. Országos aktív GPS hálózatról akkor beszélünk, ha kellő sűrűségben felállított bázis vevők - pl. 30 km sugarú hatókörrel lefedve az országot - folyamatos működéssel szolgáltatják a korrekciós jeleket.

A magyarországi helyzetről *Borza (2004)* közölte, hogy az országos GPS alappont hálózat (OGPSH) 1995-1998 között megvalósult, az országos alappontok (EOVA) felhasználásával. A hálózat koordináta hibája kisebb 0,02 m-nél. Ezen pontokon GPS készülék felállítható, és ismerjük az országos koordinátáit és a műholdas helymeghatározásnál használatos koordinátáit, így az átszámítás elvégezhető (*Borza 1991*).

*Taylor et al. (2004)* Kansasban John Deere StarFire és Trimble Ag GPS132 vevők dinamikus pontosságát vizsgálta. A StarFire 2 frekvencián javított differenciális üzemmódban, a Trimble Ag GPS 132 önálló meghatározással működött. A mérés során egy 0.8 km –es kelet-nyugat irányú vasúti pályán 4,5 km/órás sebességgel mozgatott GPS vevők 24 órás mérési eredményeit, 126 illetve 106 észlelés adatait dolgozták fel. A bázis állomás 5 km-re volt a pályától.

A haladás irányával egyező és arra merőleges középhibát számítva az alábbi eredményre jutottak:

vevő \ középhiba RMS error	Haladási irányban	Pályára merőleges irányban
StarFire	0,047 m	0,171 m
Ag GPS 132	0,68 m	1,348 m

A vizsgálatnak nem volt célja a két vevő összehasonlítása, de látszik, hogy a differenciális GPS-el működtetett StarFire nagyságrenddel kisebb hibát ad. További megállapítás volt, hogy a pályára merőleges (kedvezőtlenebb eredményt adó) irány Fourier analízise napi 4 periódusban fellépő eltolódást mutatott. Másképp fogalmazva: a pontosság időben változott! A haladási irányú hibák jobban hasonlítottak a véletlenszerű hibákra, mint a periodikus hibákra.

Általánosságban a GNSS vevőket és robot pilótákat kínáló cégek a pontosság megjelölésénél a csatlakozó és a visszatérési pontosságot adják meg. A csatlakozó pontosság a kb. 15 percen belüli meghatározást jelenti, a visszatérési pedig órák, napok, vagy egy év múlva történőt. Ha tehát a csatlakozó pontosság pl.  $\pm 25$  cm, akkor a táblán végzett folyamatos műtrágyaszórás átfedés/kihagyás mértéke 25 cm soronként. Ha a visszatérési pontosság 80 cm, akkor pl. egy év múlva ilyen megbízhatósággal tudunk ugyanarra a nyomvonalra visszatérni.

## 2.3 Űrfelvételek

### 2.3.1 A mesterséges holdak tulajdonságai

Űrfelvételek címmel foglaljuk össze az űrhajókról, űrsiklókról, űrbázisokról és mesterséges holdakról történt felvételeket. Ezeket az űrobjektumokat olyan hordozó rakéták juttatják az űrbe, amelyek a leválásukig nagy sebességre gyorsítják (égés végi sebesség) az űrjárműveket.

Bizonyos magasságon túl a levegő annyira megritkul, hogy a repülőgépek nem képesek ott járni, mert a felhajtóerő, ami a szárnyakon keletkezik, nem elég a gép levegőben tartására. Ez a kb. 35 km –es magasság a repülők által járható réteg felső határa. Ha feljebb megyünk, a 35 – 160 km közötti magasságba, ott a levegő a repülők számára túl ritka, a nagy sebességgel száguldó mesterséges holdak számára viszont még túl sűrű. A nagy sebességű test felmelegszik és elég ebben a közegben. Tartósan tehát egyik jármű sem tartózkodhat ebben a rétegben. A 200 – 500 km magasságban az ember lakta űrhajók, űrsiklók, űrállomások járnak. Ha a Föld 6378 km –es sugarához viszonyítjuk, akkor ezek az űrjárművek „földközelenben” vannak, hiszen ez a magasság a sugár 10 %-a alatt van.

Számunkra a földfelszínről készített rendszeres és elérhető felvételeknek van jelentőségük, így elsősorban azokat említjük.

A mesterséges holdakat az alábbiakkal jellemzik:

- pálya magassága, keringési ideje,
- hajlásszöge,
- napszinkron pálya.

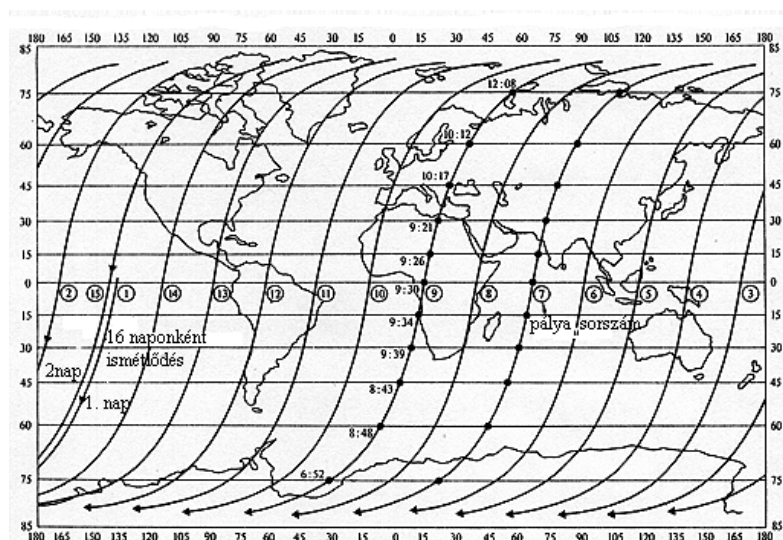
Először a pálya magasságát választják meg, ez befolyásolja a geometriai felbontást, a felvételi sáv szélességét és a keringési időt. Lényeges azt is tudni, hogy a lefedett terület, a pontosság mellett milyen gyakorisággal

tér vissza a műhold ugyanarra a helyre, milyen időközönként szolgáltat távérzékelte adatokat?

Napszinkron pálya

Ha a mesterséges hold ugyanazon helyi időben halad át egy terület felett, a Naptól jövő megvilágítás is azonos lesz, hasonló fény és árnyék viszonyokkal. Az időjárás és az évszakok változása természetesen befolyásolja a fényviszonyokat, de nagyobb valószínűséggel kapunk összehasonlítható képeket az időről időre egy területről gyűjtött adatokból. Ezért törekednek arra, hogy a felvételek egy területről ugyanazon napszakban készüljenek.

A mesterséges hold pályájának vetületét térképen ábrázolják. A műhold áthaladásának nyomvonalát tüntetik fel.



2.3.1 – 1. ábra A Landsat 1 pályavetülete

## 2.3.2 Felvételi rendszerek

**Mechanikus letapogató** (Strathmann 1990, Theilen-Willige 1993)

A repülés irányára merőlegesen tapogatja le a terepet egy forgó prizma segítségével. Egy kb. 45°-os nyíláson keresztül jut az érzékelőkre a földfelszín felől érkező sugárzás. Ha a detektorok száma több egynél, akkor multispektrális berendezésről beszélünk. Az érzékelők a rájuk eső szűk sávot érzékelik. Ezeket a sávokat csatornának nevezik és megszámozzák. Pl. a 3-as csatorna a 0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$  hullámhosszú (vörös) tartományt foglalja magába (Gierloff-Emden 1989).

Geometriai felbontás és kontrasztátvitel (*Buchroithner 1989, Kraus 1990*)

A pontosság elsősorban a képelem (pixel = picture x element) nagyságától függ. Pl. Repülőgépen elhelyezett letapogatóval  $h=2000$  m magasságban készítünk felvételt. A pillanatnyi letapogató nyílás,  $\Delta\alpha=1,25$  millirad. Az ehhez tartozó képelem oldalhossza a terepre vetítve 2,5 méter. Ennél kisebb részleteket nem tudunk felvenni a letapogatóval.

Mivel a távérzékelés során a terep tónusos ábrázolását kapjuk, a részletek elválasztásának alapját a kontraszt (a sötét és világos részek közötti különbség) adja. Minél pontosabban tükrözi a kép a terepen jelentkező kontrasztot, vagyis minél jobb a kontraszt átvitel, annál nagyobb pontosságot tudunk elérni (*Czímber 2001*). A kvantumdetektorok képesek a látható fény tartományon kívül a közeli infra, közép és termális infra tartományban felvételeket készíteni.

**Digitális sorkamera** (opto-elektronikus letapogató): A letapogatóban a forgó tükör helyett egy optikai berendezés van, amely az egész sort egy detektor sorra vetíti, egyszerre felvéve a sort.

A detektorok szilícium diódák, amelyek egymással össze vannak kötve. A CCD kamera elven működik (charge coupled device).

### **Mikrohullámú rendszerek**

Az optikai mellett a másik nagy jelentőségű tartomány a mikrohullámok tartománya. az 1 mm – 1 m hullámhosszú, vagy 300 GHz – 300 MHz frekvenciájú elektromágneses hullámok. Alkalmazásuk elterjedt repülőn és szatellitán egyaránt. A fotografikus felvételeknél a lencsék, prizmák, egyéb optikai elemekkel történik a képalkotás. A mikrohullámú távérzékelésnél a kibocsátást és a vételt antenna biztosítja.

### **2.3.2 Mesterséges hold programok**

**Landsat** (*Kraus- Schneider 1985, Kraus 1990*)

Az Amerikai Űrhajózási Hivatal (National Aeronautics and Space Administration, NASA) bocsátotta fel a Landsat mesterséges holdakat, az alábbiak szerint (zárójelben a fellövés éve - működés befejezése)

Landsat - 1 (1972 - 1978), Landsat - 2 (1975 - 1982), Landsat - 3 (1978 - 1983), Landsat - 4 (1982 - 1993), Landsat - 5 (1984 - ), Landsat - 6 (1993 - sikertelen), Landsat - 7 (1999 - ).

### 2.3.3 – 1. táblázat: A Landsat -5 felvételi csatornái

csatorna és hullámhossz [ $\mu\text{m}$ ]	alkalmazási terület
1. 0,45 - 0,52 kék	Tengerpart, víztestek térképezése, vízbe hatolás mélysége, talaj és vegetáció elkülönítése, lombhullató és tűlevelű erdők elválasztása.
2. 0,52 - 0,60 zöld	Vegetáció elkülönítése, a klorofill görbék elnyelési csúcsának meghatározása, építmények leválasztása.
3. 0,63 - 0,69 vörös	Klorofill abszorpciós mérés, vegetáció szétválasztása, építmények azonosítása
4. 0,76 - 0,90 közeli infravörös	Biomassza tartalom meghatározása, víztestek és föld elválasztása, talajnedvesség nyomon követése
5. 1,55 - 1,75 közép infravörös	A vegetáció és a talaj nedvesség vizsgálata, felhős és havas területek elkülönítése.
6. 10,40 - 12,50 termális infravörös	Talaj nedvességtartalom meghatározás, vegetáció betegségek elemzése, hő térképezés.
7. 2,08 - 2,35 közép infravörös	Ásványok, kőzetek térképezése, vegetáció nedvesség tartalom érzékelés

Az első műholdat még Earth Resources Technology Satellite (ERTS) néven bocsátották fel, utalva arra, hogy feladata a Föld erőforrásainak kutatása lesz, később, 1975 -ben nevezték át Landsat -re. Viszonylag rövid időre, egy évre tervezték a működését, de végül 6 évig sikeresen dolgozott. Az egy kép által lefedett terület: 185 km x185 km, terepi felbontás: 80 méter

A következő generáció, a Landsat - 4, 5 mesterséges holdak szenzorai: multispektrális (MSS), Thematic Mapper (térképező szkennel), TM.

A korábbi multispektrális rendszerrel szemben korszerűbb, a geometriai felbontása jobb, a spektrális felbontása is javult. Ez utóbbi azt jelenti, hogy szűkebb sávokban felvételeznek, ami a terepi objektumok jobb elkülönítését szolgálja.

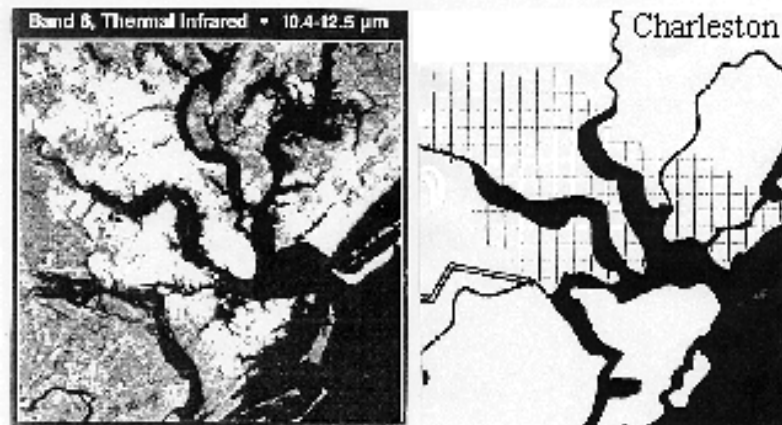
A korábbi műholdaknál alacsonyabb pályán, de nagyobb felvételi nyílásszöggel, ugyanolyan nagyságú területet fednek le. A geometriai felbontás (30 m) javult. A Landsat - 5 nem rendelkezik mágneses adattárolóval, hanem közvetlenül átadja a távérzékelt adatokat 2



geostacionárius pályán keringő távközlési műholdnak, amelyek lesugározzák az adatokat a Földre. A Landsat - 5 -öt úgy állították pályára, hogy 8 napos késéssel kövesse Landsat - 4-et. Mivel mindkettőnek 16 nap a visszatérési ideje, a két műhold együttes adatgyűjtésével 8 naponta tudunk ugyanarról a területről adatot kapni.

Bár a geometriai felbontása rosszabb, mint a többié, igen jelentős a szerepe a 6. csatornának. A hó felvételeken a magasabb hőmérsékletű helyek világosabbak, a hidegebbek pedig sötétebbek. Ennélfogva a város környéki és egyéb területek mikroklímáját, s az eltérő mikroklímájú területek elhatárolását tudjuk végezni.

A következő ábrán bal oldalon az intenzív hő kisugárzást mutatják a fehér foltok, ahol a sűrűn lakott rész van, a vegetációval fedett részek a hűvösebb területek. Jobb oldalon a térképet látjuk.



2.3.3 – 1. ábra: Landsat termális felvétel és térkép

A Landsat - 6 tartalmazta a TM továbbfejlesztett változatát. 1993 -ban a kaliforniai bázisról (Vandenberg). lőtték fel, de elveszett. A későbbi kísérletek sem vezettek eredményre a műhold megtalálását illetően, a több ezer Föld körül keringő űrtárgy között. A nagy értékű mesterséges holdat a veszteséglistára kellett írni.

1998 -ra tervezték a Landsat - 7 indítását, amire végül 1999 - ben került sor. A pálya adatok és a csatornák hasonlóak a korábbihoz (Landsat - 5). A fedélzetén elhelyezett ETM+ berendezés tartalmaz újdonságokat a TM -hez képest: a pankromatikus (0,5 - 09  $\mu\text{m}$ ) -es tartományban működő pásztázó (PAN) kiváló minőségű, 15 m -es felbontású. A termális sáv felbontása is 60 méterre javult. A 6 multispektrális, 1 PAN és 1 termális sáv egy időben készíti a felvételeket.

## **SPOT**

A francia, belga, svéd érdekeltségű mesterséges holdak neve: Systeme Pour l' Observation de la Terre, SPOT, földfigyelő rendszer. A műholdak készítette képeket a CNES leányvállalata, a „Spot Images” értékesíti. A felvételek száma több, mint 6.5 millió db. A pályára állított holdak: SPOT - 1 (1986), SPOT - 2 (1990), SPOT - 3 (1993), SPOT - 4 (1998), SPOT - 5 (2002. május 3.)

A SPOT - 1, 2 fedélzetén szerepelt első ízben a digitális sorkamera. Az érzékelt sávok: multispektrális: 0,50 - 0,59  $\mu\text{m}$  zöld, 0,61 - 0,68  $\mu\text{m}$  vörös, 0,79 - 0,89  $\mu\text{m}$  közeli infra, pankromatikus: 0,51 - 0,74  $\mu\text{m}$

## **IRS**

Az Indiai Űrprogram keretében az indiai kormány megbízásából indították útjára az IRS (Indian Remote Sensing System) mesterséges hold családot:

IRS -1A (1988), IRS - 1B (1991), IRS -1C (1995), IRS - 1D 8 (1997)

PAN: pankromatikus kamera, egy sávban működik, 0,5 - 0,9  $\mu\text{m}$ , geometriai felbontása 5,8 m, a lefedett sáv: 70,5 m. Alkalmazási terület: környezeti monitoring, erdészet, kartográfia.

LISS III.: multispektrális szkennel, 4 csatornával, Terepi felbontása 20 m. A lefedett sáv: 142 km. Alkalmazási terület: Környezeti monitoring, mezőgazdaság, geológia.

## **IKONOS**

Amerikai kereskedelmi mesterséges hold. Fellövés éve: 1999.

Felszerelése: multispektrális és pankromatikus szenzor. A használt csatornák: multispektrális

0,45 - 0,53 $\mu\text{m}$ (kék)	0,52 - 0,61 $\mu\text{m}$ (zöld)
0,64 - 0,72 $\mu\text{m}$ (vörös)	0,77 - 0,88 $\mu\text{m}$ (közeli infra)

pankromatikus

0,45 - 0,90  $\mu\text{m}$

A pálya műszaki adatai:

Napszinkron, közel poláris,	magasság: 680 km,
keringési idő: 98 perc,	inklináció: 98°,
visszatérési idő: 5 nap	lefedett terület: 11 x 11 km.

A geometriai felbontás 4 m, illetve pankromatikusnál 1m.

A nagy felbontású felvételek az alkalmazás területét kiszélesítik. A nagy méretarányú térképezéstől ( $m= 1:5000$ ) a topográfiai térképezésig ( $m= 1:25000$ ,  $1:50000$ ) használható. Térinformatika, térképészet, környezet elemzés, precíziós mezőgazdaság hasznosíthatja.

### **QuickBird**

A DigitalGlobe™ (Denver, Colorado), állította pályára a kereskedelmi mesterséges holdat Boeing DELTA - 2 hordozó rakétával 2001-ben.

Az első, 1997-ben fellőtt mesterséges hold (EarlyBird) a sikeres start után elveszett. A következő (QuickBird - 1) mesterséges hold startja nem sikerült. Ezek után sikerült pályára állítani a QuickBird - 2 műholdat.

Az érzékelők multispektrális és pankromatikus adatokat rögzítenek. Az alábbi csatornákat használják:

multispektrális (MS), pankromatikus (PAN)

lefedett terület: 16,5 x 16,5 km

A geometriai felbontás MS-nél 2,4 - 2,8 m, PAN-nál: 0,6 - 0,7m.

### **ERS**

Az Európai Űrügynökség (European Space Agency, ESA) által fellőtt mesterséges holdak: ERS - 1 (European Remote Sensing Satellite) (1991 -2000), ERS - 2 (1995 -), Envisat (2002 -). *ERS-1 User Handbook (1992)*

Az ERS program elsődlegesen a Föld nagy részét borító óceánok monitorozására valamint a tenger és a jég állapotának, törvényszerűségeinek megismerésére és tanulmányozására lett tervezve. Az atmoszféra és az óceán, az energia-átadások, tengeráramlások, a sarkkörökön lévő jégtömeg viselkedés, globális változások kutatására.

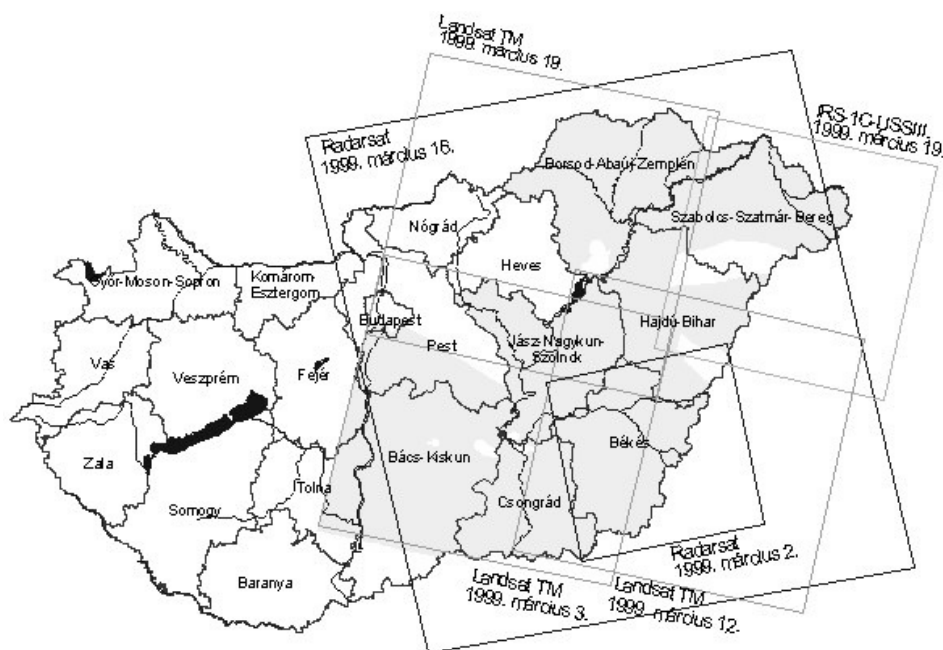
### **Radarsat**

A kanadai mesterséges holdat 1995 -ben lőtték fel. A Kanadai Űrügynökség és Távérzékelő Központ irányításával, NASA segítségével pályára bocsátott mesterséges holdon egy SAR mikrohullámú radar van, a földfelszín térképezésére. A műholdon lévő antenna tekintélyes méretű: 15 m hosszú és 1,5 m széles. A C csatormán (5,3 GHz, 5,6 cm) érzékel. Egy szélesebb terepi sávot (100 km) tekintve 30 m felbontású, a keskenyebb (55 km-es) sávnál 8 m pontosságú.

### **NOAA**

A meteorológiai műholdak (Meteosat, Goes) geostacionárius pályán keringenek, 36000 km magasságban, mindig ugyanazon terület felett, lefedve kb. a Föld egyharmadát. A felhők elhelyezkedése, vonulása, kontinensnyi kiterjeszkedése figyelemmel kísérhető velük. Más részük poláris pályán kering. Ezek közül az első generációs műholdak a TIROS, a második ESSA, a harmadik pedig a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Nemzeti Óceán és Atmoszféra Kutató Hivatal, USA) nevet viselték.

A NOAA sorozat akkor vált ismertté, mikor fedélzetén megjelent a nagyfelbontású radiométer, AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). 1979 és 1991 között 7 db NOAA lett pályára bocsátva. Az 1 km-es felbontás a többi műholdhoz képest már nem jelent nagy pontosságot, viszont hatalmas területet képes a műhold lefedni.



2.3.3 – 2. ábra: Landsat, IRS, Radarsat műhold lefedés Magyarországon (Forrás: FÖMI)

### 2.3.4 NÖVMON

A NÖVMON az Országos Szántóföldi Növénymonitoring és Termésbecslés Program rövidítése (Csornai et al. 1995).

A termésbecslés célja, hogy a betakarítás előtt megbízható mennyiségi adatokat szolgáltatson országosan a várható terméstről. Az irányítók, döntéshozók még a betakarítás előtt számba veszik a szükséges raktár és szállító kapacitást, előkészítik a tárolást, előre tervezik a gabonaintervenciót. A gabonaintervenció első lépése a felvásárlás, amelynek során a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (MVH) megvásárolja a jelen ajánlattételi felhívásnak megfelelően felajánlott gabonát (Csornai et al. 2003, 2004).

Az agrárirányítás számára készített statisztika és termésbecslés régóta használatos. A módszerek és az eredmények az egyes országokat tekintve különbözők. A NÖVMON sajátossága, hogy nem az évekre visszamenő statisztikákból következtet, hanem távérzékelte adatokat használ. A kvantitatív kiértékelés nagy megbízhatósággal (95 %) képes a betakarítás előtt meghatározni a hozamot és nem függ a gazdálkodók bejelentésétől, sem a birtokszerkezettől. Különösen fontos az előrebecslés az eltérő adottságú években, pl. ha aszályos évet jól termő követ.

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI, Budapest) munkatársai 1980 – 1996 között dolgozták ki a NÖVMON eljárást. Operatíván 1997-ben kezdődött, először 6 illetve 9 megyére, majd az egész országra.

Magyarország sajátossága a termő terület nagy aránya az összes fölterülethez képest. A 2000 – 2004 években a FVM és KSH adatok szerint a termő terület legnagyobb részét, 96 %-át, szántó: 4,5 millió ha, erdő: 1,8 millió ha, gyep: 1.1 millió ha, tette ki.

Mo. teljes területe: 9,3 millió hektár, termőterület: 7,689 m ha > 80 %, mezőgazdasági terület: 5,817 millió ha.

A NÖVMON nyolc fő szántóföldi növényre végez becslést:

- őszi búza
- őszi árpa, tavaszi árpa
- kukorica, silókukorica,
- napraforgó,
- lucerna,
- cukorrépa.

A 2000-2004 közötti időszak vetésterület megoszlása (FVM szerint):

búza	1,1 millió ha	
árpa	0,3 „	
kukorica	1,2 „	
napraforgó	0,4 „	
lucerna	0,2 „	
cukorrépa	0,1 „	
-----		
összesen	3,3 millió ha	$\frac{3,3}{4,5} * 100 = 73\%$

A NÖVMON a szántó területek körülbelül 70 %-át vizsgálat alá vonja, országosan meghatározó jelentőségű. A program elsődleges célja a gabonaintervenció támogatása.

Mivel hosszú távon képes biztos előrebecslést nyújtani, alkalmazása a gazdasági tényezők mérlegelése mellett célszerű, közérdek. Emellett a

becslés során melléktermékként keletkeznek feldolgozott, országos rendszerbe illesztett digitális űrfelvételek.

Ha a gabonaintervenció érdeke évről évre létrehozza ezeket az űrfelvételeket, érdemes foglalkozni azok más irányú hasznosításával. Sajnos az utóbbi években szünetelt a NÖVMON.

A termés hozam becslését FÖMI végzi FVM megbízásából.

FÖMI figyelemmel kíséri a meghatározott termények vetésterületeit űrfelvételekkel. A kalászosok (búza, árpa) megfigyelése márciustól júniusig tart, a jelentés június elején-közepén elkészül, a júliusi aratás előtt egy hónappal. A kapásoknál (kukorica, cukorrépa) előbecslés történik augusztus elején, majd végleges becslés szeptember közepén.

Végül egy összefoglaló jelentést is készítenek.

A kiinduló adatok:

- vetésszerkezeti térkép,
- CORINE,
- helyszíni adat,
- űrfelvétel.

A vetésszerkezeti térképet a gazdálkodóktól kérik be. A térképen a vetésterületek nagysága, geometriai helyzete, nyilvántartási azonosítója, elvetett területe, a vetett növény olvasható. A térképek segítségével a feldolgozók olyan minta területeket jelölnek ki, amelyek alapján a feldolgozó program betanítható és a munka ellenőrizhető. A minta területek az egész becsült terület 10 %-át teszik ki. Két részre osztják. Az egyik felét a betanításra használják, a másikat ellenőrzésre.

A vetésszerkezeti térképek digitális vektor térképként, poligonként kerülnek a feldolgozó rendszerbe.

Csak a szántó területek érdekesek a becslés számára. Az erdő, tó, nádas, gyep, szőlő, gyümölcsös, beépített terület maszkolásra kerül. A becslésből kizárt területek elkülönítésére felhasználják a CORIN eredményét. A felszín borítási tematikus térkép 1:50 000 méretarányú. Vektor térképként kerül felhasználásra.

A feldolgozás során előfordul, hogy nem sikerül kategóriába sorolni egyes területeket. Ezeket helyszíni bejárással lehet pontosítani. A helyszíni szemle során megállapítják, mi van a táblán, és bemérik a kérdéses területet, GPS vevővel határozzák meg a tábla sarok koordinátáit.

Az űrfelvételek kiválasztása, beszerzése az Európai Űrügynökség (ESA) terjesztőjén keresztül történik

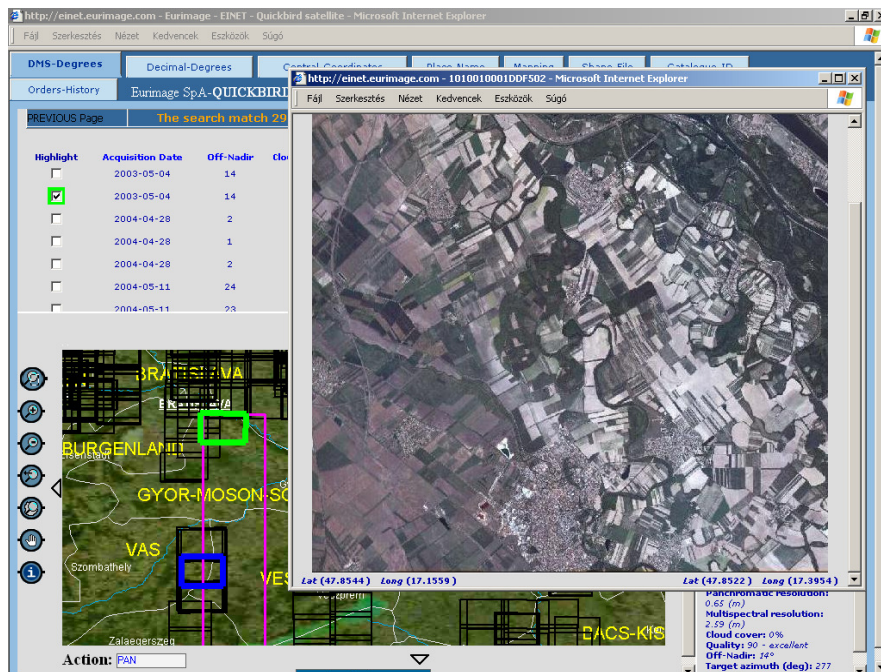
Használatos űrfelvételek: Az amerikai Landsat TM 5, Landsat ETM 7 mesterséges holdak multispektrális felvételei, SPOT 4 Xi, SPOT 5 HI, francia mesterséges hold multispektrális felvételek, IRS-1C, IRS-1D

LISS indiai mesterséges hold felvételek, NOAA amerikai mesterséges holdak AVHRR felvételek.

A terjesztő, EURIMAGE internetes honlapján Landsat, ERS-1, 2, Envisat, IRS, radarsat, NOAA, Quickbird űrfelvételeket lehet kiválasztani. A legrégebben futó program a Landsat. A Landsat hold 16 napos visszatérési idővel, 233 pályaciklust leírva szolgáltat adatot egy adott területről. Egy felvétel 183x183 km-es területet fed le. Magyarország felett reggel 9 és 10 óra között halad át a hold 705 km magasan.

Spacecraft Station	Acquisition Date	WRS Path	WRS Row	Cloud Cover	Sun Azimuth	Sun Elevation	Centri-Lat	Centri-Long	Bas/Ext	Floating	Map	Details
Landsat 5 Fucino	09:19:07 01/01/2001	189	27	10	157.08°	16.34°	47° 26'00"N	017° 11'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:19:31 01/01/2001	189	28	52	156.51°	17.52°	46° 01'00"N	016° 38'00"E	ND	F	M	D
Landsat 7 Fucino	09:30:16 12/24/2000	189	28	2	160.04°	18.06°	46° 01'00"N	016° 39'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:30:16 12/24/2000	189	28	15	160.04°	18.06°	46° 01'00"N	016° 39'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:29:52 12/24/2000	189	27	35	160.60°	16.82°	47° 26'00"N	017° 11'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Fucino	09:29:52 12/24/2000	189	27	32	160.60°	16.82°	47° 26'00"N	017° 11'00"E	B	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:54 12/16/2000	189	27	70	158.96°	16.48°	47° 26'00"N	017° 11'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:19:18 12/16/2000	189	28	78	158.39°	17.69°	46° 01'00"N	016° 39'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:38 11/30/2000	189	27	45	160.12°	18.45°	47° 26'00"N	017° 13'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:19:02 11/30/2000	189	28	60	159.53°	19.67°	46° 01'00"N	016° 40'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:47 11/14/2000	189	28	20	159.59°	23.18°	46° 01'00"N	016° 41'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:23 11/14/2000	189	27	72	160.24°	21.95°	47° 26'00"N	017° 14'00"E	ND	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:29:44 11/06/2000	189	27	42	162.76°	24.76°	47° 26'00"N	017° 13'00"E	E	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:30:08 11/06/2000	189	28	78	162.10°	26.03°	46° 01'00"N	016° 40'00"E	B	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:35 10/29/2000	189	28	30	158.38°	27.79°	46° 01'00"N	016° 41'00"E	ND	F	M	D
Landsat 5 Fucino	09:18:12 10/29/2000	189	27	42	159.11°	26.58°	47° 26'00"N	017° 13'00"E	ND	F	M	D
Landsat 7 Fucino	09:29:38 10/21/2000	189	27	2	161.22°	29.84°	47° 26'00"N	017° 13'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:30:02 10/21/2000	189	28	45	160.46°	31.09°	46° 01'00"N	016° 41'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Fucino	09:30:02 10/21/2000	189	28	38	160.46°	31.09°	46° 01'00"N	016° 41'00"E	B	F	M	D
Landsat 7 Neustrelitz	09:29:38 10/21/2000	189	27	2	161.22°	29.84°	47° 26'00"N	017° 13'00"E	B	F	M	D

2.3.4 – 1. ábra. Landsat átvonulások listája (Forrás: EURIMAGE honlap)



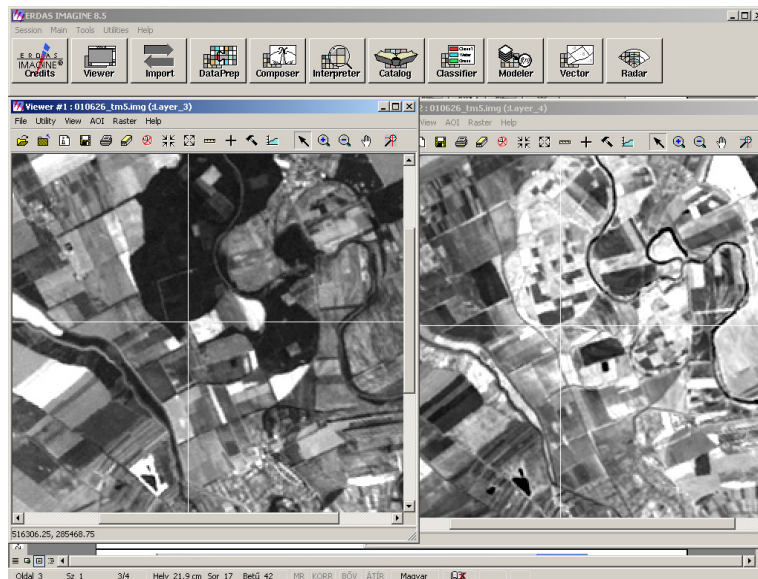
2.3.4 – 2. ábra: QuickBird felvétel (Forrás: EURIMAGE honlap)

A Napból érkező elektromágneses hullámok a föld felszínéről visszaverődve jutnak a mesterséges holdon elhelyezett érzékelőkre. Ezenkívül minden testnek lehet saját sugárzása is bizonyos hőmérsékleten.

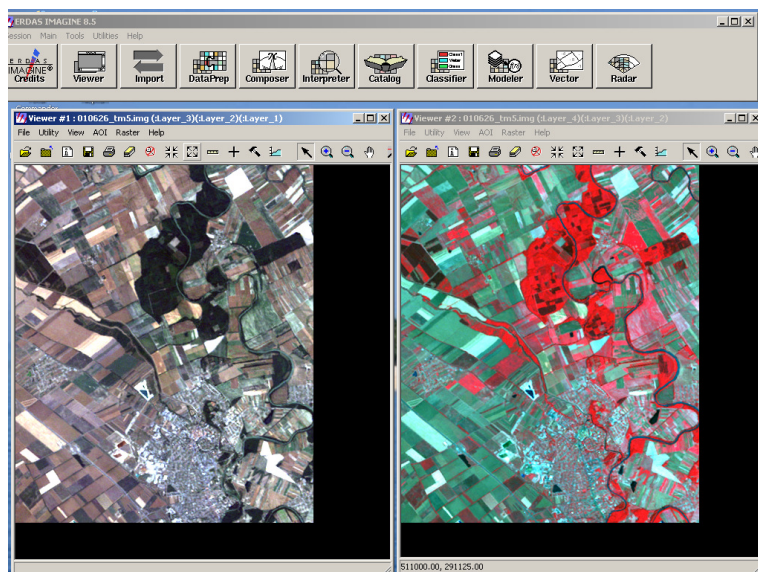
A földre jutó napenergia 4 %-a ultraibolya (300-400 nm), 45 %-a látható fény (400-760 nm), 51 %-a (700-1400 nm) hő sugárzás. A földfelszínről visszavert sugárzást sávokra bontva küldik az érzékelőkre. A több sávban érzékelés (multispektrális felvétel) a földfelszíni részletek jobb elkülönítését teszi lehetővé. Erre látunk példát a következő ábrán.

A bal oldali a 3. sávban, a jobb oldali a 4. sávban készült ugyanabban az időpontban (2001-06-26.) A szálkereszt közelében szemléljük a képeket. Bal oldalon a sötét tónusú erdő jól elkülönül a körülötte lévő világos művelt parcelláktól, különösen az alatta lévőktől. A jobb oldalon viszont az erdőállomány bal oldalon sötét tónusa itt már mozaikosra vált, s így az erdőn belüli kultúrákat tudjuk szemlélni.





2.3.4 – 3. ábra: Landsat űrfelvételek fekete-fehér megjelenítésben.  
 Copyright ESA 2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata,  
 Copyright FÖMI, 2001

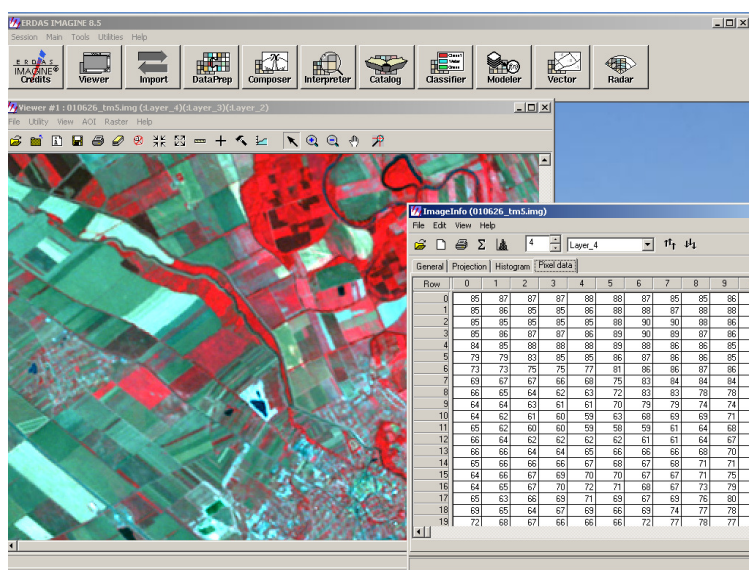


2.3.4 – 4. ábra Bal oldal: az RGB színeket a 3-2-1 sávokhoz rendeltük,  
 valóságoshoz közel álló képet kaptunk. Jobb oldal: az RGB színeket a 4-  
 3-2 sávokhoz rendeltük, hamisszínes képet kaptunk

Copyright ESA,2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata,  
Copyright FÖMI, 2001

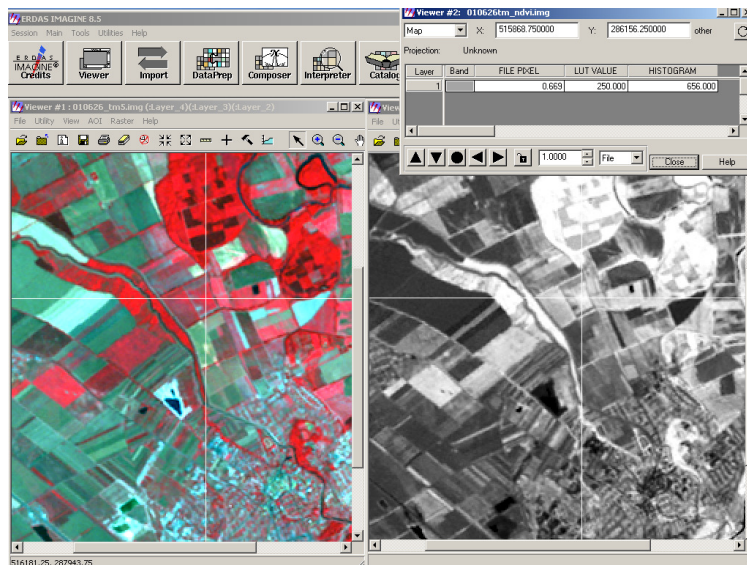
A színes megjelenítéshez a felvételi sávokhoz hozzá kell rendelni valamilyen színt. A számítógépes programok az additív vörös-zöld-kék (RGB) színekkel állítják elő a színes képet. Ha a vörösnek, zöldnek, kéknek megfelelő Landsat felvételi sávokhoz rendeljük az RGB színeket, a valóságoshoz közelálló színes képet kapunk. Ha a sávokat eltoljuk jobbra, pl. RGB (vörös-zöld-kék) – eltolás - 4-3-2 (infra-vörös-zöld), hamisszínes képet kapunk. A hamisszínes kép előnye, hogy a burjánzó, nagy vitalitású növényzet élénk vörös színben különül el rajta a környezetétől.

A mesterséges holdról sugárzott kép egy adatsor, amit a digitális jeleket kezelő szoftver segítségével lehet képként megjeleníteni. Az űrfelvétel képelemekből épül fel: picture element = képelem, röviden pixel. A pixeleket sorba és oszlopba rendezik. A pixel értéke 0-255 közötti szám, ahol a 255 a radiometrikus felbontás (pontosság) határa.



2.3.4 – 5. ábra: Bal oldal: 4-3-2 sávból álló színekompozit. Jobb oldal: a 4. sáv pixel értékeit tartalmazó táblázat

Copyright ESA,2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata,  
Copyright FÖMI, 2001



2.3.4 – 6. ábra: Jobb oldal: színkompozit, bal oldal: NDVI. A szálkereszttel mutatott pont koordinátáit (X, Y) és NDVI értékét: 0,669 (file pixel) leolvashatjuk a fekete-fehér kép feletti ablakban.

Copyright ESA, 2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata, Copyright-FÖMI-2001

**NDVI** (*Leszták, Vadász 1987, Kronberg 1985, Günter-Riekert 1992*)

AZ NDVI a normalizált vegetációs index angol rövidítése (normalized differential vegetation index, NDVI), az űrfelvételen a növényi jelenlét kimutatására alkalmas. (*ERDAS Field Guide 1997*). A vegetációról visszaverődés mértéke ugrásszerűen megnő 700 nm körül (*Theilen-Willige 1993*) szerint. A levél borszövet alatt lévő kloroplasztizok elnyelik a 700 nm alatti sugárzást és az energiát felhasználják a szerves anyag előállításához (fotoszintézis). A 700 nm feletti (infra) sugárzást – a túlmelegedés elkerülésére – visszaverik.

Pl. Landsat 3. sávban (630-690 nm, vörös látható fény) elnyelődés, azaz sötét folt, és ugyanakkor 4. sávban (infra) nagy visszaverődés, tehát világos folt mutatkozik, az a növényi jelenlét biztos jele. A jelenlét mértékét a vegetációs index, illetve a normalizált vegetációs index mutatja. Értéke 0 és 1 között van, pl. 0,67 illetve értelmezhető százalékban, pl. 67 %.

Egy-egy sáv pixel értékeit táblázatba, mátrixba foglalják. A mátrixszal műveleteket lehet végezni, pl. a 3. sáv megfelelő pixel értékeit kivonják a 4. sáv pixel értékeiből:

Landsat-ra vegetációs index,  $VI = 4. \text{sáv} - 3. \text{sáv}$ , normalizált vegetációs index,

$$NDVI = \frac{4.\text{sáv} - 3.\text{sáv}}{4.\text{sáv} + 3.\text{sáv}}$$

Nemcsak a Landsat, hanem más mesterséges holdak multispektrális felvételei, pl. a NOAA érzékelőknél: AVHRR 1. sáv (580-680 nm) és 2. sáv (730-1100 nm) is kifejezetten alkalmasak NDVI számításra.

## 2.4 Fotogrammetria, légi felvételek

### 2.4.1 Történelmi áttekintés

A fotogrammetria (fényképmérés) a 20. század elején indult útjára Közép-Európában. Az első világháborúban katonai felderítésre használtak légi felvételeket.

A fekete-fehér un. pankromatikus felvételeket évtizedekig alkalmazták térképek készítésére. A topográfiai térképek felújításának és 1975-től a kataszteri újfelméréseknek alaptermészetűje volt. Így aztán az ország területének minden zugáról van légi felvétel. Ezek egy részét korábban a mezőgazdasági minisztérium repülőgépes szolgálata készítette a FÖMI útmutatása szerint. A kilencvenes évektől magánvállalkozások készítenek repülőgépes felvételeket.

A másik forrás a katonai térképezéshez, illetve a kelet-nyugat irányú repülések, amelyek rendszeresen, kb. 10 éves visszatéréssel készültek.

A légi felvételek fekete-fehér, színes, infra és színes dia felvételek. Csak a legutóbb év(ek)ben készültek digitális felvételek. (*Kis Papp 1985, Domokosné 1978, Kraus 1993, 1996, 1998*)

### 2.4.2 Magyarország légi felmérése

Már a kilencvenes évek végén felmerült egy többcélú, egész Magyarországról készítendő légi fénykép sorozat ötlete. Főleg térképészeti, közigazgatási és földtani tanulmányok segítésére. (*Balla et al. 1998*)

Az első komplex légi fényképezés 2000. évben az FVM EU ANP és MePAR együttes eredményeképpen valósult meg (*Winkler 2004*).

A méret (*Winkler 2004, Mihály 2004*)

A feldolgozás eredménye: ortofotó az ország egész területéről.

A légi felvétel, mint minden centrális projekcióban készült termék perspektív torzulású, a párhuzamos elemek összetartanak a képen, nincs méretaránya, tájolása. Hogy egy képet metrikusan tudjunk kezelni, térképként, pl. róla geometria adatot le tudjunk venni, át kell alakítani. Az átalakításhoz olyan azonosító pontok kellenek, amelyek rajta vannak a képen, kiértékelő eszközökkel le tudjuk mérni a koordinátáit – és ismerjük a helyét (koordinátáit) a geodéziai rendszerben., mert meg lettek határozva hagyományos földi úton. Ezen illesztő pontok mellett föl kell venni az ábrázolás vonatkozási síkját is. Ehhez ismerni kell a domborzatot. FÖMI-ben több mint 4000 db topográfiai térkép feldolgozásával előállították Magyarország digitális domborzati modelljét, 5 méteres raszterrel. Ennek segítségével készítették el a képátalakítást. A perspektív torzulás eltüntetése, a domborzat figyelembevételével készült képátalakítás és tájolás után kb. 0,5 m pontosságú, nyomtatásban 1:5000 méretarányú digitális raszter (tónusos) térkép készült. Ezt nevezik ortofotónak.

Hasonló országos légi fényképezés zajlott le 2005-ben és 2008-ban.

Ha a földalapú támogatások érdeke továbbra is létrehozza, akkor három évenként frissített ortofotóval rendelkezik az ország.

### **2.4.3 Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer**

A Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal 81/2003. Kormányrendelettel létrehozott országos hatáskörű szervezet. Az MVH kifizető-ügynökségi feladatokat lát el, támogatási kérelmek befogadásától és elbírálástól, az engedélyezés, utalványozásáig, folyósításáig, nyilvántartásáig, könyveléséig terjed. Fontos területe a támogatási rendszer működéséhez szükséges adatok begyűjtése, feldolgozása és kezelése, ellenőrzések.

Az MVH hatáskörébe tartoznak (kiemelten a számunkra lényeges:

- Az Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap (EMOGA) vidékfejlesztési támogatások. Számunkra érdekes egységes területalapú támogatás.
- Ellenőrzési Rendszer (IIER) működtetésével, ezen belül gazda- és ügyfélregiszter, valamint a Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) kezelésével összefüggő feladatok.

A nyolc igazgatóságból és hat, a szervezet elnökének közvetlen felügyelete alá tartozó egységből álló budapesti székhelyű MVH a

központi irodáin, valamint a 19 megyei kirendeltségén keresztül látja el feladatait.

A Közös Agrár Politika (KAP, Common Agricultural Policy, CAP) keretében a parasztgazdaságok helyzetének javítása érdekében az Európai Gazdasági Közösség alapítói speciális intézkedések meghozatalát határozták el. A KAP keretében nyújtott támogatások döntő részét a mezőgazdasági termelők kapják. A támogatásokhoz jutás alapfeltétele, hogy a termelő rendszeresen részletes információt szolgáltatson gazdaságáról, földterületéről, állatállományáról, termelési adatairól stb.

A mezőgazdasági parcella azonosító (MePAR) (Csorna 2004, FÖMI 2004) az egész ország területére kialakított nyilvántartási rendszer, amely a földterület alapú támogatásokhoz szükséges és kötelezően előírt rendszer. Geometriai alapja az ország egész területéről készített légi felvétel sorozat. 1997-ben javasolta FVM-nek Távérzékelési Központ a földalapú támogatások ellenőrzésére ezt a technikát, amit az EU-ban már alkalmaztak egy 1992/93-as rendelet alapján. (Csornai et al. 2003)

A nyilvántartás mellett 2000-ben kezdődött meg az ellenőrzés, 150-160 ezer kérelem 5 – 7 %-át ellenőrzik (Csornai et al. 2004).



2.4.3 – 1. ábra: MePAR, Győr, nyugati terület

A légi felvétel sorozatot a domborzat és illesztő pontok segítségével perspektív torzulását megszüntetve átalakítják (országos rendszerbe transzformálják). Az egész országot lefedő A3-as szelvényekre tagolják. A gazda kézbe kapja az A3-as lapot és a kérelem mellé csatolja, bejelölve, hogy mely parcellákon gazdálkodik. A fénykép (ortofotó) alapegysége a fizikai blokk, amelyet a készítő kijelölnek a fényképen. A fizikai blokk egy természetes határokkal (út, árok, erdősáv, stb.) rendelkező, az ortofotón piros vastag vonallal határolt terület, amelyhez azonosító szám, terület és egyéb pl. nitrát érzékeny terület adatok tartoznak. (MePAR 2004, Hajtun 2003, Űrkutatási tájékoztató 2003).

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1 GNSS mérések

Az „ACT” és „CSI Wireless DGPS Max” műholdas helymeghatározó készülékek pontossági vizsgálatát végezzük terepi viszonyok között.

Általában azt mondhatjuk, hogy a gyakorlatban három alkalommal megy végig a táblán a GPS vevő:

vetés előtt, az előzetes talajállapot felmérésénél,  
tápanyag visszapótlásnál,  
betakarításnál.

A vetés előtt ismernünk kell a táblát. A helyspecifikus gazdálkodás feladatának tekinti a táblán belüli eltérő tulajdonságú táblarészek meghatározását. Ennek során meghatározzák pontról pontra a vizsgált hely koordinátáit és hozzárendelik a táblán mért tulajdonságokat.

A koordináták lehetnek földrajzi (szélesség, hosszúság) vagy vetületi koordináták ( $x$ ,  $y$ ). A koordinátákhoz rendelt tulajdonságok lehetnek pl. föld nedvesség, tápanyag tartalom, stb.

A második fázisban a vizsgált tulajdonságok figyelembevételével történik a tápanyag visszapótlás. A műtrágya szórásakor a kijuttató berendezés a megfelelő koordinátájú pozíciókon a megfelelő adagot szórja ki. (*Csizmazia 2007*)

Az eredményes visszapótlást aratáskor ellenőrzik a hozam pontról pontra történő folyamatos mérésével.

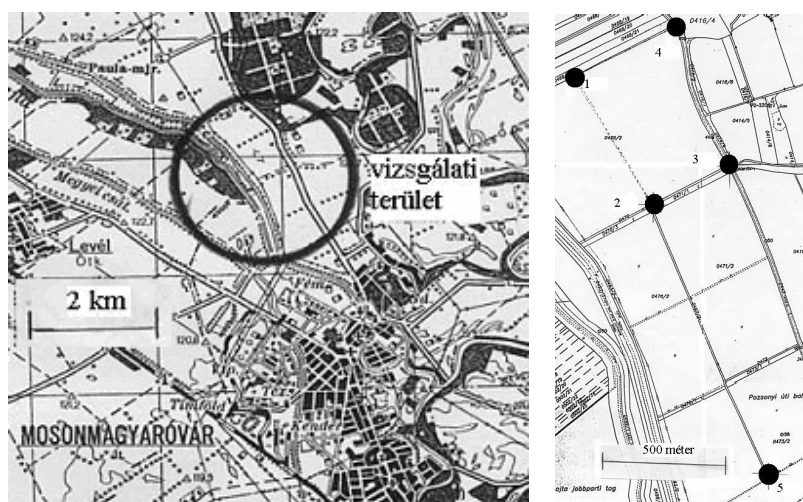
A műholdas helymeghatározó rendszer térbeli derékszögű koordináta rendszerének koordinátáit ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) átszámítják a hagyományos földfelszíni (alapfelületi) koordinátáira. Ezek: a földrajzi szélesség és földrajzi hosszúság ( $\varphi$  és  $\lambda$ ), ellipszoid feletti magasság ( $h$ ). Az alkalmazott alapfelület a WGS 84 ellipszoid. A WGS 84 rendszerben, a GPS vevőn kijelzett földrajzi szélesség, hosszúság, magasság tájékozódásra jó, de közvetlenül nem tudjuk összevetni a más alapfelületet és vetületet használó térképpel, az  $y$ ,  $x$  sík koordinátákkal és a tengerszint feletti magassággal. Az összevetéshez vagy magunk végezzük el az átszámítást, vagy olyan vevőt veszünk, amelybe az átszámítás be van építve.

A Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári kísérleti tábláján és környékén (attól Délre) történt a helymeghatározó modulok vizsgálata. A földrészlet helyrajzi száma: 0469/2, területe: 47 ha 8313 m<sup>2</sup>. A földrészletet kb. felénél földút vágja ketté. A földrészlet jobb oldali – Keleti felén van a kísérleti tábla.

A GPS műszerek antennáit a megjelölt pontokon felállítva végeztük a méréseket.

1999. óta folynak kutatások a precíziós szántóföldi termelés műszaki feltétel rendszere témakörében a Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári kísérleti tábláján. Ennek során a talajművelő gépeket felszerelik műholdas helymeghatározó rendszerrel. Ez a modul képes a munkagép pillanatnyi helyének folyamatos kijelzésére.

Dolgozatunkban ennek a modulnak a pontosságát vizsgáljuk: adott nagytáblás termelési viszonyok között.



3.1 – 1. ábra: A DGPS mérések helyszíne

A tábla felénél és sarkánál, valamint ettől kissé távolabb jelöltünk meg pontokat beásott betonkövel és facövekkel. A pontok koordinátáját a közelben lévő 2 negyedrendű geodéziai országos alappont segítségével meghatároztuk EOV (egységes országos vetület) rendszerben. A meghatározás becsült pontossága  $\pm 4$  cm. Az egymástól legközelebb lévő pontok távolsága 350 méter, a legtávolabbi pontoké pedig 1900 méter.





3.1 - 2. ábra: A kísérleti tábla a 2. sz. pont és (b), 4. sz. (j) pont felől nézve

A vizsgálatba bevont készülékek: ACT és Csi wireless DGPS Max.



3.1 – 3. ábra: A két készülék, aratáskor a kombájnbán, antennák kombájn tetőn

Az egyes pontok környékének leírása:

- 1.sz. pont földút, nyílt terület, kb. 25 méterre fasor és magasfeszültségű vezeték
2. sz. pont: földút, ÉNY irányban nyílt terület, DK irányban kb. 10 méterre fasor
3. sz. pont: aszfaltút szélén van, három oldalról fasor veszi körül, csak ÉNY irányban nincs takarás, kedvezőtlen helyzetű.
4. sz. pont: tábla szélén, a közlekedési úttól 10 m-re van, 2 oldalról (kb. 20. méterre levő) fasor és magasfeszültségű vezeték van
5. sz. pont: földúton, nyílt területen van, környezetében kukorica, tarló, ill. felszántott terület van, kb. 130 méterre magasfeszültségű vezeték van.

### **ACT**

A készülék EGNOS (műhold) adások vételére lett állítva.

Kijelzés:  $\varphi$ ,  $\lambda$  (a tizedesvessző utáni 5 karakter pontossággal), és a műholdak száma, HDOP.

### **DGPS max**

A készülék GPS műhold adás és OmniSTAR differenciális korrekciós jelek vételére alkalmas.

Pontosság: földrajzi szélesség  $\varphi$  és hosszúság  $\lambda$  kijelzés a tizedespont után 5 karakter. Ez kb. 1,1 m pontosságnak felel meg.

$$e = \frac{\pi}{180} * 0,00001 * R = 1,1 \text{ m, ahol a Föld sugara } R = 6,37 * 10^6 \text{ méter}$$

A készülék tengerszint feletti magasságot is kiír. Kijelzi továbbá az észlelt mesterséges holdak számát, HDOP értéket, a meghatározás becsült hibáját.

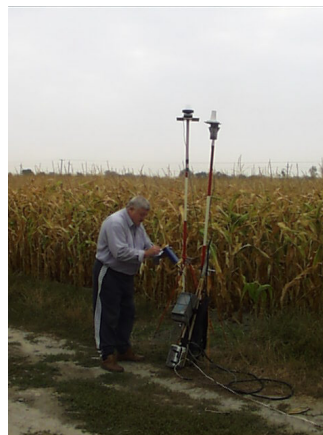
Antennák: A GPS készülék az antenna pozícióját jelzi ki. Az antennákat a talajszinttől kb. 2,3 – 2,5 m magasságban helyeztük el, hogy a búza illetve kukorica táblán levő termény ne árnyékolja a műhold vételt. Az antennák aratás közben a kombájn tetején vannak, így a mi elhelyezésünk a valóságot közelíti. Az antennákat egy rúd végén (geodéziában használatos, függőlegessé tett kitűző rúdon), vízszintes vaslapra téve (az antenna mágneze megtapad a vaslapon) a megjelölt földi pontokra illesztettük.

Áramellátás: A készülékek működtetéséhez traktor akkumulátort használtunk. A mérések során ez bizonyult az egész rendszer legstabilabb részének.

A helymeghatározó méréseket mindkét készülékkel minden ponton végigmértük, majd a mérési sorozatot megismételtük. Két nap elteltével, majd 3 hónap elteltével ismét elvégeztük a méréseket.

A külső körülmények: A vizsgálat időpontja: 2004. augusztus 30 – szeptember 3 illetve december 13. volt. A nyár végi (augusztus-szeptember) mérések alatti időt kb. 20 °C hőmérséklet, szellős, napos illetve borult időjárás jellemezte, a télit -1 °C hőmérséklet, borult, szellős időjárás. A pontok környékén tarló, kukorica, lombos (télen lombtalan) fák voltak. A pontok kijelölésénél nem az ideális GPS mérés körülményeket, hanem a gyakorlatban előforduló helyzetet vettük tekintetbe.

A mérések átlagos ideje egy –egy állásponton 10-30 perc közötti volt, ezalatt átlagosan 8 mesterséges holddal kommunikált a vevő (legkevesebb 6 db, legtöbb 11 db) és 1,0 – 1,1 HDOP ( legalacsonyabb 0,8 és legmagasabb 1,7) érték került kijelzésre.



3.1 – 4. ábra: A GPS mérőeszközök, az áramellátás és az antennák felállítása

### Mérési program

1. Ugyanarra a pontra milyen pontossággal vagyunk képesek többszöri ráállással visszatérni?
  2. Mekkora ez a pontosság egy geodéziai (országos) rendszerben? Ez utóbbi azért érdekes, mert ebben a rendszerben van a nyilvántartási térkép, a földhasználat törvényes műszaki alapja.
- Minden ponton mindkét készülékkel rendelkezünk 4 mérésből álló sorozattal. Az eredményeket a 4. fejezetben ismertetjük.

### 3.2 Űrfelvételek

A NÖVMON során feldolgozott Űrfelvételek egyéb hasznosítását vizsgáljuk. Alkalmask-e arra, hogy információt nyerjünk a mezőgazdasági tábla inhomogenitásáról? Segítheti-e ezzel a precíziós gazdálkodást?

Ezen Űrfelvételek előnye, hogy használhatóság szempontjából ki vannak válogatva, a szükséges korrekciókkal el vannak látva, és az országos rendszerbe vannak transzformálva. Így használatukat megelőzően ezeket a műveleteket nem kell elvégezni.

Vizsgálatunkat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar mosonmagyaróvári kísérleti tábláján végezzük. A helyspecifikus tápanyag kijuttatás úttörő és továbbfejlesztett kísérleteit a Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében végzik Neményi Miklós professzor és Kacz Károly professzor irányításával.

Pecze Zsuzsanna 2000-ben írt a témában doktori disszertációt, majd Mesterházi Péter Ákos 2004-ben.

Vizsgálataink során nagymértékben támaszkodunk Mesterházi Péter Ákos disszertációjára. A disszertáció összefoglalja a 2001., 2002., 2003. évben végzett kísérleteket.

A kísérleti tábla környezetében végeztük a GPS méréseket, így az már némileg ismert, most részletesebben foglalkozunk vele.



3.2 – 1. ábra: A kísérleti tábla és környezete

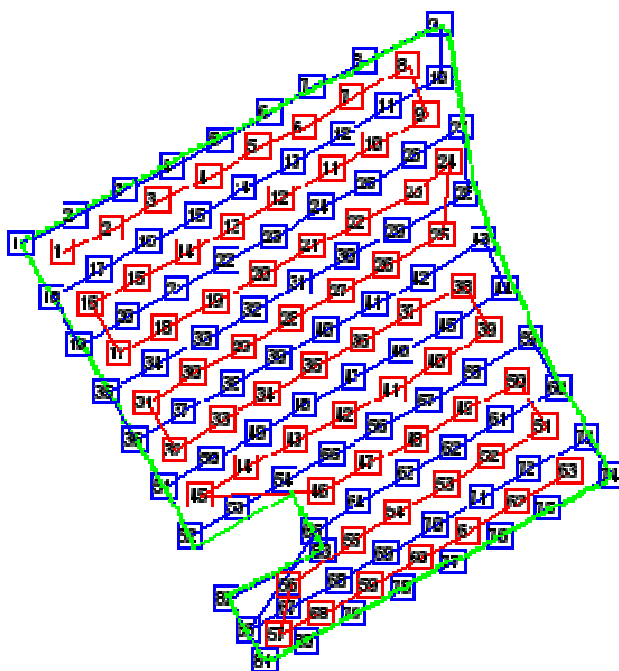
A tábla Mosonmagyaróvártól Északra, a Rajka felé vezető 15. sz. út mellett van, az országút és a Lajta folyó között. A 0469/2 helyrajzi számú földrészlet keleti felén, de nem foglalja el a földút által elválasztott egész keleti felét, csak annak kb. 80 %-át. A táblába ékelődik egy művelésből kihagyott rész is, amin gyomokkal és kártevőkkel kapcsolatos kísérletek folytak, de nem érintette a mi témánkat.

A tábla területe 15,3 hektár. E területet felosztották 50x50 méteres raszterekre, azaz. 0,25 hektáros nagyságú mintavételi helyekre. A mintavétel helyét műholdas navigációval jelölték ki a terepen.

A későbbi műtrágya kijuttatás érdekében ugyancsak 50x50 méteres raszterben jelölték ki a kezelési egységeket, összesen 63 egységet. Mesterházi dolgozatát angol nyelven írta, ezért az eredeti idézetek angol nyelvűek.

2001. év novemberében a kísérleti táblán talajmintát vettek. A talajállapot (tápelem-ellátottság), a növény kultúra és a tervezett termésszint szerint MTA-TAKI javaslatot készített. Az MTA-TAKI szaktanácsadási rendszere egyébként környezet- és költségkímélő, négy műtrágyázási szinten (minimum, környezetkímélő, mérleg-szemléletű, maximum) ad szaktanácsot (Csathó 2007).

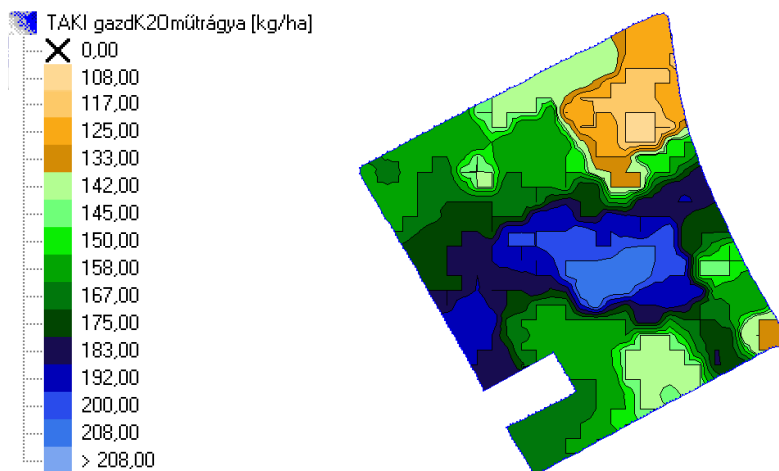
Felmerül a kérdés, hogy a talaj adatokból készített helyspecifikus kezelés - és az úrfelvételek között megállapítható-e valamilyen összefüggés?



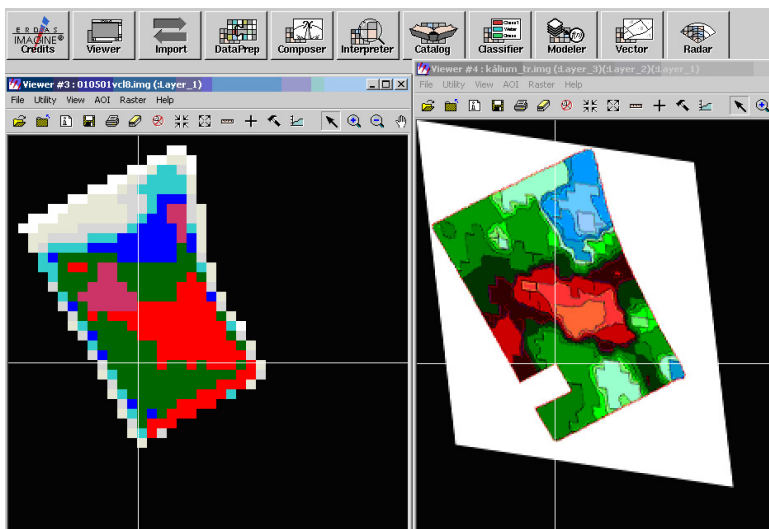
Sampling grid (blue) and the number of management units (red)

3.2 – 2. ábra: A mintavételi raszter (kék) és a kezelési egységek (piros)

(Forrás: Mesterházi Dissertation 2004)



K<sub>2</sub>O fertilizer planning base map 2002 spring (*Mesterházi 2004*)  
 3.2 – 3. ábra: A tervezett műtrágya kijuttatás térképe



3.2 – 4. ábra: Összefüggés keresés vizuálisan a műholdas felvétel és a műtrágya terv között

3.2 – 1. táblázat: Az MTA TAKI műtrágyázás programja, a kiszórás javasolt adagjai a kezelési egységekre (*Forrás: Mesterházi dissertation*)  
*The amounts of fertiliser agents advised by the applied model (kg/ha)*

Managem units	2002 spring		2002 autumn		2003	
	N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	133	95	45	59	24	91
2	117	95	0	59	0	91
3	117	95	45	49	67	91
4	117	85	45	39	24	91
5	117	85	45	29	67	91
6	117	85	45	29	67	91
7	117	85	77	19	79	91
8	133	75	45	29	24	91
9	133	70	0	23	0	74
10	117	70	45	19	67	91
11	117	70	45	0	67	74
12	117	95	68	29	67	91
13	117	95	45	39	24	91
14	117	85	45	49	24	91
15	117	100	0	39	0	91
16	117	95	0	39	0	91
17	117	105	0	39	0	91
18	117	105	45	59	67	91
19	117	100	23	49	24	91
20	117	95	0	59	24	91
21	117	90	45	39	67	91
22	87	75	45	19	67	91
23	117	65	45	19	67	91
24	133	75	0	33	0	74
25	117	90	45	23	24	74
26	117	80	45	49	67	91
27	135	105	45	59	67	91
28	117	115	45	43	67	74
29	133	115	45	49	67	91
30	117	110	45	59	24	91
31	117	105	0	59	0	91
32	87	115	0	49	24	91
33	117	105	0	49	0	91
34	117	110	0	59	0	91

<b>35</b>	117	120	0	69	24	91
<b>36</b>	117	115	45	69	24	91
<b>37</b>	117	110	45	49	24	91
<b>38</b>	117	110	0	59	0	91
<b>39</b>	117	101	0	27	0	58
<b>40</b>	117	120	0	33	0	74
<b>41</b>	117	125	0	53	0	74
<b>42</b>	117	125	0	79	0	91
<b>43</b>	117	95	23	43	24	74
<b>44</b>	117	95	0	39	24	91
<b>45</b>	117	110	0	49	0	91
<b>46</b>	117	95	0	49	24	91
<b>47</b>	117	95	0	59	0	91
<b>48</b>	133	110	0	69	24	91
<b>49</b>	117	115	0	53	0	74
<b>50</b>	117	87	0	0	0	21
<b>51</b>	117	95	0	39	0	91
<b>52</b>	87	100	0	59	0	91
<b>53</b>	117	85	0	59	0	91
<b>54</b>	117	85	0	59	0	91
<b>55</b>	117	95	45	49	24	91
<b>56</b>	87	100	23	39	24	91
<b>57</b>	117	100	0	49	0	91
<b>58</b>	117	95	0	39	0	91
<b>59</b>	117	90	0	39	0	91
<b>60</b>	117	85	0	49	0	91
<b>61</b>	117	85	0	39	0	91
<b>62</b>	117	105	0	59	0	91
<b>63</b>	117	80	0	39	0	91

A vizsgálatot a következőképp végezzük.

I. Kiindulás: Mesterházi disszertációjából rendelkezésünkre állnak a kezelési egységek és talaj adatokra alapozva MTA TAKI által készített műtrágyázás programok.

II. Ezeket a műtrágya programokat hasonlítjuk össze az úrfelvételekkel. Van-e kapcsolat a műtrágya adagok és az úrfelvételek között? Visszaigazolják-e a helyspecifikus kezelést?



I/1 Az első feladat: összehasonlítható formába hozni az adatokat. Az űrfelvételen a Napból jövő és a tábláról visszaverődő elektromágneses sugárzás értéket rögzítik a detektorok több sávban. A rögzített érték 0 és 255 közé esik. Ha nincs visszaverődés, akkor 0, ha teljes a visszaverődés, akkor 255 értéket vehet fel.

A kezelési egységre előírt műtrágya adag kg/ha egységben adott.

Az elérendő cél, hogy helyileg fedésbe kerüljenek. A kezelési egységeket megfeleltetjük a terepről készült űrfelvétel képegységeinek.

A következőkben szó lesz a vektor és raszter térképekről. Felidézzük az alapfogalmakat. A vektor térkép, vagy vonalas ábrázolású térkép elemei: pont, vonal (lehet egyenes, íves) és zárt vonal (terület). Ezen elemekből épül fel az egész térkép. Raszter térkép, vagy tónusos ábrázolású térkép eleme: pixel (képelem). Ebből építi a pontot, egyenest, területet, az egész térképet. (Természetesen mindkét térképfajtaához hozzátartozik a feliratozás, helységnevek, tájékoztató szöveges adatok, stb.).

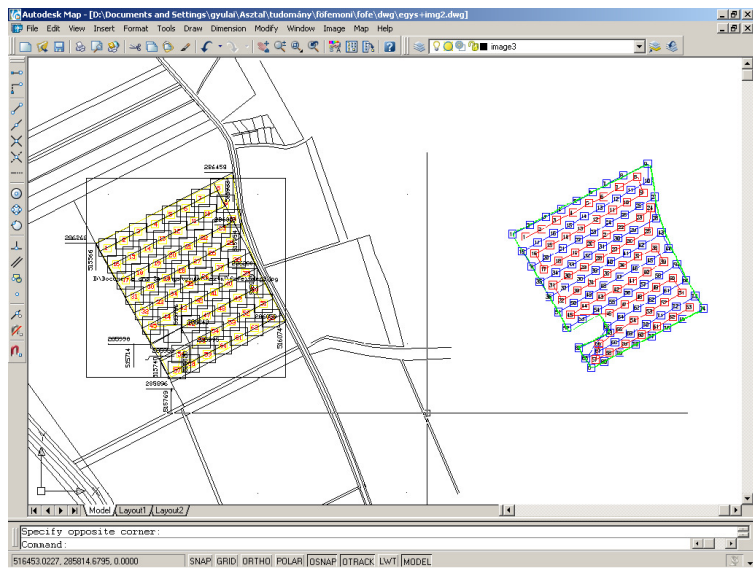
A mosonmagyaróvári földhivatalban beszereztük a földrészletet ábrázoló hivatalos térképet.

A szakmai köznyelv a földhivatali digitális térképet DAT-nak (digitális térkép alap), illetve KÜVET-nek, BEVET-nek nevezi (aszerint, hogy külterületi vagy belterületi vektor térképről van szó). Természetesen KÜVET és BEVET az Egységes Országos Térkép Rendszer (EOTR) része, így a tér ábrázolása Egységes Országos Vetület síkon (EOV) történik.

A jelenlegi KÜVET térképeket DataView állományban kezelik a földhivatalokban. Az ITR és a DataView is olyan szoftver, mely alkalmas a vektor térképek szerkesztésére. A földmérők előszeretettel használják az ITR programot, ezért a földhivatalok felkészültek olyan adatcsere formátumra, amely ezt tudja. Többnyire ITR, ASCII (amerikai standard/szabvány forma), vagy dxf (data exchange format) alakban lehet elvinni az adatot.

A KÜVE térképet ITR, majd AutoCAD szoftverrel megnyitjuk és a térképre illesztjük a kísérleti táblát és a kezelési egységeket. Az illesztésre azért van szükség, mert a tábla és a kezelési egységek nem koordinátákkal, hanem egy kép formában állnak rendelkezésre. A feladat tehát projektív geometriai transzformáció elvégzése.

Az illesztést polinomos transzformációval végezzük, 8-10 közös pont felhasználásával. Az AutoCAD Raster Design opcióban ez a művelet rendelkezésre áll a „rubbersheet” (gumilepedő) parancs formájában.



3.2 – 5. ábra: Illesztés előkészítése

A kezelési egységek sajátos elrendezésűek, a tábla szélével párhuzamos vonalra vannak felűzve, ahogyan a traktor a táblán halad.

Mesterházi megemlíti, hogy az AGRO-MAP, mellyel dolgozott csak Kelet-Nyugat tájékozást ismer, nem tudja a tábla oldallal párhuzamos raszterrel felosztani a területet.

Saját tapasztalatom szerint is a vektor-raszter konverzió, illetve a raszterrel dolgozó szoftver nem „forgatja” az elemi képet, mivel pontnak tekinti azt, és a pontnak nincs alakja, kiterjedése, iránya.

A KÜVET, a kezelési egységek, majd az úrfelvételek közös nevezőre hozása többszöri kísérletezés után sikerült.

I/2 A KÜVET-be ágyazott kezelési egységek középpontjának EOY koordinátáit lekérdezzük és felrakjuk egy olyan EOY rendszerben lévő úrfelvételekre, amelynek képegységei szintén 50x50 métereseek. Amelyik úrfelvétel négyzetébe esik a kezelési egység középpontja, ahhoz fog tartozni a kezelési egység

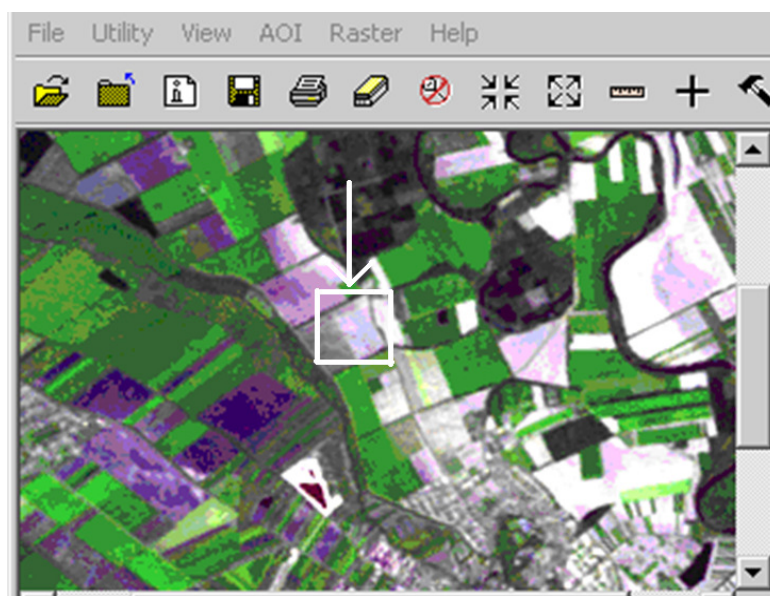
Az úrfelvételeket FÖMI bocsátotta rendelkezésünkre.

A feldolgozás során először osztályba sorolást végzünk ERDAS szoftver segítségével az egyes képeken és vizsgáljuk a hasonlóságot a műtrágya kiszórási tervvel. Az AGRO MAP szoftverrel ugyanis Mesterházi térképeket készített a tervezett műtrágya kiszórásról.

II/1 Az úrfelvételek osztályba sorolása közbeeső művelet, a célja az, hogy általában a tábla inhomogenitását vizsgálja. Az osztályba soroláskor

az adatok megváltoznak, tehát velük a számszerű összehasonlítás nem végezhető el.

Először tekintsük meg a vizsgált tábla környezetét! Aztán vágjuk ki a táblát! Különösebb inhomogenitást nem veszünk észre.

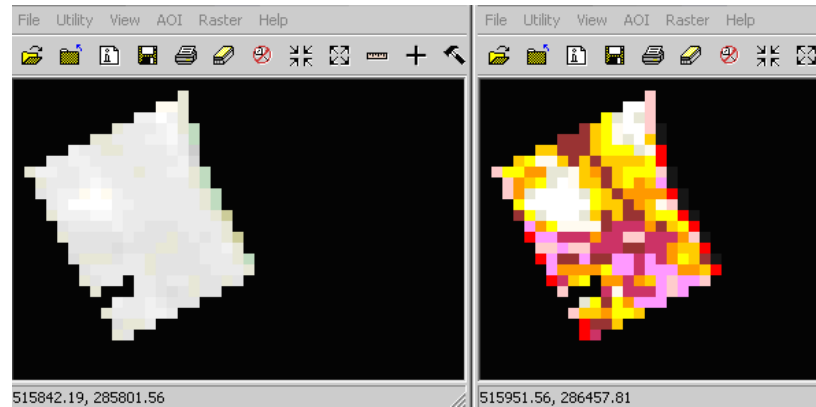


3.2 – 6. ábra: A kísérleti tábla és környezete. (középen van a kísérleti tábla) Copyright ESA 2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata, Copyright FÖMI, 2001

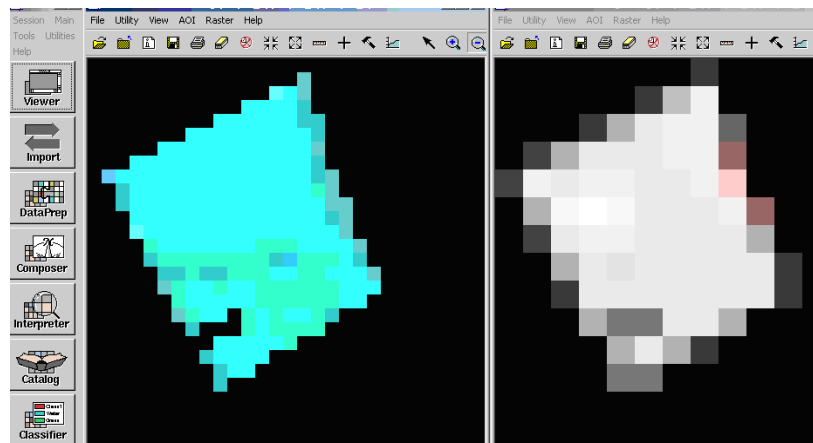
Osztályba soroláskor a szoftver az imidzsen lévő pixel értékeket sorba veszi (azok 0 és 255 érték között vehetnek fel egy értéket, lásd radiometrikus felbontás fogalmát). Miután megadtuk, hogy hány osztályt különítsen el, osztályba sorolja a pixeleket és megjeleníti az osztályokat. Ezután már mi magunk tetszőleges színt adhatunk az egyes osztályoknak. Azt, hogy mennyi csoportot válasszunk, a pontosság, a terepi viszonyok, a szemmel követhetőség befolyásolja. Ha túl kicsi az osztályok száma, akkor „elmaszatozunk” a képet. Ha túl sok, akkor nem tudjuk követni a sok információt. A vizsgált körülmények között tapasztalati úton azt mondhatjuk, hogy 4-6-8-12 osztály szám adhat jó értékelést.

Megjegyezzük, hogy az osztályba sorolás alkalmas arra, hogy egy tábláról eldöntsük, hogy milyen mértékben heterogén? Van-e egyáltalán szükség helyspecifikus beavatkozásra? Ha tehát az a feladatunk, hogy kiválasszuk azokat a táblákat, ahol figyelembe kell venni a táblán belüli

eltérést, akkor az osztályba sorolás hasznosítható. Sőt, a talajmintavétel tervezésekor figyelembe vehetjük a műhold foltokat.



3.2 – 7. ábra: A kivágott kísérleti tábla osztályba sorolás előtt és után (12 db osztály) 25x25 méteres pixelekkel Az inhomogenitás jobban látszik a jobb oldali képen.



3.2 – 8. ábra: 2001-05-01 dátumú űrfelvétel 25x25 és 50x50 méteres pixelekkel

A további feldolgozás során az osztályba sorolt képeket nem használjuk, mert azok pixel értéke megváltozott.

A talaj adatok felvétele 2001 novemberében történt. Ezekből az adatokból készítette el MTA TAKI a műtrágya kijuttatási tervet. A kiszórást 2002. április elején végrehajtották.

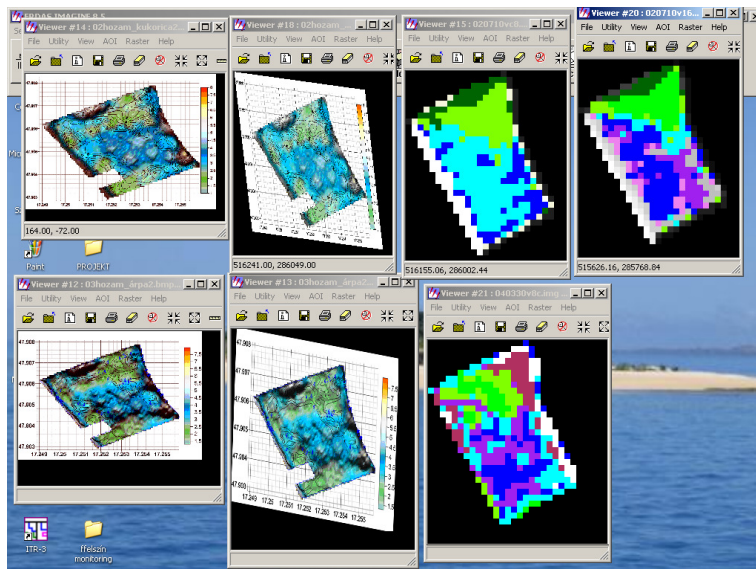
A rendelkezésre álló űrfelvételek közül a 2001. és 2002. tavaszi felvételt vizsgáljuk. Ekkor a talaj növényi fedettsége még nem befolyásolja a felvételt. A Landsat felvétel 7 sávban készült.

A kezelési egységekhez (50x50 méteres négyzetek) igazítjuk az űrfelvétel felbontását. Az eredeti pixelméret 25x25 m. A felvétel pontossága a tapasztalatok szerint kb. 30 méter. A képet ERDAS szoftverrel átalakítjuk 50x50 pixelesre. Az átalakítás során a szoftver a szomszédos pixelek környezetét figyelembe véve számít új értéket.

A felvételek pixel értékeit importáljuk ERDAS szoftverből és beolvassuk táblázatos formában Excel programba. A kezelési egységek adatait is Excel táblázatba írjuk.

### Transzformálás és vizuális összehasonlítás

Az első fázis a válogatás, a rendelkezésre álló és megfelelő űrfelvételek, illetve a Mesterháztól származó adatok válogatása, EOVB-ba transzformálása volt.



3.2 – 9. ábra: Forrásadat, illesztett adat, osztályba sorolt űrfelvételek (balról jobbra)

Az osztályba sorolást ERDAS képfeldolgozó programmal végeztük. Kétféle osztályba sorolást lehet végezni:

- az egyik a spontán osztályba sorolás
- a másik a tanuló területes osztályba sorolás.

Az elsőnél az osztályok számát kell megadni, a szoftver elvégzi a pixel adatok szerinti besorolást.

A másikonál ha vannak olyan területeink, amelyhez hasonlót keresünk, akkor ezeket kijelölhetjük tanuló területnek. Pl. ha tudjuk, hogy hol van vetve lóbab és egyéb lóbab táblát keresünk, akkor lehet hasznos.

Vizsgálatunk során a spontán osztályba sorolást használtuk, az Unsupervised Classification parancs kiadásával.

A több osztályba sorolás során szerzett tapasztalat szerint a 4-6-8-12 osztály előnyös egy táblára nézve.

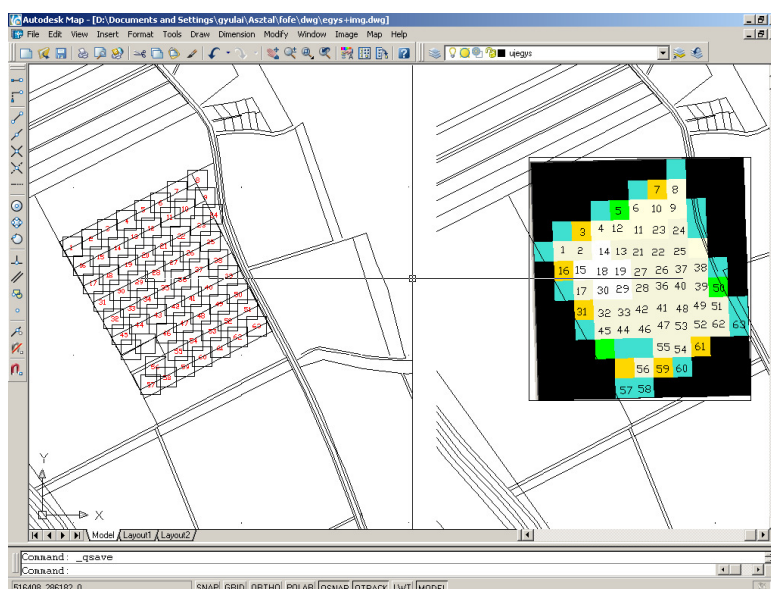
A műtrágyaszórás programmal összehasonlítás érdekében az úrfelvételeken el kellett végezni a tábla kivágást és az 50 méteres pixelre alakítást.

Ezeket a Subset Image és a Degrade opciókkal végeztük el.

A további osztályba sorolásokat a melléklet tartalmazza.

### Kezelési egységek és úrfelvételek egységes rendszerbe hozása

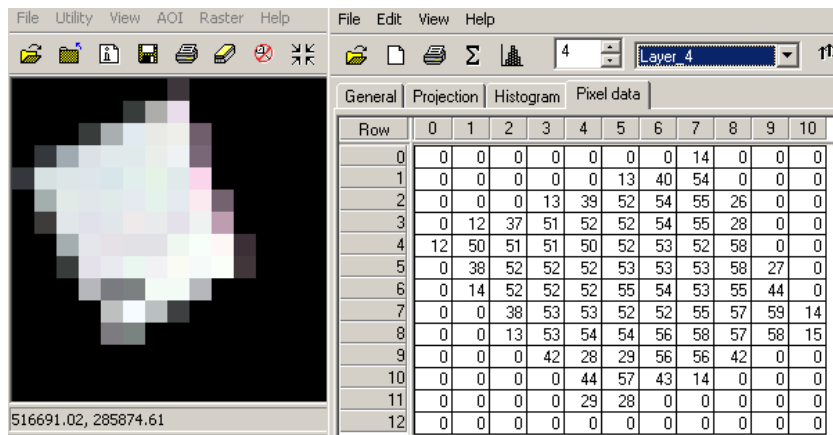
A geometria rendszer alapja az EOV-ban rendelkezésre álló KÜVET és az úrfelvételek. Ebbe kell helyezni a kezelési egységeket.



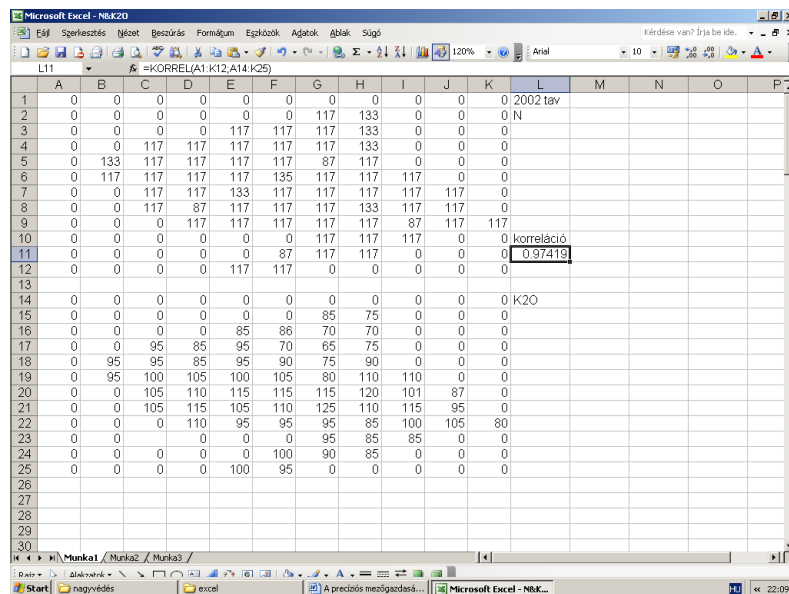
3.2 – 10. ábra: Az eredeti és az összehasonlítható formába hozott kezelési egységek

A 3.2 – 10. ábrán bal oldalt a Mesterházi disszertációban adott kezelési egységek középpontja köré egy ténylegesen 50x50 méteres négyzetet is rajzoltunk. Látható, hogy azon hézagok és átfedések vannak. Az egységek elcsúsztatása nem kerülhető el, ha hézagmentes fedést akarunk elérni. Az elcsúsztatás nem nagyobb, mint az 50x50 méteres négyzet átló fele, 35 méter. Az eredeti egységek átlagos területe 0,24 ha volt. Az úrfelvétel egységei (pixel) területe 0,25 ha.

Jobb oldalon látjuk az átrendezett területlefedést egy beillesztett, 50x50 méteres pixelméretre transzformált űrfelvételt, amire a kezelési egységeket felírtuk. Az űrfelvétel egészéből a tábla kivágás során egy ilyen tömb keletkezik, mely oszlopokból és sorokból áll.



3.2 – 11. ábra: Űrfelvétel és az exportra előkészített 4. sáv. táblázata. A fekete háttér pixelek értéke: 0.



3.2 - 12. ábra: 2002. évi műtrágya adatok és űrfelvétel pixel értékek Excel táblázatban: 11x12 tömb formátumban

A bal felső sarokban láthatók a 2002 tavaszi K<sub>2</sub>O műtrágya adagok kg/ha-ban, a 3.2 – 10 ábra szerinti elrendezésben. Kézzel gépeltem a táblázatba. Az üres tömbértékek helyére 0-t írtam.

Alatta az űrfelvétel tömb adatok az egyes sávok (layerek) szerint. Adat exporttal kerültek a táblázatba. Mellettük a kálium és az egyes sávok korrelációja.

Ezzel az egységes adatrendszerbe illesztést elvégeztem, előkészítve a vizsgálatokhoz.

## II/2 A táblázatos adatok együttfutása, korrelációja, egymásba való átszámíthatóságának vizsgálata

Az **együttfutás** Excel művelettel elkészíthető. Először a táblázatban szereplő értékeket egyetlen sorba rendezzük, majd futó diagramot készítünk. (Ferenczi - Kupcsik 2001)

A **korrelációs együtttható** két táblázat összehasonlítására alkalmas, értékben 0 és 1 közötti szám. (Ferenczi, Kupcsik 2001, Dusek (2004)

### Egymásból számítás

A feltett kérdés: a kezelési adatok és az űrfelvétel adatok mennyire simulnak egymáshoz? Felfoghatjuk úgy is, hogy a két táblázat egy-egy terület, s ezen területek milyen távolságra vannak egymáshoz és hogyan simulnak? Az egymásból számítást a következő formulával írjuk le:

$$g(x) \cong A f(x) + B, \text{ (Horváth 2008)}$$

Képlet formában írva: mekkora a hiba, vagyis a g és f táblázat értékek eltéréseinek négyzetösszege, ha a kapcsolatot köztük A és B meghatározásával keressük?

Keressük azt az A és B értéket ahol az x<sub>i</sub> pixel pontokban a

$g(x_i) \cong A f(x_i) + B$  közelítés a legjobb! A legkisebb négyzetek módszere szerint oldjuk meg a feladatot, vagyis hogy az eltérések négyzetösszege minimum legyen!

$$\text{Hiba} := \text{hiba}(A, B) = \sum (g_i - (A f_i + B))^2$$

A minimum szélsőértékre felírt egyenletek:

$$\frac{\partial \text{hiba}}{\partial A} = 2((\sum f_i^2)A + (\sum f_i)B - \sum f_i g_i) = 0$$

$$\frac{\partial \text{hiba}}{\partial B} = 2((\sum f_i)A + nB - \sum g_i) = 0$$

A és B számítása

$$A = \frac{n \sum (f_i g_i) - (\sum f_i)(\sum g_i)}{n(\sum f_i^2) - (\sum f_i)^2} \quad B = \frac{1}{n} \sum g_i - \frac{1}{n} (\sum f_i) A$$

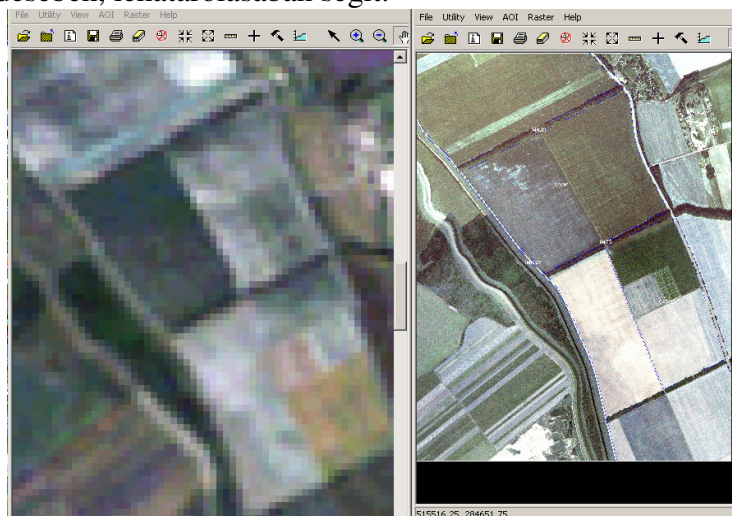
Az eredményt a 4. fejezetben ismertetem.



A vizsgálatokat elvégeztem nemcsak a műtrágya programra, hanem egyes talaj adatokra is. Míg a műtrágya kezelések háromszor történtek (2002. tavasz és ősz, 2003. tavasz) és az űrfelvételek is rendelkezésre álltak növényvel fedetlen időpontokra, tehát idősoros elemzést lehetett végezni, addig a talajminták egy időpontra (2001 november) korlátozódtak.

### 3.3 Ortofotók értékelése

A MePAR elkészítésével és fenntartásával kapcsolatosan arra számíthatunk, hogy 3 éves frissítési periódussal készülnek ortofotók hazánk területéről. A tábla inhomogenitás vizsgálat szempontjából arra használhatók, amire eredetileg is szánták: a földterületek azonosítására és a termőrészek elkülönítésére. Előnye, hogy megoldható vele inhomogenitásnál felmerült kérdések pontosítása, változások, fedettségek (pl. erdősáv), mélyebb, vízzel tartósan borított helyek, vagy magasabb, deflációnak kitett helyek keresése. A szemlélésnél mindig szükség van a szakmai tapasztalatra, amit a puszta nézegetésen kívül a gazda hozzáad a képhez: pl. a sötétebb foltok a nedvesebb vagy zsírosabb vályog talajt, a világosabbak a homokos vagy deflációs részeket jelzik. Az ortofotó a folt kiterjedésében, lehatárolásában segít.



3.3 – 1. ábra Landsat TM (25 méteres felbontású) és ortofoto (0,5 m felbontású) 2005. évi felvételek

Egyrészt tehát interpretációs célokra, elemző módszerrel hasznosítható, másrészt alkalmas tervezésre, geometriai adatok nyerésére, 0,5 m pontossággal, EOVS rendszerben.

## 4. Eredmények

### 4.1 GNSS mérések

A mérések feldolgozása során semmilyen utólagos javítást, korrekciót nem alkalmaztunk. A földrajzi koordinátákból lineáris, méterben kifejezhető eltéréseket számoltunk visszaállítás vizsgálatkor, illetve a WGS 84 rendszerből (földrajzi koordináták) a FÖMI honlapjáról letölthető transzformációs szoftverrel (EHT) számítottunk EOVS koordinátákat geodéziai rendszerben való vizsgálatkor.

Egy ponton hat mérésből átlagot, majd a mérés megbízhatóságát (középhiba) számoltuk:

átlag  $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$  ahol  $X_i$  a mérések eredménye,  $n$  a mérések száma,

középhiba  $\mu = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}$ , (Detrekői 1991)

majd, hogy az egész mérési sorozat egy mérőszámmal legyen értékelhető, az összes pontra egy átlagot számoltunk.

Megjegyzés: az ACT vevő nem jelez ki magasságot, a DGPS MAX jelez magasságot, de nem érdemel értékelést, mert megbízhatatlan, gyakorta változik a kijelzési pontosságnál nagyobb hibával.

A vizsgált pontok között a műhold fedettség szempontjából a legjobbnak az 5. sz. pontot ítéljük. Markánsan nem jelentkezik jobb eredmény ott. Legrosszabbnak a 2. sz. pont helyzetét látjuk (erdősáv fedettség miatt), ez markánsan az ACT mérésnél mutat nagy, 15 méteres ráállási pontatlanságot.

**ACT vevővel végzett mérések részletezése:** Leolvastuk a kijelzett földrajzi szélességet:  $\phi$  (Észak irány) és a földrajzi hosszúságot:  $\lambda$  (Greenwich-től keletre), valamint a mesterséges holdak számát és a HDOP értéket.

A földrajzi koordináták kijelzőn leolvasható karakterek: 11,11111 – a tizedespont után 5 értékes karakter, ami méterben kifejezve kb.  $\pm 1,1$  m pontosságnak felel meg.

A mérések kiértékelését táblázatba foglaltuk:

#### 4.1 – 1. táblázat: ACT eredmények

pont szám	Mérés db	$\phi$ mérések átlaga	$\phi$ középhiba	$\lambda$ mérések átlaga	$\lambda$ középhiba	átbillenés*
1	6	47,906953	$\pm 0,000010$	17,248208	$\pm 0,000008$	0,00015
2	4	47,902295	$\pm 0,000006$	17,252255	$\pm 0,000203$	0,00041**
3	6	47,903835	$\pm 0,000026$	17,256448	$\pm 0,000077$	0,00015**
4	6	47,908958	$\pm 0,000013$	17,253512	$\pm 0,000008$	0,00010**
5	6	47,892225	$\pm 0,000011$	17,258892	$\pm 0,000079$	0,00016**
átlag			$\pm 0,000013$		$\pm 0,000075$	
méter			$\pm 1,43$ m		$\pm 5,60$ m	

Általános irányban az eltérés:  $\pm 5,8$  méter.

Az átlagot fenntartással kell kezelni, mert durva hiba (a mérési pontosságot meghaladó hiba) fordul elő benne, s azt pontosság vizsgálatkor ki kell hagyni!

A kísérlet során viszont a fellépő hibákat és azok nagyságát is dokumentálni szeretnénk, azért hagytuk benne.

\*Átbillenés: a vevő berendezés kijelzőjén – csak a  $\lambda$  földrajzi hosszúságnál – a mérés alatt 2 érték kijelzése volt megfigyelhető. A 2 érték közötti eltérést a táblázat „átbillenés” oszlopában látjuk. Az egyes pontoknál ez az érték más, de ugyanannál a pontnál állandó volt. A 10 – 30 perces mérés alatt egy ideig az egyik értéket mutatta, majd egyik pillanatról a másikra a kijelzett érték megváltozott, és átbillent a másik értékre. Az egyik érték a helyes (a csi max. vevővel ellenőrizhető volt), a másik 10 – 40 méterrel eltérő pozíciót mutatott.

Az átbillenés a kijelzőn leolvasható pontosságnál nagyságrenddel nagyobb, tehát nem véletlen jellegű hibáról van szó. A jelenség további elemzése szükséges, de a jelenlegi feladatnál nem vizsgáltuk. Azt a feladatot fogalmazzuk meg, hogy milyen megbízhatóságot tudunk elérni valós viszonyok között ?

\*\* Ha a mérés ideje alatt a kijelzett érték nem változott, nem billegett, akkor a „hibás” kijelzést is feldolgoztuk, mint aktuális mérést.

A téli sorozatnál a 2. sz. pontot nem vontuk be a mérésbe (valószínűleg elpusztult, nem volt fellelhető).

A földrajzi szélesség és hosszúság átlagát átszámítottuk egységes országos vetületi (EOV) koordinátákra és összehasonlítottuk a geodéziai beméréssel. Az átszámítás becsült pontossága 0,03 m. Az átszámító program kiválasztja a közelben lévő országos pontokat, elvégzi a transzformációt és becsüli az ellentmondásokból a pontosságot.

Az eredményt táblázatban látjuk:

4.1 – 2. táblázat: ACT mérések geodéziai rendszerben

A pont száma	K irányú koord eltérés: dy méter	É irányú koord eltérés: dx méter	lineáris eltérés méter $\sqrt{dy^2 + dx^2}$
1	-0,33	-1,63	1,66
2	+7,28	-1,43	7,42
3	+4,05	-3,47	5,33
4	-0,65	-1,74	1,86
5	+2,62	-2,06	3,33
átlag	2,99*	2,07*	3,92*

\* az átlag nem értelmezhető a durva hiba (a mérési pontosságot többszörösen felülmúló hiba) miatt

#### DGPS max vevővel végzett mérések részletezése

Leolvastuk a kijelzett földrajzi szélességet:  $\phi$  (Észak irány) és a földrajzi hosszúságot:  $\lambda$  (Greenwich-től keletre), valamint a mesterséges holdak számát és a HDOP értéket.

A kijelzőn leolvasható karakterek: 11,11111 - ami méterben kifejezve kb.  $\pm 1,1$  m pontosságnak felel meg.

Megjegyzés: a DGPS max lehetőséget adott a magassági adat leolvasására. A vizsgálati pontok tengerszint feletti magasságát is meghatároztuk és így mód nyílt az összehasonlításra. Már az első mérési sorozat azt mutatta, hogy a magassági meghatározással nem érdemes foglalkozni. Nem volt szerepe és erősen hullámzó, pontatlan leolvasásokat adott. Továbbiakban kizártuk a vizsgálatból.

4.1 - 3. táblázat: DGPS max mérések

pont száma	mérés db	földrajzi szélesség	középhiba	földrajzi hosszúság	középhiba	differenciál jel $\blacklozenge$
1	6	47,906943	0,000008	17,248207	0,000008	vegyesen
2	4	47,902298	0,000017	17,252358	0,000009	nincs
3	6	47,903803	0,000020	17,256500	0,000009	vegyesen
4	6	47,908952	0,000008	17,253520	0,000010	vegyesen
5	6	47,892213	0,000008	17,258935	0,000024	vegyesen
átlag			0,000012		0,000012	vegyesen
méter			$\pm 1,3$ m		$\pm 0,9$ m	

Általános irányú átlagos eltérés:  $\pm 1,6$  méter

◆ A mérések alatt a DGPS max differenciál jelek vételére alkalmas állapotban volt. Telefonon bediktáltuk a mérés helyét a holland központnak, ahonnan a differenciál jeleket sugározták. A mérések alatt figyeltük a differenciál jel vételét kijelző mutatót. A mutató időnként kialudt, azaz nem jelezte a vételt. Mivel nem tapasztaltunk számottevő eltérést így sem, ezért együttesen dolgoztuk fel a méréseket:

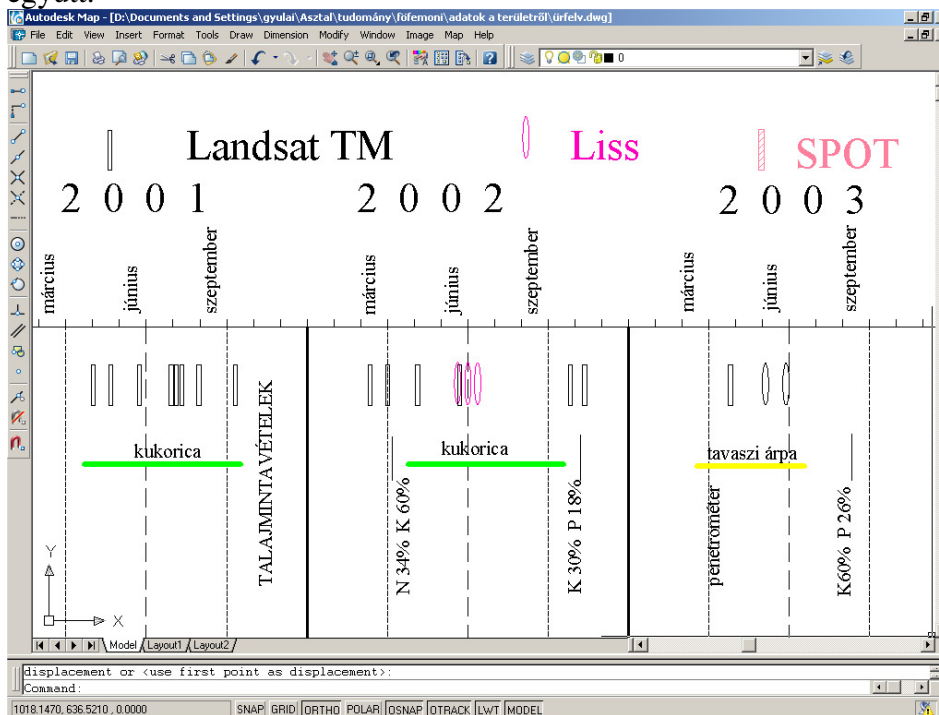
4.1 – 4. táblázat: DGPS max mérések geodéziai rendszerben

A pont száma	K irányú koord eltérés: dy méter	É irányú koord eltérés: dx méter	lineáris eltérés méter
1	-0,23	-0,52	0,57
2	-0,43	-1,59	1,65
3	+0,24	+0,18	0,30
4	-1,23	-1,06	1,62
5	-0,57	-0,65	0,86
átlag	0,54	0,80	±1,00

Összefoglalva: Az ACT átlagos megbízhatósága az adott körülmények között 4–6 méter, (durva hibákat is beszámolva), míg a DGPS MAX 1-2 méter pontosságú.

## 4.2 Űrfelvételek

Az Űrfelvételeket, amelyeket FÖMI rendelkezésre bocsátott, időrendbe szedtük a kísérleti tábla talajminta vételével és a műtrágya kezelésekkkel együtt.

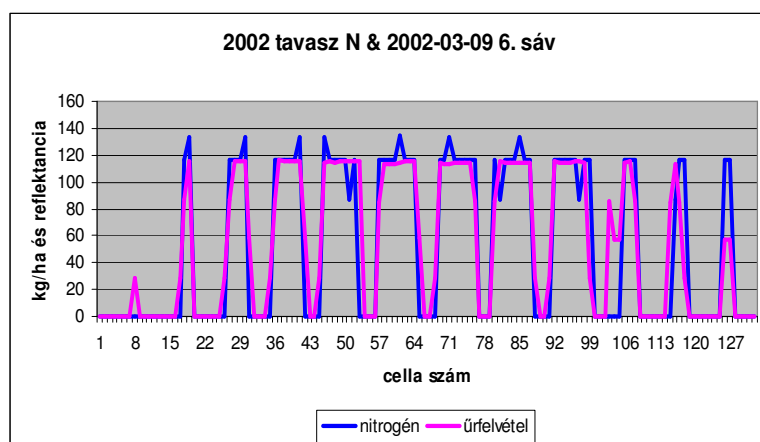


4.2. - 1. ábra: A rendelkezésre álló Űrfelvételek, a mintavétel, a kezelések időrendje

### Korreláció

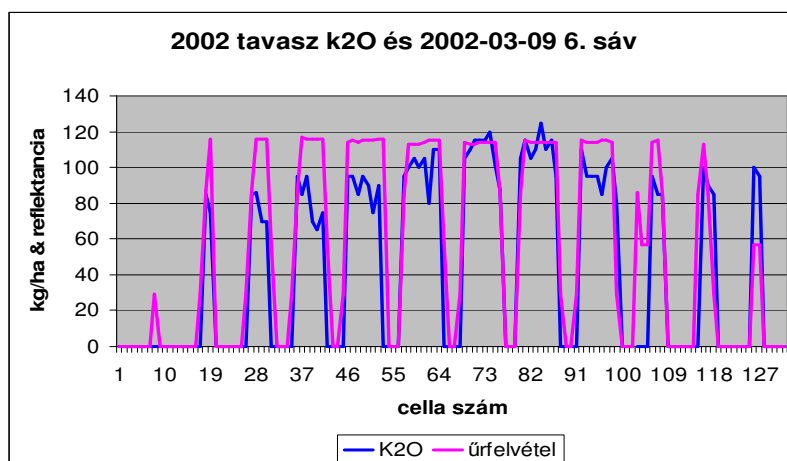
Az egységes adatszerkezet jó korrelációs együtthatót mutat a kezelési egységek és az Űrfelvételek között.

A talajminta vételhez, 2001. november - legközelebb lévő Űrfelvétel a 2002-03-09 dátumú. Olyan felvételeket választottunk, amelyek a talaj felszínről visszaverődve készültek, a növényfedettség elkerülése érdekében.



korreláció: 0,8982

4.2 – 2. ábra: Nitrogén műtrágya kezelés és 202.03.09. dátumú űrfelvétel együttfutása és korrelációja



korreláció: 0,8945

4.2 – 3. ábra: Kálium műtrágya és 2002.03.09. dátumú űrfelvétel együttfutása és korrelációja

Az űrfelvétel sávjai és a 2002 tavasz  $K_2O$  műtrágya javasolt adag közötti korrelációk:

1. sáv 0,8956
2. sáv 0,8998
3. sáv 0,9027
4. sáv 0,8974
5. sáv 0,9028
6. sáv 0,8945

7. sáv 0,9082

Korreláció átlag: 0,9001, szórás: 0,0048 < 1 %

A 0,9 körüli korrelációk azt mutatják, hogy az adatszerkezet jó, az adatok együtt vannak, zérus helyek és az adat felfutások összerendeződnek. További vizsgálatra bátorítanak: van-e kapcsolat a műtrágya kezelés és az úrfelvételek között? Esetleg kiszámítható egyik adat a másiktól?

### **Matematikai vizsgálat, egymásból számíthatóság**

hiba=  $\sum(g_i - (A \cdot f_i + B))^2$  lásd a 3. fejezet szerint!

A-t és B-t úgy határoztuk meg, hogy az eltérések négyzetösszege minimum legyen!

Először meghatároztuk A-t és B-t, majd behelyettesítve a hibát kaptuk.

A képletet Excel táblázattal oldjuk meg 2002-03-09 úrfelvétel 6. sáv és a tavaszi műtrágya adagok között, tehát a 4.2 - 3. ábra szerint Nitrogénre és a 4.2 - 4. ábra sz.  $K_2O$ -ra. Az ábra szerint azt vártuk, hogy a simulás 1-hez közeli érték lesz, a távolság pedig Nitrogénnél kicsi, Káliumnál kb. 10 körüli nagyságrendű. Az Excel program hatvány, szorzatösszeg, négyzetösszeg,  $\sum(x-y)^2$ , stb. képleteit használtuk, az  $A \cdot f_i + B$  képletet gyalog számítottuk.

Eredmény:

2002-03-09 úrfelvétel 6. sáv és Nitrogén adag

A=0,8298 az 1-hez közeli simulás,

B= -1,6579 az egymástól való távolság

A hiba= 96826 → átlagos eltérés= 27

2002-03-09 úrfelvétel 6. sáv  $K_2O$  esetén

A=1,0069 egyhez közeli a simulás, B= 7,9102

A hiba= 82375 → átlagos eltérés= 25

A hiba nagyságrendekkel meghaladja a (20-120 közötti) táblázati értékeket, az átlagos eltérés 44 – 48 %, tehát az egymásba való átszámítás nem lehetséges, nem írható fel kapcsolat az úrfelvétel és a műtrágya adagok között.

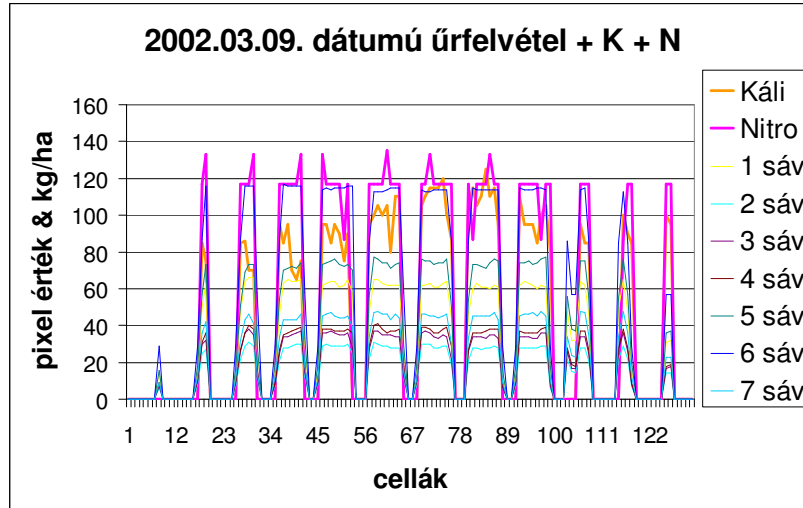
### **Együttfutás vizsgálat**

A diagramos vizsgálatához a táblázatos adatokat sorba rendeztük és együtt ábrázoltuk a 7 sávot a műtrágya adatokkal.

Arra kerestük a választ, hogy a helyspecifikus beavatkozás visszatükröződik-e az úrfelvételen? Van-e szignifikáns jele a kezelésnek?

Ezért a beavatkozás előtti és utáni felvételeket vizsgáltunk együtt a nitrogén és kálium adagokkal.

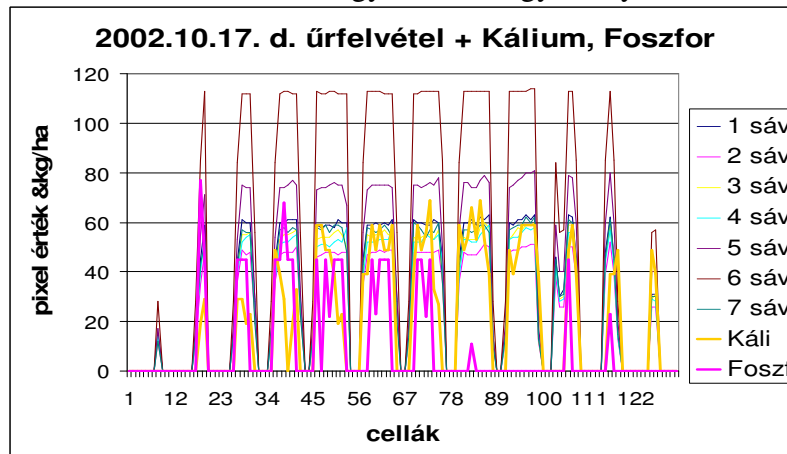




4.2 – 4. ábra: Kezelés előtti állapot, Kálium, Nitrogén és a sávok együttfutása

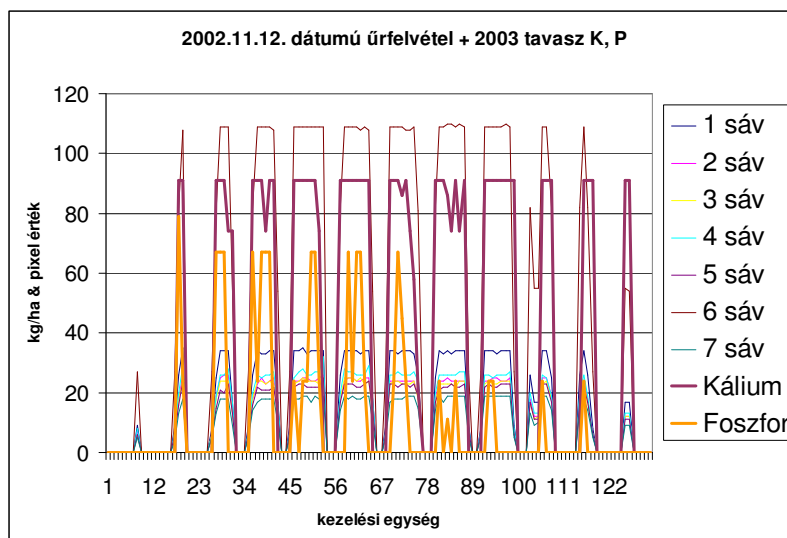
Az ábrából az állapítható meg, hogy

- nagyságrendileg a N adag a 6. sávhoz (termális infra) áll legközelebb
- K adag nem simul egyik sávhoz sem
- a 6. sáv adja a legnagyobb visszaverődést, a 2. sáv a leggyengébbet, a többi közte van
- a visszaverődés a tábla nagy részén kiegyensúlyozott.



4.2 – 5 ábra: A 2002. évi tavaszi kezelések utáni állapot a 2002. évi őszi kezelés Kálium és Foszfor adaggal összehasonlítva

A visszaverődési görbék kiegyensúlyozottak, de eltérnek a műtrágya adagoktól.

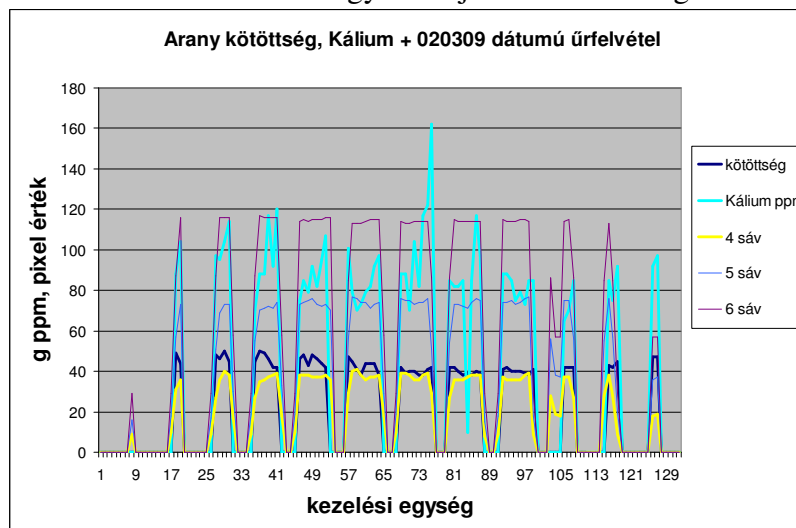


4.2 – 6. ábra: 2002 tavaszi és őszi kezelések utáni állapot, a 2003. évi Kálium és Foszfor adaggal összehasonlítva

Az ábrán a 6. sáv (termális infra) elválna a többi sávtól. Összegezve az állapítható meg, hogy az együtfutások az egyes sávoknál kiegyensúlyozottak a vizsgált időpontokban és a felfutások nem olyan tendenciájúak, mint a nitrogén vagy kálium adagok.

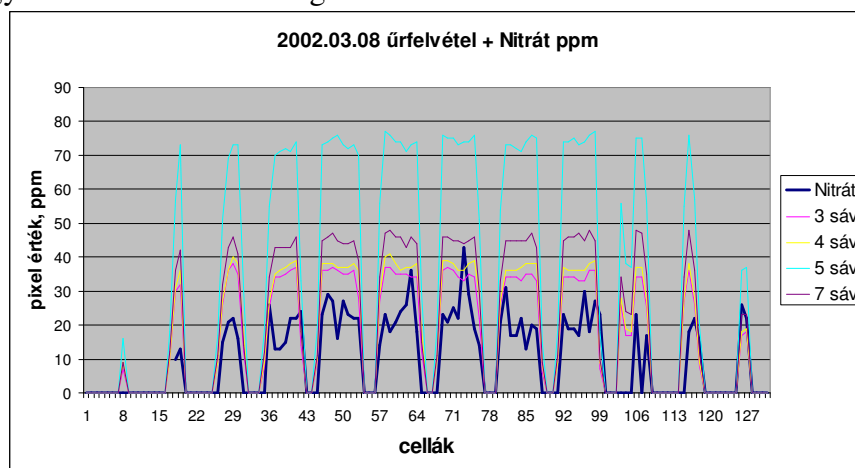
#### Vizsgálat a talajmintákra (talajmintákat lásd később, 4.2 – 1. tábl.)

Az összehasonlító elemzést egyes talajmintákra is elvégeztük.



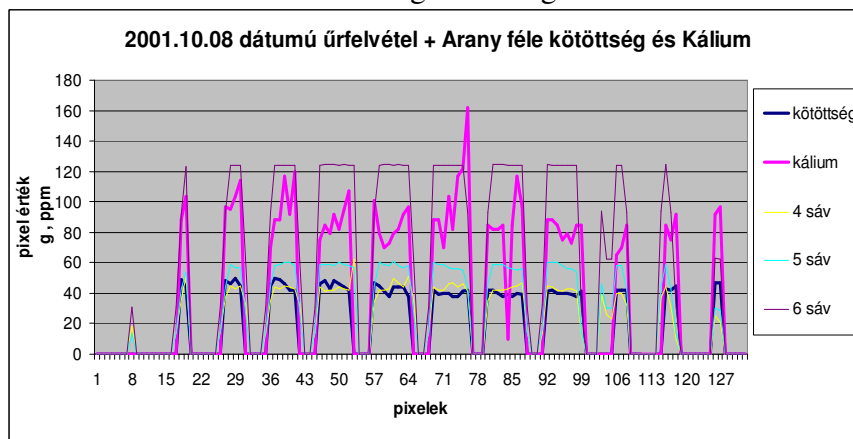
4.2 – 7. ábra: 2002.03.09 dátumú űrfelvétel 4, 5, 6 sávjának valamint az Arany-féle kötöttség és a  $K_2O_5$  ppm együtfutása

A 4 sz. sáv és az Arany-féle kötöttség elég közel vannak, de nem annyira közel, mint azt láttuk a Nitrogén adag és ugyanezen úrfelvétel 6 sz. sávja között, amire egymásból való számítás próbát is végeztünk. A korábbi tapasztalatokra támaszkodva tehát ebben az esetben sem várható egymásból kiszámíthatóság.



4.2 – 8. ábra: 2002. tavaszi úrfelvétel 3, 4, 5, 7 sáv és Nitrát ppt együtt  
A nitrát futása eltér a sávokétől.

A talajminta vételhez legközelebbi dátumú úrfelvétel 2001.10.08. Ekkor a kukorica a táblán volt. Érdekességként vizsgáltuk ezt az úrfelvételeket is.



4.2 – 9. ábra: 2001. őszi úrfelvétel 4, 5, 6 (mindhárom infra) sávja és az Arany-féle kötöttség valamint a  $K_2O_5$  ppm  
Nagyságrendileg a 4 sáv közelíti a kötöttséget, de annak futása eltér attól. A Kálium futása teljesen eltér a többitől.

Az Arany-féle kötöttséget és nitrátot statisztikai elemzéssel választottuk ki a talaj adatok közül.

4.2 – 1. táblázat: Talajminta adatok (2001. november)

ssz	(ha)	pH H	pH K	kötött	Só%	Ca%	hu%	ön%	Nit
1	0.2683	7.63	7.29	46	0.06	21	2.5	0.11	23
2	0.2525	7.69	7.24	48	0.07	22	3.3	0.15	29
3	0.2314	7.72	7.42	45	0.06	22	2.65	0.13	26
4	0.2323	7.71	7.23	50	0.07	20	3	0.15	13
5	0.2343	7.69	7.15	48	0.07	18	3.25	0.16	15
6	0.2280	7.69	7.17	46	0.08	14	3.25	0.15	21
7	0.2325	7.76	7.24	49	0.07	21	3.25	0.17	10
8	0.2788	7.62	7.33	44	0.05	22	2.5	0.15	13
9	0.2457	7.78	7.32	45	0.06	22	2.5	0.14	16
10	0.2353	7.7	7.21	50	0.07	22	3.3	0.15	22
11	0.2382	7.68	7.2	46	0.08	22	3.1	0.13	15
12	0.2447	7.78	7.25	49	0.08	22	3.25	0.15	13
13	0.2384	7.76	7.3	48	0.04	22	3.25	0.15	16
14	0.2360	7.71	7.28	43	0.06	22	2.75	0.13	27
15	0.2463	7.73	7.26	45	0.04	22	2.85	0.13	23
16	0.2397	7.93	7.18	47	0.05	24	3.3	0.15	14
17	0.2390	7.74	7.23	42	0.06	22	3	0.15	23
18	0.2406	7.76	7.26	41	0.11	26	2.65	0.13	18
19	0.2407	7.74	7.31	38	0.04	22	2.5	0.12	21
20	0.2348	7.73	7.28	44	0.07	25	3	0.12	27
21	0.2386	7.74	7.27	46	0.08	25	3.1	0.14	17
22	0.2330	7.75	7.2	44	0.06	21	3.45	0.15	23
23	0.2929	7.75	7.23	42	0.03	22	3	0.13	22
24	0.1221	7.71	7.28	42	0.06	20	2.15	0.12	24
25	0.2972	7.75	7.25	42	0.07	22	2.85	0.15	22
26	0.2265	7.74	7.26	44	0.06	19	2.7	0.13	28
27	0.2336	7.77	7.29	44	0.07	14	2.75	0.14	26
28	0.2315	7.74	7.26	40	0.04	19	2.5	0.13	24
29	0.2233	7.8	7.31	40	0.06	22	2.15	0.15	22
30	0.2373	7.8	7.28	39	0.11	18	2.7	0.13	25
31	0.2467	7.79	7.23	42	0.07	16	3.2	0.16	21
32	0.2425	7.79	7.28	42	0.05	22	3.3	0.14	31
33	0.2357	7.7	7.26	40	0.05	22	2.95	0.19	17
34	0.2288	7.82	7.32	40	0.05	21	2.6	0.15	18
35	0.2338	7.83	7.35	38	0.07	22	2.95	0.12	43
36	0.2342	7.75	7.4	42	0.07	22	3.05	0.13	36
37	0.2336	7.8	7.36	38	0.06	20	2.95	0.16	18

<b>38</b>	0.2912	7.79	7.4	38	0.05	20	2.6	0.16	19
<b>39</b>	0.2906	7.79	7.42	41	0.07	22	2.95	0.16	29
<b>40</b>	0.2333	7.77	7.37	38	0.07	19	2.85	0.15	22
<b>41</b>	0.2432	7.79	7.42	39	0.07	17	2.7	0.13	17
<b>42</b>	0.2418	7.7	7.36	38	0.05	20	2.45	0.13	27
<b>43</b>	0.2359	7.78	7.38	40	0.07	22	2.8	0.14	28
<b>44</b>	0.2340	7.8	7.33	42	0.07	22	2.9	0.15	19
<b>45</b>	0.2383	7.78	7.26	41	0.07	22	3.1	0.14	23
<b>46</b>	0.2322	7.8	7.35	40	0.07	20	2.8	0.14	19
<b>47</b>	0.2400	7.76	7.38	40	0.05	20	2.8	0.16	17
<b>48</b>	0.2264	7.8	7.4	38	0.04	18	2.4	0.15	13
<b>49</b>	0.2235	7.74	7.34	40	0.05	18	2.65	0.16	20
<b>50</b>	0.2866	7.78	7.36	42	0.07	20	2.6	0.1	14
<b>51</b>	0.3015	7.72	7.38	39	0.05	21	2.65	0.15	19
<b>52</b>	0.2477	7.78	7.4	39	0.04	18	2.35	0.16	18
<b>53</b>	0.2381	7.8	7.4	40	0.07	19	2.5	0.15	30
<b>54</b>	0.2572	7.78	7.36	42	0.05	22	2.6	0.11	35
<b>55</b>	0.2427	7.82	7.37	42	0.05	21	2.7	0.13	23
<b>56</b>	0.3023	7.79	7.25	43	0.05	24	3.05	0.15	18
<b>57</b>	0.1277	7.72	7.19	47	0.08	24	3.25	0.17	26
<b>58</b>	0.1604	7.79	7.26	47	0.07	18	3.25	0.17	22
<b>59</b>	0.1663	7.83	7.31	42	0.05	20	3.1	0.19	22
<b>60</b>	0.1740	7.8	7.31	45	0.06	20	3.1	0.13	15
<b>61</b>	0.1806	7.79	7.34	42	0.04	16	2.5	0.11	17
<b>62</b>	0.1864	7.32	7.3	38	0.04	15	3.1	0.13	19
<b>63</b>	0.2510	7.36	7.3	41	0.05	16	2.8	0.15	23

A rövidítések jelentése az oszlopok sorrendjében:

ssz: kezelési egység sorszáma, (ha) területe hektárban, Ph érték (H<sub>2</sub>O)  
pH érték (KCl), Arany-féle kötöttség, összes só %-ban, CaCO<sub>3</sub> %,  
humusz %, összes N %, nitrát ppm-ben

*A táblázat folytatása a következő oldalon van*

<b>Nit N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O5</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
5.17	216	75	16	115	3.4	2.35	21	23
6.52	320	85	22	132	3.3	2.6	21.5	20
5.85	189	70	17	128	2.9	2.15	21	17
2.92	207	88	20	171	3.4	3.95	21	20
3.37	177	97	18	195	3.3	4.65	23	27
4.72	179	95	17	18	2.7	4.9	28	32
2.25	123	88	22	157	2.7	3.55	23	23
2.92	204	104	22	138	2.9	2.6	18	17
3.6	305	114	17	131	3.1	2.8	18.5	17
4.95	192	104	32	145	3.3	3.95	25.5	23
3.37	174	117	16	153	3.4	4.45	25.5	28
2.92	168	88	18	140	2.8	3.55	21	20
3.6	207	92	20	128	3.3	3.2	21	20
6.07	207	79	17	107	3.1	2.8	21.5	17
5.17	303	79	16	115	3.4	2.65	21.5	20
3.15	319	101	23	145	3.7	2.9	20	17
5.17	322	88	17	138	3.4	3.4	35.5	23
4.05	204	70	16	117	3.3	3	31	23
4.72	290	73	17	101	3.7	3.1	32.5	23
6.07	290	85	17	131	3.9	3.75	32.5	27
3.82	194	82	18	138	3.8	3.95	33.5	27
5.17	193	95	17	140	3.4	4.25	36.5	27
4.95	202	92	16	131	3.7	3.85	34	27
5.4	388	120	15	114	4.1	3.55	34	32
4.95	213	107	16	110	3.8	3.4	35.5	27
6.3	178	82	15	114	3.4	3.75	36.5	27
5.85	177	79	16	107	3.4	3.65	35.5	28
5.4	194	104	17	101	3.9	3.65	36.5	27
4.95	193	70	14	96	3.4	3.2	31	23
5.62	213	88	16	115	3.8	3.55	35.5	23
4.72	321	85	17	124	3.8	4.05	34	23
6.97	293	82	18	149	4.3	4.25	37.5	28
3.82	332	82	16	124	4.1	3.95	39	23
4.05	313	88	18	115	3.8	3.65	42.5	23
9.67	293	85	15	99	3.9	3.2	36.5	27
8.1	208	82	14	101	3.8	3.3	44.5	28
4.05	218	92	16	110	4.1	3.55	42.5	28
4.27	314	97	15	93	3.9	3.1	42	32
6.52	352	122	17	110	4.1	3.55	37.5	32
4.95	313	117	16	104	4.3	3.4	40.5	28

3.82	302	101	17	96	3.8	3.3	42.5	32
6.07	322	85	16	107	4.1	3.4	39	27
6.3	287	101	17	124	3.8	3.65	39	28
4.27	304	88	20	149	4.1	4.25	49.5	32
5.17	319	88	18	157	4.7	5	44.5	28
4.27	292	85	15	128	3.8	3.95	37.5	23
3.82	333	75	17	110	4.1	3.55	36.5	23
2.92	291	85	15	99	4.3	3.65	40.5	28
4.5	375	117	16	96	4.1	3.2	27.5	23
3.45	364	162	17	110	4.1	3.2	25.5	27
4.27	358	97	16	107	3.4	3.1	21.5	20
4.05	313	73	16	85	3.3	2.65	23	20
6.75	317	79	25	107	3.8	2.9	21.5	20
7.87	340	70	17	114	3.7	2.8	23	20
5.17	236	65	18	133	2.8	2.9	19.5	17
4.05	233	85	23	140	3.1	3.75	23.5	20
5.85	333	92	23	167	3.4	4.65	23.5	20
4.95	344	97	22	157	3.7	4.15	23	17
4.95	332	75	22	140	3.1	3.55	21	17
3.37	327	92	18	133	3.7	3.4	23.5	20
3.82	329	85	16	101	3.4	2.9	21.5	17
3.4	367	85	16	85	3.1	4.27	28	27
3.7	377	97	16	101	3.3	5.17	23.5	20

A rövidítések jelentése az oszlopok sorrendjében:

Nit N: Nitrát N ppm-ben,

AL-oldószerrel: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ppm, K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ppm, Na ppm,

KCl oldószerrel: Mg ppm,

EDTA oldószerrel: Zn, Cu, Mn, Fe ppm-ben.

Összesen a 63 egységre 17 talajmintát állítottak össze. (*Mesterházi 2004*)

Főkomponens analízissel választottam azokat a mintákat, amelyek együttfutását elemeztem az úrfelvételekkel. Ezek voltak: az Arany-féle kötöttség és a Nitrát tartalom. A Kálium elemzését a főkomponens analízis nem indokolta, de korábban a műtrágya adagra (Kálium, Nitrogén) volt elemzés, ezért itt is sor került rá.

### **Főkomponens analízis**

A főkomponens-elemzés során a változók lineáris transzformációja révén az eredeti változóknál kisebb számú komponensbe sűrítjük az eredeti

változóban rejlő információkat. Másodlagos cél a változók közötti kapcsolatok alaposabb vizsgálata (*Dusek 2004*).

A statisztikai elemzés a talaj adatok beolvasásával és az SPSS statisztikai szoftver lefutásával történt. Az output adatokat értelmezem és részletezem.

Az első a 4.2 – 2. táblázatban lévő korrelációs mátrix az előzetes vizsgálat eredménye. Az előzetes vizsgálat célja annak eldöntése, hogy van-e értelme a főkomponens-elemzésnek. Korrelálatlanság (0 érték) esetén minden egyes változó önmagában értékes, sajátos, más változók kombinációjával kifejezhetetlen információt hordoz. Abszolút korreláltság (1 érték) azt jelenti, hogy egymással helyettesíthető adatokról van szó.

A táblázat szerint:

Szignifikancia szint alattiak: összes só, összes N,  
gyenge kapcsolat van a  $K_2O_5$  és a kétfajta meghatározású pH között,  
nagyon erős a Nitrát és Nitrát N között (0,988),  
a többi 0,4 és 0,6 közötti érték körül korrelál, úgymint:  
pH KCl és Arany-féle kötöttség, humusz Mg, Cu,  
Arany-féle kötöttség és pH, humusz, P, Na, Mg, Mn, Zn,  
Ca  $CO_3$  és Mg,  
humusz és A. kötöttség, Na, Mg, Cu,  
P és A. kötöttség, Zn,  
Na és A. kötöttség, Mg, Mn,  
Mg és pH KCl, A. kötöttség, Ca  $CO_3$ ,  
Zn és A kötöttség, P, Mn,  
Cu és pH KCl, humusz,  
Mn és A. kötöttség, Cu, Fe,  
Fe és Cu, Mn.



4.2 – 2. táblázat: Korrelációs mátrix talaj adatokra

	PhH2O	pHKCl	Arany kototts	Ö.só	CaCo3	Hu	OsszN	Nitrat ppm	NitrN ppm	AIP	AlK2O 5ppm	Alna ppm	MgKCl ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm
PhH2O	1,000	,145	-,029	,133	,284	-,024	,082	,028	,152	-,066	-,034	,085	,147	,278	-,286	,190	-,025
pHKCl	,145	1,000	-,629	-,226	-,112	-,580	-,163	,194	,196	,364	-,035	-,310	-,418	,297	-,477	,236	,066
kotottség	-,029	-,629	1,000	,238	,215	,555	,112	-,241	-,218	-,444	,049	,542	,554	-,523	,097	-,566	-,321
Összsó	,133	-,226	,238	1,000	,133	,238	-,007	,088	,116	-,289	,117	,088	,170	-,023	,211	,116	,195
CaCo3	,284	-,112	,215	,133	1,000	,134	-,051	,087	,139	-,147	-,089	,217	,452	,036	-,235	-,042	-,160
Hu	-,024	-,580	,555	,238	,134	1,000	,368	-,036	-,043	-,196	,030	,427	,459	-,155	,499	-,071	,006
OsszN	,082	-,163	,112	-,007	-,051	,368	1,000	-,279	-,284	,044	-,054	,345	,233	-,068	,301	,015	-,125
Nitratppm	,028	,194	-,241	,088	,087	-,036	-,279	1,000	,988	,129	-,235	-,133	-,210	,209	-,086	,227	,155
NitratNppm	,152	,196	-,218	,116	,139	-,043	-,284	,988	1,000	,092	-,220	-,117	-,182	,234	-,142	,239	,163
AIP	-,066	,364	-,444	-,289	-,147	-,196	,044	,129	,092	1,000	,222	-,073	-,159	,467	-,013	,075	-,049
AlK2O5ppm	-,034	-,035	,049	,117	-,089	,030	-,054	-,235	-,220	,222	1,000	,040	,012	,263	,166	,043	,323
Alnappm	,085	-,310	,542	,088	,217	,427	,345	-,133	-,117	-,073	,040	1,000	,465	-,258	,063	-,402	-,370
MgKClppm	,147	-,418	,554	,170	,452	,459	,233	-,210	-,182	-,159	,012	,465	1,000	-,045	,212	-,202	-,267
ZnEDTppm	,278	,297	-,523	-,023	,036	-,155	-,068	,209	,234	,467	,263	-,258	-,045	1,000	,180	,706	,516
CuEDTppm	-,286	-,477	,097	,211	-,235	,499	,301	-,086	-,142	-,013	,166	,063	,212	,180	1,000	,327	,415
MnEDTppm	,190	,236	-,566	,116	-,042	-,071	,015	,227	,239	,075	,043	-,402	-,202	,706	,327	1,000	,773
FeEDTppm	-,025	,066	-,321	,195	-,160	,006	-,125	,155	,163	-,049	,323	-,370	-,267	,516	,415	,773	1,000

4.2 – 3. táblázat: Feldolgozási teszt táblázat

**KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,621
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	763,584
	df	136
	Sig.	,000

Kaiser-Meyer-Olkin-féle mutató és a Bartlett teszt alapján a korrelációs mátrix szignifikánsan eltér az egységmátrixtól (a próbafüggvény értéke 763 a próbafüggvény 136 szabadságfokú chi-négyzet eloszlású), tehát van értelme a statisztikai feldolgozásnak, tovább megyünk.

Folytatva a főkomponens elemzést, a kommunalítások táblázata azt mutatja meg, hogy a számítási modell milyen mértékben (hány %-ban) írja le a minták variációját. Minél nagyobb (1-hez közelít) az érték, annál jobban. A kezdeti érték (Initial) mindegyiknél 1, azaz standardizált formában lett beírva az induló táblázatba.

4.2 – 4. táblázat: Kommunalítások

**Communalities**

	Initial	Extraction
PhH2O	1,000	,637
pHKCl	1,000	,698
katottseg	1,000	,806
<b>Összes só</b>	1,000	<b>,486</b>
CaCo3	1,000	,611
Hu	1,000	,752
<b>ÖsszN</b>	1,000	<b>,499</b>
Nitratppm	1,000	,964
NitratNppm	1,000	,954
AIP	1,000	,730
<b>AIK205ppm</b>	1,000	<b>,331</b>
Alnappm	1,000	,628
MgKClppm	1,000	,680
ZnEDTAppm	1,000	,844
CuEDTppm	1,000	,851
MnEDTppm	1,000	,833
FeEDTAppm	1,000	,847

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Az összes só (0,486), összes N (0,499), K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,331) gyengesége tűnik szembe.

A következő táblázat a kovariancia mátrix saját értékeit tartalmazza, az 1 – 17 komponensre. Az első ötöt, a főkomponenseket kiemelte a program jobb oldalra.

#### 4.2 – 5. táblázat: A teljes variancia magyarázata

##### Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,314	25,374	25,374	4,314	25,374	25,374
2	2,626	15,447	40,821	2,626	15,447	40,821
3	2,206	12,979	53,800	2,206	12,979	53,800
4	1,648	9,693	63,492	1,648	9,693	63,492
5	1,357	7,982	71,474	1,357	7,982	71,474
6	1,138	6,693	78,167			
7	,848	4,986	83,153			
8	,613	3,604	86,758			
9	,528	3,107	89,864			
10	,433	2,545	92,409			
11	,354	2,084	94,493			
12	,330	1,941	96,434			
13	,210	1,234	97,668			
14	,171	1,007	98,675			
15	,140	,821	99,496			
16	,083	,487	99,983			
17	,003	,017	100,000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

A táblázat a komponensek sorszámát, saját értékét, a variancia %-át és összeadott (kumulatív) %-át mutatja. Az első öt komponens az adatokban lévő információ 71,474 %-át megőrzi. Ezek a főkomponensek. A következő táblázatból derül ki, hogy mely talaj minták alkotják a főkomponenseket.

4.2 – 5. táblázat: Főkomponens mátrix

**Component Matrix(a)**

talaj jellemző	főkomponens				
	1	2	3	4	5
kötöttség	-,867				
pH KCl	,689	-,383		,271	
Na ppm	-,657			,286	,295
Mg KCl ppm	-,642	,232	,244	,392	
Zn ppm	,625	,483		,463	
Humusz	-,606	,520			,277
Cu ppm		,803	-,229	-,227	,266
Fe ppm	,498	,709			-,247
Mn ppm	,634	,635			
összes só		,422	,341		-,370
Nitrát N ppm	,449		,787	-,213	,293
Nitrát ppm	,455		,733	-,285	,370
CaCo3	-,232		,569	,423	-,231
K205 ppm		,350	-,356	,217	
Ph H2O			,398	,611	-,314
P	,421		-,235	,401	,578
összes N	-,355	,254	-,223	,325	,391

Extraction Method: Principal Component Analysis. 5 components extracted.

Megjegyzés: a főkomponens táblázatban lévő korrelációk lehetnek „-” előjelűek. Ez azt jelenti, hogy pl. az 1. oszlopban minél nagyobb a talajban a Zn (0,525) vagy a Mn (0,634) előfordulás, annál kisebb a Na (-0,657) vagy a Mg (-0,642).

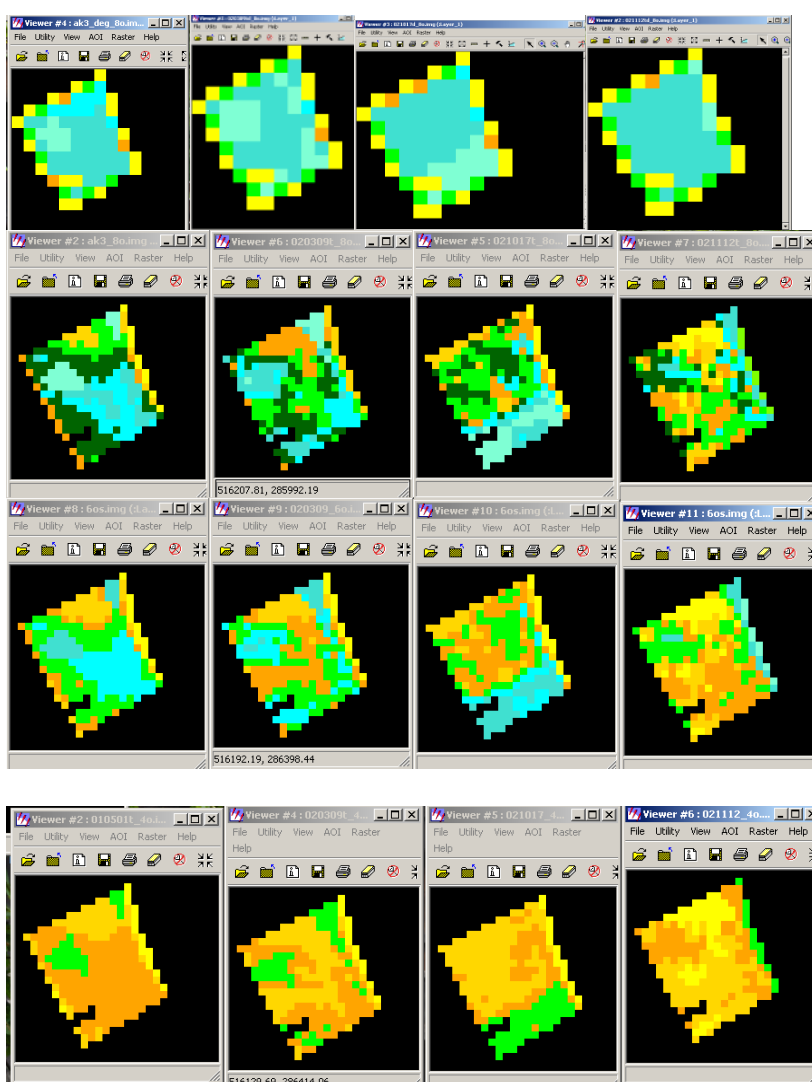
Az első főkomponenst alkotó talaj jellemzők közül kiemelkedik az Arany-féle kötöttség (-0,867), a másodikonál a Cu (0,803), a harmadikonál a Nitrát (0,733) és Nitrát N (0,787). Ezek jellemzik leginkább ezt az adattömeget statisztikailag. További vizsgálatba ezeket célszerű bevonni. Innen választottam ki az úrfelvételek együttfutás elemzésére az Arany-féle kötöttséget, mint mechanikai tulajdonságot és a Nitrát tartalmat, mint kémiai jellemzőt. (Lásd korábban!)

### **Osztályba sorolás**

Spontán osztályba sorolás után interpretáltuk a 4 időpontban készült úrfelvételeket, arra keresve a választ, hogy kimutatható-e talaj változási tendencia? Egyszerre idősoros és osztályos elemzést végeztünk.

Sorrendben az időpontok:

1. 2001. május 1. fedetlen tábla, kukorica vetés után
  2. 2002. március 9. fedetlen tábla, kukorica aratás után és talajmintavétel után
  3. 2002. október 17. fedetlen tábla, tavaszi műtrágya kezelés után, őszi kezelés előtt, kukorica betakarítás után
  4. 2002. november 12. tavaszi és őszi kezelés után
- Az első sorban az 50x50 m pixeles űrfelvételek vannak. A tábla szélén mindig található eltérő reflektanciájú helyek, de időben egyre homogénebbé válik a tábla.



4.2.- 10. ábra: Osztálybasorolt űrfelvételek

A második sortól az eredeti, 25x25 m pixeles űrfelvételek vannak. A 8 osztályos rendezés azt mutatja, hogy az időben első nagyobb foltokban inhomogén, majd fokozatosan mozaikossá válik. Érdekes a tábla DK-i sávja, amely minden felvételen jól elkülöníthető és homogenitást mutat.

A harmadik és a negyedik sor a 6 és 4 osztályos rendezést mutatja. A műtrágya kezeléseket előtti markáns, nagyobb foltok (első két kép) kiolvasható, a kezeléseket utáni kettő pedig mozaikossá válik.

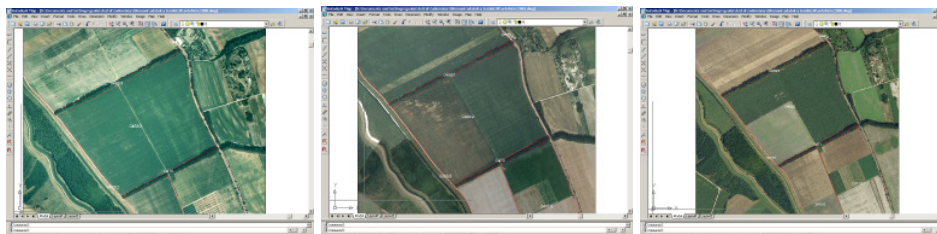
Az osztálybasorolás csak minőségi változást mutat, mennyiségit nem. Hogy minőségi változást vizsgálni tudjunk, az osztálybasorolatlan tábla adatok pixel szórását végignéztük. Kiválasztottuk a 7 sáv közül a legnagyobb szórásút. Az eredmény:

1. A 7. sáv átlaga és szórása:  $111 \pm 9$  (átlag és szórás)
2. A 7. sáv átlaga és szórása:  $73 \pm 4$
3. Az 5. sáv átlaga és szórása:  $58 \pm 4$
4. Az 5. sáv átlaga és szórása:  $27 \pm 2$

Bár a szórás időben csillapodik, ami jelenthet tábla homogenitás felé haladást, de az nem markáns.

Összefoglalva: interpretációval a sokosztályostól (8-12) haladva a kevesebb (6-4) osztályos felé a markáns, nagyobb inhomogenitás folt megállapítható az 1. időpontra. A tábla időben homogénebbé válása a pixelszórások alapján nem kizárt.

### 4.3 Légi felvételek

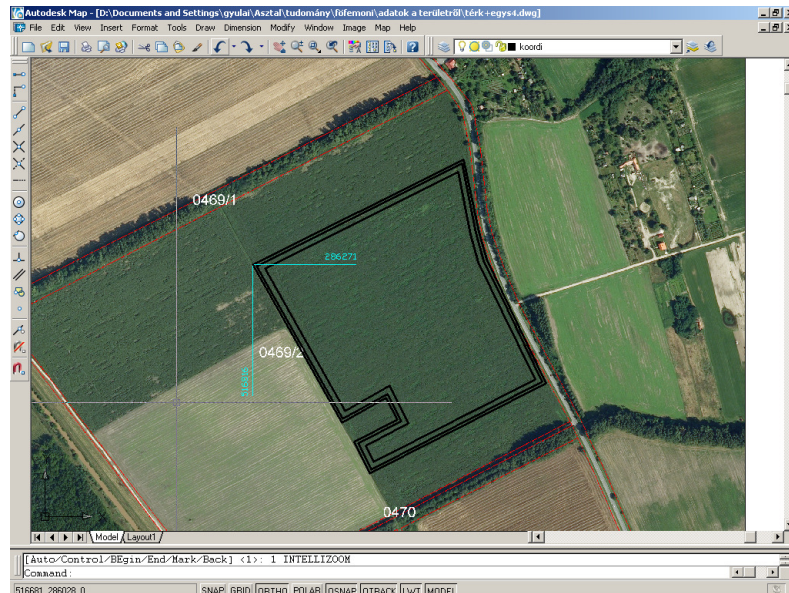


4.3 – 1. ábra: 2000., 2005., 2008. évi ortofotók. Forrás: FÖMI

Az ortofotó segítségével a 2000., 2005. és 2008. évbéli földhasználatot tudjuk tanulmányozni. Megállapíthatjuk, hogy a kísérleti tábla és környéke ebből a szempontból nem sokat változott.

A táblaillesztésnél segítségünkre volt a 2000. évi felvétel. Az űrfelvétel kivágást úgy kellett végrehajtani, hogy a legnagyobb terület maradjon, de a zavaró táblaszéli pixelek lehetőleg ne kerüljenek be a kivágásba. Hogy kis mértékben bekerültek, ez az osztályba sorolásnál látszik. A 30 méteres felbontású űrfelvételen a bokrok, utak nem látszanak, míg a légi

felvételen ezek jól elkülöníthetők. Miután elkülönítettük, pl. egy kivágandó kerettel, a keret koordinátáit lekérdezzük és a kivágó szoftverrel ezek alapján szerkesztjük a táblakivágást.



4.3 – 2. ábra: Kivágó keret szerkesztés

## 5. Következtetések és javaslatok

### 5.1 Helymeghatározás

Természetes körülmények között vizsgáltuk a precíziós mezőgazdaság eszközeinek helymeghatározó modulját, két vevőnél, 28-28 db GNSS méréssel.

Az ACT vevővel, EGNOS mesterséges holdak vételére alkalmas üzemmódban,  $\pm 1,1$  m pontosságú kijelzővel, átlagos körülmények között  $\pm 5,8$  m-es pontossággal tudtunk megjelölt pontokra visszaállni.

A hazai (EOV) koordináta rendszerben értelmezett ráállás pontossága:  $\pm 3,9$  méter volt.

Az ACT vevőnél tapasztalt „átbillenés” jelensége erősen lerontotta az eredményt, abban durva hibával terhelt mérés volt.

Amíg a méréseket durva hiba terheli, addig a feldolgozás és kiértékelés értelmét veszti. Először meg kell szüntetni a durva hibát, aztán lehet pontosságról beszélni.

A DGPS max vevővel,  $\pm 1,1$  m pontosságú kijelzővel, átlagos körülmények között  $\pm 1,6$  m-es pontossággal tudunk megjelölt pontokra visszaállni.

A hazai koordináta rendszerben értelmezett ráállás pontossága  $\pm 1,0$  m volt. A DGPS max a kijelzésnek megfelelő pontosságú eredményt hozott.

Javaslatok:

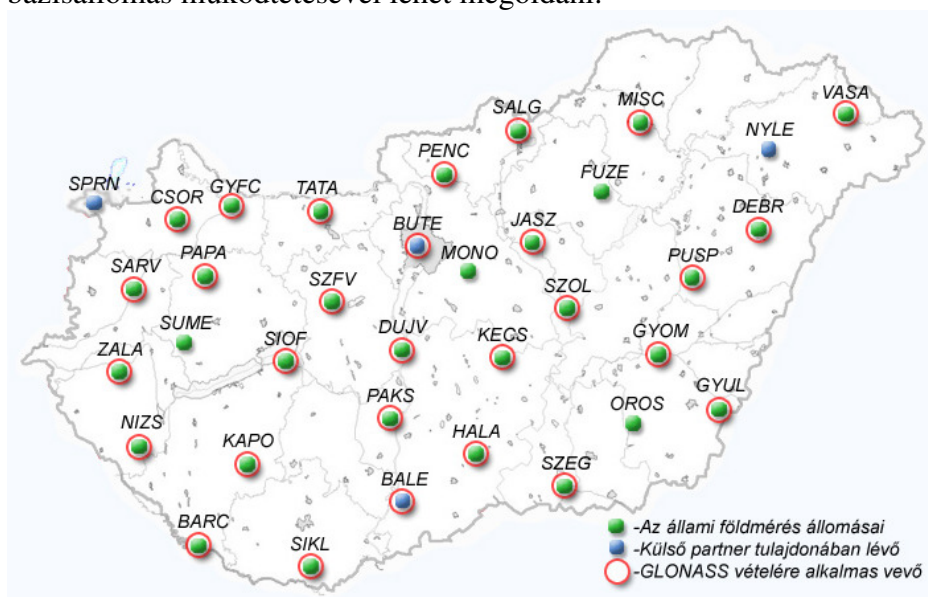
1) A precíziós mezőgazdaság minden elemére kínálnak eszközt, megoldást a forgalmazók: traktorok, vetés, növényvédelem, tápanyagpótlás gépei és automatikái, betakarítógépek valamint GPS sorvezetők, GPS területmérők, agrár szoftverek, gabona mintavevők, nedvességmérők, automata hőmérők, bel tartalmi analizátorok, magszámlálók, tolatókamerák, stb. várnak megvételre. Komoly fejlesztés után kínálják az eladók a műholdas rendszereket. Vagy nagy múltú mezőgazdasági gépgyártó (John Deere) vásárol teljes GNSS rendszert, vagy nagy múltú GNSS gyártó (Trimble) vesz meg traktorgyárat a komplex fejlesztés kedvéért. Hazánkban több forgalmazó is komplex felszerelést kínál. A teljesség igénye nélkül: pl. az IKR, a Landasin Agrogazda, Farmit, Agromatic kínál teljes felszerelést. A helymeghatározás csak egyik modulja a komplex rendszernek, de érdemes odafigyelni a pontosságra. A vevő előre jelzett pontosságát nem árt ellenőrizni, pl. megjelölt pontokra való ismételt ráállással. A vizsgálatunk azt mutatja, hogy a terepi körülmények rontanak a helyzeten, pedig vizsgálatunk statikus helymeghatározás volt, azaz cm-en belül kényelmesen pontra álltunk. A mozgás közbeni ráállás még nehezebb. A műholdas meghatározás pontosságát a GNSS belső pontosságán kívüli tényezők is befolyásolják. Idézek a Farmit agroportáljáról: „A tapasztalatok alapján kijelenthető, a sorvezetők nagyban segítik a csatlakozási pontosságot és a kívánt munkaszélesség tartását. Az általunk jellemzően használt EGNOS vagy OmniStar korrekciós jel (15-20, illetve 7-12 cm relatív) pontossága valamint a gépkezelő késedelme miatt azonban még így is jelentős pontatlanság fordulhat elő.” Bár a cég a gépkezelő késedelmét robot pilótával oldaná meg, úgy gondolom az elméleti pontosság mellett van egy gyakorlati, valós pontosság is, ami rosszabb az elméletinél. A jelenlegi elméleti pontosságot az Agroinformatic honlapja összefoglalja, feltüntetve a pontossághoz rendelt költséget.



5.1 – 1. táblázat: GNSS korrekciók

Korrekción	Frekvencia szám	Csatlakozási pontosság	Visszatérési pontosság	Költség
Nincs	1	40-50 centiméter	3-5 méter	ingyenes
<a href="#">EGNOS</a>	1	25-30 centiméter	1-2 méter	ingyenes
<a href="#">OmniStarHP</a>	2	5 centiméter	10-15 centiméter	~340.000 Ft/év
<a href="#">GNSSnet</a>	2	2 centiméter	2 centiméter	350.000 Ft/év
<a href="#">RTK (Saját bázisállomással)</a>	2	2 centiméter	2 centiméter	Beruházás: ~3.000.000 Ft

A táblázatból látszik, hogy a pontosságot vagy szolgáltatás megvásárlásával (EGNOS, OmniStar, hazai GNSS), vagy saját bázisállomás működtetésével lehet megoldani.



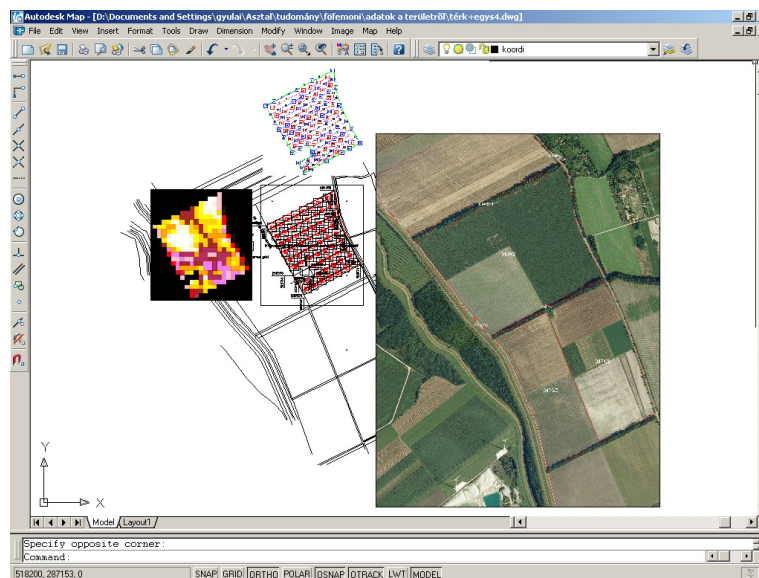
5.1 – 1. ábra Hazai aktív GNSS hálózat

2) Egy jó megoldás a hazai GNSS hálózat differenciál jeleinek vétele. Interneten lehet az előfizetőnek a FÖMI szolgáltatáshoz kapcsolódni. A GNSS előfizetés és szolgáltatás sokféle lehet, attól függően, hogy milyen műholdas helymeghatározót használunk. Pl. egy / két frekvenciás, vagy GLONASS / GPS jelet fogó, vagy egybázisos / hálózatos szolgáltatást veszünk– aszerint kell a szolgáltatóhoz kapcsolódni azaz „Ntrip mountpoint”-ot választani.

3) Célszerű a helymeghatározást közvetlenül EOV koordinátákkal végezni. Ezzel automatikusan a földhivatali nyilvántartási térkép rendszerét használjuk, azon tervezni, elemezni tudunk. A műholdvevő eladójától kell kérni az EOV transzformáció beépítését. Pl. a Leica vevőbe maga a FÖMI írt ilyen programot VITEL néven. A Leica-tól lehet megvenni.

## 5.2 Űrfelvételek

Landsat űrfelvételek és műtrágya kiszórás / talaj adat összefüggéseit vizsgáltuk. A közös nevező, a geometriai rendszer az EOV volt.



5.2 – 1. ábra: Közös rendszerben a térkép, kezelési egység, űrfelvétel, ortofotó

A szakirodalomban többnyire az egyes felszín fedettségek (pl. Natúra 2000) elkülönítésére olvashatunk anyagot.

A dolgozatban célul tűztük ki egy viszonylag szűk terület, a helyspecifikus műtrágya kezelés űrfelvételekkel való támogatási lehetőségét.

Sokszor találkozni lehet azzal a helyzettel, hogyha valamely cég, intézet kidolgozott technológiával rendelkezik az űrfelvételek hasznosítását illetően, azt titkolja. Ez érthető a piaci viszonyok miatt.

Ezért az űrfelvételekkel kapcsolatos kutatásoknak helye van, indokolt azok felhasználását vizsgálni. Erre törekedtünk jelen munkával is.

A gyakorlati haszna munkánknak az, hogy egyrészt kiderült, hogy megfelelő pontossággal a talaj minta adatok nem számolhatók ki űrfelvételekből, viszont egyszerű osztályba sorolással kb. 15-30 hektáros táblaszinten megállapítható heterogenitás, eldönthető, hogy alaposabban érdemes-e foglalkozni az adott táblán helyspecifikus műveléssel, illetve az űrfelvételeken elkülönülő foltok hol vannak (EOV-ban)?

Az űrfelvételek országos vagy regionális projektekben előnyösek, mivel nagy területről szolgáltatnak rövid átfutási idő alatt homogén anyagot.

Az űrfelvételek különböző feldolgozási szinten megvásárolhatók. A nyers űrfelvételeket ellátják radiometriai, geometriai, stb. korrekciókkal. Érdemes olyan felvételeket használni amelyek raszteres, képfeldolgozó programokkal azonnal kezelhetők.

A vizsgálatok során még így is sok munka van velük, nagy raszteres állományokat csak nagyteljesítményű gépekkel lehet feldolgozni. A mi esetünkben nem kellett nagy állományokat kezelni.

Hasznos eszköznek bizonyult az Autodesk Map 2004 verziós, Raster Design bővítéssel ellátott szoftvere, amellyel rajzokat, térképeket, űrfelvételeket és légi felvételeket lehetett szerkeszteni. Rendkívül megbízható szoftver, bármilyen számítógépes rendszer összeomlásnál képes helyreállni, adatvesztést nem lehetett tapasztalni. Elengedhetetlenül szükséges volt az ERDAS kifejezetten űrfelvételek feldolgozására készített szoftver.

A számításokat az Excel táblázatokkal 80 %-ban el lehetett végezni. Az ITR-t ideiglenes térképbeolvasásra használtuk. Megbízhatóan működött.

Az adat előkészítés és feldolgozás során az adatok és szoftverek számos meglepetést okoznak, ezért a feldolgozónak a tervezett időnél mindig több időre van szüksége (*Arctur 2004*).

## **5.2 Ortofotó**

Az adathozzáférés megoldott, Geotiff formátumban EOV rendszerben megnyitható.

Munkánkban interpretációra és táblakivágás segítésére használtuk, de ennél több célra alkalmas. Pl. vetési terveket, nyilvántartásokat digitális állományban lehetne segítségével szerkeszteni.

## 6. Új tudományos eredmények (tézisek)

1) A mezőgazdasági táblára megállapított műtrágya adag (kg/ha) és az űrfelvétel pixel érték egységes rendszerbe és formába hozható. Így azok kapcsolata matematikai és interpretációs módszerrel vizsgálható.

2) Az 1) szerinti egységes adatszerkezet jó: 0,9 körüli korrelációt mutat.

3) A korrelációs együtthatóval és legkisebb négyzetek módszerével vizsgált 1) kapcsolat egymásba nem átszámítható kapcsolatnak minősül. Az együttlfutással vizsgált kapcsolatnak nincs számszerű információ tartalma.

E) A több osztályba sorolásos és pixel szórás vizsgáló módszer interpretációs szinten alkalmas önmagában a tábla inhomogenitás változásának idősoros elemzésére.

## 7. Összegzés

A dolgozat leírja a hazai földhasználat kialakulását, jogi háttérét és a földről, mint multifunkcionális környezeti elemről rendelkezésre álló adatbázisokat, a műholdas helymeghatározás elméleti és gyakorlati ismereteit, a műhold programokat, a hazai parcella azonosító rendszer háttérét és műszaki megvalósítását.

A Nyugat-Magyarországi Egyetem Mosonmagyaróvári Karán több éve folyó kutatási munka egy részterületével foglalkozik a tanulmány.

A 2001. novemberében évben gyűjtött talaj adatokra támaszkodva MTA TAKI műtrágya programot készített, amit 2002 tavaszán, őszén és 2003-ban végrehajtottak. A szerző Mesterházi Péter Ákossal és a munkát irányító oktatókkal együtt részt vett a program végrehajtásában.

A kutatás célkitűzéseit és megvalósulásukat a szerző alábbiakban foglalja össze.

1. Egységes geometriai rendszer választás, amelyben térkép, műholdas helymeghatározás, űrfelvétel, légi felvétel, agrártechnika kezelhető.

Az egységes rendszer az EOVS (Egységes Országos Vetület), melyet az ingatlannyilvántartási hatóság a hetvenes évek közepe óta használ és az utóbbi évtizedben digitális állományúvá fejlesztett. A földhivatali térkép,

a FÖMI által rendelkezésre bocsátott űrfelvételek, a FÖMI-től vásárolt légi felvételek EOVS rendszerben voltak adottak. A kezelési egységeket beillesztette, a GNSS méréseket átszámította EOVS-ba. Ezzel az egységesítés sikerrel járt.

2. A műholdas helymeghatározás pontosságának vizsgálata (ACT és DGPS max. vevőkkel) terepi körülmények között.

A helyspecifikus tápanyag kijuttatás műszaki feltételei összetettek. A talajvizsgálattól a hozamtérképig számos modulból építkezik. Ezek egyike a műholdas helymeghatározás. A valós terepi körülmények között végzett ACT és RDS max DGPS mérések azt mutatták, hogy az 1,1 m pontos kijelzővel ellátott készülékekkel 1,6 m pontosságot lehetett elérni, de akadt értékelhetetlen mérés is.

3. Tábla inhomogenitás kimutathatósága űrfelvételekkel, pl osztályba sorolással. .

Először célszerű a környezetéből kivágni a táblát. ERDAS programmal, 15 hektáros táblaszinten a kivágás és 4 – 6 osztályba sorolás látványos eredményt adott, interpretálható volt a helyspecifikus műtrágya program térképes megjelenítésével.

4. Műtrágya program valamint űrfelvételek közötti korreláció számítás. Az osztálybasorolással kimutatott tábla inhomogenitás és az említett adatok egymásból átszámíthatósága.

A szerző a műtrágya programot, a talaj jellemzőket és az űrfelvételeket táblázatos formában kezelte. A korreláció 0,9 értéket mutatott. A műtrágya adag és űrfelvétel egymásba számíthatóságát a legkisebb négyzetek módszere szerinti illesztéssel vizsgálta. Megállapítása: gyakorlatba bevezethető pontossággal nem számíthatók át egymásba. Ugyanez volt a tapasztalat a 2001. novemberében felvett talaj jellemzőkre.

5. A légi felvételek hasznosíthatósága

Az ortofotót numerikus pontosításra és interpretációra alkalmasnak találja és felhasználja az elemzésre. Koordináták 0,5 m pontosságú levételére, szerkesztésre, pl. táblakivágás tervezésre kiválóan alkalmas volt.

## 8. Köszönet, elismerés

Dolgozatom elkészítése közben nem nélkülözhettem az alábbiakban felsorolt személyek közreműködését. Hálásan köszönöm segítségüket!

Prof. Kacz Károly belső konzulens, NYME\*  
Csornai Gábor külső konzulens, osztályvezető, FÖMI\*\*  
Prof. Neményi Miklós, NYME  
Mesterházi Péter Ákos PhD egyetemi docens NYME  
Milics Gábor PhD egyetemi adjunktus NYME  
Ásványi László Oktató-kutató Bázis vezetője, NYME  
Stépán Zsolt tanszéki mérnök, NYME  
Törökné Vass Marianna NYME

Dr. Horváth Zoltán tanszékvezető, SZE\*\*\*  
Dusek Tamás PhD egyetemi docens, SZE  
Pestiné Rácz Éva Veronika PhD adjunktus SZE  
Dr. Varga Tibor docens SZE

Várady György, FÖMI  
Dr. Martinovich László, FÖMI  
Nádor Gizella, FÖMI  
Dr. Winkler Péter, FÖMI  
Csekő Árpád, FÖMI  
Wirnhardt Csaba, FÖMI  
Iván Gyula, FÖMI

Kákonyi Gábor, Bekes Kft., Budapest

\*NYME: Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár

\*\*FÖMI: Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest

\*\*\*SZE: Széchenyi István Egyetem, Győr

## 9. Irodalom

1. Ádám J. - Gázsó M. - Kenyeres A. - Virág G. (2000): Az Állami Földmérésnél 1969 és 1999 között végzett geoidmeghatározási munkálatok, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2000/2, Budapest
2. Ádám J. (2000): Magyarországon alkalmazott geodéziai vonatkozási rendszerek vizsgálata, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2000/12, Budapest
3. Alvincz J. - Schmidt R. (2008): A birtokrendezés főbb kérdései Magyarországon, különös tekintettel a földcserére, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2008/10.
4. Arctur, D. – Zeiler, M. (2004): Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling, ESRI Press, Redlands, USA
5. Bolla Gy. (2008): A papírtérképektől a digitális térkép állományokig, MTESZ előadás, Győr, 2008.10.28.
6. Borza T. - Busics (2005): A GPS technológián alapuló geodéziai pontmeghatározások végrehajtásának és dokumentálásának szabályozásáról, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2005/6, Budapest
7. Borza T. - Halmos I. (2004): GPS alap és kiegészítő rendszerek hazai eredményei, Győr, 2004. okt 13. MTESZ előadás
8. Borza T. - Lévai P. - Szentpéteri L. (1994): A műholdas helymeghatározás (GPS) geodéziai, önkormányzati, alkalmazások, OMFJ jelentés, Budapest
9. Borza T. (2000): A hazai aktív GPS hálózat kiépítésének és fenntartásának aktuális kérdései, Geodézia és Kartográfia folyóirat, Budapest, 2000/9
10. Borza T. (2004): A műholdas helymeghatározás kiegészítő rendszereinek nemzetközi és hazai fejlesztései, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2004/8, Bp
11. Buchroithner, M. (1989): Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen II., Franz Deuticke, Wien
12. Cambardella, C. A. – Karlen, D. L. (1999): Spatial Analysis of Soil Fertility Parameters, Precision Agriculture
13. Czebe L. - Szarka Z. (2008): A termőföld minőségi védelme és a földmérés összefüggései, MTESZ előadás, Győr, 2008.05.28.
14. Czimmer K. (2001): Geoinformatika, elektronikus jegyzet, <http://geo.efte.hu/hun/onlinejegyzet/geoinfo/geoinfo3.htm>
15. Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Horváth J. in Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. 2007: A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATEPress – MTA-TAKI, Szeged, pp 205-215

16. Csató É. - Kristóf D. (2004): A Szigetköz állapotváltozásainak nyomon követése archív műholdfelvételek idősoros elemzésével, <http://www.hso.hu/cgi-bin/page.php?page=1>
17. Csizmazia Z. (2007): A tápanyaggazdálkodás gépei, mgi könyvek, Gödöllő
18. Csornai G. – Zelei Gy. – Martinovich L. – Kocsis A. – Tikász L. – László I. – Bognár E. – Csekő Á. (2004): A mezőgazdasági parcella azonosító rendszer (MePAR), 2004. március 10. GIS konferencia, Nagykanizsa
19. Csornai G. – Csonka B. – Zelei Gy. – Martinovich L. – Kocsis A. – Tikász L. – László I. – Bognár E. (2003): A mezőgazdasági Parcellaazonosító rendszer (MePAR) kiépítése az Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszer (IIER) részeként, 2003. december, Térinformatikai Almanach, Budapest
20. Csornai G. – Suba Zs. – Winhardt Cs. – Tikász L. – Nádor G. – Kocsis A. – Martinovich L. - Zelei Gy. (2003): Országos Távérzékeléses Szántóföldi Monitoring és Termésbecslés Program, 2003. december, Térinformatikai Almanach, Budapest
21. Csornai G. – Winhardt Cs. – László I. – Nádor G. – Kocsis A. – Zelei Gy. (2004): A területalapú EU-támogatások ellenőrzése távérzékeléssel az Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszerben (IIER), 2004 december, Térinformatikai Almanach, Budapest
22. Csornai G. - Suba Zs. - Somogyi P. - Tarcsai B. - Tikász L. - Winhart Cs. (1995): Termesztett Növények Monitoringja Távérzékelési eljárással piactudományi körülmények között, Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok
23. Csornai G. - Mikus G. - Csonka B. - Csekő Á. - Bognár E. - Kocsis A. - László I. - Tikász L. - Zelei Gy. (2003): MePAR: az EMOGA területhez kötődő támogatásainak térinformatikai rendszere, 2003. szeptember, Térinformatikai Konferencia, Szolnok
24. Csornai G. - Dalia O. (1991): Távérzékelés, kézirat, Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar, Székesfehérvár
25. Csornai G. (2004): Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR), 2004. február 20. Magyar Űrkutatási Iroda évkönyve, Budapest
26. Csornai, G. – Csonka, B. – Zelei, Gy. – Nádor, G – Tikász, L. – László, I. – Martinovich, L. - Kocsis, A. - Bognár, E. -Suba, Zs. - Winhardt, Cs. – Winkler, P. (2004): Crop Monitoring Basis The Area Based Subsidy Controll and Land Parcell Identification System (LPIS-HU) in Hungary, 2004. Sept 3. Dubrovnik, EARSEL Congress



27. Detrekői Á. (2004): A gömbtől a geoidig: A Föld és az űrkutatás, 2004. június 14., Mindentudás Egyeteme előadássorozat, Budapest
28. Detrekői Á. (1991): Kiegyenlítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest
29. Dusek T. (2004): A területi elemzések alapjai, ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport kiadványsorozata
30. Eissfeller, B. (2001): Augmentation System Definition WAAS, EGNOS, GBAS
31. ERDAS Field Guide, ERDAS INC., Atlanta Georgia, 1997.
32. ERS – 1 User Handbook, ESA, 1992
33. Ferenczi Z. – Kupcsik J. (2001): Statisztikai képletek és táblázatok, Győr, Novadat
34. Földmérési és Távérzékelési Intézet: A Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) kiépítése és a terület alapú támogatások távérzékeléses ellenőrzése a Földmérési és Távérzékelési Intézetben, 2004. június 8., leírás, Budapest
35. Gierloff-Emden, H. G. (1989): Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen I., Franz Deuticke, Wien
36. GreenStar Talk: What is GPS accuracy? (2005) [http://www.deere.com/en\\_US/deerecom/usa\\_canada.html](http://www.deere.com/en_US/deerecom/usa_canada.html)
37. Gyulai I. - Bulla M. (2002): Távérzékelés, egyetemi jegyzet, SZIF-Universitas Kft.
38. Gyulai I. - Neményi M. - Kacz K. - Mestererházi P.Á. (2002): GIS alkalmazások, XXIX. Óvári Tudományos Napok, előadás és CD kiadvány
39. Hajtun Gy. (2003): Működik a parcella azonosító, Magyar Mezőgazdaság, Európai Gazda, 2003. október
40. Horváth Z. (2008) személyes konzultációk
41. Horváth Zs. (2004): Leica 1200 rendszer, előadás, 2004. okt 13., Győr
42. Husti Gy. - Bányai L. - Busics Gy. - Krauter A. (2000): Globális helymeghatározó rendszer, Nyugat-Magyarországi Egyetem, kézirat, Sopron
43. Joó I. - Raum F. főszerkesztők (1990): A magyar földmérés és térképészet története, Budapest
44. Kacz K. - Neményi M. (1998): A megújuló energiaforrások, Mezőgazdasági szaktudás Kiadó, Budapest
45. Kacz K. – Neményi M. - Tóth P. – Nagy G. - Bulla M. (2002): Mezőgazdasági hulladékok energetikai célú hasznosítási lehetőségei

- a nyugat-dunántúli régiókban, III. Környezettudományi Tanácskozás, Széchenyi István Egyetem, Győr
46. Kenyeres A. - Borza T (2000).: Technológiafejlesztés a III. rendű szintezés GPS technikával történő kiváltására, Geodézia és Kartográfia, 2000/1, Budapest.
  47. Kis Papp L. (1985): Fotogrammetria, kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest
  48. Klinghammer I. (1997): A magyar térképészet Lázár deáktól napjainkig, Magyar Tudomány, XLII. kötet 9. szám, 1037 – 1056. oldal, Budapest
  49. Klinghammer I. – Papp-Váry Á. (1983): Földünk tükre a térkép, Gondolat, Budapest
  50. Környezet- és Természetvédelmi Lexikon (2002), Akadémiai Kiadó, Budapest
  51. Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2004) Szektoriális környezeti indikátorok, Budapest
  52. Kraus, K. – Schneider, W. (1988): Fernerkundung 1, Dümmler, Bonn
  53. Kraus, K. (1990): Fernerkundung, Dümmler 2, Bonn
  54. Kraus, K. (1998): Fotogrammetria, Tertia Kiadó, Budapest
  55. Kraus, K. (1996): Photogrammetrie, Dümmler 2, Bonn
  56. Kraus, K. (1993): Photogrammetry, Dümmler 1, Bonn,
  57. Kronberg, P. (1985): Fernerkundung der Erde, F. Enke Verlag, Stuttgart
  58. Leszták S. - Vadász V. (1987): Összefüggések a kukorica zöldtömege és bizonyos vegetációs indexek között magyarországi teszterületekre, Meteorológiai Tanulmányok, Budapest
  59. Lénárt Cs. – Tamás J. – Bíró T. (2001): Belvíztérképezés a területfejlesztés szolgálatában, Földrajzi konferencia, Szeged
  60. Lénárt Cs. (2008): GPS megoldások a Debreceni Egyetem Agrár és Műszaki Tudományok Centrumában, Debrecen
  61. Liziczai Á. (2008): A termőföld mennyiségi védelme, MTESZ előadás, 2008.05.28. Győr
  62. Longley, P.A. - Goodchild, M. F. at al. (1999): Geographical Information System, Wiley, London
  63. Lóczy D. [2002]: Tájértékelés, földértékelés, tankönyv, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs
  64. MePAR (2004): A Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR) kiépítése az Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszer (IIER) részeként, 2004. június 16, <http://www.mepar.hu>

65. Mesterházi P. Á. (2004): Development of measurement technique for GPS aided plant production, PhD dissertation, NYME-MÉK, Mosonmagyaróvár
66. Mesterházi P. Á. – Neményi M. – Maniak S. – Kacz K. – Stépán Zs. (2002): Compatibility of precision farming systems, International Conference on Agriculture Engineering, 2001.06.30.-07.04, Budapest, CD ROM
67. Mihály Sz. (2004).: Tudományos tevékenység és eredmények, 2004. február 20., Beszámoló a Magyar Űrkutatási Iroda számára, Budapest
68. Mihály Sz. (1995): A magyarországi geodéziai vonatkozási és vetületi rendszerek leíró katalógusa, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest, kézirat
69. Milics G. in Németh T. - Neményi M. - Harnos Zs (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp15-39
70. Milics G. – Neményi M. in Németh T. - Neményi M. - Harnos Zs (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp 139-159
71. Mucsi L. in Bulla M. - Domokos E. - Gyulai I. - Harkányiné Székely Zs. - Konrád R. - Kovács B. - Kovács E. - Lénárt L. - Madarász T. - Mucsi L. - Németh N. - Szabó I. - Szűcs P. - Tóth A. - Winkler G. (2007): Környezeti informatika, HEFOP elektronikus jegyzet, Veszprém
72. Műholdas helymeghatározás, [http://gpsbolt.hu/pages/elmelet\\_5.html](http://gpsbolt.hu/pages/elmelet_5.html), 2004.
73. Neményi M. – Pecze Zs. – Mesterházi P. Á. – Németh T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere Növénytermelés, Tom 50 No. 4 pp 419 - 430
74. Neményi M. - Mesterházi P. Á. - Gyulai I. (2001): A kemikáliák helyspecifikus kijuttatásának műszaki feltételrendszere az agrárgazdaságban, Győr, Széchenyi István Főiskola, Tudományos Napok, kézirat
75. Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Pecze Zs. – Stépán Zs. (2002): The rule of GIS and GPS in precision farming, Computers and Electronics in Agriculture, 40 (1-3) pp 45-55.
76. Noack, P. O. (2004): GPS gestützte automatische Lenksysteme, Landtechnik, 5/2004 (Adelschlag)
77. Osskó A. (2008): Kataszteri térképeink nemzetközi összehasonlítás tükrében, Geodézia és Kartográfia folyóirat, 2008/8

78. Pap László (2004): A technika új csodája a globális helymeghatározás „A mindentudás egyeteme” előadás sorozat, Budapest
79. Stoll, A. - Breuninger, T. (2004): Messverfahren zur Bestimmung der Fahrgenauigkeit GPS geführter Maschinen, Landtechnik 3/2004 (Hohenheim)
80. Strathmann, F.W. (1990) : Taschenbuch für Fernerkundung, Wichmann, München
81. Szűcs M. - Szűcs M.-né (2006): Agrokémia, In Czímber Gy. (szerk) HEFOP, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Agrártudományi és Vidékfejlesztési Kar
82. Szűcs M. - Szűcs M.-né (2006): Talajtan, In Czímber Gy. (szerk) HEFOP, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Agrártudományi és Vidékfejlesztési Kar XXV. 5 177-194
83. Tamás J. – Németh T. szerk. (2005): Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai, Debreceni Egyetem, Debrecen
84. Tamás J. (2001): Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
85. Taylor, R. K.- Schrock M. D. – Bloomfield, J.- Bora, G.- Brockmeier, G. – Burton, W.- Carlson, B.- Gattis, J.- Groening R. - Kopriva, J.- Oleen, N – Ney, J.- Simmelink, C.- Vondracek, V. (2004) Dynamic Testing of GPS Receivers, American Society of Agricultural Engineers ISSN 001 – 2351, p.1017 – 1025
86. Theilen-Willige, B. (1993): Umweltbeobachtung durch Fernerkundung, Enke, Verlag, Stuttgart
87. Úrkutatói sajtótájékoztató – mindennapi alkalmazásokról, 2003. szeptember, FÖMI archivum, Budapest
88. Várallyay Gy. (2002): Előadások PhD hallgatóknak, MTA TAKI, Budapest
89. Várallyai Gy. (1992): A Tisza-szabályozás és Alföld talajviszonyai – Mérlegen a Tisza-szabályozás c. vitaülés anyag, Hidrológiai Közöny, 73 pp 24-27
90. Varga J. (2006): Föld- és Területrendezés, WEB [http://www.agt.bme.hu/staff\\_h/varga/foldrend/](http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/foldrend/)
91. Winkler P. (2003): Magyarország digitális ortofotó programja, előadás Győr, földmérő vándorgyűlés

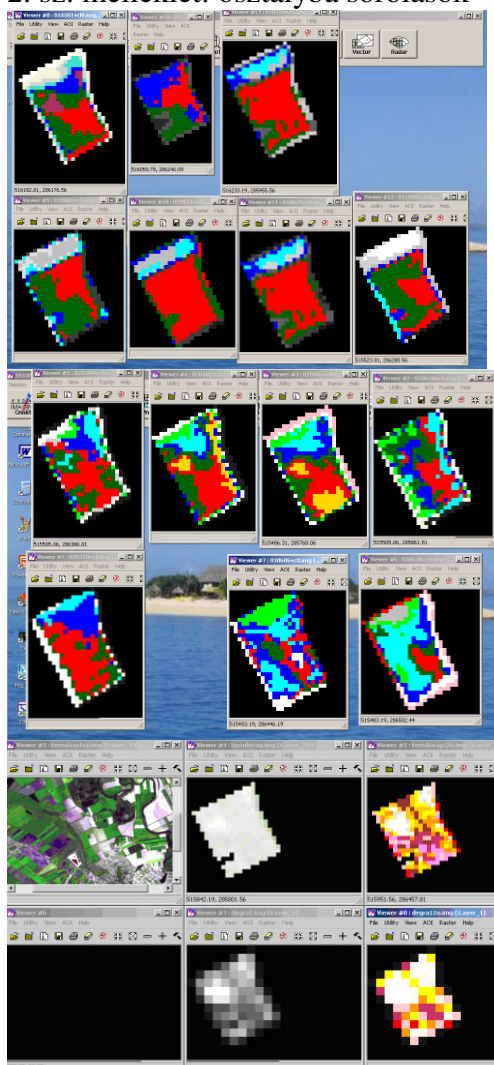
## 10. Melléklet

### 1. melléklet

A GNSS vizsgálati pontok (EOV) koordinátái

1 kő	515498,72	286356,99	121,73
2 cövek	515796,91	285832,43	122,09
3 szeg	516111,02	286994,39	123,88
4 kő	515899,95	296570,64	123,54
5 kő	516262,72	284701,02	120,61

### 2. sz. melléklet: osztályba sorolások



3. melléklet: egymásból számíthatóság táblázatai

2002.03.09. ürfelvétel 6 sáv

0	0	0	0	0	0	29	0	0	0
0	0	0	0	0	29	87	116	0	0
0	0	0	29	87	116	116	116	58	0
0	29	87	117	116	116	116	116	58	0
29	114	115	114	115	115	115	116	116	0
0	85	113	113	113	114	115	115	115	58
0	29	114	113	113	114	114	114	114	86
0	0	86	115	114	114	114	114	114	114
0	0	29	115	114	114	114	115	115	114
0	0	0	86	57	57	114	115	86	0
0	0	0	0	85	113	85	29	0	0
0	0	0	0	57	57	0	0	0	0

2002 tavasz műtrágya K2O

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	85	75	0	0
0	0	0	0	85	86	70	70	0	0
0	0	95	85	95	70	65	75	0	0
0	95	95	85	95	90	75	90	0	0
0	95	100	105	100	105	80	110	110	0
0	0	105	110	115	115	115	120	101	87
0	0	105	115	105	110	125	110	115	95
0	0	0	110	95	95	95	85	100	105
0	0	0	0	0	0	95	85	85	0
0	0	0	0	0	100	90	85	0	0
0	0	0	0	100	95	0	0	0	0

2002 tavasz műtrágya N

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	117	133	0	0
0	0	0	0	117	117	117	133	0	0
0	0	117	117	117	117	117	133	0	0
0	133	117	117	117	117	87	117	0	0
0	117	117	117	117	135	117	117	117	0
0	0	117	117	133	117	117	117	117	117
0	0	117	87	117	117	117	133	117	117
0	0	0	117	117	117	117	117	87	117
0	0	0	0	0	0	117	117	117	0
0	0	0	0	0	87	117	117	0	0
0	0	0	0	117	117	0	0	0	0