



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

KOMBÁJN HOZAMMÉRÉS FEJLŐDÉSE ÉS SZEREPE A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSBAN.

OE-AMK
2021

Kiss Attila
T000647/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kiss Attila

Szaktervezési szám: SZD21101809456843

Törzskönyvi száma: T000647/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Kombájn hozammérés fejlődése és szerepe a precíziós gazdálkodásban

A dolgozat címe angolul: Overview of the evaluation of combine sensors and the role of the yield measurement in precision farming

A feladat részletezése: Szakirodalom alapján foglalja össze a kombájn hozammérés fejlődését és alkalmazásának elterjedtségét! Részletesen ismertesse a hozammérő rendszereket és szenzorainak működési elvét! Egy kiválasztott mintaterületre vonatkozóan mutassa be a hozammérési adatokat és a térképi ábrázolási lehetőségeket! Vizsgálatok során térjen ki az adatok pontosságának kérdéseire, a kalibráció szerepére, a kalibrálások ismételtesére és a ritkítása érdekében végzett gyártói változtatásokra! Vizsgálatok során térjen ki az egy táblán belüli, több kombájjal végzett betakarítás adatainak feldolgozására, esetleges problémákra! Értékelje ki a vizsgálati eredményeket!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 11. 11.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

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

Kelt: Székesfehérvár, 2021. 12. 02.


.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	5
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	6
2.1. Precíziós mezőgazdaság	6
2.2. Hozammérési folyamat	7
2.3. A hozammérés műszaki megoldásai	7
2.3.1. Térfogatmérés.	8
2.3.2. Tömeg meghatározása	9
2.3.3. Nedvesség meghatározása	13
2.3.4. Kalibrálás	14
2.4. Hozamtérképek feldolgozása	17
2.5. Lehetséges alkalmazások	18
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
3.1. A vizsgált területek bemutatása	21
3.2. A kombájnok és a hozammérő rendszerük bemutatása	24
3.3. Adatok és szoftverek	28
3.4. A hozam adatok elérhetősége.....	30
3.5. A terület határvonalainak a meghatározásában rejlő hiba.....	32
3.6. Az előfeldolgozott adatok elemzése.....	33
3.7. Műholdas távérzékelés adataival való összehasonlítás	35
4. EREDMÉNYEK	40
5. SUMMARY	42
IRODALOMJEGYZÉK	43

1. BEVEZETÉS

Az élelmiszerválság az Európai Unió 2021. május 4-én közzétett 2021. évi globális jelentésében leírtak szerint az élelmezési segélyre szorulóknak száma a legmagasabb összesített értéket érte el azóta, mióta az ehhez tartozó adatokat elkezdtek gyűjteni. A 2021 évi élelmiszerválság teljesen példa nélküli a nagyságrendjét és a súlyosságát tekintve. Az elmúlt évtizedekben, illetve a jövőben rendkívüli mértékben nőtt és növekszik az agrártermékek iránti kereslet a fenti helyzet kezelése miatt. A lehetőség pedig a hatékonyság növelésében van elsősorban, amelyhez a precíziós gazdálkodás az egyik fontos eszköz. Térhódítását a mezőgazdaság technikai és informatikai fejlesztéseinek összekapcsolásának köszönheti. Az Információs Társadalom és az Információs Technológia (IT) megjelenése és tömegessé válása jelenti az igazi mozgató erőt.

A növénytermesztést tekintve rendkívül sok adat gyűjtésére van lehetőség, amelyek fontosságára, pontosságára és alkalmazhatóságára vonatkozóan megoszlanak a vélemények. Gondolok itt például a talajmintavételek, a növénymonitoring, a távérzékelés vagy a hozammérés lehetőségeire. Bizony a legjobb az lenne, ha valamennyi adatforrás elérhető lenne valamennyi konkrét élőhelyre vonatkozóan.

Egy adott terület termőképességének a megállapítása, alapja annak, hogy igazán a precíziós növénytermesztést el tudjuk kezdeni. A precíziós, vagyis helyspecifikus műveletekhez a leginkább kapcsolódó adat a hozamadat, ami a betakarítás során a kombájnba épített érzékelők révén érhető el helyhez kötötten.

A hozamfigyelő berendezéseket az 1990-es évek elején vezették be, és egyre inkább a modern mezőgazdaság hagyományos gyakorlatának tekintik. A precíziós mezőgazdaság úttörői már több éves hozamtörténetet hoztak létre, és különböző értelmezési és feldolgozási módszereket vizsgáltak. Alapja ez a rendszer további más például távérzékelési adatok értelmezésének, amikor egy-egy vegetáció adott spektrális tulajdonságát adott hozamhoz párosítják. [6]

Szakdolgozatom során szeretnék rávilágítani a kombájn hozammérő rendszerek fejlődésére, műszaki megoldásaira, a belőlük kinyerhető adatok térinformatikai szoftverekkel való feldolgozhatóságára, valamint az adat műholdképekből nyerhető adatokkal való összevethetőségére.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Precíziós mezőgazdaság

A precíziós mezőgazdaság oly sokrétű értelmezése létezik, illetve külön szervezetet is hoztak létre a **Precíziós Mezőgazdaság Nemzetközi Társaságát (ISPA)**, amely elkötelezett a precíziós mezőgazdaság iránt.

A precíziós mezőgazdaság (PA) definíciót a társaság igazgatótanácsa nemrégiben elismerte, mint a hivatalos meghatározását.

„A Precíziós Mezőgazdaság egy olyan irányítási stratégia, amely összegyűjti, feldolgozza és elemzi az időbeli, térbeli és egyéni adatokat, és kombinálja azokat más információkkal, hogy támogassa a vezetői döntéseket a mezőgazdasági termelés jobb erőforrás-felhasználás hatékonyságának, termelékenységének, minőségének, jövedelmezőségének és fenntarthatóságának becsült változékonysága szerint.” [1]

A következőkben a mezőgazdasági fejlődés, gépesítésre gyakorolt hatásait tekintjük át.

„A fejlődés fázisai:

- Hagyományos gazdálkodás (*Conventional Farming*). Ezt mindenki ismeri, gyakorolja.
- Precíziós gazdálkodás (*Precision Farming /Crop Production, Livestock, Viticulture/*)
- Hálózat alapú gazdálkodás (*Smart Farming/Connected Farming*)
- Mezőgazdaság 4.0 (*Farming 4.0/Future Farming*)” [2]

A mezőgazdaság 4.0 az iparhoz hasonlóan az intelligens rendszerek térhódítását jelenti. Példa erre a Claas gyártó T-Systemmel együtt létrehozott hálózatalapú intelligens betakarítási rendszere, amely a magtartály telítettségét hálózati kapcsolaton keresztül jelezve a szemhordó traktornak automatikusan hívja ürítéshez. Így idő és költségmegtakarítás érhető el, hisz a betakarítás megszakításmentes lesz. [8]

2.2. Hozammérési folyamat

A hozamtérképezés az aratás közben felvett georeferált termés hozam adatok rögzítésének és gyűjtésének a folyamata. A rögzített adatok kiegészülhetnek sok egyéb adattal, mint haladási sebesség, magassági koordináták, nedvesség adatok, dőlési értékek stb. Ahhoz, hogy mindezeket az adatokat meghatározni és rögzíteni lehessen a műszaki megoldások terén sok szenzorra van szükség.

„A gabonahozam-feltérképezési rendszer alapvető összetevői a következők:

- Gabonaáramlás érzékelő - meghatározza a betakarított gabona mennyiségét
- Gabonanedvesség érzékelő - kompenzálja a gabona nedvesség variabilitását
- Tiszta gabona felhordó sebesség érzékelő - felhasználható egyes térképészeti rendszerek pontosságának javítására, gabona áramlás mérésére
- GPS antenna - műholdas jelet fogad
- Hozammonitor kijelző GPS vevővel - helymeghatározás és adatrögzítés
- Ferdefelhordó helyzet érzékelő - megkülönbözteti a fordulok során naplózott méréseket
- Vonulási sebesség érzékelő - meghatározza a távolságot a kombájn mozgása közben egy bizonyos naplózási intervallumban (sebességmérés: a GPS vevő, a radar vagy egy ultrahangos érzékelő.)

Minden érzékelőt megfelelően kell kalibrálni a kezelési kézikönyv szerint. A kalibráció az érzékelő jelét fizikai paraméterekké alakítja. A betakarítás során egy szabadalmaztatott bináris naplófájl jön létre, amely rögzíti az összes érzékelő kimenetét az idő függvényében. Ez a fájl konvertálható szöveges formátumba, vagy megjeleníthető térképként a hozammérőmonitort szállító szoftverével.” [9]

2.3. A hozammérés műszaki megoldásai

A kombájn hozamának mérésére különböző mérőeszközöket és hozamérzékelőket fejlesztettek és vezették be a gyakorlatba. A folyamatosan növekvő áteresztőképesség miatt a magfelhordó elevátorba vagy annak fejébe telepített megoldások terjedtek el. A

rendelkezésre álló mérőrendszerek két különböző mérési elven alapulnak:

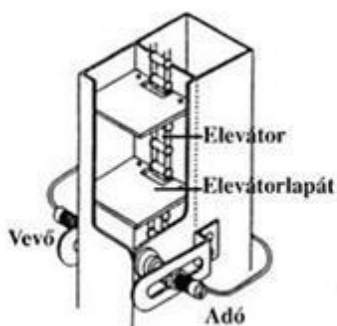
2.3.1. *Térfogatmérés.*

Ez a mérési elv a térfogatmérésen alapul, amelyet a termény fajsúlyának meghatározása után alakítanak át tömegárammá (pl. 40 kg/s).

A felhordó lapáton felhalmozódó magmennyiséget az infrakapu érzékeli és más mérésekkel társítva kijelzi (1. ábra). A kijelzés tömegmértékegységben történik, ezért mérés előtt szükséges megadni a termény térfogattömegét is. [4]

Működésének lényege, hogy a kombájn lapátos magfelhordójában, a magtartály közelében, egy adóból és egy vevőből álló infrakaput helyeznek el. A lift lapátjai által hordozott gabona megszakítja a fénysugarat (2. ábra). A sötét fázis hosszából a gabona magassága meghatározható, amelyből a kalibrációs függvényekkel a lapáton lévő gabona térfogata meghatározható. A magfelhordó üres állapotának sötétedési értékét táraértékként használják. Dőlésérzékelővel érzékelik a kombájn dőléséből adódó, a magfelhordó lapátjain jelentkező kereszt- és hosszirányú egyenetlenségeket. A térfogatáram tömegárammá való átalakításához egy mérőedényt használnak egy mérleggel.

Ezt a mérési rendszert 1982-ben a Claas cég fejlesztette ki, amit egészen a közelmúltig szinte kizárólag használt a gépeiben. Később az RDS cég CERES 2 néven azonos elven működő rendszert kezdett forgalmazni. [3]



1. ábra: Claas Infrakapus mérőrendszer és az érzékelő

Forrás: Dobos Attila Csaba, Precíziós növénytermesztés



2. ábra: Claas térfogatmérés elevátorban régen.

Forrás: <https://www.axial.hu/ckfinder/images/hozammero-szenzor.png>

2.3.2. Tömeg meghatározása

A gabonaáram tömegének meghatározásakor vagy az erő/impulzus vagy a gamma sugarak tömegben történő elnyelése radiometrikus mérőrendszerben visszaszámolva történik.

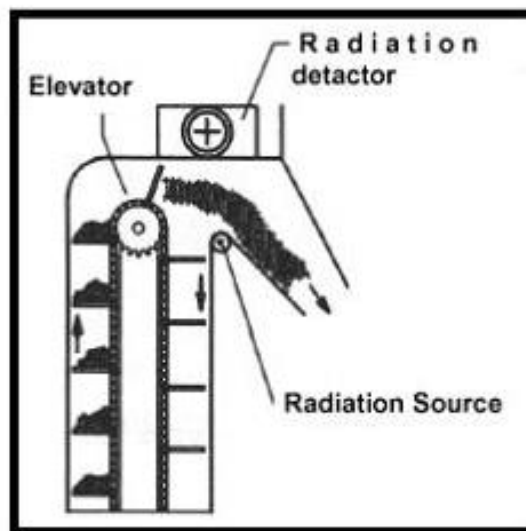
A Dronningborg cég által fejlesztett hozammérő a gamma sugárzást felhasználva a térfogatmérés elvét alkalmazza (3. ábra). A magmennyiséget közvetett úton méri. Egy sugárforrás és vele szemben egy intenzitásérzékelő van elhelyezve a magfelhordóban, közvetlenül a magtartálynál.

Az elevátor lapátjai által hordott gabona áthalad a gyengén radioaktív forrás (Americium 241) és a sugárzási érzékelő között. A sugárzás elnyelődik a folyamat során. Az abszorpció (elnyelés) megfelel a gabona alapsúlyának a mérési ablak

területén.

A tömegáram a haladási sebesség, ami a megfelhordó fordulatszámából számítható, segítségével kerül meghatározásra.

Ezt a mérési elvet követi a DATAVISION hozammérési rendszer, amely Massey Ferguson és Fendt kombájnokban került alkalmazásra.



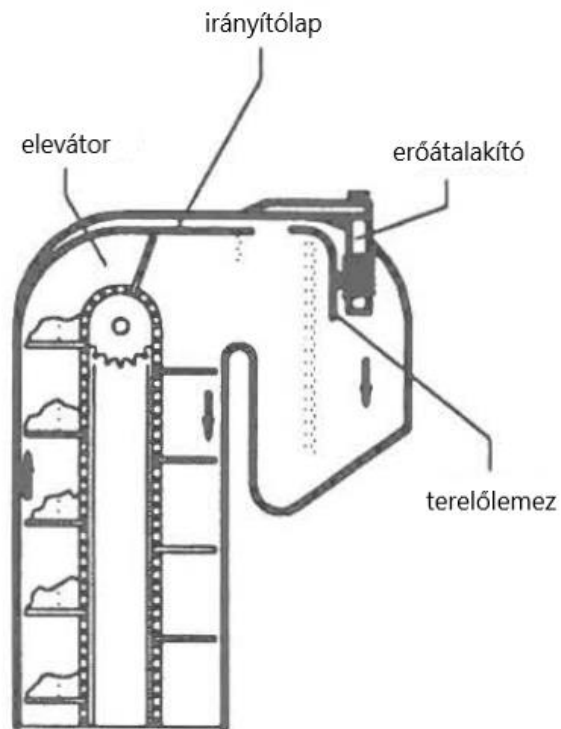
3. ábra: A radiometrikus mérés elve

Forrás: Dobos Attila Csaba, Precíziós növénytermesztés

A következő hozammérési rendszer megoldás erő/impulzus mérést használ és az elevátorfejből kivezető szemcse útvonalába telepítik (4. ábra).

Az érzékelő terelőlemezből áll, amely egy mérőcellára van szerelve. Az ütközőlap miatt a nekidobott gabona erőhatást fejt ki a hajlító rúdra, amelyet feszültségmérőkkel (DMS) elektromosan generálnak. Mivel ez az impulzus a termék tömegéből és sebességéből áll, adott a lehetőség a tömegáram kiszámításához. Az anyagsebesség az elevátorsebességéből származtatható.

Ezt a hozammérési rendszert alkalmazza például az AGLEADER cég YM2000-es rendszere, a CASE-től az AFS, valamint a DEUTZ FAHR-tól a TCS.

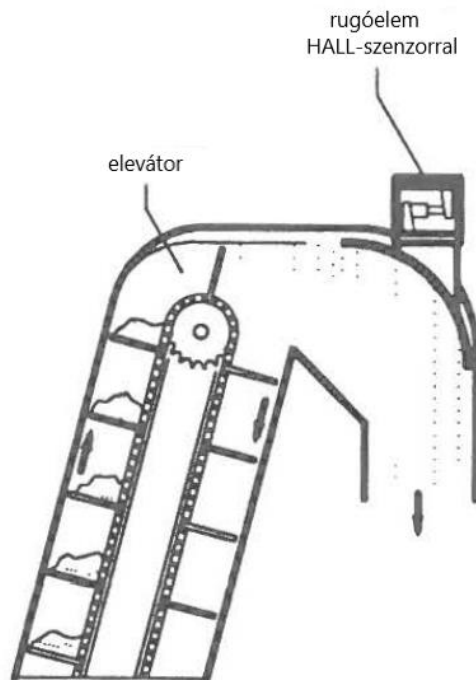


4. ábra: Erő/ Impulzus hozammérési rendszer

Forrás: DLG Merktblatt 303, Ertragsermittlung im Mahdrescher

Ugyanilyen erő/ impulzus mérésen alapul a JOHN DEERE GREENSTAR rendszere (pl. CTS és STS típusokhoz) (5. ábra). Egy rugós testre szerelt ívelt lemezt használ és az erőt a gabonaáramlás okozta alakváltozás alapján határozzák meg.

Mivel a lendület a tömeg és a sebesség szorzata, ki lehet számítani a tömegáramot. Az anyagsebesség ebben az esetben is az elevátorlánc sebességéből származik.



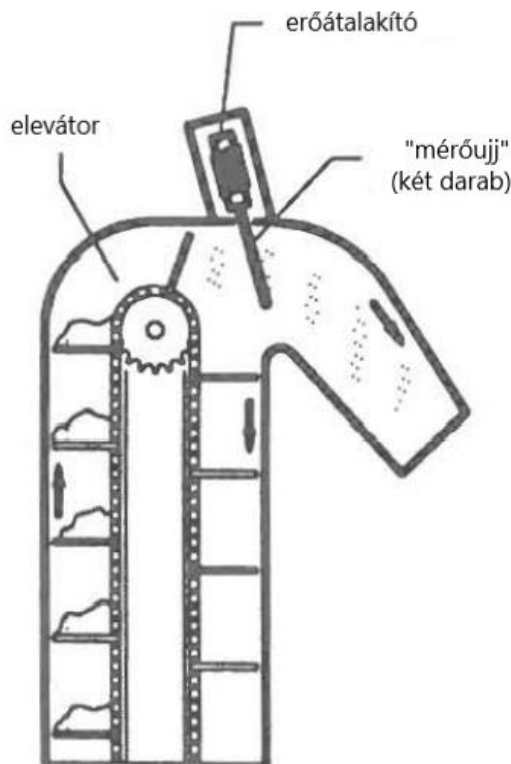
5. ábra: A John Deere gyártó Greenstar hozammérési elve

Forrás: DLG Merktblatt 303, Ertragsermittlung im Mahdrescher

Ugyanezen az elven alapul a New Holland CX kombájn-szériájában alkalmazott rendszer, ahol az erőérzékelő úgy van elhelyezve, hogy a különböző tulajdonságok miatti súrlódás vagy szemnedvesség nincsenek hatással az erőre (fejlesztés a Leuveni Egyetem, Belgium).

Szintén az erő/ impulzus mérést használja az AGCO/ DRONNINGBORG vállalat FIELDSTAR N-SET hozammérési rendszere (6. ábra). Hasonlóképpen az elevátorfejen a gabona kidobási útjába van beépítve.

Az érzékelő két terelő ujjból áll, amely egy mérőcellára szerelve a számlálásba nyúlik. Az ujjakat eltaláló gabonából származik egy erőhatás, amelyet elektromos feszültségmérők (DMS) mérnek. Az anyagsebesség ismét az elevátor sebességéből származik.



6. ábra: AGCO/ DRONNINGBORG vállalat FIELDSTAR N-SET hozammérési rendszere

Forrás: DLG Merktblatt 303, Ertragsermittlung im Mahdrescher

2.3.3. Nedvesség meghatározása

A hozammérési rendszerek a folyamatos nedvességmérés használata nélkül nehezen összehasonlítható hozamadatokat (nedves hozam) eredményeznek és ennek ezért kevés értelme lenne.

Ma az összes hozammérős kombájn alapkitelben vagy néha opcionálisan kombinálható szemnedvesség mérővel. A rendszer folyamatosan megjeleníti a szemcsék áteresztőképességét és hozamát standard nedvességtartalomra (többnyire 15 %) átalakítva. Erre különböző kapacitív mérési módszereket alkalmaznak. A mérési hiba körülbelül 1 % a 20%-os szemnedvesség-tartalomig és körülbelül 2 % az a feletti tartományban.

Az érzékelőket vagy a magtartály töltőcsigájába (AGLEADER, RDS), vagy a magelevátor kikerülő rendszereibe (CASE, CLAAS, FENDT, John Deere, MF)

telepítik. A kikerülő használatának az az előnye, hogy mikor több szennyeződés fordul elő, az érzékelőelem könnyen tisztítható, így a gabonatartály-töltőcsiga szállító kapacitása nehéz betakarítási körülmények között sem károsodik. [5]

2.3.4. Kalibrálás

Valamennyi gyártóspecifikus mérőrendszert alapkalibrációval szállítják. Ez eredményezi azt, hogy az első felhasználásnál a hiba kevesebb mint $\pm 10 \%$ (a mért értékek 95 %-ban). A hibák csökkentése érdekében az aratás alatt a szállítójármű mérlegjegye alapján lehetőség van a finom kalibrálásra a hibák csökkentése miatt.

Univerzális, utólag felszerelhető rendszerek esetében a gyártók a kombájn típusokra vonatkozóan alapvető kalibrációkat adnak, azonban messze nem minden gyártó minden típusára. Gyakran szükséges egy átfogó és időigényes kezdeti kalibrálás.

Mind a térfogatáram mérésen, mind a tömegmérésen alapuló hozamméréseknél szükséges a folyamatos kalibrálás terményenként, táblánként és időszakonként. A műszaki fejlődés eredményeként a kalibrálás szükségességét a gyártók egyre ritkábbra határozzák meg. Például a Claas gyártó legújabb rendszerénél a fajtaváltáskori kalibrálás szükségességéről nyilatkozik csak.

Ezenkívül a térfogatáram mérőrendszereknél szükséges a termés hektoliteres tömege, melyet kézzel kell meghatározni és beírni. Erre az értékre a cséplés kezdeténél, tábla váltáskor vagy fajtaváltáskor is szükség van, gyakorlatilag bármikor jelentősen változhat.

A JOHN DEERE S700-as kombájn típusainál egy folyamatos finomkalibrálást végez meghatározott terményfajtánál, hogy még pontosabb legyen a mérés. A rendszer három úgynevezett Active Yield cellával rendelkezik a magtartályban (7. ábra). A gyártó szerint e révén „Nem szükséges kézi hozam kalibráció!”



7. ábra: JD Active Yield cellák a magtartályban

Forrás:

<https://cdn.sanity.io/images/sw3vm7m7/production/65bc9d6ae8a88f4a60941423778be09de0ba0264-500x300.jpg?fm=webp>

Az áteresztőképesség megfelelő kalibrálása mellett minél pontosabb területmeghatározásra van szükség. Ennek alapja a pontos vágóasztal szélesség beállítása. A tényleges munkaszélesség érték körülbelül 3-5 %-kal alacsonyabb a vágóasztal szélességénél.

A területmérés alapja még a pontos távolságmérés, amely az egyre pontosabb GNSS rendszerek alkalmazásával érhető el.

A nedvesség meghatározásához szintén szükséges minden mérőrendszer terményenkénti beállításakor egy „eltolásérték” beállítása. Ennek az értéknek a beállítása úgy történik, hogy összehasonlító mérést végzünk egy kalibrált nedvességmérővel, majd az értéket a rendszerbe beadjuk.

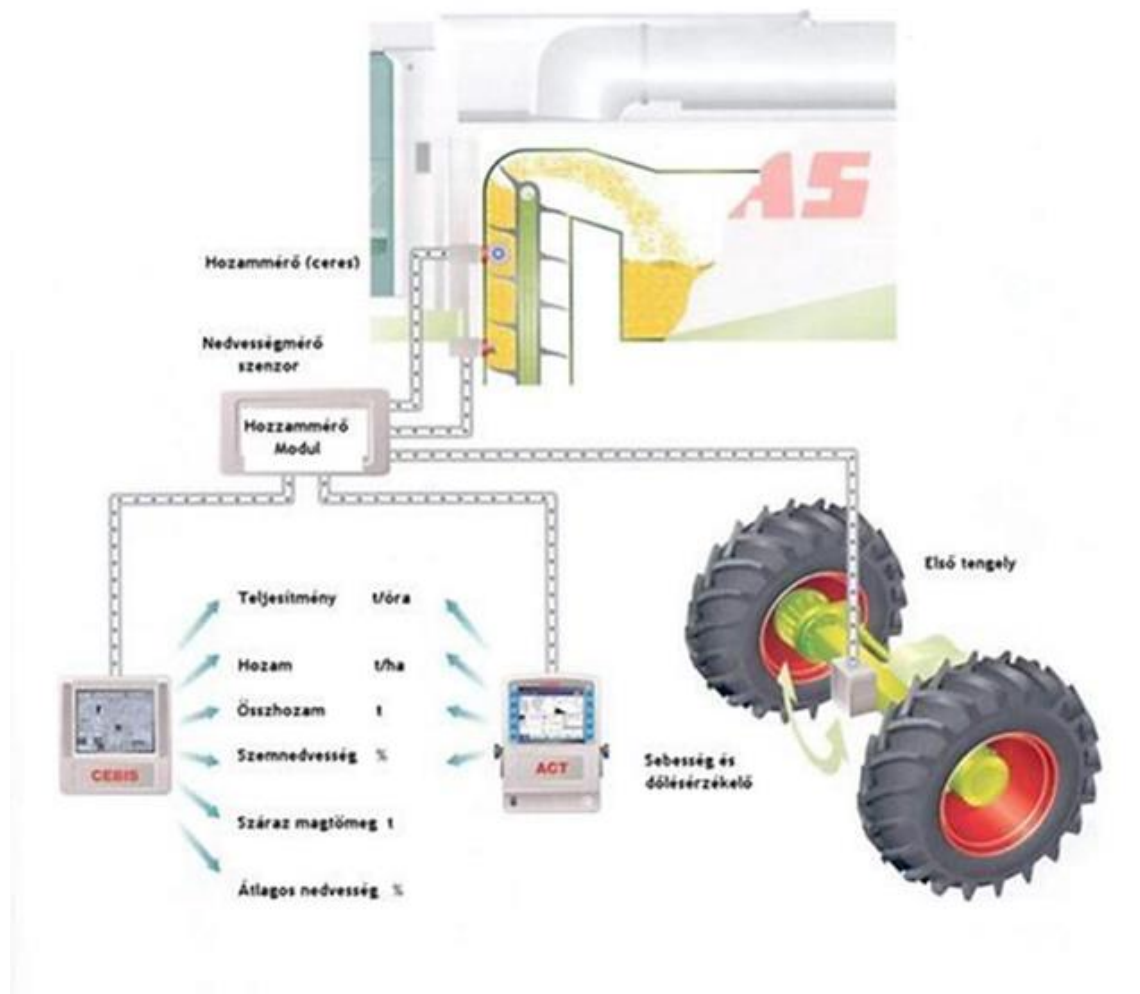
Sok-sok vizsgálat volt a valódi összes hiba meghatározására, amelyek közül egy konkrét az alábbi táblázatban látható (1. táblázat).

1. táblázat: *Hibák az őszi búza különböző teljesítményű kombájnainak hozammérési rendszereiben - Landtechnik Weihenstephan 2000/2001 próbapadi vizsgálata, szintállás, 10, 15, 20, 25 és 30 t/h áteresztőképességnél, 5 ismétlés/változat, n = 25/ mérőrendszer, referenciamennyiség / változat 1 t. Deutsche Langwirtschafts Gesellschaft e. V. (2001)*

Messgerät Hersteller	Relativer Kalibrierfehler %	Standard Abweichung des relativen Fehlers %
CERES 2 RDS	- 0,57	± 5,50
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	- 1,64	± 3,02
YM 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	- 1,71	± 3,65
QUANTIMETER CLAAS	- 2,71	± 1,72
PRO SERIES 2000 RDS	- 3,89	± 5,54
GREENSTAR JOHN DEERE	- 2,89	± 2,812
FIELDSTAR N-SET DRONNINGBORG / AGCO	- 0,22	± 1,52

A különböző mérési elvek ellenére az összes mérőrendszert körülbelül ugyanaz a hiba jellemezte, vagyis a plusz-mínusz 3,5-5,5 % a 2000-es év környékén. [3]

Azóta a mérőrendszerek tökéletesítése további javulást hozott, ami lényeges csökkentést jelentett a hiba értékében. Claas hozammérési rendszer felépítését mutatja a következő ábra (8. ábra)



8. ábra: Komplettn hozammérési rendszer (CLAAS)

Forrás: Dobos Attila Csaba, Precíziós növénytermesztés

2.4. Hozamtérképek feldolgozása

Az egyes táblákon kiszámított hozam a Földrajzi Információs Rendszer (GIS) szoftvercsomag segítségével jeleníthető meg térkép formájában például a Trimble szoftverében. A nyers naplófájl azonban a fordulatok során rögzített pontokat tartalmazza, és az érzékelő mérései nem felelnek meg a pontos betakarítási helyeknek, mivel a kombájnon keresztüli gabonaáramlás késleltetett folyamat (kivéve, ha valós idejű korrekciót alkalmaznak). E nyilvánvaló hibák kiküszöbölése érdekében a nyers adatok eltolódnak, hogy kompenzálják a késleltetést. A gabonaáramlás késleltetésére

vonatkozó beállítások kombinálódnak, és néha még terményspecifikusak is, de a gabonanövények tipikus értékei körülbelül 10 és 12 másodperc között mozognak.

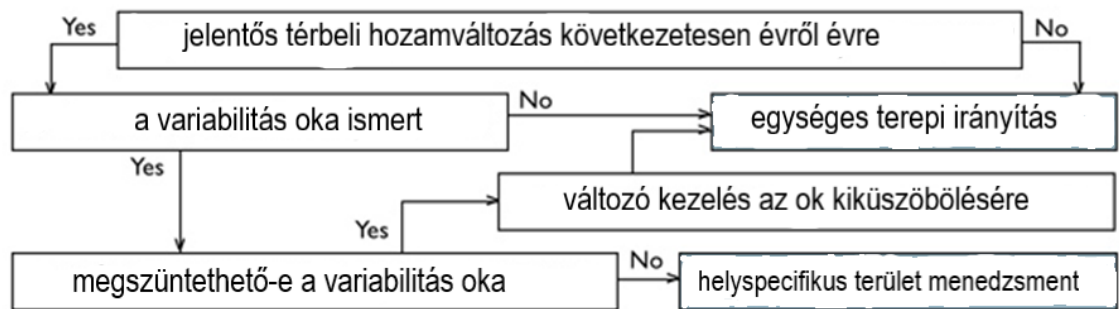
Általában néhány pontot az elején és végén el is kell távolítani. Ezeket kezdő és befejező késéseknek nevezik. Az indulási késések akkor fordulnak elő, amikor a kombájn elkezd a termés betakarítását, de a gabonaáramlás nem stabilizálódott, mert a magfelhordó fokozatosan telik meg. Hasonlóképpen, a záró késések akkor fordulnak elő, amikor a kombájn a termésmentes területre ér, és a gabonaáramlás fokozatosan nullára csökken, amikor a magfelhordó teljesen kiürül. Ennek tipikus esete a ferdefelhordó helyzet-érzékelés a tábla fordulóknál. A megfelelő beállításhoz célszerű igénybe venni a gyártó ajánlását! [12]

A nyers adatoknak a gabonaáramlás késleltetésére való átállítása, a magfelhordó állapotát reprezentáló pontok törlése, valamint az indítási és végáteresztő késleltetések az elsődleges adatszűrési eljárás, amelyet hozamtérképező rendszerekkel ellátott szoftverekbe építettek be.

2.5. Lehetséges alkalmazások

A hozam adatok megfelelő értelmezésével és az információ döntéshozatalba való beépítésével a növénytermesztés eredményessége növelhető. Ez az információ egyrészt felhasználható a térbelileg változó hozamkorlátozó tényezők meglétének vizsgálatára. Másrészt a hozamelőzmények felhasználhatók térbelileg változó hozamcél meghatározására.

A következő folyamatára a hozamtérképek elemzése alapján szemlélteti azt a folyamatot, amely annak eldöntésében segít a gazdálkodónak, hogy érdemes-e a területspecifikus növénytermesztésbe beruháznia. Ha a hozam változékonysága a tábla egész területén nem magyarázható semmilyen helyhez köthető tulajdonsággal, az egységes kezelés megfelelő lehet (1. ábra). A helyspecifikus gazdálkodás ígéretes stratégiává válik, ha a hozamminták évről évre konzisztensek, és korrelálhatnak egy vagy több terepi tulajdonsággal (pl. tápanyag-utánpótlás, topográfia, múltbeli gazdálkodás, vadkár stb.). [9]



9. ábra: Döntési folyamatábra

Forrás: Nebraska- Lincoln Egyetem. <https://cropwatch.unl.edu/ssm/mapping>

Ha a hozamváltozás okai ismertek, és véglegesen kiküszöbölhetők, az egész területen hasonló termesztési körülményekhez vezethet, és ezt követően egységesen kezelhető. Ez a koncepció volt az egyik legkorábbi a precíziós mezőgazdaságot beindító gondolatmeneteket illetően, de valószínűleg csak akkor valósítható meg, ha ismerjük a bizonyos terület tulajdonságait. Például a változó sebességű meszezés használható a savas területek korrigálására egy mezőn. Ebben az esetben a hozamtérképet csak annak vizsgálatára használják, hogy az alacsony talaj pH-érték hozamkorlátozó tényező-e, és a talajtérképet változó alkalmazási arányok előírására használják. Egy másik példa a lokalizált mély talajművelés, hogy enyhítse a tömörödést a kiválasztott szántóföldi területeken.

A legtöbb hozamkorlátozó tényezőt gazdasági vagy gyakorlati korlátok miatt nem lehet tartósan egyetlen intézkedéssel módosítani. Következésképpen a helyspecifikus növénytermesztés felhasználható az elérhető hozam és/vagy talajtulajdonságok meglévő térbeli változékonyságának megfelelő figyelembevételére.

Jelenlegi tapasztalatok alapján elmondható, hogy a hozamtérképek a precíziós mezőgazdaság térbeli adatainak egyik legértékesebb forrásai. Ezeknek a térképeknek a fejlesztése során elengedhetetlen az előfeldolgozás, vagyis az olyan adatpontok eltávolítása, amelyek nem pontosan tükrözik a hozamot egy megfelelő helyen. A térképadatsor-átlagolás vagy -simítás szintén általában az adatok értelmezésének elősegítésére történik. A hosszú hozamtörténet elengedhetetlen ahhoz, hogy elkerüljük

az időjárás vagy más kiszámíthatatlan tényezők egy adott évhez kapcsolódó extrémításai által befolyásolt következtetések levonását. Általában legalább öt év hozamtérképére van szükség. A feldolgozott hozamtérképek felhasználhatók a hozamot befolyásoló tényezők vizsgálatára vagy a mezőgazdasági inputok változó kamatozású alkalmazásának előírására a térbelileg változó hozamcélok (hozampotenciál) szerint. A precíziós gazdálkodás iránt érdeklődő termelőknek azonban mindig értékelnie kell a különböző irányítási megközelítéseket, hogy azonosítsák azokat, amelyek a legnagyobb hasznot nyújtják egy adott területen.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

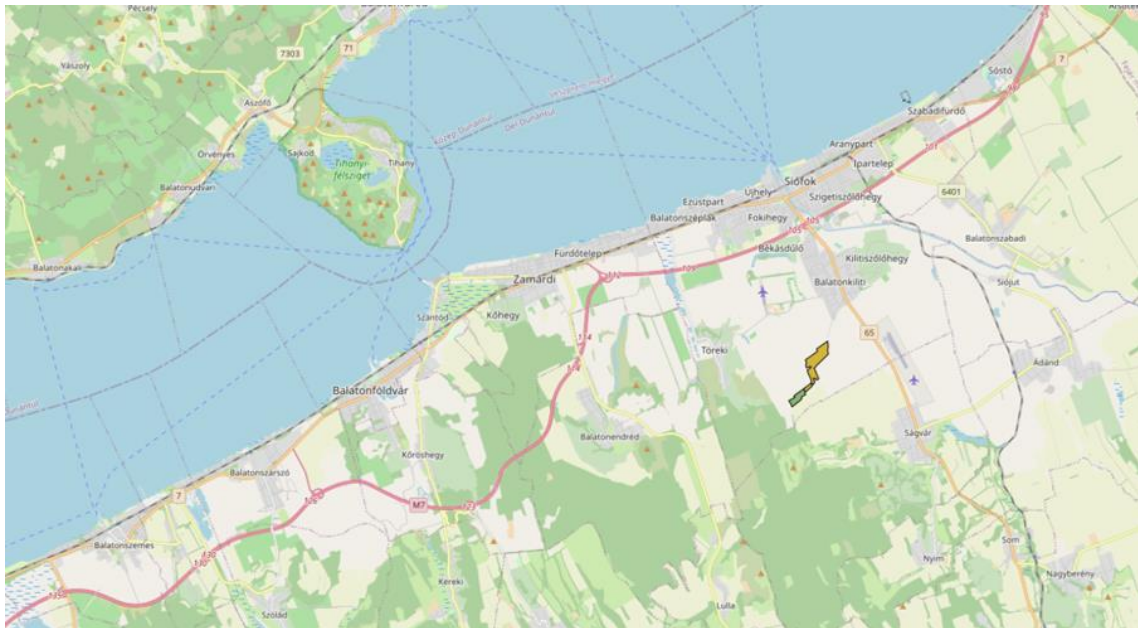
3.1. A vizsgált területek bemutatása

A vizsgált földterületek a Balatontól délre Balatonkiliti és Sárvár települések között helyezkednek el. (10. ábra).

A terület egy pontjának földrajzi koordinátái WGS-84 rendszerben fokban meghatározva: **46.856012,18.058996**

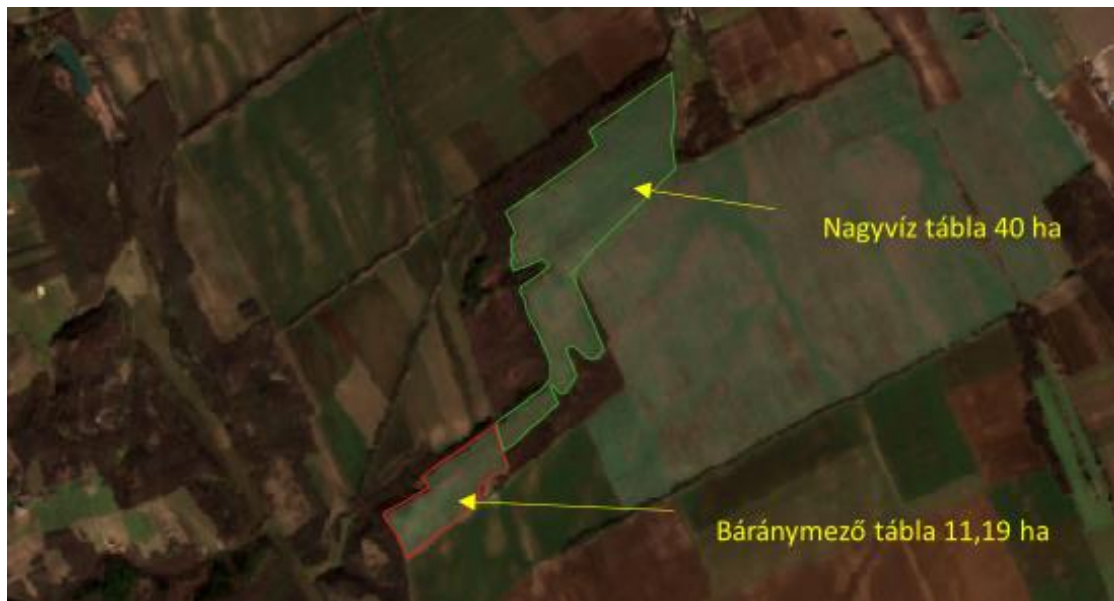
A vizsgálat alá vett két táblát a művelést végző vállalkozásnál „Nagyvíz”, illetve „Báránymező” néven tartják számon. Összterületük 41.19 ha (11. ábra).

Művelés szempontjából az elmúlt években döntően egyben végezték rajtuk a különböző műveleteket, így egybeműveltnek tekinthetők.



10. ábra: A vizsgált földterület elhelyezkedése

Forrás: Saját szerkesztés a QGIS szoftverben az OPENSTRETTMAP adatbázis felhasználásával



11. ábra: A vizsgált terület szabadkézzel rajzolt határvonala egy műholdfelvételen

Forrás: Saját szerkesztés, 2021

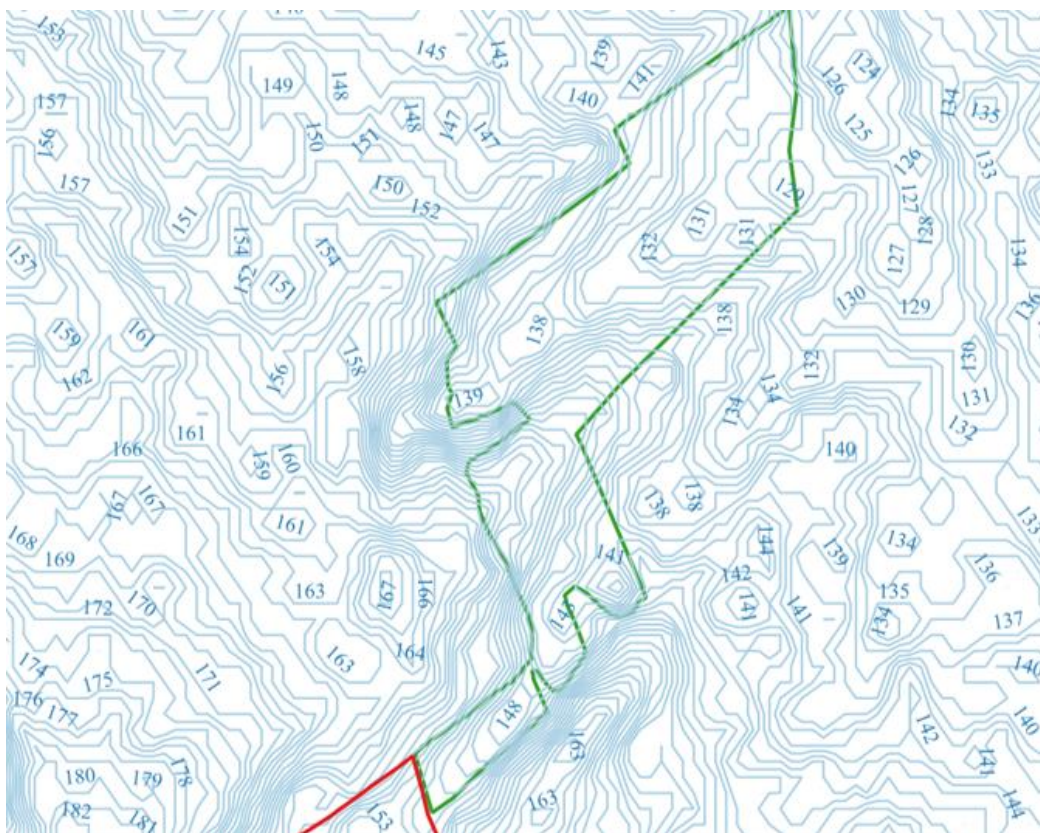
A termőföld a talaját tekintve nagyrészt agyagos vályog kötöttségű, csernozjom talaj. A 2020-as talajvizsgálati eredmények alapján a terület nagyrészt gyengén lúgos kémhatású, valamint a terület 50 %-a mésztartalom alapján meszes. Egyedüli kiemelkedően gyenge a teljes terület szulfát-kén (SO₄) tartalma.

A táblák domborzati viszonyai igénylik a legnagyobb odafigyelést a művelés során. A lenti szintvonalakat tartalmazó képeken jól látszik, hogy a magasság 126 és 185 m között változik, amely nagyon erózió veszélyeztetetté teszi a területet (12-13. ábrák).



12. ábra: Bányamező tábla szintvonalas domborzati képe

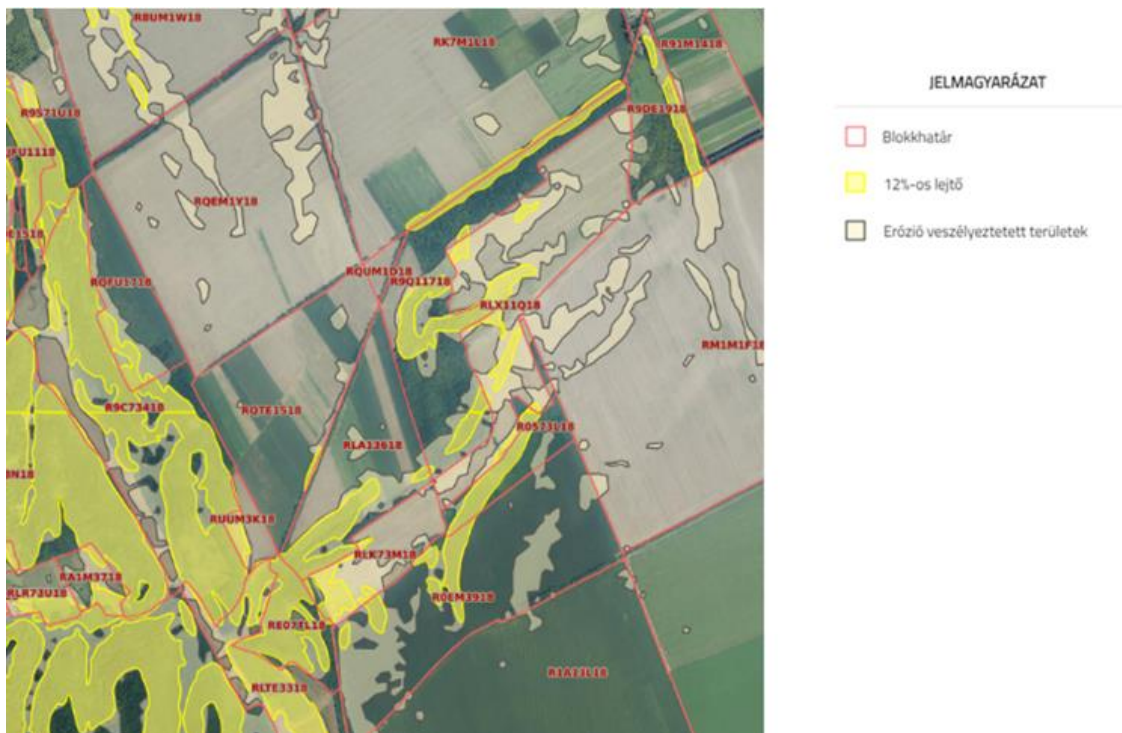
Forrás: <https://earthexplorer.usgs.gov> oldalról letöltve



13. ábra: Nagyvíz tábla szintvonalas domborzati képe

Forrás: <https://earthexplorer.usgs.gov> oldalról letöltve

A domborzati tényező óhatatlanul eróziós területek kialakulásához vezetett. A MEPAR adatbázisban lévő egyik tematikus rétegen a sárga részek a 12 %-os lejtőjű részeket, míg a szürke foltok az erózióval veszélyeztetett részeket mutatják (14. ábra).



14. ábra: A terület erózióval veszélyeztetett részei

Forrás: MEPAR, 2021

3.2. A kombájnok és a hozammérő rendszerük bemutatása

Ebben a fejezetben a gazdálkodó Europe Farming Kft. tulajdonában lévő betakarító eszközök kerülnek bemutatásra.

A területen három darab Claas Lexion 7700 MTS kombájn végezte az aratást (15. ábra). A kombájnok a mai kor csúcstechnológiái közé tartoznak, amit a tradicionálisan kombájn gyártásban élen járó német Claas cég gyártott.



15. ábra: Claas Lexion 7700 MTS kombájn felépítése

Forrás:

https://www.special.claas.com/blueprint/servlet/image/2134744/inline_1_1/820/460/a394d50c99ba5a9bc0b0b2cf07b95b89/gM/376490-27.jpg

A típust a 2018-2019-es évektől kezdve gyártják. A gépek az APS SYNFLOW HYBRID cséplőrendszerre épülnek, amely egy 450 mm-es gyorsítódob révén az anyagáramot 20 m/s-ig gyorsítja, amely maximális leválasztási teljesítményt eredményez az összes kosárfelületen.

A 755 mm-es cséplődobátmérő és a kis átfogási szög különösen sík átmenetet biztosít a cséplő, az osztató és a rotorok között.

A szalmaleválasztás két hosszanti ROTO PLUS szalmaleválasztó rotor használatával valósul meg. A két 445 mm átmérőjű és 4200 mm hosszúságú leválasztórotorok hatalmas leválasztó felületet biztosítanak. [7]

A gépek teljesítményéről néhány adat:

- a motorok maximális teljesítménye (ECE R 120) 404 kW, vagyis 549 Le.
- rostafelület: 5,1 négyzetméter
- magtartály térfogat: 13.500 liter
- ürítési teljesítmény: 180 l/s
- hevederes járószerkezet a kisebb talajtaposás és a jobb terepjáróképesség miatt

A kombájnokhoz CL-930-as vario vágóasztalok vannak, amelyek 9,3 méteres vágási szélességet biztosítanak.

Precíziós hozamméréshez kapcsolódó rendszere a gépeknek több elemből áll (16. ábra). A Claas felhagyott a korábbi térfogatmérésen alapuló és hektólitersúlytól függő infrakapus mérési rendszerével. Az új Quantiméter egységben egy hozammérő lapátos érzékelő a magfelhordó terménykidobási erejéből határozza meg a magtartály töltő csigában a termény áteresztést.

Ahhoz, hogy a mért értékek a lehető legpontosabban mutassák a betakarított termény tömegét, az alábbi folyamatsorrenden kell végig menni:

- *be kell tanítani a hozammérő nullapontját.* Ez azt jelenti, hogy az érzékelőt a termény nélkül a legnagyobb üresjáratú fordulatszámon bekapcsolt cséplőszerkezet mellett üzemeltetve kell az értékét rögzíteni.
- *ki kell választani a terményszortírt.* A gép CEBIS vezérlőjében vannak a Claas által bevitt terményhez kötődő adatai, vagy saját terményszortírt adatokat is be lehet állítani.
- *ellenmérés elvégzése.* A megbízható hozammérés szigorúan a betakarítási körülményekhez igazított kalibrálást igényli. Az ellenmérést szezononként és terményszortírtként legalább egyszer el kell végezni. A nagy pontosság további előfeltétele a 10-16 % szemnedvesség tartomány, de ha ettől eltérő értékű a termény, akkor újabb kalibrálás szükséges. További javulást eredményez, ha homogén a betakarított állomány és az ellenmérés 20 t/h értéknél kisebb áteresztésnél történik. A mérés úgy történik, hogy a magtartályt egyszer tele szedve a mért értéket rögzítjük a rendszerben, majd a mérlegeléssel lemért pontos tömeget is beírjuk.
- *a kalibrálási tényező beállítása.* A mért betakarított termés mennyiség és a mérlegelt betakarított termés mennyiség összehasonlításából a rendszer automatikusan kiszámolja a kalibrálási tényezőt.



16. ábra: Hozammérési rendszer a magelevátorban

Forrás: [419379-23-dataRaw.pdf \(claas.hu\)](#)

A betakarított termény folyamatos nedvességtartalom mérése, mint a korábbiakban kifejtettem, nagyon fontos. Ennél a géptípusnál egy folyamatos mintavétel történik, amely során a mintavevő térben egy kapacitás mérés elvén működő szenzor rendszer határozza meg a pontos nedvességtartalmat.

A kiértékelést a Claas Telematics rendszere biztosítja. Ehhez a rendszerhez csatlakozik

egy folyamatos helymeghatározás, illetve egy GSM rendszeren alapuló folyamatos adatátvitel. A pontos helyrajzi adatok meghatározását egy EGNOS jelen alapuló rendszer végzi, amely pontossága a plusz-mínusz 15 cm pontosságot jelenti. A gyártó a hozam adatok és a különböző üzemeltetési adatok pontos helyhez kötéséhez ezt a pontosságot megfelelőnek ítéli.

Egyébként a konkrét három kombájn rendelkezik automata kormányzási rendszerrel is, amelyhez viszont RTK pontosságú GNSS rendszert használ. Ez a rendszer teljesen függetlenül működik a Telematics rendszerétől.

Ahhoz, hogy a rendszer a konkrét betakarítási helyzetet meg tudja különböztetni a táblán belüli egyéb helyváltoztatástól, egy a ferdefelhordó helyzetét érzékelő rendszer segíti, melynél szintén nagyon fontos a pontos beállítás.

3.3. Adatok és szoftverek

A precíziós gazdálkodáshoz szükséges és elérhető adatok esetében komoly problémát jelent a különböző fájlformátumokban való elérhetőségük. Hiába a mezőgazdasági gyártók által elfogadott ISO szabványosított formátum, hisz még az adatok egy része továbbra sem nyerhető ki ebben a formátumban minden gyártónál, valamint az adatok feldolgozásához szükséges térinformatikai szoftverek sem tudják kezelni.

Hasonló problémát jelent a különböző vetületi rendszerek közötti átváltás szükségessége. A konkrét feladatban a WGS 84 EPSG4326 és a WGS84/UTM33N EPSG:32633 vetületeket használtam, amelyek közötti átjárhatóságot a QGIS szoftver teremtette meg.

Az alábbi táblázatban foglalom össze a fájlformátumok és a használt szoftverek listáját, amire szükségem volt (2. táblázat).

2. táblázat: *Felhasznált adatok és átalakításuk.*

Adattípus	Formátum	Kezeléshez használt szoftver	Átalakítás utáni formátum
Táblahatár	ESRI shape	QGIS	ESRI shape
Fendt traktorból nyert táblahatár	kml	QGIS	kml
Kombájn hozamtérkép	ISO-XML	Trimble Ag Software	ESRI shape
Topográfiai adatok earthexplorer.usgs.gov	ESRI shape	QGIS	ESRI shape
Sentinel műholdképek adott időpontra	JP2	QGIS	Geo TIFF
Táblahatár	ESRI shape	IDRISI	.vct
Sentinel műholdképek adott időpontra	Geo TIFF	IDRISI	.rst

3.4. A hozam adatok elérhetősége

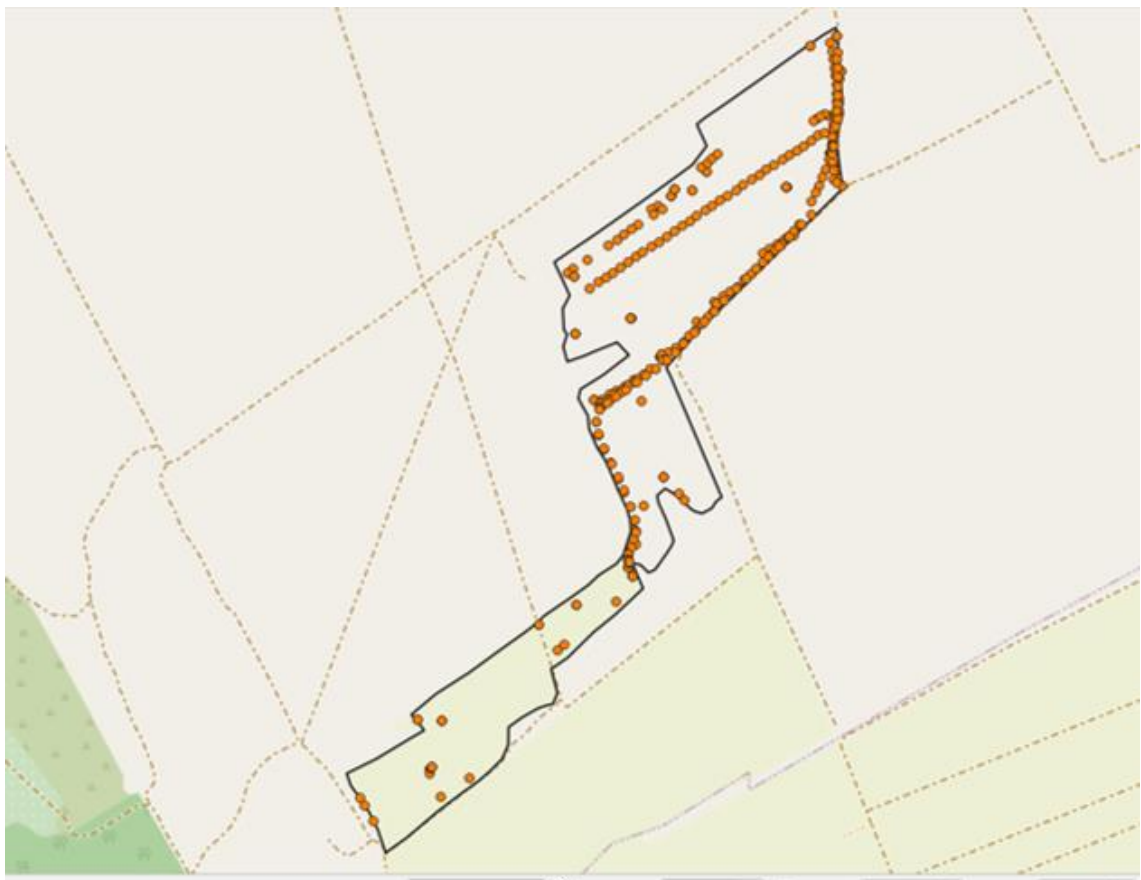
A Claas Telematics rendszerén keresztül a folyamatos automatikus adatrögzítésnek (opciószerűen vásárolható) köszönhetően elérhetőek a gépek által rögzített adatok. A rendszer a pontos hely és időpont adatokhoz nagyon sok érzékelő adatait társítja. Ezen adatok között vannak a hozamméréshez szükséges adatok.

Sajnos az adatok lekérdezésekor azonnal felfedezhető volt, hogy az egyik kombájn teljes adatanyaga hiányzik! A gyártóval közös problémakeresés ellenére sem sikerült pontos választ adni ennek a nagyon komoly mértékű hibának az okára. Mindössze ezzel a géppel kapcsolatban torzult adatokat tartott meg a rendszer, amelyek egyértelműen nem alkalmasak további feldolgozásra, aminek érzékelhető oka például, hogy a mérési pontok nem esnek a nyomvonalra. Gyakorlatilag így a táblára vonatkozóan csak két kombájn adataira támaszkodhattam (17. ábra).



Ezen adatok előfordulása úgy következhetett be, hogy a kombájnok közlekedtek a táblán belül nem megfelelően kiemelt vágóasztallal, így a ferdefelhordó helyzetének kalibrálása szerint munkahelyzetként rögzített adatokat a rendszer vonulás közben, vagy a tábla széli fordulókon.

Az attribútum táblázat tanulmányozása során a 0,4 km/h-nál kisebb, valamint a 11,9 km/h-nál nagyobb sebességű pontokat, valamint a 24 kg/h-nál kisebb termés hozamot adó pontokat töröltem a feldolgozásból (18. ábra).



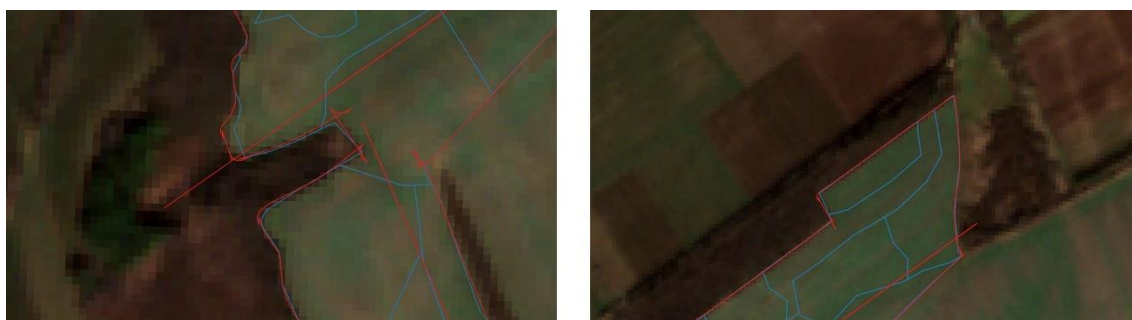
18. ábra: A feldolgozásból kizárt pontok

Forrás: QGIS szoftver saját feldolgozás

3.5. A terület határvonalainak a meghatározásában rejlő hiba

A konkrét két tábla határvonalainak vizsgálatakor kitűnt, hogy bizony itt is lehetnek eltérések, amelyek még a megművelt területek nagyságát is, bár kisebb mértékben, de befolyásolták.

A területeken a 2020-as évben elsőként differenciált tápanyagutánpótlást kezdtek alkalmazni, amelyhez a kezelési zónákat megkaptam vektorfájl (.shp) formában. Ehhez sikerült az egyik Fendt traktoruk talajművelés során felvett határvonalait szintén begyűjteni. Majd a két adatot egy Sentinel felvételre rátéve látható, hogy a határvonalak terén is vannak és lehetnek komolyabb eltérések (19-20. ábra).



19. ábra: Határvonalak egy űrfelvételen

Forrás: QGIS szoftver saját feldolgozás



20. ábra: A tápanyagutánpótláshoz használt táblahatár és a traktorral felvett határ különbsége

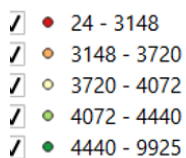
Forrás: QGIS szoftver saját feldolgozás

A helyzetet látva, valamint mivel a talajművelés nagyrésze, valamint a betakarítás a két területet eddig is egyben érintette, végül is úgy döntöttem, hogy saját közös táblahatárt hozok létre.

A határt pedig digitalizáltam a QGIS szoftverben.

3.6. Az előfeldolgozott adatok elemzése

QGIS szoftverben ábrázolva az egyes hozamértékeket 5 csoportra osztva az alábbi képpen néz ki a táblán belüli repce termés (21. ábra).

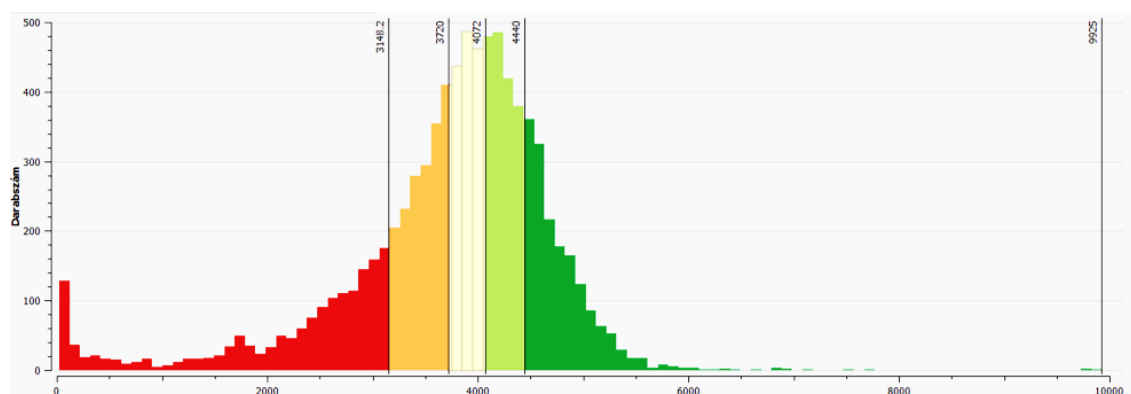


21. ábra: Hozam adatok pontszerű ábrázolása

Forrás: QGIS szoftver saját feldolgozás

Az ábrázolásnál az egyenlő számú csoportok kialakítását választottam, melynek a lényege, hogy a fokozatos megjelenítésű, a pirostól a zöldig terjedő színskálán a pontok öt az adott helyekhez köthető mennyiségi adatokkal lettek csoportosítva. A módszer

révén így gyakorlatilag öt azonos méretű területre tudtam osztani a táblát, mely automatikusan meghatározott egy ezen elvhez tartozó termés hozam felosztást. Az értékek hisztogramon is ábrázolhatók (22. ábra).



22. ábra: Pontszerű hozam adatok egyenlő számú csoportosítása

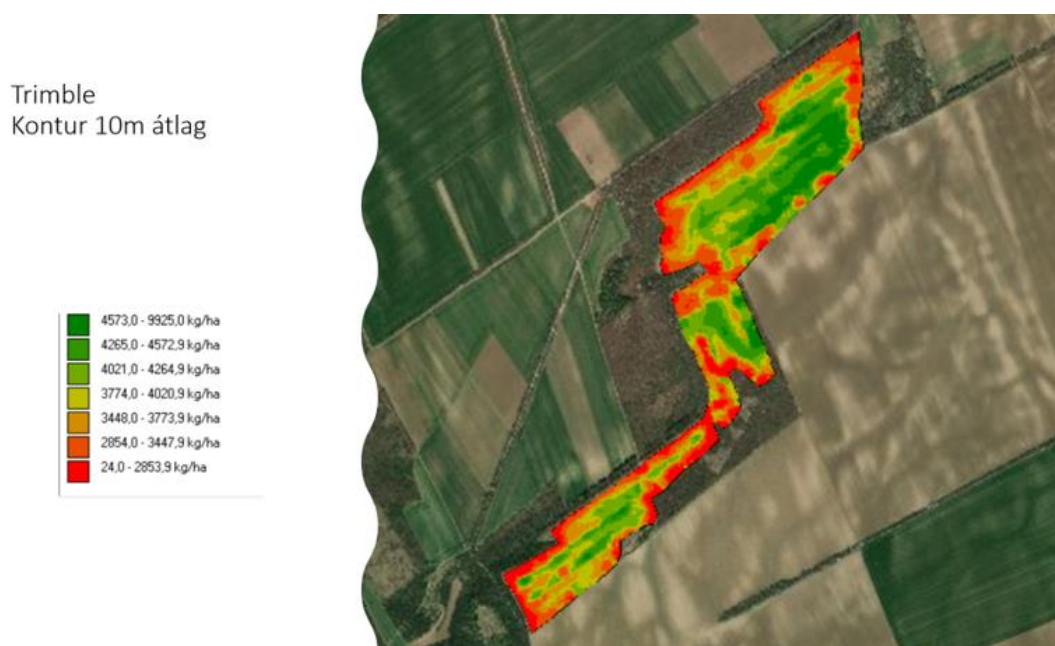
Forrás: QGIS szoftver saját feldolgozás

Az ilyen pontszerű ábrázolás tehát rávilágít a táblán belüli eltérésekre, viszont a kiértékelést tekintve nagyon nehezen értelmezhető, hisz valójában a célunk a különböző termőképességű területek, zónák lehatárolása.

Ahhoz, hogy a zónák elosztásáról jobb képet kaphassunk olyan szoftverre van szükségünk, amely raszteres képet tud létrehozni a vektoros állományból. Én a Trimble szoftverét használtam.

Amelybe, a pontszerű adatokat beolvasva létrehoztam a kontúros képet (23. ábra).

A kép megalkotásánál a 10 méteres felbontást választottam és az átlagolás módszerét. A méret esetében az döntött, hogy ennél részletesebb, vagyis kisebb felbontás használatának a szántóföldi növénytermesztés esetében nem látom értelmét, valamint a későbbi összehasonlításhoz használt műholdfelvételek esetében is a 10*10 méteres felbontás az elérhető legjobb. A módszer esetében viszont az átlagolás és a fordított távolság módszere alkalmazható a szoftverben, amelyeket külön-külön elkészítve nagyon minimális eltérést tapasztaltam a konkrét adatok esetén. Az átlagolás módszere azt jelenti, hogy az adott 10*10 méteres pixelméretben lévő mérési pontok értékeinek az átlagát rendeli az adott pixel értékéhez. [11]



23. ábra: Hozam adatok ábrázolása 7 osztályba sorolva

Forrás: Trimble szoftver saját feldolgozás

A létrehozásnál ebben az esetben a terméshozam legszélsőségesebb értékei közötti tartományt 7 sávra osztva, 7 színnek megfelelően ábrázoltam, ami több eltérést megjelenítésben is kimutatóbb ábrázolást jelent.

Az így kialakult képen jól láthatóan elkülöníthetők már az adott betakarított repce zónánkénti eltérései. Ugyanakkor azt is meg lehet állapítani, hogy a 7 osztály kialakítása az adott esetben túlzott is, hisz rendkívül kis terméshozam eltéréseket is (5 %) már más osztályba sorol, amit még a mérések pontossága sem indokol. A kialakult zónák közötti vékony határok sem igazán kihasználhatók a precíziós termesztés során, arról nem is beszélve milyen rendkívüli mértékben megdrágítaná az ehhez szükséges műszaki berendezéseket, ha ilyen pontosan szeretnénk gazdálkodni.

3.7. Műholdas távérzékelés adataival való összehasonlítás

A tábla vizsgálatához letöltöttem a Copernicus Open Access Hub felületéről a Sentinel-2 műhold 2021. június 16-ai felvételét. A kép felhőmentes volt, valamint a repce ebben a pillanatban még teljesen zöld volt, hisz, ha a vegetációs periódus a vége felé

közeledik, akkor kisebb a klorofill tartalom, gyengül az elnyelés és a közeli infravörös tartományban csökken a visszaverődés.

A letöltött felvétel 4 sávját használtam a további elemzésekhez: a B02 (kék: Blue), a B03 (zöld: Green), a B04 (vörös: Red), és a B08 (közeli infravörös: NIR)) sávokat. A sávok geometriai felbontása 10 m. A képek feldolgozásához az IDRISI szoftvert használtam. A felvételeken beazonosítottam a táblát, majd az automatikus osztályozási eljárással (CLUSTER) maximálisan 5 klaszterre (klaszter: adat csoportosulás) felbontottam a táblát a négy sáv használatával. Az utófeldolgozás során a pixelnyi eltérések korrigálását végeztem. Ehhez többszörös Filter-ezést alkalmaztam. Filter típusa: 3*3-as Medián vagyis 9 pixeles területen (24 ábra). [10]

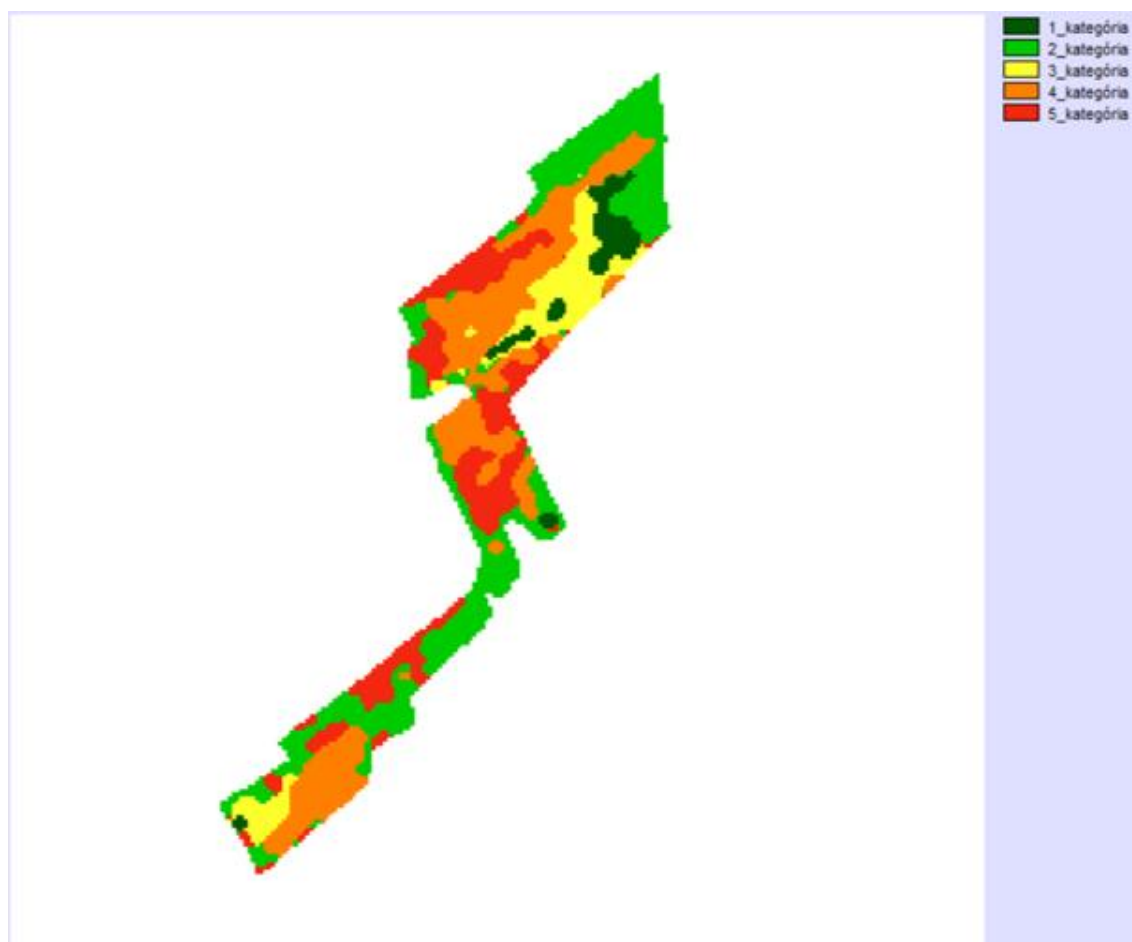
Külön kiszámoltam a konkrét tábla területére az egyes pixelek NDVI értékeit. Az NDVI az egyik leggyakrabban használt index a növényi stressz mérési modellekben. Megmutatja egy adott helyen a biotomassza mennyiségét. Az NDVI értékek kiszámításához a vörös (B04) és a közeli infravörös (B08) sávokat használtam (25. ábra).

Az NDVI értéke -1 és +1 közé eshet, növényzet nélküli talaj általában 0 és +0.05 közötti értéket mutat, míg az egészséges növényzet esetében elérheti a 0.9-et is.

Tehát minél egészségesebb táblán belül a növényzet annál magasabb az NDVI érték.

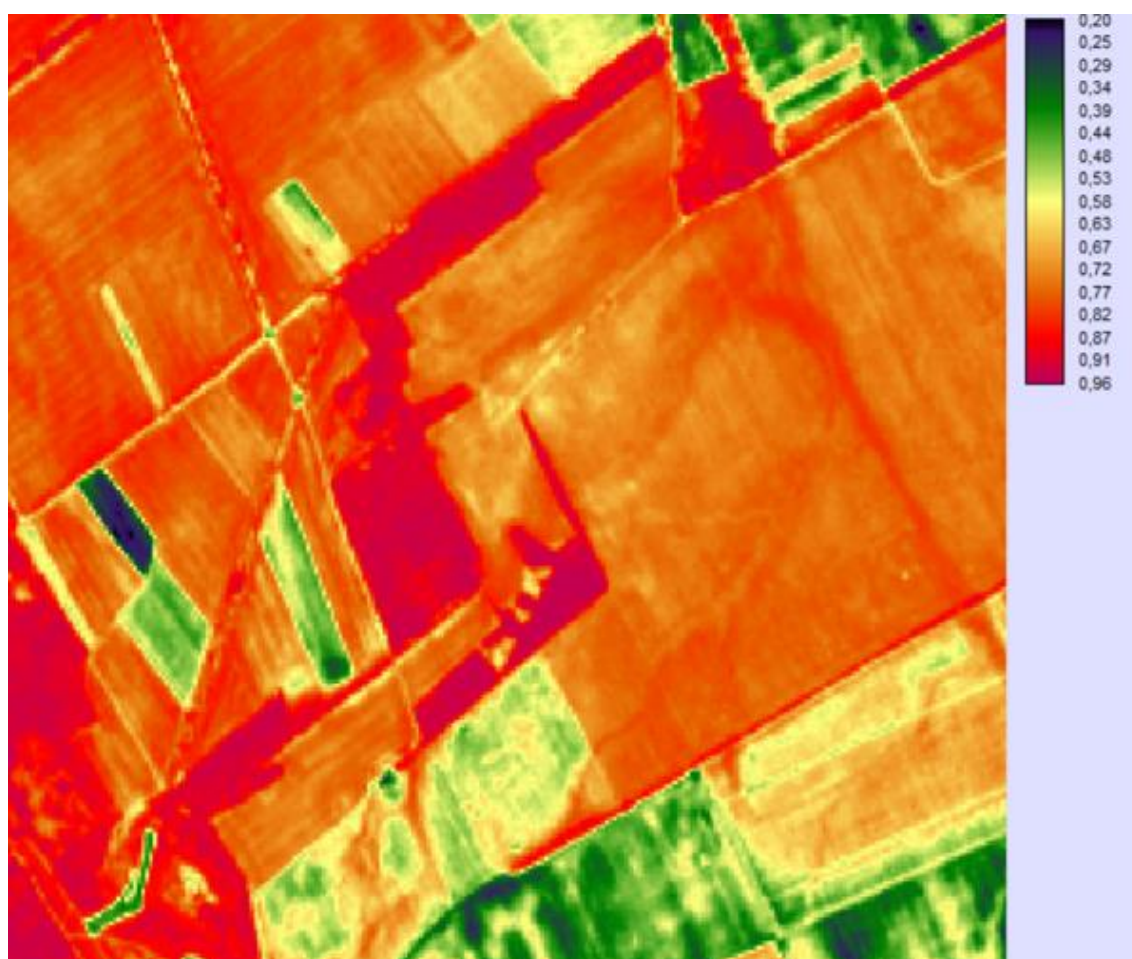
Ezen NDVI kép alapján a műholdfelvételen kialakított 5 klasztert értékei alapján állítottam sorrendbe, ahol az 1_ kategória a legjobb, míg az 5_kategória a leggyengébbet jelenti.

Az összehasonlíthatóság miatt a korábban szűrt hozamadatokról a Trimble szoftverrel egy 5 osztályos besorolást hoztam létre a Cluster-ezéses eljárással előállított képnek megfelelő színkódolással (26. ábra).



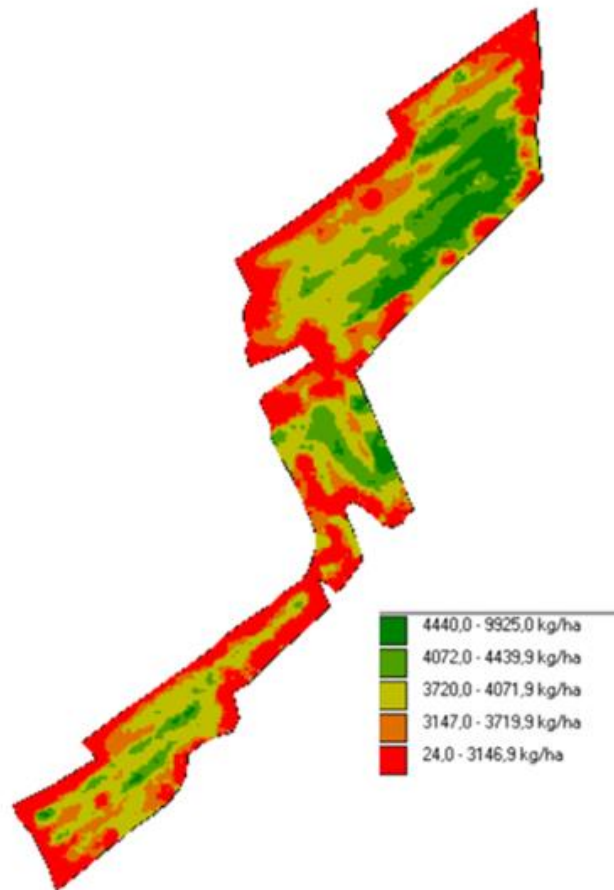
24. ábra: A tábla clusteres képe

Forrás: IDRISI szoftver saját feldolgozás



25. ábra: NDVI számított értékek

Forrás: IDRISI szoftver saját feldolgozás



26. ábra: Hozamادات 5 osztályba sorolva

Forrás: Trimble szoftver saját feldolgozás

A két kialakult képet összevetve megállapítható, hogy a táblán belüli zónák kialakítása rendkívüli módon hasonlít egymásra. A gyengébb és erősebb zónák elhelyezkedése a táblán belül ugyanarra a környékre esnek.

Megállapítható tehát, hogy az adott repce esetében a június 16.-ai műholdfelvételek négy sávjának felhasználásával kialakított Cluster-ek (osztályok) a betakarításkori hozamادات alapján kialakított kontúros térkép zónáival nagyon hasonló elhelyezkedésűek. Ezen túlmenően az NDVI értékek alapján látszódnó erősebb biomasszával rendelkező zónákban a kombájn hozamadatai is valóban jobb termést mutattak meg.

4. EREDMÉNYEK

Szakedolgozatom során igyekeztem rámutatni a kombájn hozammérés jelentőségére a precíziós mezőgazdasági termelés kialakításában. Látható volt, hogy a különböző mérési rendszerek rendkívüli sokszínűsége áll a rendelkezésünkre, amelyek a szolgáltatott adatok pontossága tekintetében napról-napra megbízhatóbb adatokat nyújtanak. Alapvetően a kombájn beállításával meghatározunk egy szemvesztést, amely valamennyi precíziós adatértékelési séma pontosságát negatívan befolyásolja. Jelenleg az ilyen táblán maradt termést korrigáló algoritmusokról nem tudok, bár nagyon komoly akár 5 %-ot is elérő torzítást jelenthet. Tehát minden vizsgálat alapját a táblán termett mennyiségből a valódi tárolóba került mennyiség aránya nagyon befolyásolja. Ehhez jön még a hozammérő rendszerek mérési hibája, ami sok tényezőtől adódik össze, úgymint például a pontos helymeghatározás, a valódi vágási szélesség, az áramló tömeg pontos meghatározása, a terepviszonyok miatti dölések kompenzálása stb. Sajnos bármennyire is a gyártók javítják a rendszereket a kalibrálásokra továbbra is szükség van, amit leginkább az eltérő fajtánkénti terménytulajdonságok és a betakarítási körülmények állandó változása indokol leginkább. Ha növelni akarjuk az adatok megbízhatóságát kalibrálni kell!

Az adatok megléte esetén több különböző térinformatikai szoftverre lehet szükségünk, hogy egyáltalán az adatokat akár egy szoftver által is értelmezhetővé tegyük mind a vetületi rendszerek, mind a különböző fájlformátumokat tekintve.

Az adatok előfeldolgozása és értelmezése egy kihagyhatatlan láncszem a folyamatból, mint a példánál is látható volt, hisz a nem megfelelő, fals adatokat ki kell zárni az értékelésből, mert nagyon elviszik a feldolgozás megbízhatóságát. Az általam áttekintett hozamadatokról például beállításból és üzemeltetésből adódó hibáink voltak.

A hozammérési vektoros adatok feldolgozása során különböző matematikai műveletek felhasználásával közel azonos termésmennyiségű zónákat tudunk kialakítani, ahol a terméspotenciál azonosnak tekinthető. Ha eddig homogénen volt kezelve a teljes tábla, akkor ezek az adatok jó támpontot adnak a későbbi eltérő művelési zónák kialakításához. A szakirodalom az immár konkrétan is alkalmazható zóna elkülönítést minimum 5 év hozamadatainak a közös feldolgozásával tarja megfelelőnek abban az esetben, ha más adat nem áll a rendelkezésünkre.

A szakdolgozatom során a műholdfelvételek térinformatikai feldolgozásával vettem össze a képződő adatokat. A feldolgozáshoz a négy látható hullámhosszú és a közeli infra tartományokat használtam fel. Claszterezési és filterezési eljárásokkal alakítottam ki zónákat. A kialakult zónákban a levelek klorofil mennyiségét és a víztartalmát, így a biomasszát az adott helyen jellemző NDVI értékek kiszámítása alapján határoztam meg a zónák egymáshoz képesti sorrendjét.

Megállapítható a konkrét esetben, hogy a táblán belül a nagyobb potenciállal rendelkező helyekre vonatkozóan a műholdas feldolgozás nagyon hasonló eredményt adott, mint a hozammérés.

Sajnos a vizsgálat alá vont terület esetében a három aratást végző kombájn közül mivel az egyik adatai elvesztek, így mélyebb értékelésnek sajnos a teljes táblára vonatkozóan nincs értelme!

Sokszor felvetődik a kérdés, hogy például egy kombájn hozamadat mérésre való alkalmassá tételének a költsége megéri-e vagy sem. Ha a költséghatékonyság a cél, akkor egy nagyobb betakarító flotta esetében egy kombájnból mindenképp szükségünk van konkrét adatokra, amelyek azonos vegetációk esetében a többi területre vonatkozóan jól használható adatot adnak a műholdas képfeldolgozással kiegészülve.

A feldolgozást pedig a térinformatika minél átfogóbb ismerete és használata teheti egyre pontosabbá!

5. SUMMARY

In my thesis, I intended to point out the importance of combine harvester installed yield mapping in the design of the practice of precision agricultural production. It was obvious that a wide range of different measurement methods were available. The set up and operation of the harvester itself define the amount of grain loss fundamentally what has a negative effect on any kind of precision farming data analysis scheme. The difference of the produced and the stored grain quantity is a significant distortion factor. The measurement inaccuracy of the yield mapping system means another factor increasing the overall inaccuracy further. This inaccuracy may be caused by imprecision in positioning, definition of actual cutting width, measurement of grain mass or roll compensation etc. Despite the development efforts of the manufacturers field calibrations are still required.

During the pre-processing and interpretation of the data the distortion caused by different projection systems or file formats, or rather faulty data should be eliminated. By processing the yield data, zones with nearly equal yield can be delineated. The multi-year analysis of these data may provide information about the yield potential of these areas.

In my study, I compared the potential of geospatial processing of satellite images with the use of NDVI index and multiple bands of a satellite image taken at a specific time. Even based on this given case it can be stated that the two methods can complete each other as I discovered significant similarity of the two data sets. This opinion is backed by the fact that I faced with significant data loss in the investigated case.

In the case of precision agriculture, the collection and analysis of data from different sources for multiple years may guarantee the accuracy of the information. The accurate knowledge of yield or rather harvest data is a prerequisite of such evaluation methods which ensure cost reduction and quicker processing. Processing of satellite imagery may mean, and in fact do mean a significant support in this concern.

IRODALOMJEGYZÉK

1. **ISPA (2019):** ISPA ISPA Forms Official Definition of ‘Precision Agriculture’ <https://www.precisionag.com/market-watch/ispa-forms-official-definition-of-precision-agriculture/>
2. **JÓRI J. I. (2019):** A precíziós gazdálkodás gépesítési kérdései. https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2019-01/dr_jori_j_istvan_a_precizios_gazdalkodas_gepesitesi_kerdesei.pdf (2019. 06. 09.)
3. **Deutsche Langwirtschafts Gesellschaft e. V. (2001)** Merkblatt 303: Ertragsermittlung im Máhdrescher- Ertragsmessgeräte für die lokale Ertragsermittlung.
4. **Dr. agr. Patrick Ole Noack (2010)** Genauigkeit der lokalen Ertragsermittlung mittels Großmáhdreschern <https://docplayer.org/61300373-Genauigkeit-der-lokalen-ertragsermittlung-mittels-grossmaehdreschern.html>
5. **Thomas Steinmayr (2002).** Fehleranalyse und Fehlerkorrektur bei der lokalen Ertragsermittlung im Máhdrescher zur Ableitung eines standardisierten Algorithmus für die Ertragskartierung. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/603333/603333.pdf>
6. **Prof. Dr. Tamás János ().** Precíziós Mezőgazdaság. [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8484/Tamas - Precizios_mezogazdasag.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8484/Tamas_-_Precizios_mezogazdasag.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. **Claas GMBH. (2020)** Kombajn LEXION 8900-7400 katalógus. <https://www.claas.hu/gepek/gepek/kombajn/lexion-8900-7400>
8. **Gaál Márta – Humenyik Noémi – Illés Ivett – Kiss Andrea (2020).** NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, 2020. A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata. <https://doi.org/10.7896/ak2001>
9. **University of Nebraska-Lincoln (2021).** Institute of Agriculture and Natural Resources. <https://cropwatch.unl.edu/ssm/mapping>
10. **Balázsik V. (2010):** Fotogrammetria 1. A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010. <https://docplayer.hu/23999651-Fotogrammetria-1-balazsik-valeria-a-taverzekeles-fogalma-a-fotogrammetria-es-a-taverzekeles-kapcsolata.html>
11. **Verőné Wojtaszek M. (2010):** Fotointerpretáció és távérzékelés 1. A távérzékelés fizikai alapjai. Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar <https://docplayer.hu/3285719-Fotointerpretacio-es-taverzekeles-1.html>
12. **Michael Hanigan (2018).** Volumetric yield sensing in a combine harvester. Iowa State University Digital Repository. <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7376&context=etd>