



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Táblán belüli erózió hatása a növények fejlődésére több kultúra esetén

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Kalauz István Csaba GOYNTN

Hallgató törzskönyvi száma:



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kalauz István Csaba

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000878/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Táblán belüli erózió hatása a növények fejlődésére több kultúra esetén

A dolgozat címe angolul: Effect of field erosion on plant development in several crops

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján ismertesse a talaj degradációt különös tekintettel az erózió típusokra!
 - a. Ismertessen talajvédelmi stratégiákat, védekezési lehetőségeket!
 - c. Mutassa be a távérzékelés szerepét az erózió megfigyelésben!
2. Mutassa be a mintaterület, a terület jellemzőit!
3. Vizsgálatok során térje ki a mintaterület heterogenitás térképezési lehetőségeire, valamint az terület erodáltsága és termés közötti összefüggésekre!
4. Ismertesse felhasznált adatokat és adat kiértékelési módszereket!
5. Részletesen mutassa be az eredmények!
6. Vonja le következtetéseket és eredmények alapján tegye javaslatot a módszertan gyakorlati alkalmazásra

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Signature]

Intézetigazgató

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

[Signature: Verőné Wojtaszek M.]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székelykötő 2023.12.08

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	5
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	6
2.1	Talajdegradáció	6
2.2	Mezőgazdasági területek jellemzése talajdegradáció szempontjából	6
2.2.1	Világviszonylatban	6
2.2.2	Európában	7
2.2.3	Magyarországon.....	8
2.3	Erózió típusok	10
2.3.1	Vízerózió	10
2.3.2	Defláció	11
2.4	Talajvédelem	15
2.4.1	Talajvédelem az Európai Unióban	15
2.4.2	Védekezési lehetőségek	15
2.4.3	Talajerózió becslés	16
2.5	Távérzékelés szerepe a talaj megfigyelésben	17
2.5.1	A távérzékelés mint adatnyerés	19
3.	FELHASZNÁLT ADATOK ÉS A MINTATERÜLET BEMUTATÁSA.....	23
3.1	Gazdaság és mintaterület jellemzése	23
3.2	Felhasznált adatok	25
3.3	Felhasznált szoftverek	26

3.4 A termesztett kultúrnövények jellemzése	27
3.5 Terület domborzati jellemzői.....	30
4. MŰHOLD ADATOK FELDOLGOZÁSA	33
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	40
5.1 Javaslatok	41
6. ÖSSZEFOGLALÁS	42
7. SUMMARY	43
8. IRODALOMJEGYZÉK	44
9. ÁBRAJEGYZÉK.....	47

1. BEVEZETÉS

Dolgozatom témája a táblán belüli erózió hatásának a vizsgálata a növények fejlődésére a talaj megfigyelésben.

A mezőgazdaság területén egyre növekvő figyelmet kap a táblákon belüli erózió jelensége és annak hatása a növények fejlődésére. Az erózió, mint a talaj lepusztulásának folyamata, jelentős kihívást jelent a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok és a természeti erőforrások megóvása szempontjából. Mindenkinek a közös érdeke, hogy elkerüljük a talaj termőrétegeinek romlását a tápanyagok kiszivárgását, és az egész ökoszisztémára kiható következményeket. A talajerózió kritikus környezeti probléma amelynek sokrétű következményei lehetnek. Csökkenti a mezőgazdasági termelékenységet, hatással van a vízminőségre, veszélyezteti a biológiai sokféleséget, hozzájárul az elsivatagosodáshoz valamint gazdasági és társadalmi következményekkel jár.

Véleményem szerint a megfelelő mennyiségű és minőségű adat birtokában ezen problémák java része elkerülhető lenne. Dolgozatomban azt vizsgáltam, hogy tábla szinten mennyire lehet jelentős az eróziónak a növény fejlődésre mért hatása illetve mennyire jól kimutatható, vizsgálható, feltérképezhető és mennyire tér el attól függően, hogy milyen kultúráról van szó. Céloom, hogy így egyszerűbb legyen a megfelelő stratégia kidolgozása és könnyebben tudjon a gazdálkodó fellépni a talajai védelmének az érdekében.



1. ábra talajerózió művelt táblán

(<https://szentendre.hu/falugazdaszi-feladatok-szemelyi-valtozas/>)

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Talajdegradáció

A talajdegradáció vagy talajromlás a talaj vagy a talajminőség bizonyos funkcióinak elvesztését jelenti. A talajromlás kockázata származhat szélsőséges természeti eseményekből, például hosszan tartó özönvízszerű esőzésekből, amelyek például eróziót, elöntéseket, földcsuszamlásokat és további káros hatásokat okoznak. A degradációnak ezek a formái meglehetősen ritkák az emberi beavatkozás, például az intenzív földhasználat különböző formái által okozott kockázatokhoz képest (Blum, 2002). A talajdegradáció alapvetően lehet fizikai, kémiai és biológiai.

Az egyszer elveszett talaj pótolhatatlan, azaz 1 cm talaj több mint 500 év alatt alakul ki, de egy év alatt elveszhet (Alam, 2014).

2.2 Mezőgazdasági területek jellemzése talajdegradáció szempontjából

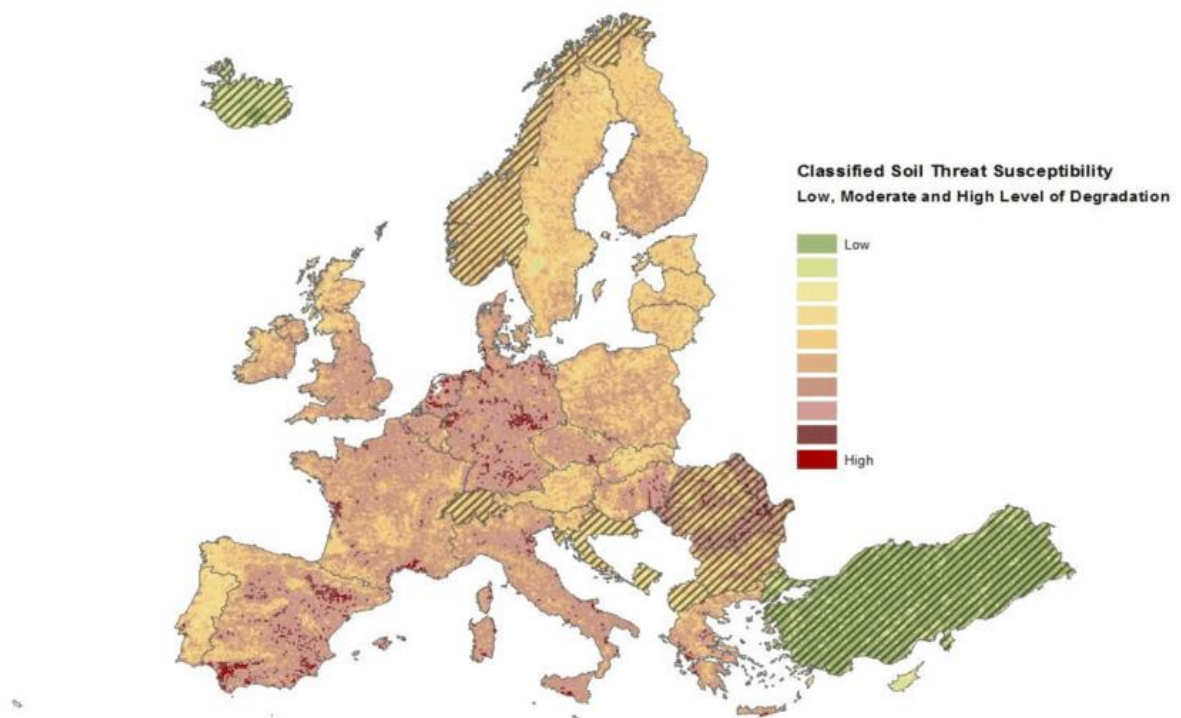
2.2.1 Világviszonylatban

Jie és munkatársai (Jie, 2002), 2002-es kutatása szerint az elmúlt 50 évben a talajromlás jelentősen felgyorsult a világban. Mostanáig a becslések szerint a világon közel 2 milliárd hektárnyi talajerőforrás degradálódott, ami a termőföldek mintegy 22%-át teszi ki, legelő, erdő és erdőterület. A GLASOD szerint a leromlott talajterület fele a mérsékeltén degradált talajok közé tartozik. Az erősen és szélsőségesen degradált területek nagysága több mint 300 millió hektár, ami majdnem megfelel Nyugat-Európa területének. 1990 óta a veszteségek tovább növekedtek évről évre, további 5-6 millió hektárral, amely a súlyos

talajromlás miatt veszett oda évente . Feltételezve, hogy a talajvesztés a jelenlegi ütemben folytatódik, további 200 millió hektár fog kiesni a termelésből az elkövetkező 20 évben.

2.2.2 Európában

A modern emberi tevékenységek által Európa talajaiban okozott károk a 20. század második felében növekedtek, és visszafordíthatatlan veszteségekhez vezettek, amelyeknek számos oka van, és amelyek jelentősége és intenzitása az egyes hétköznapiakban eltérő. Ezek közé tartozik a szinte valamennyi gazdasági ágazat, főként a mezőgazdaság és az erdészet, de a háztartások, az ipar, a közlekedés és az idegenforgalom növekvő igényei is (Virto et al., 2015).



2. ábra Európa talajveszélyeztetettségi térképe

(https://www.researchgate.net/figure/Soil-threat-map-of-Europe-summarized-for-the-low-weighing-coefficient-1-moderate_fig4_303288092)

2017-ben az európai földterületek 25%-át (411 000 km²), különösen Dél-Európában, az elsivatagosodás magas vagy nagyon magas kockázatának minősítették, ami 14%-os növekedést jelent 2008 óta. Az EU-ban a talajokat leginkább az erózió, a szerves anyag és a biológiai sokféleség csökkenése, a szennyeződés, a tömörödés, a tömörödés és a szikesedés fenyegeti. A mediterrán régiót a talajromlás szempontjából különösen érzékenynek ítélték. Az EU-n belül itt a legmagasabb az erózió aránya, itt a legalacsonyabb a talaj szervesanyag-tartalma, és súlyos a szikesedés problémája. A sekély talajok nagy száma, az erős és növekvő emberi nyomás és az éghajlatváltozással szembeni nagyfokú sebezhetőség is jellemzi. (Ferreira et al., 2022)

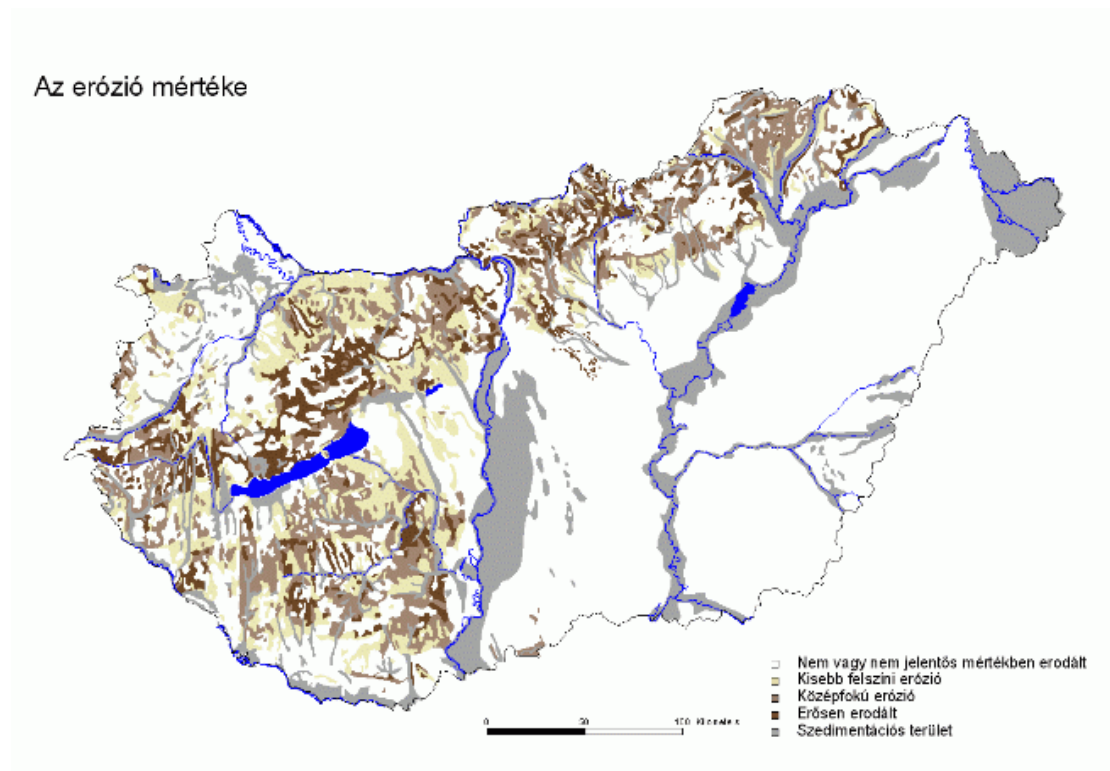
2.2.3 Magyarországon

A talajromlás súlyos jelenség Magyarországon és világszerte. Bár természetes okok is előidézhetik, az emberi tevékenység, különösen az elmúlt két évszázadban jelentős mértékben hozzájárult a talajromláshoz. A talajromlásnak számos ismert következménye van. Bár rövid távon a talajromlás mértékének mérséklése elfogadható lehet, az éghajlatváltozás hatásai a talajromlásra gyakorolt hatásai hosszabb távon a növénytermesztés valódi akadályozó tényezőjének tűnnek. Magyarországon a talajtömörödés, a víz- és szélerózió valamint a víztározás ami nehezítő tényező lehet a jövőben. A növénytermesztés negatív tapasztalatai alapján a száraz és nedves évszakokban, a talajművelést a talajpusztulás megelőzésére vagy enyhítésére kell alkalmazni és talajtömörödés mérséklésére. A földcsuszamlások, a talajszennyezés, a sótartalom, a savasodás és az agrárkémia felhasználása valószínűleg a nemzeti és uniós szabályozások betartásával tartható korlátok között. A talajzáródás korlátozása azonban nehéz kérdés lesz a jövőben (Birkás & Dekemati, 2023).

Magyarország teljes területe 9.303.000 hektár, amelynek 57,1%-a (5.310.000 hektár) mezőgazdasági terület, amelyből 46,4%, azaz 4 318 000 ha termőföld. A magyarországi talajok szerkezetét a következőképpen jellemezhetjük: homok 15%, homokos vályog 12%, vályog 47%, agyagos agyag és agyag 26% (Birkás & Dekemati, 2023).

Várallyai (Várallya, 1989) megállapította, hogy a talajok mintegy 34,8%-a érzékeny a degradációra és a tömörödéésre (pl. szolonyec, gleiszolok és vertiszolok), 13,9% nem érzékeny (kalciszolok), 23,0% enyhén érzékeny (arenoszolok, Kambiszolok, Histoszolok), 28,3% pedig mérsékelten érzékeny (Luviszolok, Csernozsolok).

A talajromlás főbb típusai Magyarország teljes területét tekintve a következők: erózió (24%), fizikai degradáció (14%), savasodás (12%), szikesedés/szikesedés (12%), lúgosodás (8%) valamint a szélsőséges kiszáradás és vizesedés (5%) (Birkás & Dekemati, 2023).



3. ábra Magyarország talajerózió térképe (<https://enfo.hu/node/5731>)

2.3 Erózió típusok

2.3.1 Vízérózió

A talaj vízéróziója a talajok szerves, fizikai és kémiai jellemzőire gyakorolt negatív hatása révén a globális talajromlás és talajvesztés egyik fő oka. A világ különböző részein a vízérózió veszélyeztetett területek az éghajlat és a földhasználat változása következtében egyre nagyobb kiterjedésűek, a száraz és félszáraz régiókon túl már a nedves régiókra is kiterjednek (Khosravi et al., 2023).

Ennek módjai például a talajelhordás, talajlefedés, talajtömörítés, talajlazítás, talajvízszint változása és ennek következménye lehet a művelhetőség, vízgazdálkodás, levegőzöttség, növényfejlődés romlása, vízérózió és szélérózió veszélyének a növekedése (M. E. Stefanovits Pál, 2011).



4. ábra Vízérózió művelt táblán

(<https://kormanyhivatalok.hu/kormanyhivatalok/komarom-esztergom/megye/hirek/hir/klimavaltozassal-jaro-szelsoseges-idojarasi>)

A vízerózió folyamata a természeti adottságoknak és az emberi tevékenységnek megfelelően különböző formában jelenik meg, amit eróziós formáknak nevezünk. Fejlettségét pedig az eróziós fokozatokkal jelöljük (Stefanovits 1999). és mezőgazdasági művelhetőség tekintetében három csoportra osztjuk.

Felületi rétegerózió: Ebbe a csoportba azok az eróziós talajpusztító jelenségek tartoznak, amelyek nem akadályozták a vízszintes vagy közel vízszintes talajművelést.

Az eróziós veszteségek a megművelt talajrétegre korlátozódnak, amely egyenletes vékony rétegben pusztul le (Michéli 2011)

Mélyléségi erózió: Ez esetben „a csapadékvíz a lejtőn nagy rétegvastagsággal, koncentrálni mozog, ennek hatására nagyobb mélységre terjed ki” (Michéli 2011)

A ***padkásodás*** a sík szikes területek talajkárosodásának tipikus formája. A látszólag sík területen az erózió hatására meredek falú - több deciméter mély - mélyedések alakultak ki. A padtetőt többnyire zárt gyeppel borítja, a mélyebben fekvő ún. padkafenekék felszínén a sók kivirágzanak és fehér porszerű kovásva halmozódik fel, ilyen kedvezőtlen körülmények között csak ritka, szárazság- és sótűrő növényzet alakulhat ki. A padkásodás a meredek padkaperemek sérüléseinek keresztül terjed (Michéli 2011).

2.3.2 Defláció

A szélerózió dinamikus folyamat. Száraz időjárás esetén előfordulhat, hogy a mező egyik részén porvihar jelenik meg, egy másik részén viszont nem. A széleróziós folyamat dinamikus jellegéhez számos tényező járul hozzá. Például a szélerősség ami naponta is és az év folyamán is jelentősen változhat egy adott helyen, vagy a növényzet és a talajnak a szél erejétől védő növénymaradványok eloszlásának az évszakonkénti változása.

A talajfelszín számos, a széleróziót befolyásoló körülménye is változhat akár naponta, szezonálisan vagy évente. A talajok a tájban eltérőek, és sok talaj másképp reagál a talajművelésre és más gazdálkodási gyakorlatokra, így a talajfelszínen eltérő feltételek alakulnak ki. (Zobeck, 1991)

A defláció a talajrészecskék felületről való elmozdításának és újbóli lerakásának folyamata, amely során a talajfelszínen jelentős károsodás és anyagvesztés következik be. Ezt a folyamatot a talajban lévő szerves és szervetlen részecskékben, valamint a tápanyagokban gazdag felső réteg szél általi kimosódása jellemzi. Magyarországon körülbelül 1,5-2 millió hektár területet fenyeget a szélerózió.

A defláció fizikai értelemben két összetett tényezőtől függ: a szél sebességétől, turbulenciájától és a deflációs terület kitettségétől és hosszától. Ezen kívül befolyásolja a talaj szerkezete, összetétele, szerves anyag tartalma, nedvességi állapota, tömördőtsége és a felszín borítottsága is. Mindezek a tényezők összességében határozzák meg a defláció mértékét és hatásait a talajra (Zsámbeli 2017).

A defláció formái:

Szélfodrok: Nagyságuk csak néhány centiméter, elhelyezkedésük a vízfelszín hullámaihoz hasonló. A fodrok iránya a felszínt alakító szél irányára merőleges. Általában növényzettel nem borított, szabad felszíneken jönnek létre, száraz, majdnem egyenletes szemcséjű homokból.



5. ábra Defláció (<https://qubit.hu/tag/deflacio>)

Szélbarázdák: Jelentősen nagyobb méretűek, néhány m-esek lehetnek. Megnyújtott mélyedések, hossz tengelyük a szél irányával párhuzamos. Könnyen felismerhetők arról, hogy a barázdák fenekén nagyobb szemű talajalkotórészek, apró kavicsok vagy mészkiválások maradnak vissza.

Garmadák: hazánkban általában torzult parabola alakúak, hossz tengelyükkel az uralkodó szélirányt követik, rendszerint asszimetrikusak, nagyságuk eléri a néhány métert, kivételes esetekben a 10-20 métert is.

1. táblázat :A talajdegradáció típusai és okai (millió hektár) (L.R. Oldeman, 1992)

Degradáció típusa	Okok				
	Természetes vegetáció		Túllegeltetés	Mezőgazdasági tevékenység	Ipari tevékenység
	Erdőirtás	Túlhasználat			
Vízerózió	471	38	320	266	-
Szélérozió	44	85	332	87	-
Kémiai degradáció	62	10	14	133	22
Fizikai degradáció	1	+	14	66	-
Világ	578	133	680	552	22

– jelentéktelen

+ kis jelentőségű

Az 1. táblázatból kiderül, hogy már 1992-ben jelentős probléma volt a talajdegradáció, világ szinten ember által végzett tevékenységek nyomán több mint 1300millió hektárt érintett.

Bár a statisztikai adatok nem adnak közvetlen információt a földhasználat és az ember által okozott talajromlás közötti kapcsolatáról, az emberi beavatkozás azon típusai, amelyek a talaj jelenlegi állapotának romlását okozták, mind kiterjedt földhasználati tevékenységekhez kapcsolódnak (kivéve a (bio)ipari tevékenységeket).

Ezért az ember által okozott talajromlás számadatai a mezőgazdasági földhasználatához (állandó mezőgazdasági kultúrák vagy szántóföldek), a legelőkhöz (állandó legelők) vagy az erdőkhöz és erdős területekhez voltak köthetőek 30 éve.(L.R. Oldeman, 1992).

2.4 Talajvédelem

2.4.1 Talajvédelem az Európai Unióban

Az európai talajokat számos tényező veszélyezteti, és jelenleg valamennyi tagállam számos talajvédelmi intézkedést vezet be miután az Európai Bizottság visszavonta a talajvédelmi keretirányelvre vonatkozó javaslatát. Az erózió, a szennyezés, a talajtömörödés és a szerves anyag csökkenése csak néhány a fenyegetések közül, amelyek a bolygó egyik elsődleges, nem eltávolítható erőforrását érintik.

A talajok létfontosságú szerepet játszanak a biológiai sokféleségben, és számos olyan ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak, amelyek támogatják az emberi életet a Földön. Minden egyes ország önálló jogi keretet fogad el, ami a megközelítések közötti nagyfokú homogenitást és koherenciahiányt mutatja. (Ronchi et al., 2019). 2023-ig a talaj egészségére vonatkozó külön jogalkotási javaslat előterjesztése, az uniós talajstratégia célkitűzéseinek megvalósítása és a jó talajegészségügy 2050-ig történő elérése érdekében. (European Soil Strategy, 2021)

2.4.2 Védekezési lehetőségek

A talajvédelem a földvédelem része: a természeti erőforrások védelme, javítása és felhasználása olyan elvek szerint, amelyek a lehető legnagyobb gazdasági vagy társadalmi hasznot biztosítják az ember és környezete számára most és a jövőben.

Bár a földhasználók megfelelő megközelítéseket alkalmazhatnának a talajerózió megfékezésére és ezáltal a terméshozam növelésére, a legtöbb természetvédelmi gyakorlat adaptálását a helyi körülmények korlátozzák, és több gazdasági ösztönző erőre van szükség.

Azokon a területeken, ahol a vidék elnéptelenedik, vagy ahol a mezőgazdasághoz képest egyre több alternatív jövedelemforrás áll rendelkezésre, gyakran nem áll rendelkezésre a szükséges munkaerő sem az erózió által károsított földterületek helyreállításához.

Ezért a megfelelő kormányzati programok és politikák nagy szerepet játszanak a helyreállításban vagy megelőzésben (Liu et al., 2011).

2.4.3 Talajerózió becslés

Egyetemes Talajveszteségi Egyenlet

A talajerózió becslésére egy parcellás erózió kísérlet keretein belül alkották meg az USLE egyenletet amerikában, amely megalkotásáról szóló első tanulmányok az 1958-as években jelentek meg.

Mai formáját Wischmeier és Smith munkája nyomán érte el 1978-ban.

$A=R*K*L*S*C*P$, ahol:

A = egységnyi területre számított évi átlagos talajveszteség

R = esőtényező (helyileg várható záporok erózió potenciálja) megművelt talajon

K = a talaj erodálhatóságát kifejező tényező

L = lejtőhosszúság tényezője

S = a lejtőhatás tényezője

C = a növénytermesztés/ gazdálkodás tényezője

P = a talajvédelmi eljárások tényezője

Az USLE a leggyakrabban és a legtöbb országban a legszélesebb körben használt talajveszteséget becslő egyenlet.(Centeri Csaba, 2001)

A hazai gyakorlatban bevált és magyar kutatók által kidolgozott eljárás a Dezsényi (1982) módszer amely korszerű számítástechnikai és térinformatikai eszközökkel ötvözve kiválóan alkalmazható az eróziót kiváltó és befolyásoló tényezők ábrázolásában.

A módszer tényezői:

-letjőkategóriák L_i

-a Bacsó- féle egyesített csapadékindex Cs_i

-a talaj szemcseösszetétele M_i

Az erózióveszélyeztetettséget kifejező érték az E így az egyenlet

$$E=(L_i \times Cs_i) + M_i \quad (\text{Farkas Péter, 1985}) \quad (\text{Thyll Szilárd, 1992})$$

Számos gazdaságban talaj- és vízvédelmi intézkedéseket dolgoztak ki és alkalmaztak. Helyi és tudományos alapú innovációk állnak rendelkezésre a legtöbb agroökológiai feltételhez, földgazdálkodási és gazdálkodási típushoz. A kisméretű és a modern mezőgazdasági rendszerek számára kifejlesztett elvek és intézkedések a világ legtöbb régiójában pozitív hatásokat mutatnak, különösen a gazdagabb államokban és a modern rendszerekben. Sokkal nagyobb hangsúlyt kell még fektetni a kisüzemi gazdálkodásra, amely a mezőgazdasági tevékenységek nélkülözhetetlen és szerves részét képező fenntartható földgazdálkodási technológiákba való beruházáshoz külső támogatást igényel (Hurni et al., 2008).

2.5 Távérzékelés szerepe a talaj megfigyelésben

A távérzékelés egy sajátos adatgyűjtési folyamat, amelynek során a Föld felszínének vagy a Föld felszínén lévő objektumoknak bizonyos jellemzőiről (például méret, anyagösszetétel stb.) kapunk adatokat anélkül, hogy közvetlenül érintkeznénk a mért tárggyal. Az adatgyűjtés általában elektromágneses energia átvitelével történik. Ez a folyamat két alapvető folyamatot foglal magában. Az egyik az elektromágneses hullámok által továbbított adatok érzékelése bizonyos távolságra lévő tárgyakról, a másik pedig az észlelt és rögzített adatok feldolgozása és értelmezése.(Malgorzata, n.d.-a)

A digitális mezőgazdaság vagy precíziós mezőgazdaság - gyakran felváltva használt fogalmak - a nagy adatforrások és a fejlett növénytermesztési és környezetvédelmi elemző eszközök együttes felhasználását jelenti, hogy segítsen a gazdálkodóknak a megfelelő gazdálkodási gyakorlatokat a megfelelő ütemben, időben és helyen alkalmazni, a gazdasági és környezetvédelmi célok elérése érdekében. Az elmúlt években világszerte egyre nagyobb érdeklődés mutatkozott a precíziós gazdálkodás iránt, amely lehetővé teszi a termelők számára, hogy a termesztés különböző szakaszaiban költséghatékonyan gyűjtsék, vizualizálják és értékeljék a termés és a talaj egészségi állapotát. Korai indikátorként szolgálhat a potenciális problémák felismerésére, és lehetőséget biztosíthat a problémák időben történő kezelésére (Khanal et al., 2020).

A műholdas távérzékelés gyakorlatilag az egyetlen olyan adatforrás, amely lehetővé teszi a talajromlás dinamikájának ismételt nyomon követését.

A talajerózió a talajromlás egyik fő oka, amely a többi között (szikesedés, tömörödés, szervesanyag-csökkenés és nem pontszerű szennyezés) komoly veszélyt jelent a világban. Számos talajtulajdonság, mint például a talaj szerves anyaga, a talajszerkezet, a szemcseméret, a permeabilitás és a kalcium-karbonát-egyenérték (CaCO_3), kulcsfontosságú tulajdonságok lehetnek a talajerózió értékeléséhez. (Uchida, 2015)

A talaj reflektanciája általában a hullámhosszal nő. ez a növekedési ütem a talaj bizonyos fizikai és kémiai tulajdonságaitól függ tulajdonságaival. Jelen eredmények szerint a legfontosabb a reflektivitást meghatározó tényezők a következők: szervesanyag-tartalom nedvességtartalom, közetek, amelyekből talaj keletkezik, színes vegyületek jelenléte, talaj fizikai félesége, szemcseméret és sótartalom. Ezek a tényezők összetettek, változatosak és kölcsönhatásban vannak.

Általános megfigyelés, hogy ha a talaj szervesanyag- és nedvességtartalma növekszik a 0,4-2,5 μm hullámhossz-tartományban a visszaverődés csökkenésével jár. A 2%-nál több humusztartalmú talajok esetében a humusz a reflektancia meghatározó tényezője.

Az 1,3-1,5 μm és 1,75-1,95 μm tartományban a fényvisszaverő képesség csökkentése a megkötött víz talajból való felszívódásának eredménye. A talaj felszínének víztartalma az egyik leggyorsabban változó paraméter, nemcsak a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaitól, hanem a környezeti hatásoktól is függ. (Malgorzata, n.d.-b)

2.5.1 A távérzékelés mint adatnyerés

A távérzékelés egyéb típusainak eredete a II. világháborúig vezethető vissza, a radar, a szonár és a termikus infravörös érzékelőrendszerek kifejlesztésével. Az 1960-as évek óta az érzékelőket úgy tervezték, hogy gyakorlatilag az elektromágneses spektrum teljes területén működjenek. Ma már a távérzékelési eszközök széles választéka áll rendelkezésre a hidrológiai vizsgálatokhoz; a műholdas adatok, például a Skylab-fotók és a Landsat-felvételek különösen alkalmasak a regionális problémák és tanulmányok megoldására. (Moore, 1979) Majd 1972-től kezdődően egyre jobb felbontású képekkel kezdték megfigyelni a földet. 2015-től pedig az ingyenesen elérhető Sentinel adatok biztosítják az 5 naponta frissülő felvételeket. Így jelentősen hozzájárulva a távérzékelés valós, mennyiségi és minőségi adat közléséhez.

A NASA elsőként kezdte el egy globális földmegfigyelési műholdsorozat kidolgozását, hogy a földfelszín folyamatait rendszeresen követhessék, állapotának változásáról adatokat nyerjenek. A program eredeti neve ERTS volt, amit később neveztek át Landsatra. Az első ERTS-1 nevű műholdat 1972-ben állították pályára.

Napjainkban a Landsat 8 és 9-es számú műhold teljesít aktív szolgálatot a Landsat 8 egy Atlas-V rakétával indult a kaliforniai Vandenberg légibázisról 2013. február 11-én. A műhold az OLI (Operational Land Imager) és a TIRS (Thermal Infrared Sensor) műszereket hordozza.

Az OLI a spektrum látható, közeli infravörös és rövidhullámú infravörös tartományában (VNIR, NIR és SWIR) végez méréseket.

A TIRS két hőszávon méri a földfelszín hőmérsékletét egy új technológiával, amely a kvantumfizikát alkalmazza a hő érzékelésére. A Landsat 8 képek 15 méteres pánkromatikus és 30 méteres multispektrális térbeli felbontással rendelkeznek 185 km-es sávban.

A Landsat 9 2021. szeptember 27-én indult a kaliforniai Vandenberg légibázisról, a United Launch Alliance Atlas V 401 rakétájával.

A Landsat 9 fedélzetén lévő műszerek a jelenleg a Landsat 8 fedélzetén adatokat gyűjtő műszerek továbbfejlesztett másolatai, amelyek már most is radiometriai és geometriai szempontból jobb adatokat szolgáltatnak, mint a korábbi generációs Landsat műholdak műszerei.

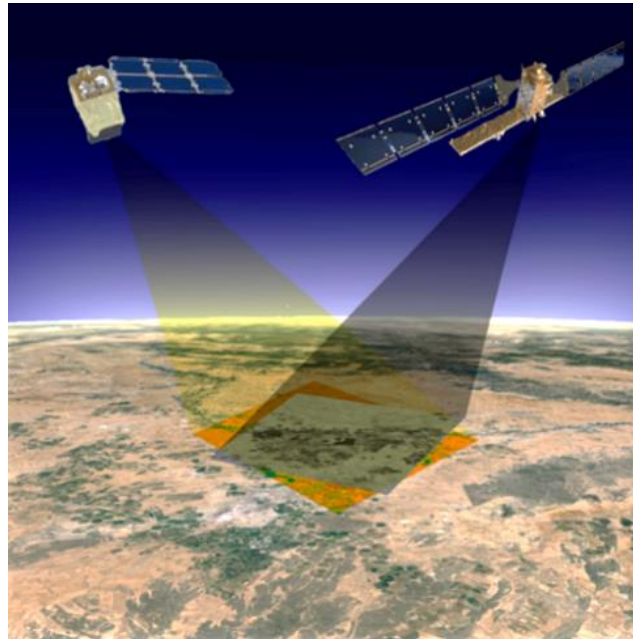
A két tudományos műszer, az Operational Land Imager 2 (OLI-2) és a Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS-2) műszereket. Az OLI-2 a látható, a közeli infravörös és a rövidhullámú infravörös sávokban rögzíti a Föld felszínének megfigyeléseit, a TIRS-2 pedig a Föld felszínéről kibocsátott infravörös hősugárzást, azaz a hőt méri. Mind az OLI, mind a TIRS küldetés tervezett élettartama 5 év, bár az űrszonda több mint 10 évre elegendő fogyóeszközzel rendelkezik.(USGS.gov, n.d.)

Jelenleg az ESA(European Space Agency) Sentinel-műholdjai biztosítják a misszióikkal a legfrissebb adatokat így támogatják a szövetségi, nemzeti és helyi tanulmányokat és tevékenységeket, és kulcsfontosságúak a különböző szakpolitikai területek kezelésében.

Az első műhold, a Sentinel-2A felbocsátására 2015. június 23-án került sor egy Vega hordozórakétával, a Sentinel-2B indítására 2017. március 7-én került sor, szintén egy Vega rakéta fedélzetén

A Sentinel-2 műholdak mindegyike egyetlen multispektrális műszert (MSI) hordoz 13 spektrális csatornával a látható/közeli infravörös (VNIR) és a rövidhullámú infravörös

(SWIR) spektrális tartományban. A 13 sávon belül a 10 méteres térbeli felbontás lehetővé teszi a SPOT-5 és Landsat-8 küldetésekkel való folyamatos együttműködést, amelynek középpontjában a földterületek osztályozása áll.



6. ábra A két sentinel műhold illusztrációja

(https://docplayer.net/63485430-Xxconvegno-nazionale-dell-associazione-italiana-di-agrometeorologia-aiaam-xlvi-convegno-nazionale-della-societa-italiana-di-agronomia-sia.html#google_vignette)

A Sentinel-2 iker műholdak a SPOT és a LANDSAT örökségét viszik tovább azáltal, hogy továbbra is hasonló típusú képi adatokat szolgáltatnak, és hozzájárulnak a folyamatban lévő multispektrális megfigyelésekhez.

Ezeket a műholdakat a Copernicus által kínált számos szolgáltatás és alkalmazás támogatására használják, beleértve a földgazdálkodást, a mezőgazdaságot, az erdészetet, a katasztrófavédelmet, a humanitárius segélyműveleteket, a kockázati térképezést és a biztonsági kérdéseket. (Sentinel.Copernicus.Eu, n.d.)

A mezőgazdaság számára a leggyakrabban használt a Sentinel-2, ez az egység nagy felbontású optikai adatokat szolgáltat a Copernicus szárazföldi megfigyelési tanulmányok támogatásához, beleértve a növényzet, a talaj és a vízborítás megfigyelését, valamint a belvízi és part menti területek megfigyelését.

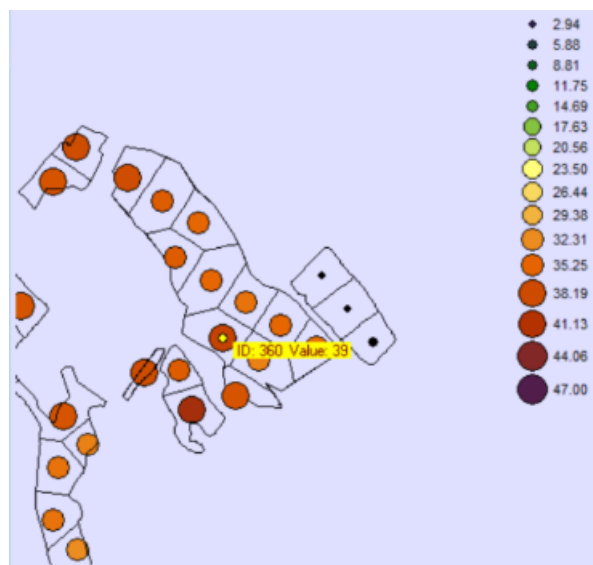
A Sentinel-2 látható, közeli infravörös és rövidhullámú infravörös érzékelőket hordoz, 13 spektrális sávból: Az utóbbi a légköri korrekciókat és a felhőszűrést szolgálja, a sáv szélesség pedig 290 km.

3. FELHASZNÁLT ADATOK ÉS A MINTATERÜLET BEMUTATÁSA

3.1 Gazdaság és mintaterület jellemzése

A kiválasztott terület a Gyermelyi Holding Zrt tulajdonában álló 73-mas számú tábla. A cég nem csak a tészta gyártásról híres. Két modern malom is a rendelkezésükre áll, valamint az ország legnagyobb tojástermelője is egyben.

A növénytermesztési egység mintegy 8100 hektáron működő főként kalászos gabona termesztésre és feldolgozásra specializálódott része a cégnek, így saját gyártású tésztájuk legfőbb alapanyagát is saját kezűleg állítják elő.



7. ábra 73-mas tábla Arany féle kötöttségi szám (KA)(Gyermelyi Zrt talajmintavétel alapján)

Területeik főként a Gerecse és a Budai hegyek között régióban találhatóak meg. A 73-mas számú tábla, ahol a kísérlet történt Csolnok település határában fekszik és 72,6 hektáros méretű. Talaját tekintve homokos vályog, vályog talaj.

Ezek a talajok alapvetően a legjobb kategóriába sorolhatóak. Könnyen formázhatóak, jó a vízelvezetésük, szemcserméletük és összetételük, szellőzésük és hőmérsékletstabilitásuk, de bizonyos körülmények és nem megfelelő agrotechnika és odafigyelés mellett ugyanúgy hajlamosak lehetnek az erózió különböző fajtáira.

Az Arany-féle kötöttségi szám egy talajművelési rendszer kötöttségét jelző mutató, ahol a kisebb számú területek erősebben korlátozottak. Tehát a 33-39 KA tartományba eső kötöttség a jellemző a területen.



8. ábra 73-mas tábla humusz ellátottsága (Gyermelyi Zrt talajmintavétel alapján)

A humusz ellátottság a talaj tápanyagtartalmát jelzi, és a területen 1,37-1,9% közötti humusz tartalommal rendelkezik ami gyengének mondható. A humusz fontos a talaj minősége és termőképessége szempontjából, és az ilyen információk segíthetnek a megfelelő agrárművelési módszerek kiválasztásában és fenntartásában.

Domborzatát tekintve a tábla körülbelül fele, tehát 35 hektár, 12%-os lejtős terület, míg a maradék 12 hektár 17%-os lejtős. Ez a domborzati adat fontos lehet a vízelvezetés, a talajerózió és más agrártevékenységek tervezése során.

A terület nitrátérzékeny, ami azt jelenti, hogy a nitrátok kimosódása veszélyezteti a vízminőséget, és ennek megfelelően speciális agrárpraktikák alkalmazása szükséges a környezetvédelem érdekében.

A tábla a Natura 2000 hálózatba tartozik, ami az Európai Unió által kijelölt különleges természeti területeket foglalja magába. Ez a besorolás a természeti értékek és biodiverzitás védelmét célozza.

3.2 Felhasznált adatok

2. táblázat felhasznált adatok (az első sor alapján módosítani)

Időpont/vizsgált időszak	Spektrális sávok	Geometria felbontás	Felszínborítás	Műhold
2023.07.23.	VIS, NIR, SWIR	10m, 20m	Kukorica	sentinel 2
2023.12.10.	VIS, NIR, SWIR	10m?	nincs	sentinel 2
2023.06.23.	VIS, NIR, SWIR	10m?	kukorica	sentinel 2
2020.05.22.	VIS, NIR, SWIR	10m	búza	sentinel 2
2020.06.28	VIS, NIR, SWIR	10m	búza	sentinel2

Célom az volt, hogy különböző évjáratokból válasszak lehetőségeimhez mérten különböző kultúrákat az adatelemzéshez.

A 2. táblázatban a felhasznált műhold felvételeket összesítettem. Eltérő időpontokból származó adatokat használtam 2020 és 2023ból. A felhasznált felvételeket elsősorban úgy választottam ki, hogy legyen vegetáció mentes, keléskori és fejlettebb állománnyal is adat mindkét kultúra esetén. A műhold azonos, mindig Sentinel 2-es felvételekkel dolgoztam ugyanazon felbontásban és ugyanazon spektrális sávok használatával. Igyekeztem az adataimat, ahogy a dolgozat témájában is megfogalmaztam, több kultúra esetén begyűjteni, Vizsgált időszakban a területen kukorica és búza volt.

3.3 Felhasznált szoftverek

Az IDRISI szoftvert az egyesült államokbeli Clark Egyetem fejlesztette ki. Ez a szoftver a legelterjedtebb raszteres térinformatikai és képfeldolgozó rendszer az oktatási közösségben. Az első verzió 1987-ben jelent meg ugyanakkor 22 év folyamatos fejlesztésének és munkájának köszönhetően az egyik leghatékony geo-analitikus eszköz született meg. Fő területei a döntéstámogatás, a bizonytalanságkezelés, a képelemzés valamint a változás és idősoros elemzések meghatározása. Az IDRISI szoftver a következő funkcionális csoportokból áll: adatbevitel, adatbázis-kezelés, térbeli adatelemzés, adatcsere, statisztikai elemzés, döntéstámogatás, tér-időbeli változáselemzés, képfeldolgozás és eredménymegjelenítés. A szoftver egyaránt jól működik vektoros és raszteres adatokkal is.

Az IDRISI Selva a maga közel 300 moduljával az iparág legkiterjedtebb GIS és képfeldolgozó eszközkészletével rendelkezik.

3.4 A termesztett kultúrnövények jellemzése

A terület főnövénye 2023-ban a kukorica volt. A kukorica az őszi búza mellett mezőgazdaságilag a legjelentősebb és a legnagyobb területen termesztett növény hazánkban.

Igényes a talaj minőségére, azaz típusára, szerkezetére, tápanyag- és vízszolgáltató képességére. Kiemelkedő termést érhetünk el közép-kötött mezőségi és erdőtalajokon, valamint réti és öntéstalajokon. Ellenben, kötött réti talajokon, humuszos homoktalajokon és erodált, enyhén lejtős talajokon átlagos termés várható. Fontos megjegyezni, hogy a talaj tömörödöttsége káros a kukoricatermesztés szempontjából, mivel a kemény, tömör talajokon a növények alacsonyak, rosszul fejlettek, és apró, nem kellően kifejlett csöveket teremnek.

A kukorica fényigényes, ha tartósan csökken a fény intenzitása, akkor hosszabb tenyészidejű lesz. Melegigényes növény.



9. ábra kukoricatábla

(<https://www.freshplaza.com/europe/article/9573983/philippine-corn-crop-most-at-risk-from-climate-change-according-to-world-bank/>)

A kukoricatermés mennyiségét a tenyésztési alatti megfelelő vízellátottság határozza meg. A fejlődéséhez a legnagyobb mennyiségű vízre a címerhányás és a szemtelítődés időszakában van szüksége, így egy június végi, júliusi szárazság súlyos termésvesztést okozhat. Jelenleg hazánkban több mint 400 féle a NÉBIH által elismert hibrid kukoricafajta van köztermesztésben.

A kukorica hibridek általános értékmérő tulajdonságai a következők:

- termőképesség és termésbiztonság;
- jó alkalmazkodóképesség;
- megfelelő szárszilárdság;
- megfelelő sűrítettség
- jó vízleadó képesség;
- kis FAO, megfelelő, rövid érésidő;

Az utóbbi években a fajta választás szempontjává ezek a tulajdonságok váltak főként, mivel így a kukoricatermesztés a lehető legjövödelmezőbb formában valósulhat meg, így szerepük fontossága megkérdőjelezhetetlen.

A 2020-as vizsgált időszak főnövénye a búza volt. Termesztésének a többi gabonához képest minden korban nagy jelentősége volt, célja mindmáig általánosan az emberi táplálkozási igények kielégítése. Magyarországon a búza zömét belföldi élelmezési céllal termesztjük de emellett jelentős az export illetve az emberi táplálkozás mellett jelentős mennyiséget tesz ki az állati takarmányozás, ill. a takarmány-feldolgozóipari felhasználás.

Az ország valamennyi talajába vethető. Legjobb talajai a középkötött mezősi és a középkötött erdő talajok. Régóta elfogadott a megállapítás, hogy a búza azok a közé növények közé tartozik, amelyek a talajra kevésbé igényesek. Mivel optimális fejlődéséhez azonban bőséges mennyiségű vízre és tápanyagra van szükség így azok megfelelő felhasználása is kulcsfontosságú. Az erodálódott területek, kimosódással veszélyeztetett táblákon a megfelelő agrotechnika nélkül és kellő odafigyelés mellett is komoly kockázata lehetnek a sikeres növénytermesztésnek. Az őszi búza -20 és $+40$ °C közötti hőmérséklet-tartományban biztonsággal megél. Csapadékigénye szerény, minimálisan 300-350 mm, optimális fejlődéséhez azonban 500-600 mm-re van szüksége. A búza vízigénye két jól elkülöníthető szakaszra osztható: a téli félévre és a tavaszi-nyári szakaszra.

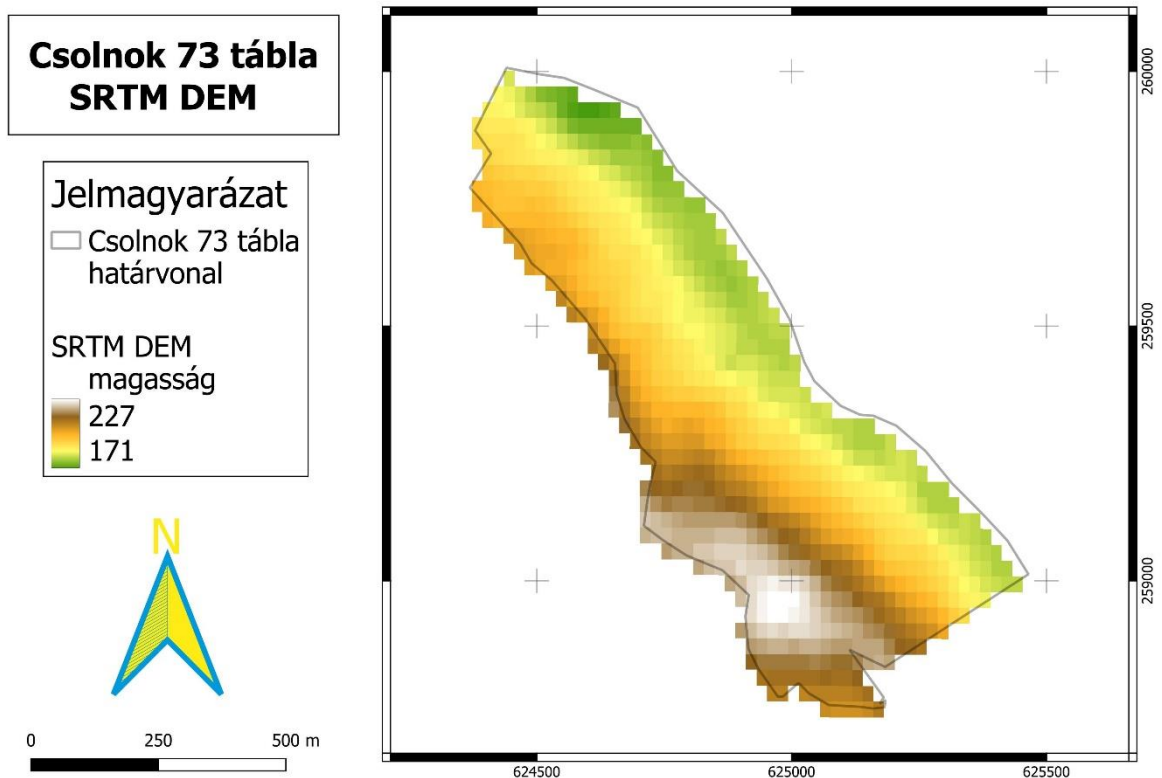
Fontosabb minőségvizsgálati módszerek és értékmérő tulajdonságok:

- Nyersfehérje:
- Nedves sike:
- Esésszám
- Szedimentációs érték
- Farinográfus (valorográfus) vizsgálatok
- Alveográfus vizsgálatok
- Extenzográfus vizsgálatok

Ezek a tulajdonságok és ezeknek a módszereknek köszönhetően állapíthatjuk meg többet között a búza sikeértalmát, felhasználhatóságát, tézta minőség illetve nyújthatóság valamint a dagasztással kialakuló tézta tulajdonságait. Ökonómiai szerepük megkérdőjelezhetetlen abban a tekintetben, hogy ezeknek a minőségi mutatóknak a függvényében válik el a búza piaci felhasználhatósága és értékesíthetősége.

3.5 Terület domborzati jellemzői

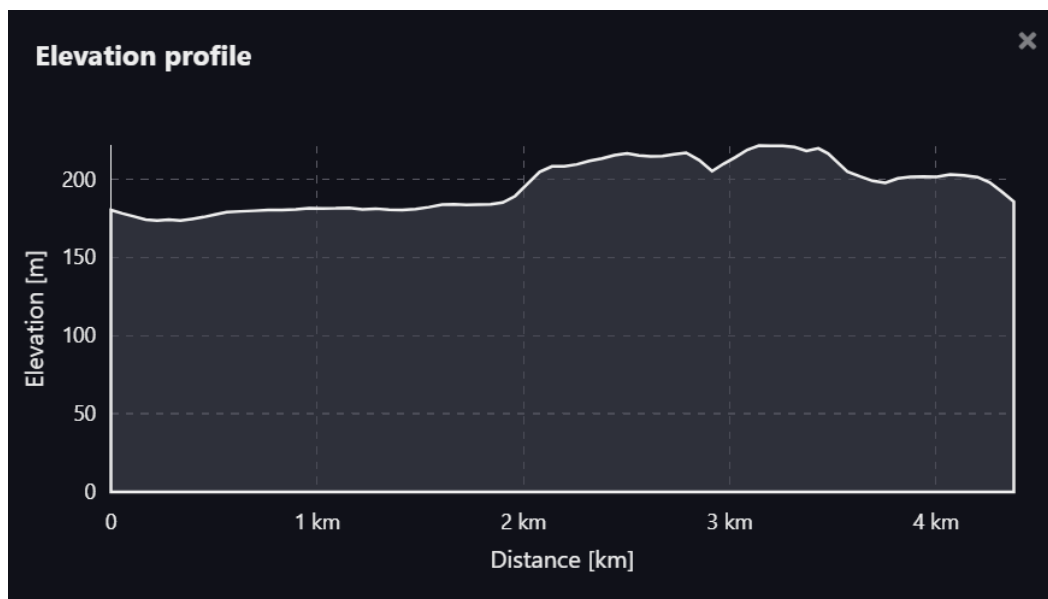
A képalkotó radarok, amellett hogy felhasználásra kerülnek felderítési és térképészeti célokra, egyre fontosabb szerepet játszanak a Föld felszínének topográfiai felmérésében, valamint a digitális domborzat- és digitális felszínmodellezésben. Az Endeavour űrsikló fedélzetén elhelyezett radarfelvevők segítségével 2000 februárjában egy globális felmérési program (Shuttle Radar Topographic Mapping) keretében mindössze 11 nap alatt átfuttatták a Föld felszínének jelentős részét. Ennek eredményeként létrejött a legteljesebb, közel globális, nagyfelbontású magassági adatbázis. Az SRTM programnak köszönhetően mostantól 30 méter felbontású digitális domborzatmodell áll rendelkezésre a Föld kontinentális területeinek döntő többségére.



10. ábra Vizsgált tábla domborzata az SRTM adatai alapján

A 10. ábrán is jól megfigyelhető, hogy a táblán belül látványos domborzati különbségek vannak. Mivel a terület a Gerecse és a Budai hegyek között terül el így nem meglepő a jelentős szintkülönbség, viszont mezőgazdasági szempontból jelentős következményei vannak.

Ügyelni kell a lemosódásra, kimosódásra, a szintkülönbségből fakadóan nagyon eltérő lehet a nem csak a terület tápanyag ellátottsága de a talaj típusa, szerkezete is. Művelése rendkívüli odafigyelést igényel, hirtelen szintkülönbségnél akár veszélyessé is válhat. A megelőzés érdekében az ilyen területeken érdemes művelési irányt változtatni.



11. ábra Vizsgált tábla kerületi szintkülönbségei

Az SRTM-ből származó magassági adatokat összehasonlítottam a Sentinel Browser-ből kinyerhető a profil (metszet): 4 km-en belül magasság változását mutató ábrán látható adatokat. Itt a tábla kerületét körbe jelölve a felületen elérhetővé válik az eredmény grafikonon történő megjelenítése. Ahogy a két ábráról leolvasható a két adat nagyon kis eltéréssel mutat hasonló eredményt.



12. ábra Csolnok tábla 12%-os lejtős területei 13. ábra Csolnok tábla 17%-os lejtős területei

(Forrás: Mepar böngésző)

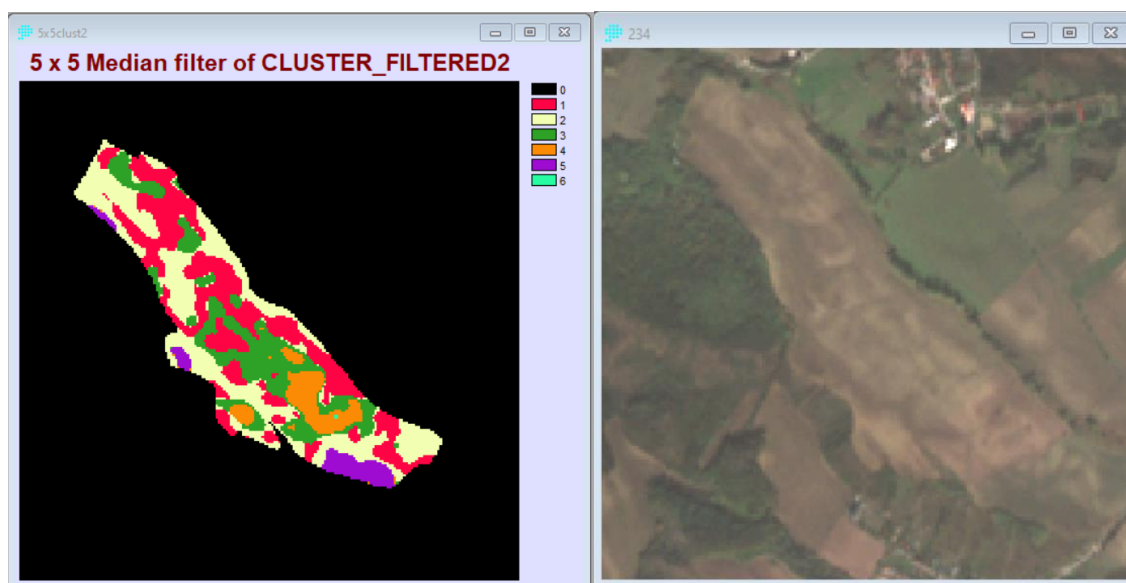
A 12.-13. ábrákon való megfigyelés alapján jól látható, hogy a tábla területén milyen arányban oszlanak el a lejtős területek. A terület nagy részén, körülbelül 35 hektáron, 12%-os lejtővel találkozunk, ami a bal oldali képen látható. Ezen kívül, az összesen 72,6 hektáros területből további 12 hektárt érint a 17%-os lejtős terület (amit az ábrák mutatnak). Ezek a lejtős területek eloszlása fontos információ a tábla hatékony gazdálkodásához.

Ezek az adatok a Mepar böngészőből származnak, és lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy gyorsan és egyszerűen hozzáférjenek olyan információkhoz, amelyek kulcsfontosságúak lehetnek a lejtős területeken történő gazdálkodáshoz és a támogatási lehetőségek kihasználásához.

Mivel a lejtős területek művelése és támogathatósága eltér a sík területektől (például művelési irányban), ezek az adatok segíthetik a gazdálkodókat a megfelelő agrármódszerek kiválasztásában és a fenntartható tervezésben.

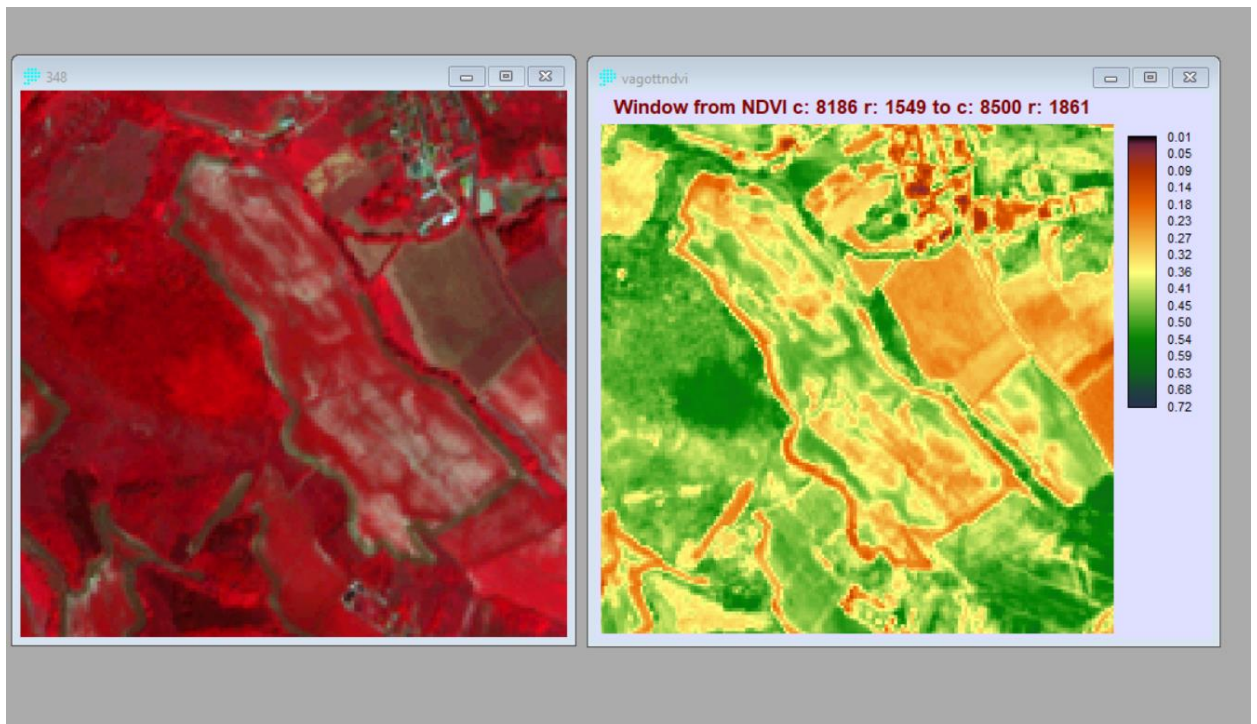
4. MŰHOLD ADATOK FELDOLGOZÁSA

A tábla osztályozásához (clusterezés) először a Fir eFöld böngészőjéből kiválasztottam egy időszakot ahol nem található vegetáció a táblán (12.10.). EOv- formátumban letöltöttem a műhold felvételt a területről, majd a korábban bemutatott Idrisi Selva nevű programban folytattam a munkát. Első lépésben importáltam az adatokat Tiff formátumból, hogy az Idrisi számára kezelhető legyen. Ezt követően megkerestem a területet a felvételen, majd kivágatot készítettem róla a Window- paranccsal. Amint elkészültem a kivágattal a munkát egy hamis színeképes kompozíttal folytattam amit a Create Colour Composite paranccsal és a 3-4-8-as sávokkal hoztam létre. A táblahatár digitalizálásával folytattam, Digitize paranccsal körbe jelöltem a területet majd mentést követően láthatóvá vált az immáron digitalizált táblám. A következő lépésben a Reclass paranccsal egy ref_0 elnevezésű maszkot hoztam létre, ahol a használt sáv (jelen esetben a 2-es sáv) display értékéhez igazodva létrehoztam egy 0 értékű „maszk”-ot. A továbbiakban két réteg egymásra vetítésének segítségével megjelenítettem a digitalizált táblahatárat a 0 értékű maszk rétegen. Ezt követte a Cluster parancs, ahol layer group- létrehozása után a maszk réteg felhasználásával és a kívánt számú osztály (cluster) kiválasztásával, amely jelen esetben 6 mivel ennyi különböző osztályra ítélt meg helyesnek a tábla felosztását, létrehoztam egy Cluster fájlt. Utolsó lépésben Enhancement paranccsal, filter segítségével elvégeztem az utófeldolgozást, melynek célja a pixelnyi eltérések megszüntetése volt, itt 5x5-ös median filter kiválasztása után létrejött a x.ábrán látható kép.



14. ábra Vegetáció nélküli talaj heterogenitást mutató ábra (osztályozott, nyers)

A 14. ábrán kiválóan elkülöníthetők az erodált területek. Összehasonlítva a eredeti képpel megfigyelhető, hogy a 1-es és 2-es osztály területein látható kevésbé erodált sötétebb talaj a vegetáció nélküli nyers képen, míg főként a 3-4-5ös osztályok által jelzett területen (bal oldali kép), túlnyomórészt a tábla középső területein pedig szemmel is jól látható világosabb, gyengébb, erodáltabb területek láthatóak.

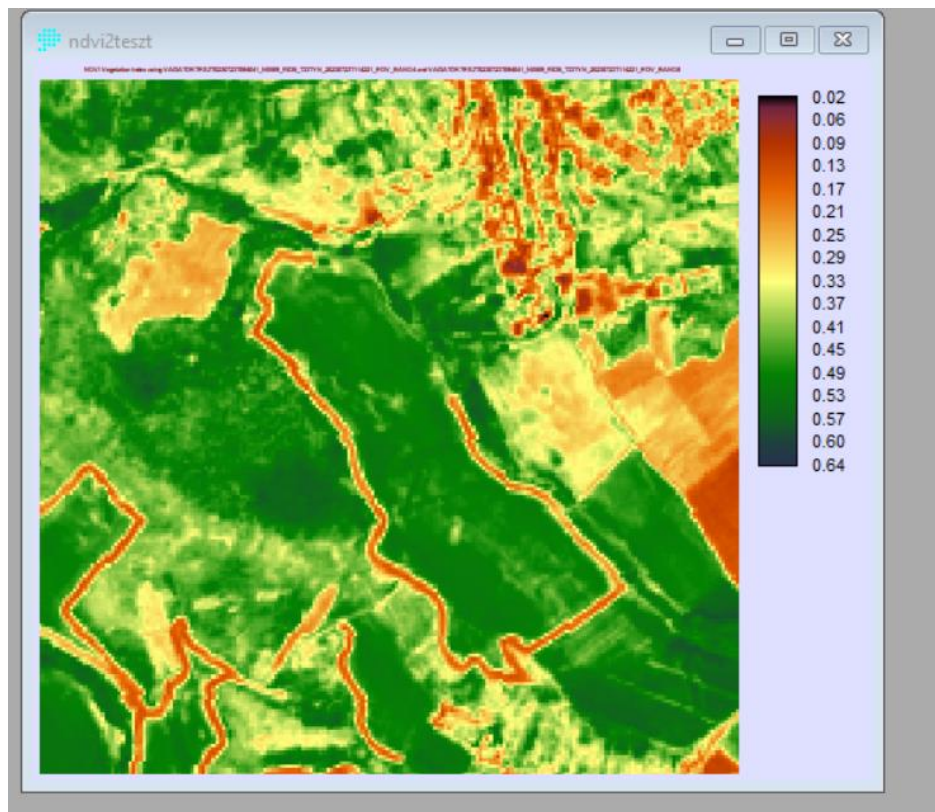


15. ábra NDVI megjelent de nem sűrű vegetációnál (2023.06.23.)

A 15. ábrán egy hamis színeképes valamint egy NDVI – kép látható (Normalized Difference Vegetation Index) ami egy olyan mutató, amely a növényzet zöldességét méri, és információt ad a növényzet sűrűségéről vagy egészségi állapotáról.

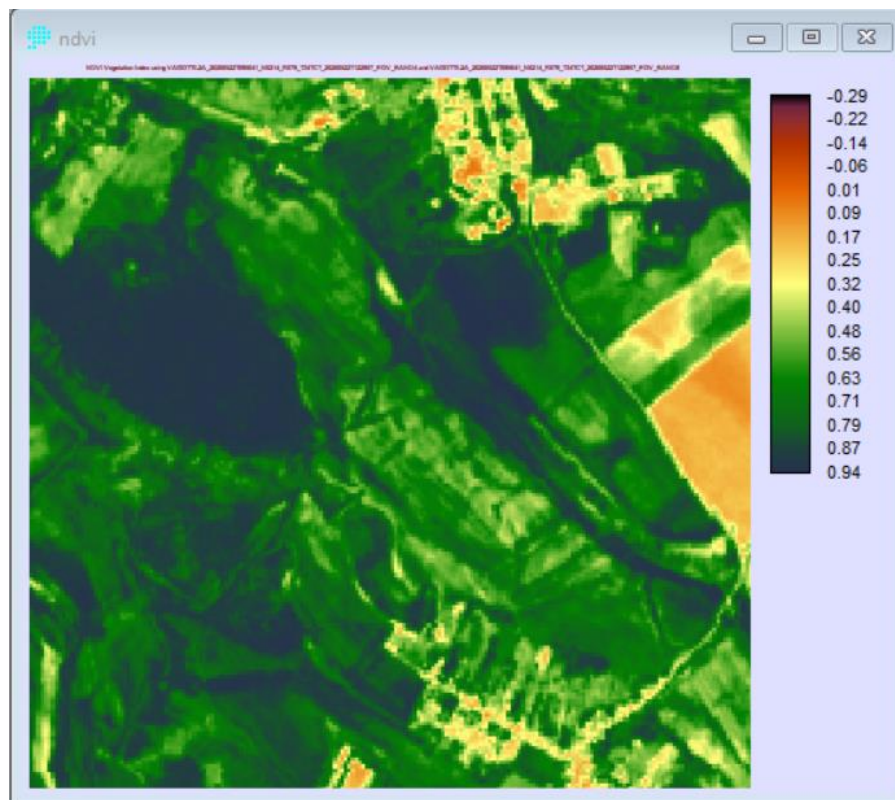
Az NDVI képet az előző folyamathoz hasonló kezdeti lépéseket követően az Image processing/transformation/vegindex útvonalon elérhető ablakban készítettem. Itt kiválasztottam az NDVI lehetőséget, majd a 4-es és 8-as (látható és infravörös) sávok behívása után elkészült a kép. Ezután már csak a Display paranccsal kiválasztottam az NDVI szín palettát a jobb láthatóság érdekében.

Mint a hamis színeképes képen is látszódik a korai (06.23.) vegetációnál rendkívül élesen elkülönülnek az erodált területek. Az NDVI ábrán különösen érzékletesen láthatjuk és olvashatjuk le, hogy milyen markáns is igazából ez az eltérés a tábla egyes területei között. A teljesen elfogadható szinttől (0.45-0.54) egészen odáig jutunk, hogy majdnem, hogy nincs is vegetáció (0.14-0.18) egy-egy foltban. Az eltérés megkérdőjelezhetetlen az erodált és normál területek között, ahogyan a az ábrán is látszik az erodált területek nem érik el a 0.36-0.41 közti értéket míg a tábla többi része 0.41 feletti értéket mutat.



16. ábra NDVI normál vegetációnál (2023.07.23)

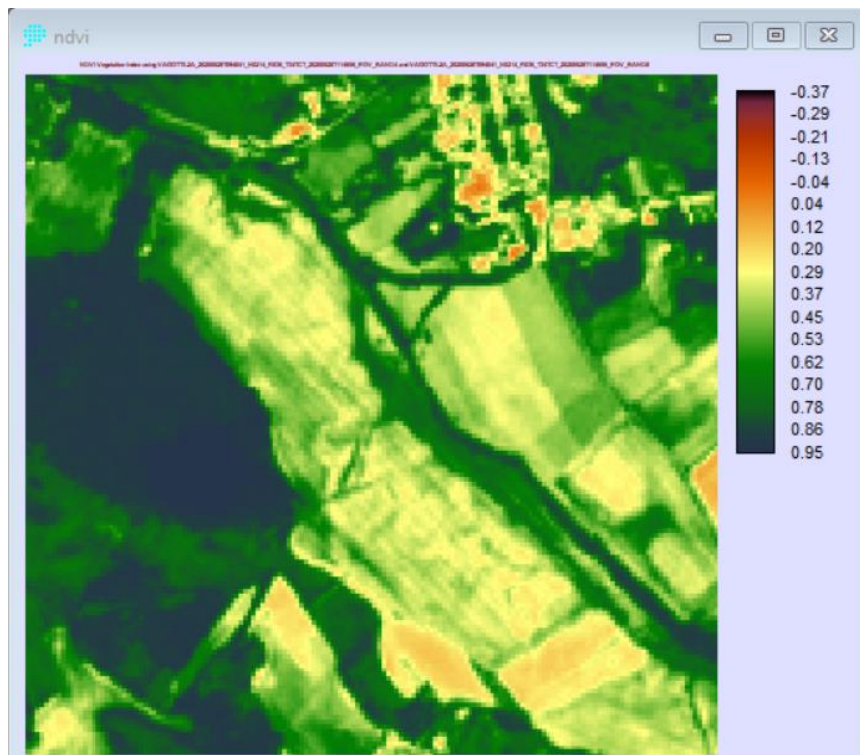
Egy hónappal később szintén az előzőhöz hasonló módszerek segítségével vizsgáltam a vegetáció fejlettségét különös tekintettel az erodált foltoknál. Jól látható, hogy jelentős változások történtek a Júniusi felvételhez képest. A tábla majdnem egészen megfelelő értéket (0.41 felett) ér el a vegetáció. Az előzőekben megállapított középső területeken azonban még mindig megfigyelhető az erodált foltok hatása a növényekre, itt jóval gyengébb helyenként 0.33-0.37 körüli értéket mutat az állomány, illetve ezeken a területeken fedezhetőek fel jelen esetben a leggyengébb részek is.



17. ábra NDVI kép búza állománynál (2020.05.22.)

A 17. ábrán 2020 májusában készült műhold felvételből készített NDVI látható. Ebben az évben a területen őszi búza volt az állomány. Kalászhányáskor az állománynak egyöntetű zöld vegetációt kellene mutatnia (0.41 felett), mert a növények aktív fotoszintézis folyamatban vannak, és a növényzet egészségi állapota magas.

Az ábrán azonban középső erodáltabb területeken látható, hogy a sűrű, gyengébb területeket is jobban toleráló búza is alacsonyabb NDVI értékkel rendelkezik, egészen 0.32-ig csökken. Ez azt jelzi, hogy az erodáltabb területeken a növényzet sűrűsége vagy egészségi állapota elmarad a várt értéktől (0.71-0.79), méghozzá szignifikánsan a skála szerinti területre nézhető maximális érték (0.32), amely csak a fele a várt értéknek a területen, arra utal, hogy a növényzet egészsége az adott területen nem optimális.



18. ábra NDVI búza állománynál (2020.06.28.)

Június végén készült felvételtől származó NDVI felvétel. Az alacsonyabban fekvő vagy korábban gyengébben fejlett régiók, amelyek most zöldek, valószínűleg az előző felvételen megfigyelt fejlettséget érték el.

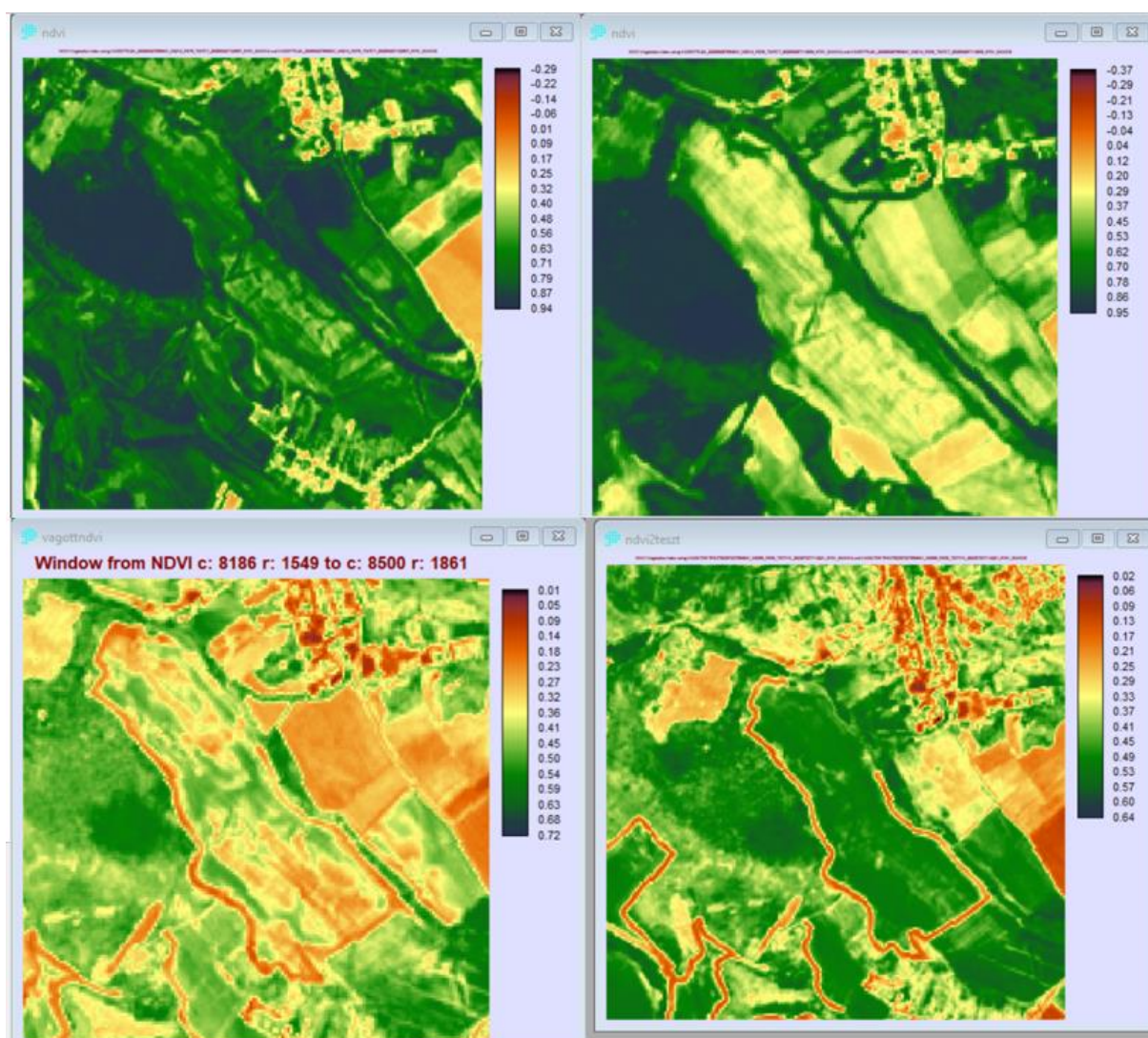
A nagyobb részén a táblán a sárga középérték dominál kisebb halvány zöld foltokkal. Ez azt sugallhatja, hogy a búza nagy része már sárgult a tábla nagy részén. A sárga szín az érettséget vagy a közelgő aratási időpontot jelezheti. A halvány zöld foltok a középső részeken pedig továbbra is fejletlenebb növényzetet mutathatnak.

A tábla valószínűleg nem az elsők között került aratásra, mivel az egyöntetű érés hiányzik. Ez az információ segíthet a gazdálkodóknak az aratási időpont megfelelő időzítésében és a mezőgazdasági tevékenységek tervezésében. A NDVI felvételek hasznosak lehetnek a növényzet fejlettségének és egészségi állapotának figyelemmel kísérésében, lehetővé téve a gazdálkodók számára, hogy szükség esetén időben korrigáljanak és optimalizálják a termesztési folyamatokat.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A célom az volt, hogy meghatározzam mennyire jól kimutatható, vizsgálható, feltérképezhető az erózió hatása és mennyire tér el attól függően, hogy milyen kultúráról van szó. Célom, hogy így egyszerűbb legyen a megfelelő stratégia kidolgozása és könnyebben tudjon a gazdálkodó fellépni a talajai védelmének az érdekében.

A vizsgálatok eredményeit tekintve a következő konklúzió állapítható meg.



19. ábra 2020-as (felül) és 2023-mas (alul) NDVI összehasonlító

Ahogy a 19. ábrán is látható, a korábban elemzett NDVI indexek alapján kimondható, hogy a táblán létrejött erodált részek jelentős hatással vannak a növények fejlődésére. Mindkét vizsgált időszakban megfigyelhető a tábla ugyanazon területeinek erózióval érintett része. Ezeken a területeken mindkét kultúráról (búza felül, kukorica alul) egyaránt elmondható, hogy nem fejlődött egyöntetűen. A növények fejlődésére egyértelmű hatást gyakoroltak a tábla erodált gyengébb részei. Az egész vizsgált időszakban kimondható, hogy ezek a területek a táblán belül nem vagy kis mértékben változtak.

Összességében évjáráttól és kultúrától függetlenül megállapítható, hogy távérzékelési módszerekkel és NDVI vegetációs index előállításával nagy biztonsággal előre látható, hogy a gazdálkodó szervezetnek táblán belül mely területeken kell lépéseket tennie a nagyobb termésbiztonság elérése és a talajállapot javítása érdekében.

5.1 Javaslatok

Minden gazdálkodó számára elérhető és alacsony ráfordítással folyamatosan aktualizálható információ révén úgy látom, hogy a közeljövőben elengedhetetlen része lesz a távérzékeléssel történő vizsgálata a gazdák területeinek. Ezáltal nem csak egy átfogó képet kaphatnak területeiknek az erodáltságáról, hanem egy előrejelzést is, hogy mely területeken milyen irányokban kell lépéseket tenni a fenntarthatóság érdekében. Természetesen ha teljesen átfogó képet szeretne kapni az adott gazdálkodó akkor ennél sokkal részletesebb és átfogóbb módszerek is rendelkezésre állnak. Viszont ahhoz, hogy megismerjék és felismerjék a táblán belüli szinteken létező problémákat, megfelelő módszernek tartom.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaság területén egyre növekvő figyelmet kap a táblákon belüli erózió jelensége és annak hatása a növények fejlődésére.

A talajerózió kritikus környezeti probléma amelynek sokrétű következményei lehetnek. Csökkenti a mezőgazdasági termelékenységet, hatással van a vízminőségre, veszélyezteti a biológiai sokféleséget, hozzájárul az elsivatagosodáshoz valamint gazdasági és társadalmi következményekkel jár.

Véleményem szerint a megfelelő mennyiségű és minőségű adat birtokában ezen problémák java része elkerülhető lenne. Célom az volt, hogy megállapítsam tábla szinten mennyire lehet jelentős az eróziónak a növény fejlődésre mért hatása illetve mennyire jól kimutatható, vizsgálható, feltérképezhető és mennyire tér el attól függően, hogy milyen kultúráról van szó.

A munkám során műholdképekkel dolgoztam a 2020 és 2023-mas vizsgált időszakból. Egyaránt vegetáció nélkül, keléskori fejletlen és későbbi fejlett vegetációval gyűjtöttem adatokat mindkét kultúra esetében amik a vizsgált időszakban búza és kukorica voltak. Majd az Idrisi selva szoftver használatával dolgoztam fel ezeket. Dolgozatomban Clusterezett (osztályozott), hamis színeképes ábrák és NDVI indexek készítésével és felhasználásával elemeztem az adatokat.

Mindkét vizsgált időszakban megfigyelhető a tábla ugyanazon területeinek erózióval érintett része. Ezeken a területeken mindkét kultúráról egyaránt elmondható, hogy nem fejlődött egyöntetűen. A növények fejlődésére egyértelmű hatást gyakoroltak a tábla erodált gyengébb részei. Az egész vizsgált időszakban kimondható, hogy ezek a területek a táblán belül nem vagy kis mértékben változtak.

Összességében elmondható, hogy függetlenül az évjárattól és a kultúrától, a távérzékelési módszerek és az NDVI vegetációs index alkalmazásával megbízhatóan megjósolható, hogy a gazdálkodó szervezetnek mely területeken kell intézkedéseket tennie a nagyobb termésbiztonság és a talajállapot javítása érdekében a táblán belül

7. SUMMARY

In agriculture, the phenomenon of soil erosion within fields and its impact on crop development is receiving increasing attention.

Soil erosion is a critical environmental problem with multiple consequences. It reduces agricultural productivity, affects water quality, threatens biodiversity, contributes to desertification and has economic and social consequences.

I believe that with the right quantity and quality of data, most of these problems could be avoided.

My aim was to determine, at the table level, how significant the impact of erosion on plant development can be and how well it can be detected, analysed, mapped and how it differs depending on the crop.

In my work I used satellite imagery from the study period 2020 to 2023. I collected data with no vegetation, emergence undeveloped vegetation and later developed vegetation for both crops, which were wheat and maize in the study period. I then processed them using the Idrisi selva software. In my thesis, I analysed the data by creating and using clustered (classified) false spectral plots and NDVI indices.

In both study periods, the same areas of the area were observed to be affected by erosion. In these areas, both crops can be said to have developed unevenly. Plant development was clearly influenced by the eroded weaker parts of the field. Throughout the period studied, it can be said that these areas within the board have shown little or no change.

In summary, regardless of the vintage and crop, using remote sensing methods and the NDVI vegetation index, it is possible to reliably predict where a farmer should take action to improve crop safety and soil condition within the field

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Alam, A. (2014). Soil Degradation: A Challenge to Sustainable Agriculture. *International Journal of Scientific Research*, 50–55.
- Birkás, M., & Dekemati, I. (2023). Agricultural Soil Degradation in Hungary. In P. Pereira, M. Muñoz-Rojas, I. Bogunovic, & W. Zhao (Eds.), *Impact of Agriculture on Soil Degradation II: A European Perspective* (pp. 139–157). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/698_2022_949
- Blum, W. E. H. (2002). Editorial: The new association between JSS and IUSS. *Journal of Soils and Sediments*, 2(3), 106–107. <https://doi.org/10.1007/BF02988459>
- Centeri Csaba. (2001). *Az általános talajvesztesség becslési egyenlet (USLE) K tényezőjének vizsgálatát.*
- European Soil Strategy*. (2021).
- Farkas Péter. (1985). *A talajerózió új, térképszerű ábrázolási módszere.*
- Ferreira, C. S. S., Seifollahi-Aghmiuni, S., Destouni, G., Ghajarnia, N., & Kalantari, Z. (2022). Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of The Total Environment*, 805, 150106. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.150106>
- Hurni, H., Herweg, K., Portner, B., & Liniger, H. (2008). Soil Erosion and Conservation in Global Agriculture. In A. K. Braimoh & P. L. G. Vlek (Eds.), *Land Use and Soil Resources* (pp. 41–71). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5_4
- Jie, C., Jing-zhang, C., Man-zhi, T., & Zi-tong, G. (2002). Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12(2), 243–252. <https://doi.org/10.1007/BF02837480>

- Khanal, S., KC, K., Fulton, J. P., Shearer, S., & Ozkan, E. (2020). Remote Sensing in Agriculture—Accomplishments, Limitations, and Opportunities. *Remote Sensing*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/rs12223783>
- Khosravi, K., Rezaie, F., Cooper, J. R., Kalantari, Z., Abolfathi, S., & Hatamiafkoueieh, J. (2023). Soil water erosion susceptibility assessment using deep learning algorithms. *Journal of Hydrology*, 618, 129229. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2023.129229>
- Liu, X., Zhang, S., Zhang, X., Ding, G., & Cruse, R. M. (2011). Soil erosion control practices in Northeast China: A mini-review. *Soil and Tillage Research*, 117, 44–48. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2011.08.005>
- L.R. Oldeman. (1992). Global Extent of Soil Degradation . *ISRIC Bi-Annual Report*, 19–36.
- Malgorzata, V. W. (n.d.-a). *Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar FOTOINTERPRETÁCIÓ ÉS TÁVÉRZÉKELÉS.*
- Malgorzata, V. W. (n.d.-b). *Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar FOTOINTERPRETÁCIÓ ÉS TÁVÉRZÉKELÉS.*
- Michéli Erika. (2011). *Talajvédelem.*
- Moore, G. K. (1979). What is a picture worth? A history of remote sensing. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(4), 477–485. <https://doi.org/10.1080/02626667909491887>
- Ronchi, S., Salata, S., Arcidiacono, A., Piroli, E., & Montanarella, L. (2019). Policy instruments for soil protection among the EU member states: A comparative analysis. *Land Use Policy*, 82, 763–780. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2019.01.017>
- sentinel.copernicus.eu.* (n.d.).
- Stefanovits Pál, F. G. G. (1999). *Talajtan.*

- Stefanovits Pál, M. E. (2011). A talajdegradáció típusai és következményei. In Dr. Farsang Andrea (Ed.), *Talajvédelem* (pp. 10–11).
- Thyll Szilárd. (1992). *Talajvédelem és vízrendezés dombvidékeken*.
- Uchida, S. (2015). Applicability of Satellite Remote Sensing for Mapping Hazardous State of Land Degradation by Soil Erosion on Agricultural Areas. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.005>
- USGS.gov. (n.d.). *Landsat Satellite Missions*.
- Várallya, G. (1989). Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation & Development*, 1(3), 171–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.3400010302>
- Virto, I., Imaz, M. J., Fernández-Ugalde, O., Gartzia-Bengoetxea, N., Enrique, A., & Bescansa, P. (2015). Soil Degradation and Soil Quality in Western Europe: Current Situation and Future Perspectives. *Sustainability*, 7(1), 313–365. <https://doi.org/10.3390/su7010313>
- Zobeck, T. M. (1991). Soil properties affecting wind erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(2), 112. <http://www.jswnonline.org/content/46/2/112.abstract>
- Zsámbeli József. (2017). Defláció elleni védelem. In Birkás Márta (Ed.), *Földművelés és földhasználat* (pp. 280–284). Mezőgazda lap- és könyvkiadó.

9. ÁBRAJEGYZÉK

20. ábra talajeroszió művelt táblán

21. ábra Európa talajveszélyeztetettségi térképe

22. ábra Magyarország talajeroszió térképe

23. ábra Vízeroszió művelt táblán

24. ábra Defláció

25. ábra A két sentinel műhold illusztrációja

26. ábra 73-mas tábla Arany féle kötöttségi szám (KA)

27. ábra 73-mas tábla humusz ellátottsága

28. ábra kukoricatábla

29. ábra Vizsgált tábla domborzata az SRTM adatai alapján

30. ábra Vizsgált tábla kerületi szintkülönbségei

31. ábra Csolnok tábla 12%-os lejtős területei 32. ábra Csolnok tábla 17%-os lejtős területei

33. ábra Vegetáció nélküli talaj heterogenitást mutató ábra (osztályozott, nyers)

34. ábra NDVI megjelent de nem sűrű vegetációnál (2023.06.23.)

35. ábra NDVI normál vegetációnál (2023.07.23)

36. ábra NDVI kép búza állománynál (2020.05.22.)

37. ábra NDVI búza állománynál (2020.06.28.)

38. ábra 2020-as (felül) és 2023-mas (alul) NDVI összehasonlítás