

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Кафедра біології та хімії

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ
НА ТЕРИТОРІЇ МУКАЧІВСЬКОГО РАЙОНУ
ЗА ВЕЛИЧИНОЮ НОРМАЛІЗОВАНОГО
ВЕГЕТАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ (NDVI)**

ПЕТРУШЕВИЧ ВІВІЄН – НІКОЛЕТТ РОЛАНДІВНА

Студентка II-го курсу

Освітня програма 091 Біологія

Ступінь вищої освіти: магістр

Тема затверджена Вченою радою ЗУІ

Протокол № __ від __ _____ 2022 року

Науковий керівник:

Гаднадь Іштван Іштванович
доктор філософії, доцент
кафедри біології та хімії

Завідувач кафедри біології та хімії:

Когут Ержебет Імріївна
доктор філософії, доцент

Робота захищена на оцінку _____, «__» _____ 2023 року

Протокол № _____ / 2023

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Кафедра біології та хімії

Кваліфікаційна робота

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ
НА ТЕРИТОРІЇ МУКАЧІВСЬКОГО РАЙОНУ
ЗА ВЕЛИЧИНОЮ НОРМАЛІЗОВАНОГО
ВЕГЕТАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ (NDVI)**

Ступінь вищої освіти: магістр

Виконала: студентка II-го курсу

Петрушевич Вівієн-Ніколетт Роландівна

Освітня програма 091 Біологія

Науковий керівник: Гаднадь Іштван Іштванович

доктор філософії, доцент кафедри біології та хімії

Рецензент: Желіцькі Іштван Йозефович

магістр, ст. викладач

Берегово

2023

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola

Biológia és Kémia Tanszék

A NÖVÉNYBORÍTÁS VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA A NORMALIZÁLT VEGETÁCIÓS INDEX ÉRTÉK (NDVI) ALAPJÁN A MUNKÁCSI JÁRÁS TERÜLETÉN

Diplomamunka

Képzési szint: mesterképzés

Készítette: Petrusевич Vivien-Nikolett

II. évfolyamos hallgató

Képzési program: 091 Biológia

Témavezető: Dr. Hadnagy István

PhD, a Biológia és Kémia Tanszék docense

Recenzens: Zselicki István

MSc, adjunktus

Beregszász

2023

ЗМІСТ

ВСТУП	8
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Поняття мультиспектрального знімку	9
1.1.1. Створення мультиспектральних знімків	9
1.1.2. Аналіз мультиспектральних знімків	10
1.1.3. Застосування мультиспектральних знімків	11
1.2. Основи супутникових спостережень рослинності	11
1.3. Поняття вегетаційного індексу	12
1.3.1. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI)	13
1.3.2. Деталі обчислення індексу	13
1.3.3. Причини зміни NDVI	15
1.3.4. Поняття індексу листової поверхні	16
1.4. Поняття та обчислення інтенсивності зеленої маси	17
1.5. Поняття температури земної поверхні (LST)	19
II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	21
2.1. Презентація досліджувальної території	21
2.2. Характеристики використаних мультиспектральних знімків	23
2.2.1. Обчислення температури земної поверхні	25
2.3. Виконання статистичного аналізу даних	27
2.3.1. Характеристика QGIS	27
2.3.2. Характеристика JASP	28
2.3.3. Визначення коефіцієнта лінійної кореляції	28
III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	30
3.1. Значення кількості поверхневого нормалізованого диференціального індексу (NDVI) рослинності в Мукачівському районі	30
3.2. Значення інтенсивності зеленої маси на досліджуваній території	33
3.3. Значення температури земної поверхні (LST) на досліджуваній території	38
3.4. Статистичний аналіз даних	40

ВИСНОВКИ	38
РЕЗЮМЕ НА УКРАЇНСЬКІЙ МОВІ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	40
СПИСОК РИСУНКІВ	44
СПИСОК ТАБЛИЦЬ	46
ПОДЯКА	
ДЕКЛАРАЦІЯ	

TARTALOM

BEVEZETÉS	8
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
1.1. A multispektrális felvétel fogalma.....	9
1.1.1. A multispektrális felvételek készítése	9
1.1.2. A multispektrális felvételek elemzése.....	10
1.1.3. A multispektrális felvételek hasznosítása	11
1.2. Vegetáció műholdas megfigyelések alapjai.....	11
1.3. A vegetációs index fogalma.....	12
1.3.1. Normalizált differenciális vegetációs index	13
1.3.2. Az index számításának részletei.....	13
1.3.3. Az NDVI változás okai	15
1.3.4. A levélfelületi index fogalma.....	16
1.4. A zöldfelület intenzitás fogalma és mérése	17
1.5. A szárazföldi felszíni hőmérséklet fogalma.....	19
II. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
2.1. A vizsgálati terület bemutatása	21
2.2. A felhasznált multispektrális felvételek jellemzői.....	23
2.2.1. A szárazföldi felszíni hőmérséklet számítása.....	25
2.3. Az adatok statisztikai elemzésének elvégzése	27
2.3.1. QGIS jellemzése.....	27
2.3.2. JASP jellemzése	28
2.3.3. A lineáris korrelációs együttható meghatározása.....	28
III. EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS	30
3.1. A felszín normalizált differenciális vegetációs index-értéke (NDVI) a Munkácsi járásban.....	30
3.2. A zöldfelület intenzitás (ZFI) értéke a vizsgált területen	33
3.3. A felszíni szárazföldi hőmérséklet (LST) értéke a vizsgált területen	38
3.4. Az adatok statisztikai elemzése	40

ÖSSZEFOGLALÁS	42
PE3IOME	44
IRODALOMJEGYZÉK	46
ÁBRÁK JEGYZÉKE	49
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	50
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	51
NYILATKOZAT	

BEVEZETÉS

A zöldfelület egy fontos tájépítészeti fogalom. A felszínborítás és azon belül a zöldfelületek mind ökológiai, cönológiai, város- és tájépítészeti, valamint klimatológiai szempontból sokrétűen vizsgálhatók. A települések felépítése és élettevékenysége, az erdőirtás, a vonalas infrastruktúra kiépítése, az ipari tevékenység és a mezőgazdaság jelentősen befolyásolja, módosítja és befolyásolja felszínborítást, különösen a települések és közvetlen környezetének állapotát.

A felszínborítás szempontjából a természetes városi növényzet jelentősen javíthatja a városok ellenálló képességét, ökoszisztéma-funkcióit és a városklíma jellemzőit, amely a lakosság komfortérzetében meghatározó lehet, különösen a nyári félévben. Ezért érdemes kellő figyelmet fordítani a zöldfelületek területi nagyságára és azok egészségügyi állapotára.

A felszínborítás vizsgálata különféle módszerekkel megvalósítható, amelyek közül kiemelkednek a távérzékelési technikák, különösen a felszín által visszavert sugárzási spektrumok vizsgálata és az ezekből származtatott kvantitatív mutatók, mint például: a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) és a zöldfelületi intenzitás (ZFI). Ezen mutatók manapság elérhetőek lettek a legtöbb ember számára. Főképp a mezőgazdasági termelők veszik igénybe a termésük egészségügyi állapotának nyomonkövetésének érdekében. Ezen térképek felhasználhatók továbbá a természetvédelmi, cönológiai kutatásokban vagy a biomassza és produkció becslése során.

A diplomamunka megírásának célja, felmérni a Munkácsi járás zöldfelületének területi arányát, annak térbeli eltéréseit és időbeli változásait, illetve feltárni a változások lehetséges okait. A munka megírásával szemléltetni szeretnénk a környezetünk egészségi állapotának és változását az elmúlt 4 évben, illetve felhívni a figyelmet a zöldfelületek egészséges állapotának a fontosságára.

Munkánk során jellemezzük a Munkácsi járás földrajzi elhelyezkedését és a terület természeti sajátosságait. Betekintést nyújtunk a multispektrális felvételek fogalmáról, elemzésükről, készítésükről és azok hasznosításáról, ezen belül írunk a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI), a zöldfelületi intenzitás (ZFI), a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) fogalmakról és azok számítási módszereiről. Továbbá szemléltetjük az általunk elkészített 2017-es, 2018-as, 2021-es és 2022-es évekre szóló NDVI, ZFI és LST térképeket, valamint az azok adatai alapján elkészített grafikonokat. Munkánk következő részét pedig a vegetációs index (NDVI) és a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) összefüggésének vizsgálta képezi.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A multispektrális felvétel fogalma

A multispektrális képek azon az elven alapulnak, hogy az eltérő anyagok és tárgyak egyedi képpen verik vissza az elektromágneses sugárzást a különböző spektrális sávokban. A multispektrális képalkotó rendszerek olyan szűrőket vagy érzékelőket használnak, amelyek több spektrális sávban is képesek rögzíteni az adatokat, az elektromágneses spektrum látható tartományától az infravörös vagy ultraibolya tartományig. A képalkotó rendszer által rögzített spektrális sávok száma és tartománya az adott alkalmazástól és a használt képalkotó rendszertől függ (BAKÓ, 2010c).

Az egyes spektrális sávokban rögzített adatok felhasználatók információk kinyerésére a leképezendő objektum vagy jelenet különféle tulajdonságairól (pl. szerkezetéről, vagy hőmérsékletéről). Ezután ezek az információk kombinálhatók egy összetett kép létrehozásához, amely szabad szemmel nem látható módon mutatja a tárgyat, jelenséget vagy a vizsgált területet (BAKÓ, 2010b).

A többcsatornás (multispektrális) felvételek távérzékelt képek, amelyek műholdak segítségével készülnek, 3 vagy több csatornából épülnek fel és a spektrum különböző tartományjaiból hordoznak adatokat ugyan azon idő és terület felszínéről [10].

Az ilyen mért adatok a teljesítményspektrumból bizonyos hullámhossztartományokban vett minták. Ilyen a multispektrális 3 csatornás adat a színes fénykép, mely a következő hullámhossz sávokban érzékeli a sugárzásokat:

- Kék (Blue) 450-520 nm és a közeli infravörös (NIR) 750 – 900 nm.
- Zöld (Green) 520 – 590 nm
- Piros (Red) 600 – 680 nm (NICOLIS – GONZALEZ, 2021).

1.1.1. A multispektrális felvételek készítése

A multispektrális képek készítése általában speciális kamerákat vagy képalkotó rendszereket igényel, amelyek képesek rögzíteni az adatokat. Ezek a kamerák vagy rendszerek egyidejűleg két vagy több spektrális sávban is rögzíthetnek adatokat, gyakran

szűrőket vagy prizmákat használva a különböző hullámhosszok elválasztására (JOMBACH, 2012).

A multispektrális kép elkészítése a következő lépésekben foglalható össze:

1. Olyan kamerára vagy képalkotó rendszerre van szükség, amely több spektrális sávban is képes adatokat rögzíteni. Ez lehet egy speciális multispektrális kamera, amelyet szűrőkkel szereltek fel, vagy egy hiperspektrális képalkotó rendszer.

2. Ezt követően ki kell választani a rögzíteni kívánt spektrális sávokat. A sávok száma és tartománya az alkalmazástól és a használt kamerától vagy képalkotó rendszertől függ. Például egy multispektrális kamera rögzítheti az adatokat a piros, zöld és kék sávban, míg egy hiperspektrális rendszer több száz sávban rögzíthet adatokat a látható és nem látható spektrumban.

3. Rögzíteni kell a képeket. A képalkotó rendszertől függően elfordulhat, hogy minden spektrális sávban egymás után, vagy egyidejűleg több sávban is rögzíteni kell a képeket.

4. Ezután a képek feldolgozásra kerülnek. Előfordulhat, hogy a multispektrális képeket korrigálni kell a torzítások, például az atmoszférikus hatások vagy az érzékelőzaj miatt. A képek ezután kombinálhatók egyetlen összetett kép létrehozására, amely a különböző spektrális sávokat külön csatornaként mutatja.

5. Ezt követően az adatok elemzése történik. Miután létre lett hozva a multispektrális kép, speciális szoftverekkel vagy eszközökkel elemezhetők az adatok illetve információk nyerhetők ki a leképezendő objektumról vagy jelenségről (TENGFELI et al., 2020).

A multispektrális képek létrehozása összetett folyamat, amely gyakran speciális felszerelést és szakértelmet igényel. Azonban ezekből a képekből számtalan értékes információ nyerhető ki a mezőgazdaságtól a környezeti monitorozástól az orvosi képalkotásig és a csillagászatig számos területen (TENGFELI et al., 2020).

1.1.2. A multispektrális felvételek elemzése

A multispektrális képek elemzése magába foglalja az egyes spektrális sávokban rögzített adatokból történő információ kinyerését. Elsősorban a képek **előfeldolgozása** történik, ami a hibák javítását jelenti. Vagyis a képeken érzékelhető zaj és atmoszférikus hatásokból és egyéb tényezők által okozott képtorzulásokat. Az általános előfeldolgozási technikák közé tartozik az atmoszférikus korrekció, a radiometrikus kalibrálás és a geometriai korrekció. Ezt követően történik a **képfúzió**, ami magába foglalja a különböző spektrális sávokból származó képek kombinálását, annak érdekében, hogy egyetlen összetett képet hozzon létre. Ez színösszeállítás vagy sávarányosítás segítségével vihető véghez. A

következő lépés a **spektrális elemzés**, ami a kép különböző jellemzőinek elemzését jelenti, vagyis információkat nyerünk ki a tulajdonságai segítségével. Ez a spektrális szög leképezésével történik. Végül a **kvantitatív elemzés** jön. Itt a képekből kinyert információk számszerűsítése történik, amit a következtetések levonásához használunk fel. Ezt statisztikai technikákkal vagy algoritmusok segítségével tehető meg.

Számos szoftver áll rendelkezésre, amelyek segíthetik a multispektrális képek elemzését, amelyek ingyenesen elérhetőek mindenki számára, mint a QGIS (TENGFEL et al., 2020).

1.1.3. A multispektrális felvételek hasznosítása

A multispektrális képalkotás ma már széles körben alkalmazható, akár olyan területeken is mint a mezőgazdaság, a környezet megfigyelése, a távérzékelés vagy akár az orvosi képalkotás. Az orvosok számára a különböző szöveti tulajdonságok kiemelésével segíthet azonosítani és diagnosztizálni különböző betegségek állapotait és fázisait. A mezőgazdaságban a multispektrális felvételek segítségével nyomon lehet követni a termés egészségi és növekedési állapotát. A csillagászatban pedig távoli csillagok és galaxisok tulajdonságait lehet velük tanulmányozni. A multispektrális képek segítenek a tudósoknak és a kutatóknak a minket körülvevő világ jobb megértésében és kezelésében (BAKÓ, 2010a).

Napjainkban az egyik legelterjedtebb felhasználása a multispektrális felvételeknek ökológiai szempontból történik. A természetvédelem egyre fontosabbá válik az idő előrehaladásával. A szennyező források felkutatása, a környezet állapotának felmérése nagymennyiségű térbeli adatot igényel, amelyek információs állománya könnyen dokumentálónak és archiválhatónak kell lennie. A terepi vizsgálatoknak anyagi, jogi és térbeli (pl. megközelíthetőség) korlátai vannak. Bizonyos terület- és adatnagyság fölött kizárólag terepi módszerekkel történő dokumentálás lehetetlenné válik (LICSKÓ, 2005).

A nagy területre kiterjedő területhasználati és felszínborítási adatok megszerzésének egyetlen eredményes módszere a távérzékelés (LICSKÓ, 1998).

1.2. Vegetáció műholdas megfigyelések alapjai

A távérzékelési adatok számos területen kerülnek alkalmazásra, beleértve a talajborítás osztályozását, a talajnedvesség mérést, az erdőtípusok besorolását, a növényzet

folyékony víztartalmának mérését, a hótérképezést, a tengeri jég típusok osztályozását és az óceánográfia (KARABURUN – BHANDARI, 2010).

A növényzet átfogó és teljeskörű műholdas megfigyelése megközelítőleg 30 évvel ezelőtt vette kezdetét. Ezalatt az eltelt időszak alatt a felvételek és mérések nagy fejlődésen mentek keresztül. A térképek felbontásának paraméterei jelenleg akár a 10x10 m-es méretet is elérhetik. Ez lehetővé tette akár a kisebb mezőgazdasági ültetvények egészségi állapotának a nyomonkövetését is ([8]; KOVÁCS – ERDŐDIDNÉ, 2019).

A vegetáció intenzitásának a megfigyelését a műholdakon található mérőeszközök teszik számunkra lehetővé. A technika fejlődésének köszönhetően a mérésekből vegetációs indexeket hoztak létre, azokat pedig műholdas mérésekkel becsülték ([7]; KOVÁCS – ERDŐDIDNÉ, 2019).

A növényzet műholdas megfigyelések alapjai a következő alapelvekbe foglalhatók össze. A műholdakon elektromágnes sugárzásra érzékeny mérőeszközök találhatóak, amelyek a vegetáció megfigyelésére létrehozott eszközök a spektrum azon részeit, sávjait érzékelik, melyek a növényekkel összefüggésben vannak. A több sávban mért adatok kombinációjával különböző indexeket nyerhetünk ki, amelyek információt hordoznak a növényzet tulajdonságairól ([7]; KOVÁCS – ERDŐDIDNÉ, 2019).

Az USA Nemzeti Repülési és Űrhivatala (NASA) 7 sávot használ az információ kinyerésére és értelmezésére, ezt LANDSAT – képek neveztek el. Emellett létezik még az INSAT kép, amely 3 sávot tartalmaz és az információ megszerzése és értelmezése ezen 3 sáv segítségével történik, ezek a közeli-infravörös sáv, piros sáv és zöld sáv. Mindegyik sáv konkrét információt hordoz, amelyek segítségével egy értelmezhető képet kapunk. A hullámhossz alapján a távérzékelés három típusba sorolható: látható és visszaverődő infravörös távérzékelés, termikus infravörös távérzékelés és mikrohullámú távérzékelés (GANDHI et al., 2015).

1.3. A vegetációs index fogalma

A vegetációs index egy érték, mely a növényzet klorofiltartalmán alapuló reflektancia különbségét fejezi ki, vagyis a növények fotoszintetikus aktivitását becsli [8]. A vegetációs indexek a külső hatások (atmoszféra) modellezésével és a belső hatások normalizálásával (topográfia, talaj) tér- és időbeli kapcsolatokban következetes összehasonlíthatóságot tesznek lehetővé. A vegetációs indexnek több csoportja ismert: arányszámok (NDVI)

ortogonális indexek (Tasseled Cap), derivatív indexek, különbségi indexek, illetve optimalizált vagy hibrid indexek (EVI) (NAQVI, 2018).

Manapság egyre szélesebb körben használják a vegetációs indexet. A környezet- és az éghajlatváltozások megfigyelésének és nyomonkövetésének vizsgálatokor használják leginkább.

Az indexek a növények zöldességéről, zöld tömegéről és víztartalmáról szóló információkat szolgáltatják számunkra. Azonban a vegetációs index nem minden felszíni borítás mérésére alkalmas, használata korlátozott például a trópusi esőerdők, köves, sziklás vízzel, hóval vagy jéggel borított, beépített területeken is. A mérsékelt szélességeken, így hazánkban is a mezőgazdasági területek vagy erdők monitorozására viszont kiválóan alkalmas. Azonban nem az index abszolút értéke hordozza számunkra a fontos információt, hanem annak változása és átlagtól való eltérése, főképp a vegetációs időszak csúcsán történt mérésekkor [7].

1.3.1. Normalizált differenciális vegetációs index

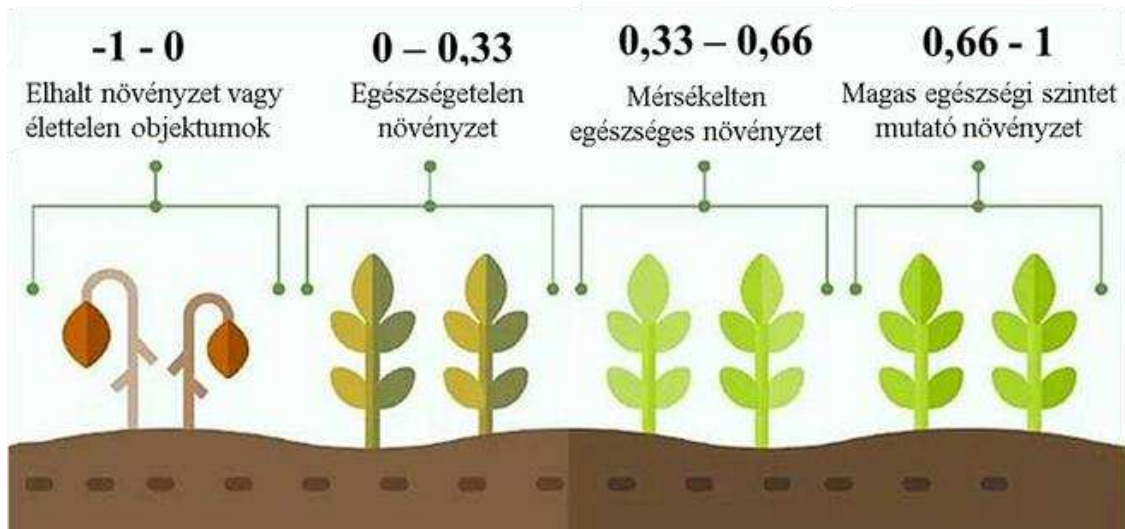
Az 1980-as évektől tartanak azok a vegetációs monitoring vizsgálatok, amelyekben főképp csak a normalizált vegetációs index (NDVI) segítségével számolnak. Sok index létezik egy terület biomasszájának a vegetációs intenzitásának mérésére, mégis az egyik legelterjedtebb ilyen index az NDVI (BHANDARI et al., 2012).

Az NDVI (Normalizált Differenciális Vegetációs Index) egy távérzékelési módszer, az egyik legismertebb vegetációs index, amely a növényzet vegetációjának az intenzitásának mérésére alkalmazzák. A látható és a közeli-infravörös (NIR) hullámhosszú fény visszaverődését használja egy adott terület növényzetének mennyiségének és egészségi állapotának meghatározására. Az NDVI térkép képet ad a növények vegetációjának mértékéről és azok változásáról. Ezen okokból széles körben használják a mezőgazdaságban, erdőgazdálkodásban illetve az ökológiában a növényzet növekedésének és egészségének nyomon követésére, valamint a stressz vagy károsodott területek azonosítására. Az NDVI értékek a vegetációtípusok feltérképezésére és osztályozására, valamint a növénytakaró időbeli változásainak kimutatására is használják (BAKÓ, 2010a).

1.3.2. Az index számításának részletei

A növények egyedi reflexiós tulajdonsággal rendelkeznek (1. ábra). Minél több közeli – infravörös (NIR) fényt vernek vissza, annál több látható fényt nyelnek el. Az egészséges növények magas klorofilltartalommal rendelkeznek, ami lehetővé teszi számunkra, hogy több

fényt nyeljenek el a spektrum vörös tartományában, ezáltal több fényt verjenek vissza a NIR régióban. Vagyis az NDVI a növényeknek ezt a tulajdonságát használja fel az egészséges növényzet megkülönböztetésére az egészségtelen növényzettől [3].



1. ábra. A növényzet állapota az NDVI értékek alapján
(saját szerkesztés, [3] forrás alapján)

Az NDVI értékek -1 és 1 közötti értékeket vesznek fel, a negatív értékek leggyakrabban felhők, víz vagy hó jelenlétét, a nullához közeli értékek pedig sziklát vagy csupasz talajt jeleznek. A nagyon alacsony NDVI értékek (0,1 és kevesebb) a csupasz sziklás területeket, homok vagy hó jelenléte miatt következnek be. A közepes értékek (0,2-0,3) a cserjék és rétek észlelését, a magas értékek (0,6-0,8) pedig a mérsékelt és trópusi övezet erdőit jelzik (1. ábra). Minél magasabb a vegetációs index értéke, annál sötétebb zöld a terület, annál nagyobb a zöld tömeg ami egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott, erős, növekedésben lévő növényállományt jelez (BAKÓ, 2010c).

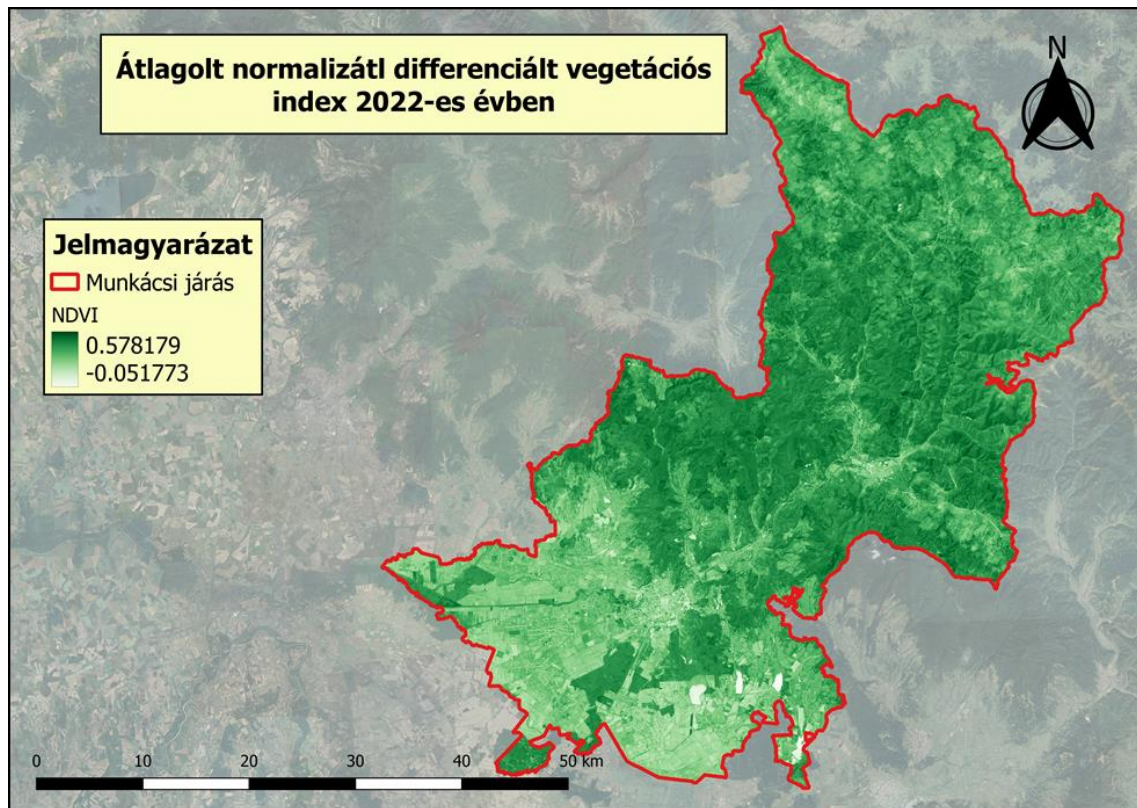
Az NDVI számítást a következő képlet segítségével történik:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

ahol, NIR – a közeli-infravörös tartományban visszaverődő spektrum, RED – a vörös tartományba visszaverődő spektrum.

E képlet szerint a növényzet sűrűsége (NDVI) a kép egy bizonyos pontján megegyezik a visszavert fény intenzitásának különbségével a vörös és az infravörös tartományban, osztva

ezen intenzitások összességével (BELÉNYESI, 2008). Más szavakkal pixelenként kivonja a vörös sáv értékét a NIR sáv értékéből és elosztja az összegükkel (XIE et al., 2010).



2.ábra. Elkészített NDVI felvétel (saját szerkesztés)

1.3.3. Az NDVI változás okai

Az NDVI változás egy terület két idő közötti felvétel különbségéből adódik. Azokon a pontokon számolható NDVI változás, amelyekről van több időközben készült felvétel, amelyen tapasztalható vegetációs index érték (BELÉNYESI, 2008).

Az NDVI térképeket főleg a növények „zöldességének” változásának nyomonkövetésének érdekében készítik. Ahhoz hogy valós képet kapjunk az általunk vizsgált terület növénytypusok egészségi állapotáról, ismerünk kell az általunk vizsgált fajok vegetációs időszakát (BELÉNYESI, 2008).

Ha egy szántó földi ültetvény állapotát szeretnénk felmérni, ezt a fajok jellegzetes éves menetének ismeretével kezdjük. Az őszi búza és a repce egész tavasszal magas értékeket fog mutatni, maximális NDVI értékét május második felében veszi fel. A repce értékei a virágzás után az érés végéig folyamatosan csökkenek. A napraforgó NDVI értéke lassan növekszik, azonban május végén, június elején hirtelen megugrik, amikor a legintenzívebb a

levélnövekedése. Az érés során az értékek drasztikus csökkenését észlelhetjük. A kukorica NDVI értéke a kelés után egészen nyár végéig folyamatosan emelkedik, majd ősszel gyorsan csökken (BELÉNYESI, 2008).

Egy faültetvény, park vagy erdő NDVI értékeinek vizsgálatakor, szintén ismernünk kell a faállomány vegetációs periódusát. A lombhulló fák drasztikus NDVI érték növekedése a rügyfakadás után következik be. A csúcserőket május hónapban érik el, ezt követően nyáron egészen az ősz bekövetkezéséig mérsékelt csökkenést mutatnak, végül ősszel lombhulláskor intenzív érték csökkenést észlelhetünk [4].

Az NDVI felhasználható az erdők sűrűségének és egészségi állapotának a felmérésére, az erdőborítottság időbeli változásának nyomonkövetésére. Segítségével azonosíthatjuk az erdő azon területeit, amelyek kártevők, betegségek vagy egyéb hasonló tényezők által okozta stressznek vagy kárnak vannak kitéve. Mindemellett felhasználható még az erdők biomassza és szén-megkötési potenciáljának becslésére is. Az NDVI segítségével kimutatható az erdőszerkezet változása, a fasűrűség változása, nyomonkövethető az erdőgazdálkodási műveletek, például a ritkítás, égetés, ültetés, az erdő növekedésére és egészségére gyakorolt hatások [3].

1.3.4. A levélfelületi index fogalma

A levélfelületi index LAI (Leaf Area Index) egy érték, ami a növényállomány egy alapvető részét fejezi ki, a levelet (RICHTER, 2009). A LAI indexet főleg éghajlati és hidrológiai modellekben használják [7]. A levélfelületi index nem rendelkezik dimenzióval, egy szám, ami kifejezi azt, hogy egy négyzetméter földszínrre hány négyzetméter levélfelület jut (HUZSAI et al., 2004).

$$\text{LAI} = \text{levélfelület (m}^2\text{)} / \text{talajfelület (m}^2\text{)}$$

Megkülönböztetünk egy- és kétoldalas levélfelületi indexet. Egyoldalas LAI esetében csak a levelek egyik oldala, felszíne számítandó. Kétoldalas LAI esetén pedig a levél mind két oldalát figyelembe vesszük. Az egy oldalas LAI-t gyakran számolják úgy, hogy a két oldalast elfejezik. Alapesetben, ha levélfelületi indexről beszélünk, akkor az egyoldalas LAI-ra gondolunk (HUZSAI et al., 2004).

A műholdból származó érték megfelel az összes lombkoronaréteg teljes zöld LAI értékének, beleértve az aljnövényzetet is, amely nagyon jelentős hozzájárulást jelenthet különösen az erdők esetében. Gyakorlatilag a LAI számszerűsíti a növénytakaró vastagságát [1].

1.4. A zöldfelület intenzitás fogalma és mérése

A zöldfelületek fontos ökológiai, esztétikai, ökonómiai és társadalmi szerepet játszanak a településeken és azok környezetében. A zöldfelületek jelenléte pozitívan járul hozzá az egészségügyi, környezetvédelmi és jóléti funkciókhoz. Emiatt érdemes figyelembe venni a zöldfelület területi arányát, egészségi állapotának ezek térbeli eltéréseit és időbeli változásait. Ezen célokból jött létre a zöldfelületi intenzitás (ZFI) térképezése és elemzése (JOMBACH, 2014b).

Manapság nagyon sok módszer ismert a zöldfelületek mérésére és ezek elemzésére, az egyik ilyen legismertebb módszerek egyike a Zöldfelület Intenzitás (ZFI) számítás. Ezen számításokat űrfelvételek és légifelvételek kombinált feldolgozásával végzik a zöldfelület térképezését és térinformatikai elemzését, értékelését. Vagyis a zöldfelületi intenzitás azt mutatja, hogy mekkora az adott területre eső zöldfelület síkbeli kiterjedésének aránya és annak egészségi állapotának mértéke (JOMBACH, 2012).

Ez a módszer leginkább térségek illetve települések zöldtömegeinek mérésére lettek kifejlesztve, azonban alkalmazhatóak akár nagyobb területek ZFI felmérésére és jellemzésére is.

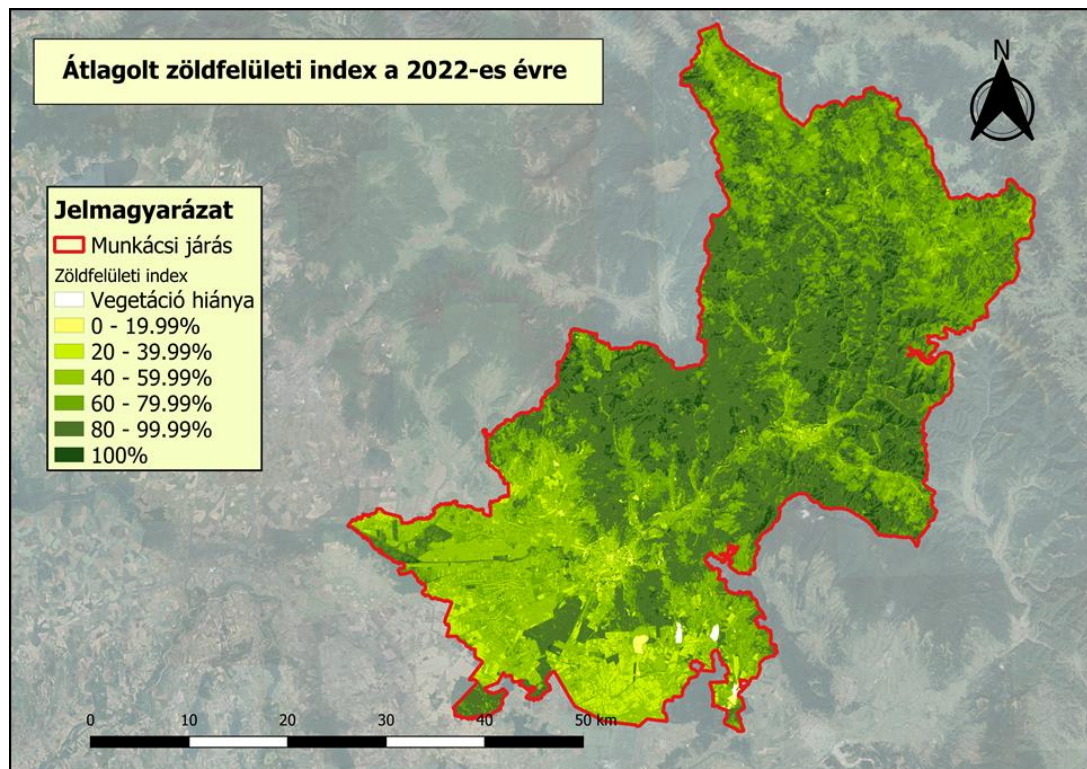
Az űrfelvételek feldolgozásával és azok alapján készített adatbázis a zöldfelület kiterjedéséről és egészségi állapotáról is hordoz információt azzal, hogy szemlélteti számunkra milyen arányú a zöldfelület intenzitása (borítottság és vitalitás egyben) egy adott területen (JOMBACH, 2014a).

A zöldfelület intenzitás (ZFI) módszerek a gyakorlatban a vegetáció biológiai aktivitásának kimutatására használt normalizált differenciális vegetációs indexre (NDVI) épül.

Annak ellenére, hogy mindkét érték ugyan azon adatokból indul ki mégis különböznek egymástól. A zöldfelület intenzitás nem foglalkozik a növényállományok színtezettségével, az egyedek fajával, fajtájával, életformájával vagy életkorával, kizárólag az egészséges növénytakaró jelenlétét mutatja ki (JOMBACH, 2014a).

Színkód	ZFI %	NDVI	Terület jellege	Minta
	0%	(-1) - 0	Beépített terület, burkolt felszín, bányaterület, csupasz talajfelszín, vízfelszín és minden olyan terület ahol nincs biológiailag aktív zöldfelület	
	0,01 - 19,99 %	0 - 0,1	Pl.: erőteljesen beépített területek, igen alacsony zöldfelületi aránnyal	
	20 - 39,99 %	0,1 - 0,2	Pl.: beépített terület, alacsony zöldfelületi aránnyal (sűrűn beépített kertvárosi terület, lakóparkoszerű beépítés)	
	40 - 59,99 %	0,2 - 0,3	Pl.: közepes beépítettség mellett közepes zöldfelületi arány (kertvárosi területek)	
	60 - 79,99 %	0,3 - 0,4	Pl.: relative alacsony beépítettség mellett relative magas zöldfelületi arány (lakótelepi beépítés nagy kiterjedésű parkokkal)	
	80 - 99,99 %	0,4 - 0,5	Pl.: alacsony beépítettséggel jellemezhető terület, igen nagy arányú erőteljes növénytakaróval (kertek, parkok, útmenti jelentősebb zöldfelületek)	
	100%	0,5 - 1	Egészséges erdőállomány, park összefüggő fásszerű növényzettel és gyeppel, erőteljes üde gyepterület	
	változó	változó	Időben állandóan változó zöldfelület-intenzitással rendelkező felszínek, pl.: szántók, intenzíven kezelt gyepek, gyepek repülőterek stb.	

3. ábra. A ZFI térképek készítéséhez és értelmezéséhez elfogadott színkód (JOMBACH, 2014a)



4. ábra. Elkészített ZFI felvétel (saját szerkesztés)

1.5. A szárazföldi felszíni hőmérséklet fogalma

A szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST – Land Surface Temperature) jelentése, hogy a Föld felszíne egy adott helyen, milyen melegnek érezhető. A műhold szempontjából a „felszín” az az amit a magaslatból lát amikor elhalad az adott terület fölött. Ez lehet egy mező, erdő lombkorona szintjében található levelek, folyó, vagy tó, jég esetleg hó vagy akár az épületek teteje. Így amikor a föld felszínének a hőmérsékletéről beszélünk, az nem egyezik meg az aznapi időjárásjelentésben szereplő levegő hőmérsékletével [9].

Az LST távérzékelési technikákkal mérhető, a geostacionárius műholdak infravörös spektrális csatornáinak felső légköri fényvisszaverése alapján történik. Továbbá becslése függ még az albedótól, vagyis egy anyag vagy felület fényvisszaverő képességének mértékétől, a növénytakarótól, a talajnedvességtől, a levegő hőmérsékletétől és a páratartalomtól [2].

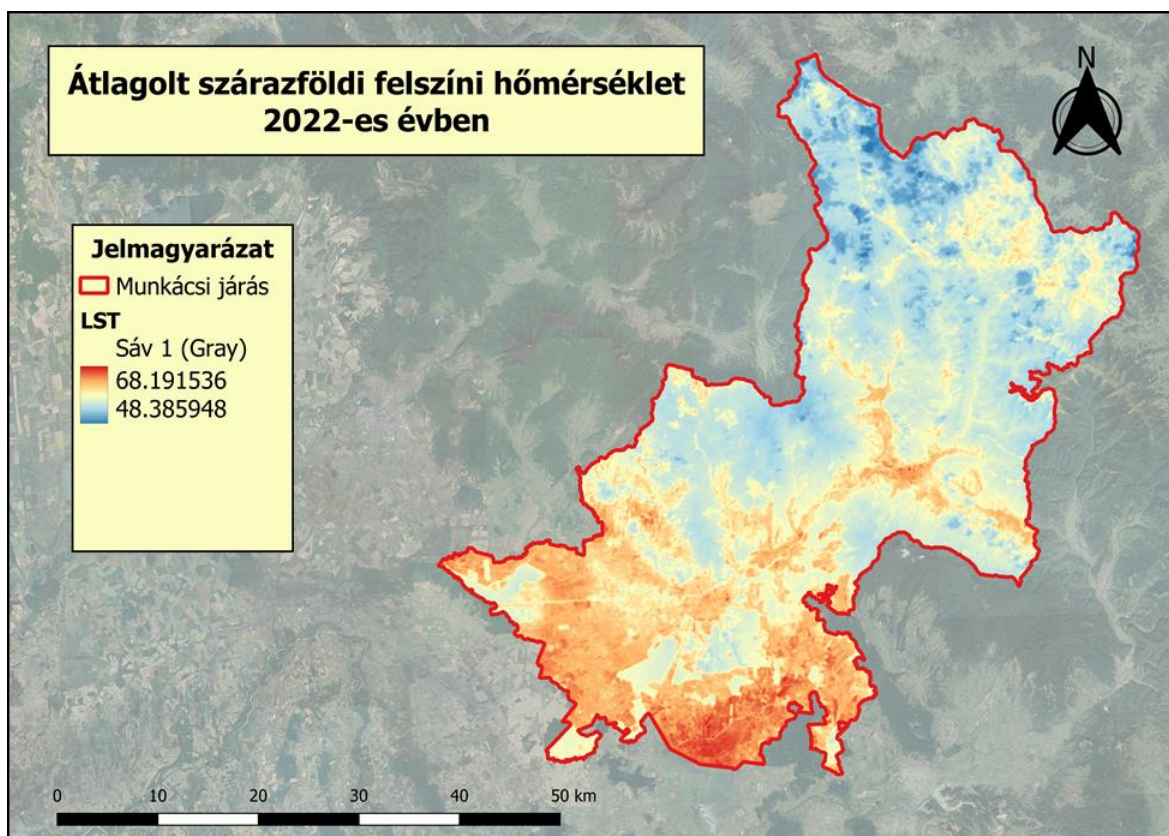
A felszíni hőmérséklet mérést főleg a klímaváltozás miatt fejlesztették ki. A tudósok figyelemmel kísérik a földfelszín hőmérsékletét, mivel a Föld felszínéről felszálló melegség befolyásolja a bolygónk időjárás és éghajlat változásait. Vizsgálatuk fő tárgya nyomkövetni hogy a növekvő légköri üvegházhatású gázok hogyan befolyásolják a földfelszín hőmérsékletét, valamint az emelkedő felszíni hőmérséklet hogyan hat a gleccserekre, a jégtakarókra, a permaforsztra és a Föld ökoszisztémájának növényzetére (UNGER, 2002).

A felszíni hőmérséklet (LST) mérése nem csak a tudósok számára hasznosítható különböző globális problémák megoldására, akár a kereskedelmi gazdálkodók is hasznát vehetik, hogy értékeljék a növényeik vízigényét a nyári időszakban, amikor hajlamosabbak a hó által okozott stresszre. Télen ezek a térségek pedig a citrusokat termesztő gazdáknak tudnak nagy segítséget nyújtani, mivel jelzik hol és mikor érhetne el a narancsliget a káros fagyot [9].

Egyre gyakrabban kiemelt érdeklődést kelt fel az emberek körében a városklimatológia, ami nem csoda, hiszen a drasztikus népesség növekedés mellett egyre intenzívebben gyarapodnak a városlakók. Az előrejelzések szerint a továbbiakban ez a helyzet csak súlyosbodni fog, mivel egyre több ember költözik a nagyvárosokba, ami egyre nagyobb területeket beépítését vonja majd maga után. Ennek köszönhetően a városok felszíni hőmérséklete is egyre magasabb értékeket fog elérni. A térképen a beépített terület helyén egy hőtömb lett jelenik meg, ami a környezet hőmérsékletét növeli. Az ilyen

jelenséget a városklimatológiában sajátos térbeli alakja miatt „hősziget”-nek nevezik (SKARBIT, 2018).

Az épületek színe, azok magassága, a forgalom, a szerkezetek fizikai tulajdonságai, utcageometria illetve az emberi tevékenységek mind-mind a földfelszín hőmérsékletének fontos meghatározó tényezői (TWUMASI et al., 2021).

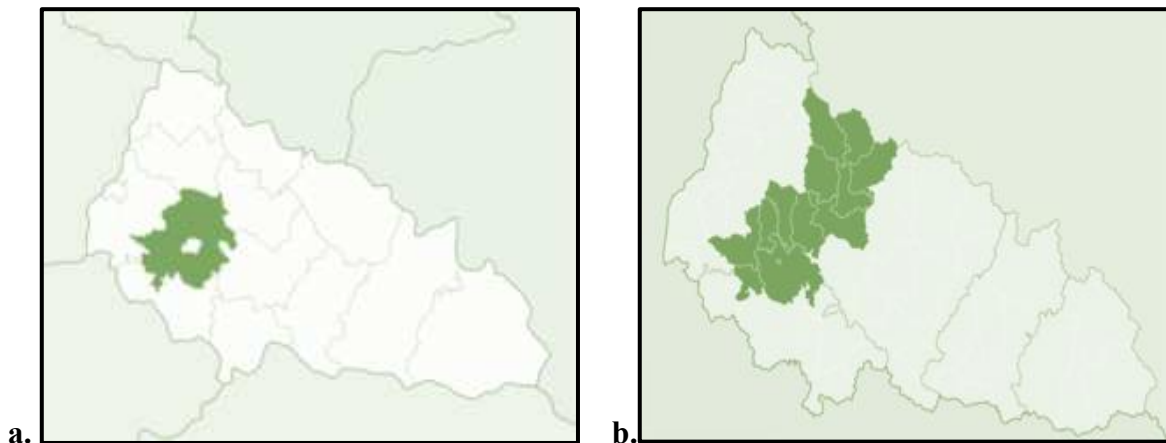


5. ábra. Elkészített LST felvétel (saját szerkesztés)

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálati terület bemutatása

A Munkácsi járás, Ukrajnában azon belül Kárpátalja megyében található, székhelye Munkács város. 1956. november 9-én hozták létre, területe akkoriban 998 km² volt, azonban 2020. július 19-én hozzá csatolták a Volóci és a Szolyvai járást, így a ma ismert Munkácsi járás területe 2056 km², melynek székhelye Munkács város.. A járásban 142 lakott terület van jelen. A népesség száma pedig 254600-ra tehető [11].



6. ábra. A Munkácsi járás területe: **a.** régen 1956 – 2020 évek között és
b. jelenleg 2020-tól (saját szerkesztés)

A Munkácsi járás domborzati viszonyai sokban megegyeznek a megye domborzati jellemzőivel. Kárpátalja (ukránul Zákárpáttyá) mesterségesen körülhatárolt politikai, földrajzi tájegység az I. világháború után jött létre. Kárpátalja területének nagyobbik része (80%-a) hegyvidék (KORMÁNY, 1996). Kárpátalja területe szerkezeti-földtani szempontból alapvetően két részre osztható: Gyúrt-Kárpátokra és Kárpátaljai-süllyedékre. Gyúrt-Kárpátok elsősorban a kréta-paleogén során takaróba rendeződött és a miocénre kiformalódó flis anyagú szerkezeti elemek érthetők (GÖNCZY, 2009). Az Északkeleti Kárpátok a Rawka (Rovka 1303 m), a Stinka (Sztinka 1078 m), Javornik (Javirnik 1201 m) tagjaitól a Csorna-Gora csoportjáig terjedő részét foglalja magába. Ez az egész Kárpátok legkeskenyebb (100-110 km), legalacsonyabb és legegyszerűbb felépítésű és szerkezetű szakasz. Kárpátalja

területét keletről nyugat felé homokkő övezetre, vulkáni zónára és síksági területre tagolhatjuk (KORMÁNY, 1996).

A terület éghajlati viszonyai a változatos domborzat okozta kis területi kiterjedés ellenére is jelentős változatosságot mutat. A megye síkvidéke a nedves kontinentális éghajlattípushoz tartozik, a Kárpátokra pedig ennek a hegyvidéki változata jellemző. Ezt az éghajlattípust a mérsékelt övi tengeri, valamint a mérsékelt övi szárazföldi légtömegek változása jellemzi egész év folyamán. Télen, időként, a Kárpátok védőhatása ellenére, betörnek ide a sarkvidéki légtömegek, hideg száraz időjárást eredményezve. Nyáron viszont előfordul, hogy a trópusi szárazföldi (szaharai) légtömegek érik el a térséget, forró, száraz időjárást alakítva ki. Kárpátalján eddig a beregszászi meteorológiai állomáson mérték a legmagasabb hőmérsékletet, 41°C -ot. A nevezett állomás adatainak a tanúsága szerint viszont 1947, az állomás üzembe helyezése óta, az itt mért abszolút maximum csupán $38,5^{\circ}\text{C}$ volt (2007 júliusa). A megye alföldi részét reprezentáló Beregszászon eddig mért legalacsonyabb hőmérsékleti érték $-32,5^{\circ}\text{C}$ volt, amit 1954 januárjában regisztráltak. A magassággal az évi középhőmérséklet ezer méterenként átlagosan 6°C -kal csökken. A hőmérséklet függőleges változása nyáron jelentősebb, $7-8^{\circ}\text{C}$ kilométerenként, míg télen csupán $3-4^{\circ}\text{C}$ az értéke. Ennek megfelelően az évi középhőmérsékletek a hegyvidék völgyeiben a magasságtól függően 4 és 8°C között, az 1000 m fölötti gerinceken 0 és 3°C között változnak. A leghidegebb hónap a január, középhőmérséklete a folyóvölgyekben -4 és -7°C , a gerinceken -6 és -8°C között változik. A hegygerincek hőmérséklete télen gyakran magasabb, mint a völgyeké, jellemzően derült éjszakákon, mivel a lehülő, nehéz levegő a hegyoldalakon lefelé mozogva a völgyekben halmozódik fel. A globális felmelegedés általános trendje Kárpátalján is érvényesül, sőt, az utóbbi évtizedek hőmérséklet – emelkedésnek a mértéke meghaladja a földi átlagot (MOLNÁR, 2009).

Kárpátalja természetes vízellátottsága igen gazdagnak mondható. Felszíni vizeinek összterülete 15000 hektárnak felel meg és teljes egészében a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozik. A vízfolyások száma hozzávetőlegesen 9000 lehet, összhosszuk pedig meghaladja a 19000 km-t. (ГЕРЕНЧУК 1981; ЗАСТАВЕЦЬКА et al. 1996; ПОП 2003; АФАНАСЬЕВ 2006; MOLNÁR 2009). Az említett vízfolyások közül legtöbbje nem éri el még a 10 -km hosszúságot sem. A 10 km hosszát meghaladó folyók száma vitatott, Геренчук (1981) 152 vízfolyást, Molnár (2009) 142 vízfolyást említ. Azonban van 4 olyan vízfolyás, amelyek Kárpátaljára eső hossza meghaladja 100 km-t is: a Tisza (220 km), a Latorca (191 km), az Ung (133 km), és a Borzsa (106 km) (ГЕРЕНЧУК 1981; ЗАСТАВЕЦЬКА ET AL. 1996; ПОП 2003; MOLNÁR 2009). A 32 természetes eredetű állóvíz, általában 1 hektárnál kisebbek. Szinevéri-tó a legnagyobb

Kárpátalja területén, amely 979 méter tengerszintfeletti magasságban található, egy földcsuszamlás eredményeképpen jött létre több mint 10000 évvel ezelőtt, legmélyebb pontja 24 méter, víztükre 7 hektárral egyenlő. A mocsarak és a lápok mára már aligha maradtak a lecsapolási munkálatok eredményeképpen. A Borzsa és a Latorca folyók között található települések között alakult ki a Szernye-mocsár. Egykori területe meghaladta a 100 km²-t, azonban a lecsapolás és a mezőgazdasági munkálatok következtében kiszáradt. Azonban napjainkban is lehet találkozni kisebb kiterjedésű és lápokkal a hegyvidéki régió kárteknőiben. Az egyik legterjedelmesebb a Borló-Gyil vulkáni kráterben fellelhető Bahno-mocsár. A lápok általában a völgytalpak mélyedéseiben jönnek létre. Az egyik legnagyobb a Hluhanya oligotróf dagadóláp, melynek területe 17 hektárt foglal el, Felsőkalocsán, 620 m tengerszint feletti magasságban lelhető meg (KOLOZSVÁRI et al., 2020).

Kárpátalja növényvilága kimondhatatlanul nagy változatosságot mutat. A megye flórája 2613 fajt foglal magába, melyek java részt őshonosak, ezen növényekből pedig 143 védett faj vagyis szerepel Ukrajna Vörös Könyvében, illetve 405 faj található Kárpátalja Regionális Vörös Listáján. A növényföldrajzi beosztás szerint Kárpátalja területe növényföldrajzi szempontból a Pannonicum és a Carpathicum flóratartományba tartozik (KOHUT, 2013).

A Munkácsi járásban uralkodó fafaja a kocsányos tölgy (*Quercus robur*), koronaszintje elérheti a 26-30 méter magasságot. Kevésbé elterjedtek a kocsánytalan tölgyesek (*Quercus petraea*), elegyfajai, a közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) és a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*). A természetes növényzetet nagy kiterjedésű szántók, legelők, gyümölcsösök, szőlőültetvények tagolják. Az erdők irtásrétekekkel és agrocönózisokkal váltakoznak. A rétek főleg másodlagosan kialakuló szárazrétek, amelyek domináns fűfaja a pusztai csenkesz (*Festuca rubra*). A kiegyenlített területeken a vöröscsenkesz (*Festuca rubra*) a közönséges tarackbúzával (*Elytrigia repens*) és a fehér (*Trifolium repens*), valamint korcs herével (*Trifolium hybridum*) alkot társulást (KOHUT, 2013).

2.2. A felhasznált multispektrális felvételek jellemzői

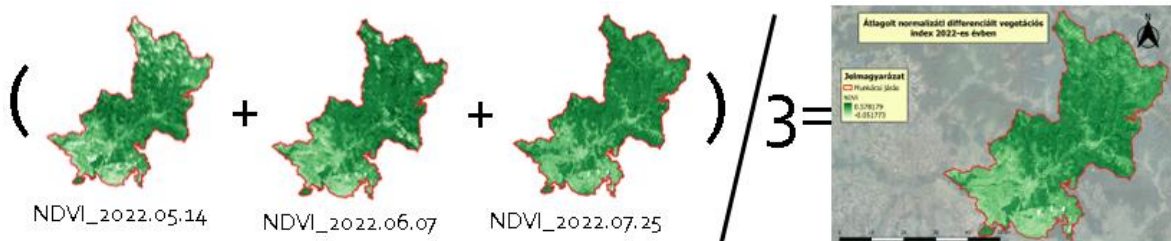
Amint már említettük egy területre szóló térkép készítése multispektrális felvételek segítségével több összetett műveletet, számos program alkalmazását és ismeretét igényli.

Méréseinket elsősorban a munka menetével és annak megtervezésével kezdtük meg. Felvételeinket az ingyenesen interneten elérhető USGS Earth Explorer felületről töltöttük le, ügyelve arra, hogy a felhőborítottság a lehető legkisebb értékeket mutassa. A Landsat műhold, azon belül a Landsat 8-9 csatornáin készített felvételeket vettük igénybe. Összesen 4 évet vizsgáltunk: 2022, 2021, 2018 és 2017. Az év legintenzívebb vegetációt mutató hónapokat vettük figyelembe: május, június és július; vagyis minden évről három felvételt készítettünk, ez annak érdekében történt, hogy elkerüljük azt a helyzetet, hogy csupán csak egy pillanat kép alapján ítéljük meg az adatokat, több felvétel segítségével átfogóbb képet kapunk a terület tulajdonságairól és azok változásairól.

Miután letöltöttük az összes számunkra szükséges felvételt, munkán további részét a QGIS térinformatikai szoftverben folytattuk. A programban található raszterkalkulátor és az NDVI kiszámításához szükséges képlet segítségével megkaptuk a terület egy bizonyos évre és hónapra szóló NDVI térképét. Az NDVI térképre épül a ZFI felvétel. Az NDVI számításokban egy újra osztályozás szükséges, ahol egy 7 soros adattábla beillesztése, kitöltése és az adatokhoz tartozó szín megadása szükséges. A színkód megadása irodalom alapján történt (3. ábrán látható).

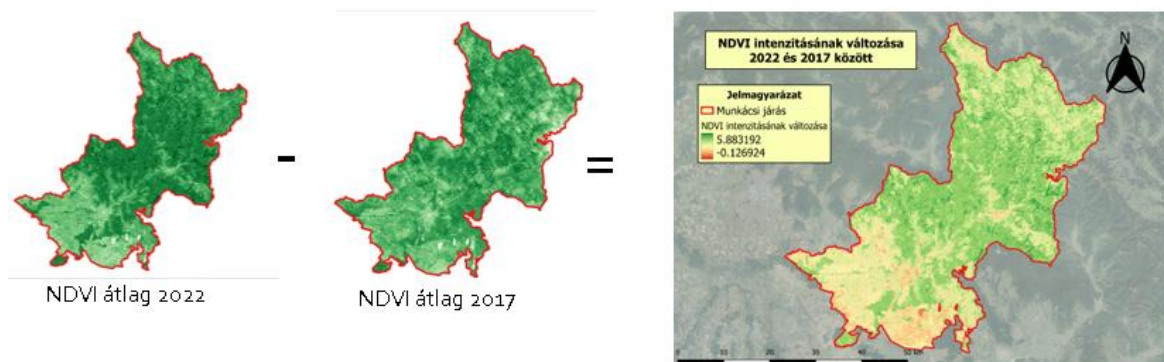
Az LST térképek készítése szintén a már meglévő általunk letöltött Landsat felvételek és a QGIS térinformatikai szoftver segítségével készültek. A QGIS raszter kalkulátorban a képletek (2.2.1. fejezetben találhatóak) segítségével történt számítások eredményezték az LST térképeinket.

Miután minden általunk vizsgált év és annak minden hónapra szóló térképét elkészítettük, megkezdtük az évek felvételeinek átlagolását. A QGIS szoftverbe előhívtuk az egy évre szóló három elkészített felvételt, ezeket a kalkulátorban összeadtuk egymással és elosztottuk azok számával, vagyis 3-al, így megkaptuk az év átlag vegetációs indexét, átlag zöldfelületi intenzitását és a felszíni szárazföldi hőmérsékletét.



7. ábra. A térképek átlagolása egy éven belül (saját szerkesztés)

Miután megkaptuk minden év átlagolt térképét megkezdhettük a munkánk következő részét, adatok évek közötti változásának vizsgálatát. Ezt szintén a QGIS szoftver segítségével történt. A raszter kalkulátorban kivontuk az egyik év térkép eredményeit a másiktól, így megkaptuk azok változásait.



8. ábra. Az elkészített éves átlagolt térképek közötti változás (saját szerkesztés)

2.2.1. A szárazföldi felszíni hőmérséklet számítása

A szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) távérzékelési adatok és algoritmusok segítségével számítható ki, amelyek figyelembe veszik a földfelszín által kibocsátott hősugárzást befolyásoló tényezőket [9].

Az LST kiszámításához elsősorban szükségünk van távérzékelési adatokra, amelyek általában műholdak segítségével készülnek. Ezek elemzéséhez és kiszámításához pedig egy térinformatikai szoftverre lesz szükség.

Maga a felszíni hőmérséklet kiszámítása több műveletes képlettel fejezhető ki.

1. lépés

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L - Q_i$$

Ahol:

TOA(L) – Teljes spektrális radiancia

M_L – csatornaspecifikus multiplikatív faktor

Q_{cal} – B10 csatorna a Landsat 8 műholdfelvétel esetében

A_L – csatornaspecifikus additív faktor

Q_i – a B10 csatornához tartozó korrekciós érték a Landsat 8 esetében (0,29)

2. lépés

$$BT = (K2 / \ln(K1 / TOA(L) + 1)) - 273.15$$

Ahol:

BT – Top of Atmosphere Brightness Temperature

L λ – Teljes spektrális radiancia (TOA(L)): az első lépésben kiszámított raszteres állomány

K1 – K1_CONSTANT_BAND_10=774.8853

K2 – K2_CONSTANT_BAND_10=1321.0789

-273.15 – átszámítás Kelvinről Celsiusba

3. lépés

$$NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$$

Ahol:

NDVI – Normalizált differenciált vegetációs index

NIR – közeli infravörös (Band5) Landsat 8

RED – vörös (Band4) Landsat 8

4. lépés

$$P_v = ((NDVI + NDVI_{min}) / (NDVI_{max} + NDVI_{min}))^2$$

Ahol:

P_v – vegetációval borított felszínek részaránya

NDVI – normalizált differenciált vegetációs index (a 3. lépésben kiszámított raszteres állomány)

NDVI_{min} – a műholdkép alapján számított NDVI minimumérték

NDVI_{max} – a műholdkép alapján számított NDVI maximumérték

5. lépés

$$\varepsilon = 0.004 * P_v + 0.986$$

Ahol:

ε – Land Surface Emissivity (LSE) felszíni emissziós érték

P_v - vegetációval borított felszínek részaránya (a 4. lépésben kiszámított raszteres állomány)

6. lépés

$$T_s (\text{LST}) = \frac{B_{10}}{(1 + (\lambda \cdot B_{10} / \rho) \cdot \ln(e))}$$

Ahol:

T_s – Land Surface Temperature (LST) felszíni hőmérséklet

ϵ_λ – Land Surface Emissivity (LSE) felszíni emissziós érték (a QGIS képletben „e”), az 5. lépésben kiszámított raszteres állomány

BT - Top of Atmosphere Brightness Temperature (a 2. lépésben kiszámított raszteres állomány

λ – az emissziós sugárzás hullámhossza (10.895)

ρ – számított állandó a Boltzmann állandóból, a fény sebességéből és a Planck állandóból levezetve (14388) [6].

2.3. Az adatok statisztikai elemzésének elvégzése

Az adatok statisztikai elemzésének elvégzéséhez a már ismert QGIS térinformatikai szoftver mellett még a JASP, ami egy ingyenesen elérhető statisztikai elemzési program, használtuk fel. Munkánk ennek fejezetében a normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) és a felszíni szárazföldi hőmérséklet (LST) adatok közötti összefüggést szeretnénk volna feltárni. A QGIS-ben előhívtuk mind a négy évre szóló átlagolt NDVI és LST felvételt. Ezt követően a térképek minden pixeleit pontokká alakítottuk át, vagyis minden pixelt adatként vettünk fel. Majd a QGIS-ben a műhold felvételek adataiból konvertált attribútum táblát dolgoztuk fel a JASP statisztikai elemző program segítségével.

2.3.1. QGIS jellemzése

A QGIS egy professzionális térinformatikai alkalmazás, amely szabad és nyílt forráskódú szoftverre (FOSS-Free Open Source Software) épül. Magában a QGIS (Quantum Geographic Information System) Quantum Földrajzi információs rendszert jelent [12]. Fejlesztésével az OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) foglalkozott. Hivatalosan 2002-es év májusában jött létre [13].

A program lehetőséget biztosít a térképek létrehozásába, azok vizuális elemzésében, ennek köszönhetően a program alkalmas a térképek megjelenítésére, szerkesztésére, adatok elemzésére és nyomtatható térképek összeállítására. A QGIS szoftver használható Linux, Unix, Mac OSX és MS Windows operációs rendszerek által [13].

2.3.2. JASP jellemzése

A JASP (Jeffrey's Amazing Statistics Program) egy ingyenes és nyílt forráskódú statisztikai elemzési program. Oly módon lett létrehozva, hogy könnyen használható és felismerhető legyen a SPSS (Statistical Package for the Social Science) vagyis a tudomány iránt érdeklődő egyszerű felhasználók számára is [14].

Szabványos elemzési eljárásokat kínál a felhasználók számára, eredménytáblázatokat és diagramokat készít a közzététel megkönnyítésének érdekében.

Számtalan előnnyel rendelkezik más hasonló statisztikai elemzési programok mellett:

- Elsősorban letöltése és használat ingyenes.
- Az adatok folyamatosan táblázat formájában elérhetőek (ez a tulajdonság főleg a kezdők számára nagyon hasznos, mivel minden adat mindig rendelkezésünkre áll és nem kell fejben tartani az adataink halmazát).
- Az eredmények kezelése is előnyt jelent számunkra (az eredményeket tartalmazó Output gyakorlatilag egyedülállóan frissül a JASP-ben, ahogy az adott elemzésnek a beállításain változtatunk, vagyis a félresikerült elemzés próbák nem fogják tele „szemetelni” az Output-ot).
- Az Output áttekinthetősége.
- A táblázatokat APA formátumba fogák megjeleníteni.
- Számtalan fajta elemzés elérhető [14].

2.3.3. A lineáris korrelációs együttható meghatározása

A korrelációt az adatok vagy változók közötti kapcsolat és annak erősségének vizsgálatokor szokták elvégezni.

A sztochasztikus kapcsolatokat (két szélsőség – teljesen függvényszerű és a teljesen független – közötti átmenet) felderítésére, két valószínűségi változó közötti kapcsolat szorosságának kifejezésére az egyszerű lineáris korrelációs együttható (r) szolgál.

A lineáris korrelációs együttható értéke +1 vagy -1 között változhat, pozitív értékei a két változó közötti egyértelmű, negatív értékei pedig ellentétes értelmű kapcsolatra utalnak. Függvénykapcsolat esetén értéke +1 és -1, ha pedig a két változó között összefüggés nincs, értéke 0. A kapcsolat nemlétét nemcsak 0 értékű korrelációnál, hanem 0 körüli kisebb abszolút értékű korrelációs együttható esetén is ki kell mondanunk (FIDY – MAKARA 2005).

1. táblázat. A korrelációs együttható megbízhatósága (szignifikanciája)

A korr. együttható (r) értéke		A két változó közötti kapcsolat jellemzője
0	0	nincs lineáris kapcsolat
0 – 0,2	-0,2 – 0	gyenge, majdnem hanyagolható kapcsolat
0,2 – 0,4	-0,4 – -0,2	biztos, de gyenge kapcsolat
0,4 – 0,7	-0,7 – -0,4	közepes korreláció, jelentős kapcsolat
0,7 – 0,9	-0,9 – -0,7	magas korreláció, markáns kapcsolat
0,9 - 1	-1 – -0,9	nagyon magas korreláció, erős függő kapcsolat

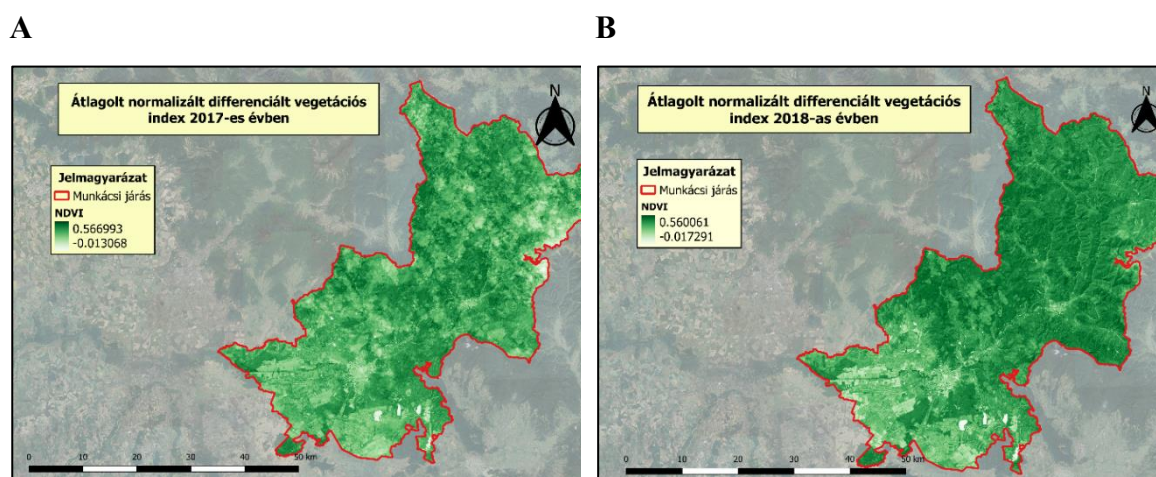
III. EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1. A felszín normalizált differenciális vegetációs index-értéke (NDVI) a Munkácsi járásban

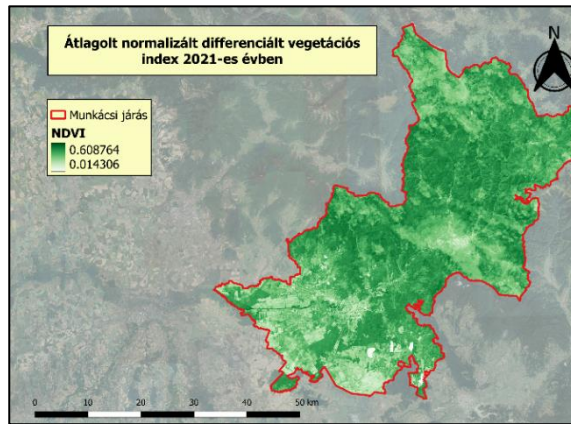
A normalizált differenciális vegetációs index értékes és annak célszerű hasznosítását először az 1980-as években fedezték fel. Az NDVI, az egyik legismertebb vegetációs index, amely a növényzet vegetációjának az intenzitásának mérésére alkalmazzák. A különböző hullámhosszúságú fények visszaverődésének segítségével képes felmérni egy adott terület növényzetének mennyiségét és azok egészségi állapotának a minőségét. Ezen adatok megszerzésével könnyen nyomonkövethető akár egy adott terület növénytakarójának a pozitív vagy negatív változása (BAKÓ, 2010a).

Ahhoz hogy a számításaink végén egy ténylegesen reprezentatív és valós NDVI térképet kapjunk, számos pontot kellett figyelembe vennünk. Munkánk során a Landsat műhold 8-9 csatornák segítségével készített multispektrális felvételeket használtuk. Összesen 4 évet vizsgáltunk: 2017, 2018, 2021 és 2022. Minden évről három-három térkép lett elkészítve, annak érdekében, hogy átfogóbb és részletesebb képet kapjunk az általunk vizsgált terület adott évben elért NDVI értékekről. Ezt követően mind a három legintenzívebb vegetációs hónap (május, június, július) eredményeit összegeztük egy éven belül, így megkapva az adott év átlagolt vegetációs indexét.

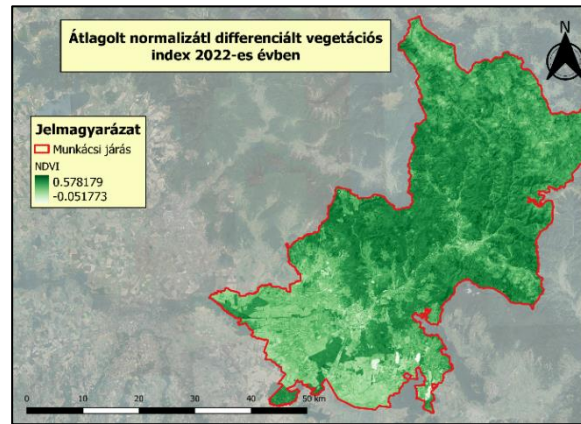
A 9. ábrán. látható mind a 4 általunk vizsgált év elkészített NDVI térképe. Ezek lehetőséget biztosítottak számunkra a továbbiakban megvizsgálni a normalizált differenciális vegetációs index változását ezen évek között.



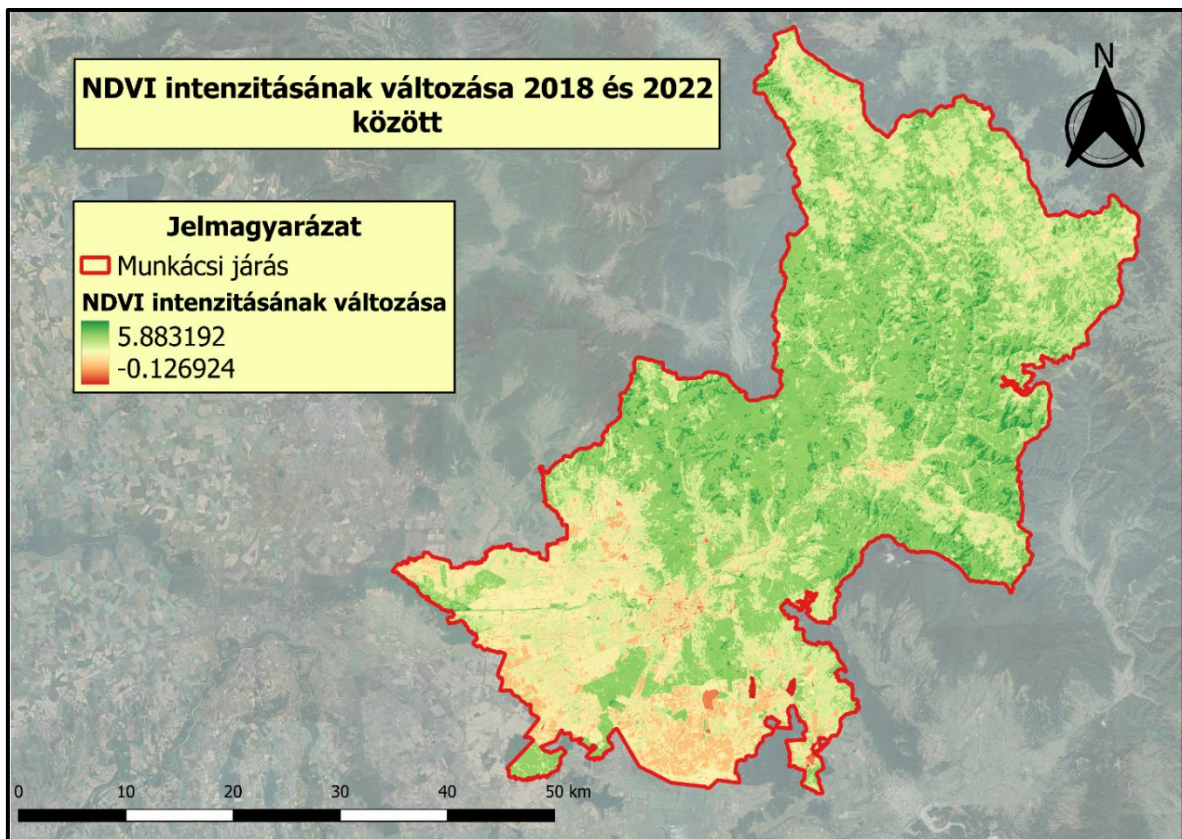
C



D



9. ábra. Átlagolt évenkénti normalizált differenciális vegetációs index (A. – 2017-es évi átlagolt NDVI , B. - 2018-as évi átlagolt NDVI, C. - 2021-es évi átlagolt NDVI, D. - 2022-es évi átlagolt NDVI)

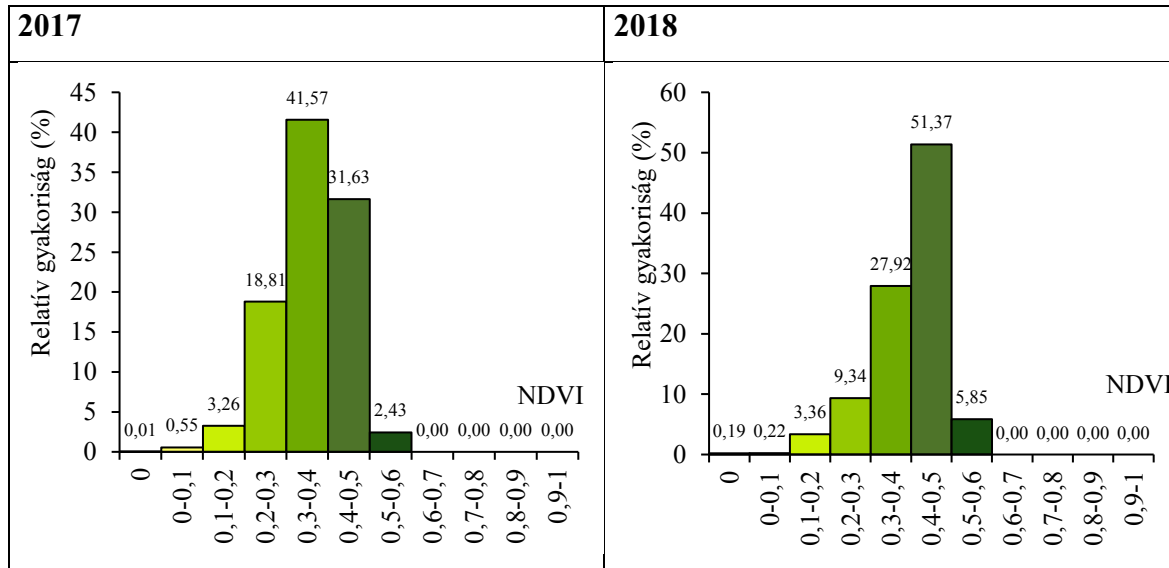


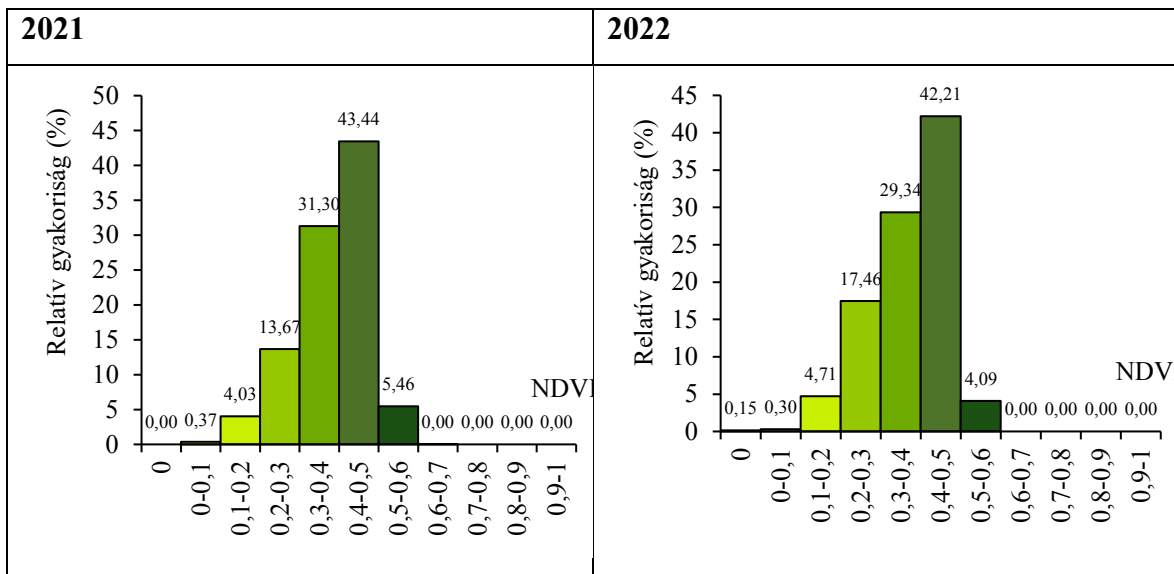
10. ábra. Az NDVI intenzitásának változása 2018-as és 2022-es évek között

A 10. ábrán látható térkép szemlélteti a 2018-as és 2022-es évek közötti NDVI változást. A színek mutatják számunkra a már megtörtént változások jelenlétét. A zöld szín a pozitív változást jelzi az árnyalatának az intenzitása pedig a változás mértékét. A piros szín felel a negatív változás jelzéséért, annak intenzitása, akár csak a zöld esetében, a változás drasztikusságát jelzi. A fehér vagy az ahhoz közeli árnyalat pedig a változás hiányáért felel.

Az első, ami észrevehető az, hogy a Munkácsi járás legnagyobb városán belül és annak határaink közelében több a piros és annak árnyalata, ami arra utal, hogy a városban és annak környékén negatív változás mutatható ki a vegetációs index vizsgálatokor. Ez lehetséges Munkács, mint város fejlesztésének és egyre nagyobb urbanizációjának köszönhető. Illetve a megyében beljebb haladva az erdős részekben is megfigyelhető egy-két nagyobb méretű intenzív vörös folt, ami már a fakivágás illetve az erdőirtás következményeként jelenik meg. Pozitív változást is láthatunk, ezek főleg kisebb intenzív zöldellő területekből észrevehetőek, amik távolabb helyezkednek el a településektől.

Általánosan elmondható, hogy nem figyelhető meg nagyobb mértékű, drasztikus pozitív vagy negatív változás. A települések környékén csökkent, míg azoktól távolabb, nőtt az NDVI intenzitás az elmúlt 4 év alatt.





11. ábra. Az NDVI értékek gyakorisági eloszlása (%) évenként a Munkácsi járás területén

A 11. ábrán látható az NDVI átlagolt évi adatok alapján elkészített hisztogram, ami szemlélteti az értékek gyakorisági eloszlását %-ban. 2017- es adataink alapján a 0,3-0,4 értékek érték el a legmagasabb, 42%-os gyakoriságot, ami azt jelenti hogy főképp relatív alacsony beépítettség mellett, relatívan magas a zöldfelületi arány. A következő évekbe a 0,4-0,5 értékek foglalták el az első helyet mennyiségi eloszlásban. 2018-ban 51%, 2021-ben 43%, 2022-ben pedig 42%-ban voltak jelen, ami azt jelenti, hogy az alacsonyabb beépítettséggel jellemezhető területhez képest igen nagyarányú erőteljes növénytakaróval találkozhatunk. Vagyis az elmúlt évek során a Munkácsi járás területén az évek előre haladásával főképp erősödött a növényzet.

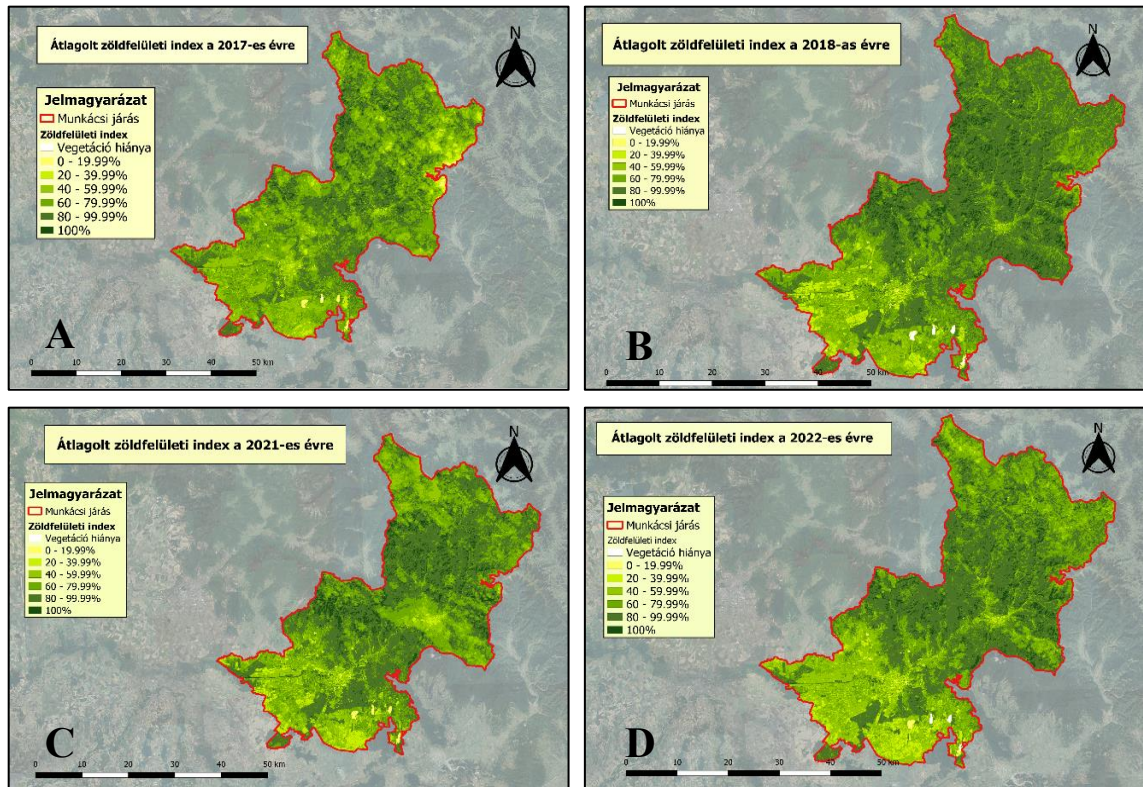
3.2. A zöldfelület intenzitás (ZFI) értéke a vizsgált területen

A zöldfelület intenzitás (ZFI) módszerek a gyakorlatban a vegetáció biológiai aktivitásának kimutatására használt normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) értékeire épülnek. A zöldfelületek pozitívan járulnak hozzá a városok esztétikai és a társadalom jóléti állapotaihoz. A felsorolt okok miatt érdemes elegendő figyelmet fordítani a zöldfelület intenzitás területi aránya, egészségügyi állapota és ezek változására. A ZFI térképek készítése és elemzése ezen célokból jött létre, segítségével könnyen nyomonkövethető akár milyen kisebb-nagyobb zöldfelületi változás (JOMBACH, 2014b).

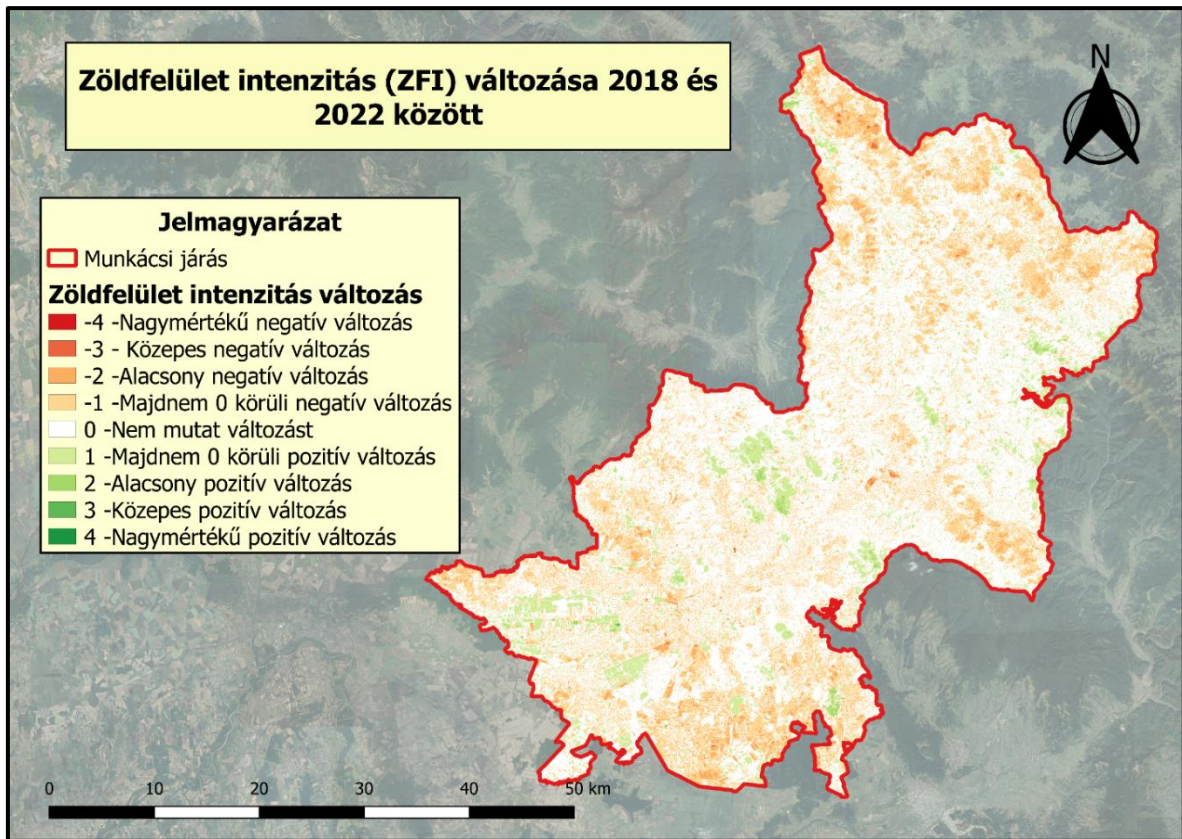
A 12. ábrán megtekinthetők az általunk elkészített zöldfelületi intenzitást (ZFI) ábrázoló térképek összessége, melyek a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI)

értékeire épültek. Vagyis itt már nem volt szükség elvégezni minden év 3-3 felvételének elkészítését, illetve átlagolását, hanem a már meglévő, átlagolt éves NDVI térképek szolgálták alapul a ZFI értékek kimutatására.

A vegetáció intenzitását kimutató térképekhez hasonlóan, ebben az esetben is elvégeztük az évek közötti zöldfelületi intenzitás változások megfigyelését, vagyis elkészítettük az évek közötti változást ábrázoló térképet (13. ábra).



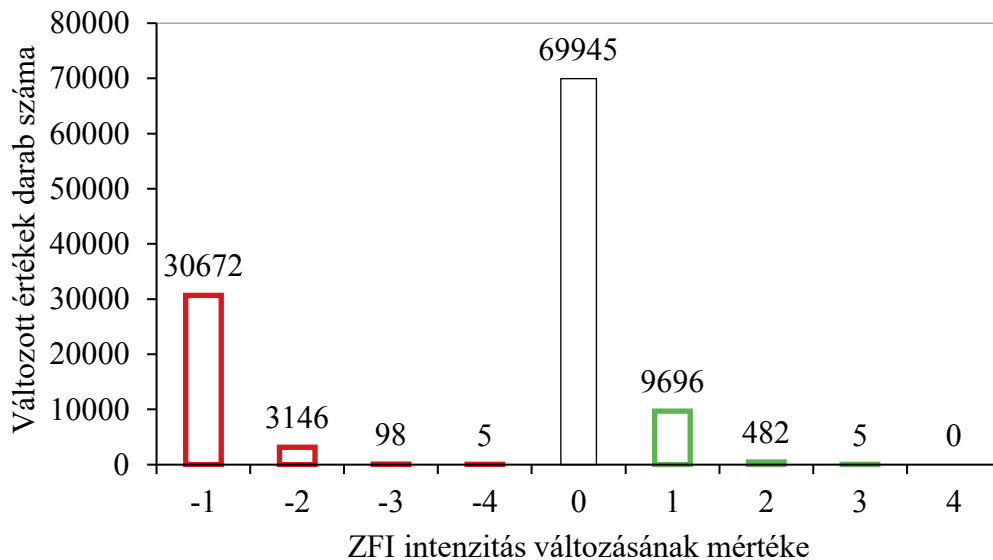
12. ábra. Átlagolt évenkénti zöldfelületi intenzitás (**A.** – 2017-es évi átlagolt ZFI , **B.** - 2018-as évi átlagolt ZFI, **C.** - 2021-es évi átlagolt ZFI, **D.** - 2022-es évi átlagolt ZFI)



13. ábra. Az ZFI intenzitásának változása 2018-as és 2022-es évek között

A térképen látható a 2018-as és 2022-es évek között történt zöldfelületek tömegének a változása. A jelmagyarázatban megtekinthető színek jelzik számunkra a változások jelenlétét. A vörös szín a negatív ZFI változásokat, annak intenzitása pedig a változás mértékét jelzi. A zöld szín a pozitív változások zömét képviseli, annak élénksége szintén a végbement változás erősségét mutatja. A fehér szín jelzi a zöldfelületi intenzitás változásának hiányát. Nagymértékű negatív változást úgy kaphatunk, ha fákkal és növényekkel övezet területet építenek be (például ha építkezést indítanak el egy olyan területet, amit azelőtt sűrűn növények fedtek, elhagyott parkok, mezők, erdők stb.). Nagymértékű pozitív változásokat pedig abban az esetben figyelhetünk meg, ha egy addig beépített vagy kizsigerelt terület helyére növényeket ültetnek. (például egy kiirtott erdő újratelepítése).

A térképen első ránézésre is már elmondható, hogy a Munkácsi járás, a civilizáció jelenlététől függetlenül, a terület főképp negatív változásokon ment keresztül az elmúlt 4 év alatt. Nagymértékű negatív változást is megfigyelhetünk a terület több részén is.



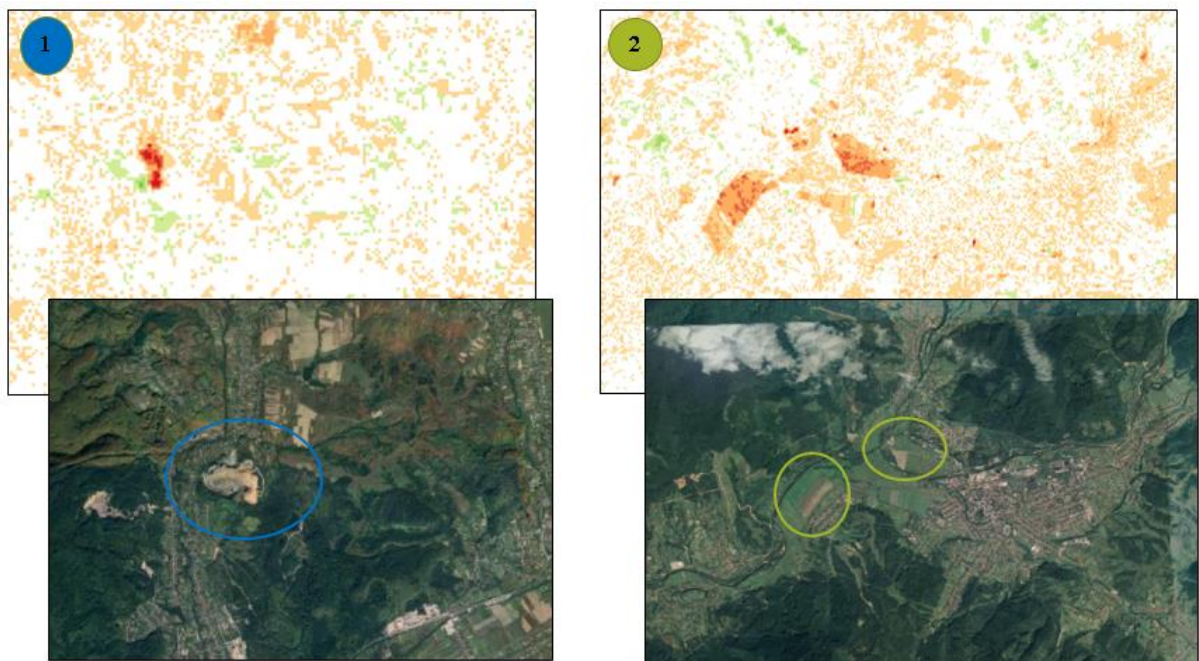
14. ábra. A ZFI intenzitásának változása 2018-as és 2022-es évek között készített térkép számszerűsített adatai alapján

A 14. ábrán már számszerűsített adatok alapján is levonhatjuk a következtetéseket. A 2018-as és 2022-es évek között a zöldfelületi intenzitás főképp 0 értéket vett fel, azaz a terület nagyobb része nem mutat változást a ZFI intenzitásra vonatkozóan. Negatív mutatókat 33 921 ponton, míg pozitív mutatókat csupán 10 183 ponton tapasztalhatunk. Vagyis azon elmúlt években a zöldfelületi intenzitás változás főképp negatív volt.

A Google Satellite segítségével megvizsgáltuk mi okozta ezeket a változásokat (15.-16. ábra). A járás síkságon elhelyezkedő része, ahol intenzívebben fejlődik a civilizáció, főképp az infrastruktúra fejlesztése okozza ezeket a változásokat. Munkács város központjában és külvárosában is találkozhatunk ilyen pontokkal. A település közepében az addig elhagyott parkos részen egy akvapark (Аквапарк «Карпатія») megépítésére került sor, illetve egy fákkal övezet terület helyére épített raktár, míg a külvárosba mező területeken létrehozott több új szántó föld eredményezte ezeket a változásokat.



15. ábra. Munkács város kül- és bevárosában tapasztalt nagymértékű negatív ZFI változás (A. – elhagyatott park területre épített akvapark, B. – Kisebb fákkal övezet területre épített raktár, C. – Város szélénen elhelyezett új szántóföldek)



16. ábra. A Munkácsi járás hegyvidéki részén tapasztalt nagymértékű negatív ZFI változás (1. – erdőirtás okozta negatív változás, 2. – Hegyvidéki erdős részeken új szántóföldek elhelyezése)

Ahogy haladunk a megye észak-keleti irányába, egyre kevesebb jel utal az urbanizáció okozta negatív hatásokra, itt már más problémák összessége eredményezi a

rossz változásokat. A műholdképek megtekintésével egyértelműen a fakivágások és az erdőirtások jeleinek lehetünk a tanúi. Habár találkozhatunk pozitív zöldtömeg intenzitás változásokkal, ezek összessége közel sem ér fel a negatív változások terjedelmével. Mindemellett nagymértékű pozitív változást (4) sem tapasztalunk, míg nagymértékű negatív változásokkal (-4) annál inkább.

3.3. A felszíni szárazföldi hőmérséklet (LST) értéke a vizsgált területen

A szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST – Land Surface Temperature) az jelenti, hogy az adott területet, ami fölött elhaladt a műhold, milyen melegen érezhető egy emberi érintés számára. Felszínnek tekinthető egy mező vagy erdő lombkorona szintje, vízfolyás, jégtakaró, vagy akár a települések területén található épületek teteje. Emiatt amikor a föld felszínének a hőmérsékletéről beszélünk, az nem egyezik meg az aznapi időjárásjelentésben szereplő levegő hőmérsékletével [9].

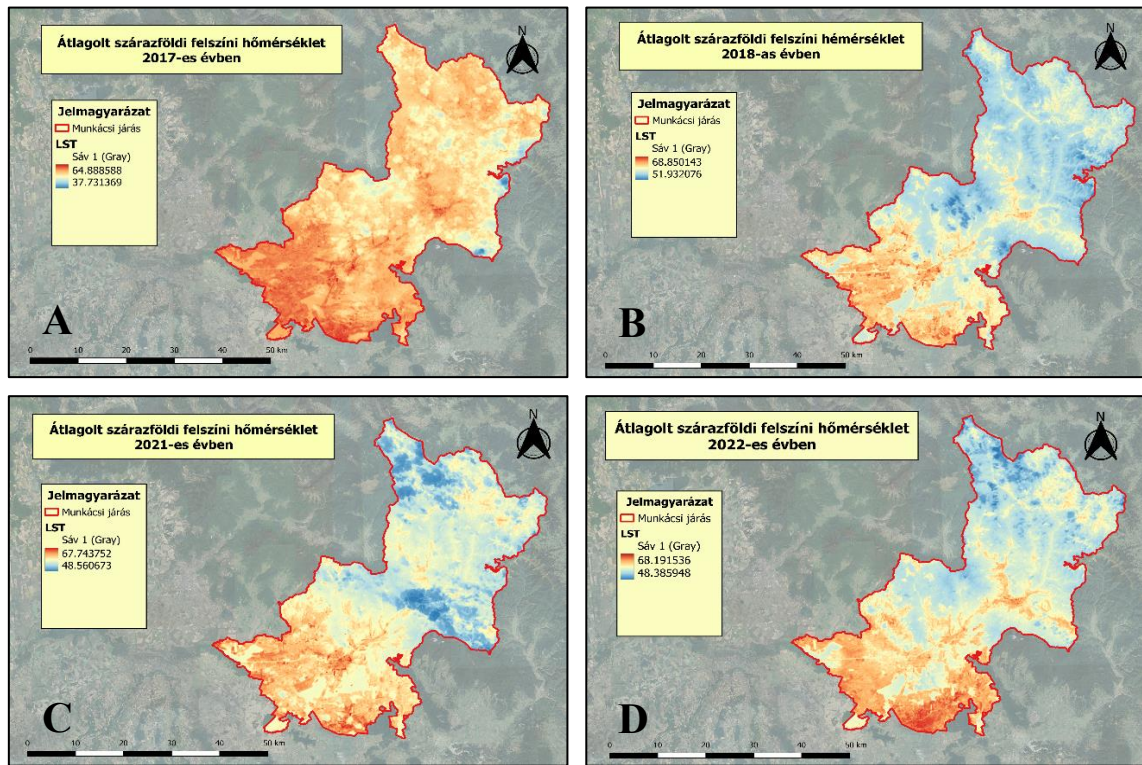
Az LST távérzékelési technikákkal mérhető, a geostacionárius műholdak infravörös spektrális csatornáinak felső légköri fényereje alapján történik. Továbbá becslése függ még az albedótól, vagyis egy anyag vagy felület fényvisszaverő képességének mértékétől, a növénytakarótól, a talajnedvességtől, a levegő hőmérsékletétől és a páratartalomtól [2].

A Munkácsi járásról készített normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) és a zöldfelületi intenzitás (ZFI) térképek készítése mellett még elvégeztük a terület szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) felvételek elkészítését és elemzését is. A 17. ábrán látható a 4 évre szóló átlagolt LST értékek alapján elkészített térképek összessége.

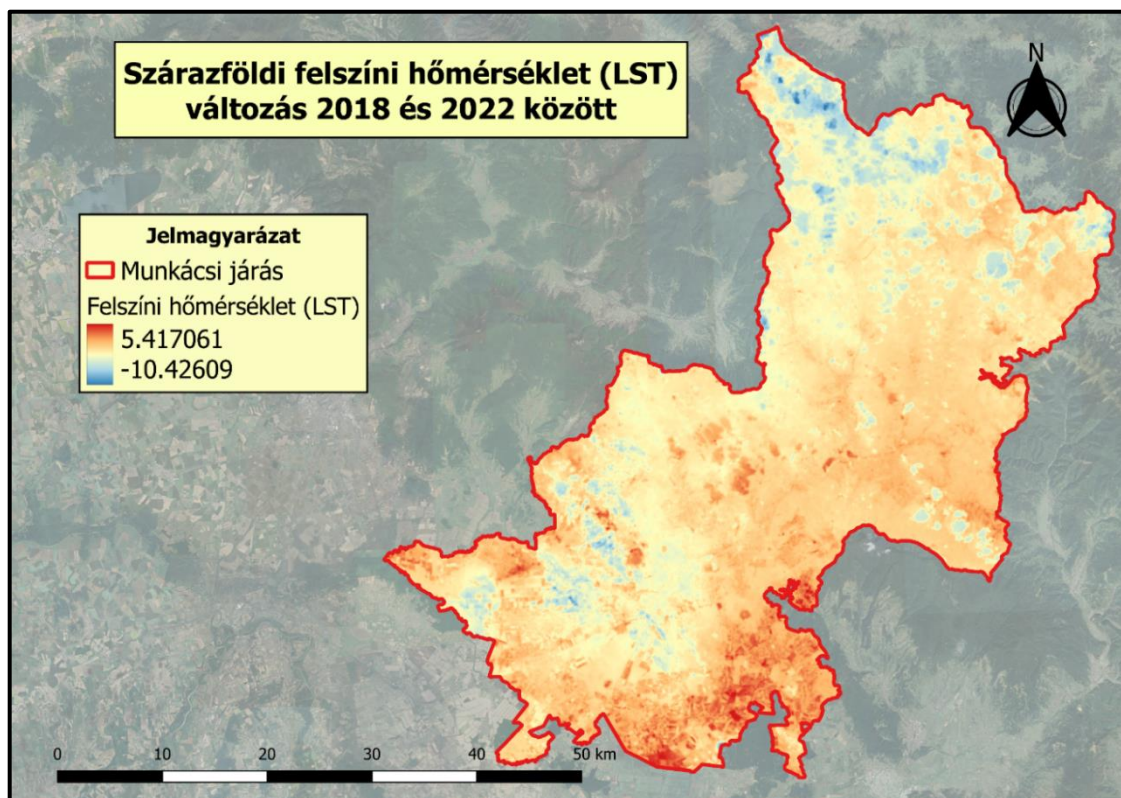
A térképen mefigyelhető, hogy a síkságon található nagyobb települések körül magasabb a felszíni hőmérséklet, míg a nem beépített területeken, ahol hegyvidéki magaserdők terülnek, sokkal alacsonyabb hőmérséklet mutatókat tapasztalhatunk.

Az eddigi méréseinkhez hasonlóan a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) változást ábrázoló térképet is elkészítettük, ami a 18. ábrán tekinthető meg. Ahol a vörös szín jelzi a hőmérséklet emelkedését a kék pedig annak a csökkenését. Amint látható 2018-as év óta felszíni hőmérséklet emelkedést tapasztalhatunk a megye szinte egész területén. Míg a hegyvidéki részen kisebb mértékű addig a síkságon, főképp a városok területén, tapasztalhatunk drasztikusabb hőmérséklet emelkedést. Ennek oka egyrészt a városokban kis mennyiségben jelenlévő zöldfelületek tömegei, amelyek a párologtatáshoz szükséges energiájukat a hőmérsékletből veszik s ezáltal csökkentik azt. Másrészt az urbanizáció által

létrehozott épületek és utak, amelyek képesek a hó hatására felmelegedni s ezáltal növelni a felszíni hőmérséklet intenzitását.



17. ábra. Átlagolt évenkénti szárazföldi felszíni hőmérséklet(A. – 2017-es évi átlagolt LST, B. - 2018-as évi átlagolt LST, C. - 2021-es évi átlagolt LST, D. - 2022-es évi átlagolt LST)

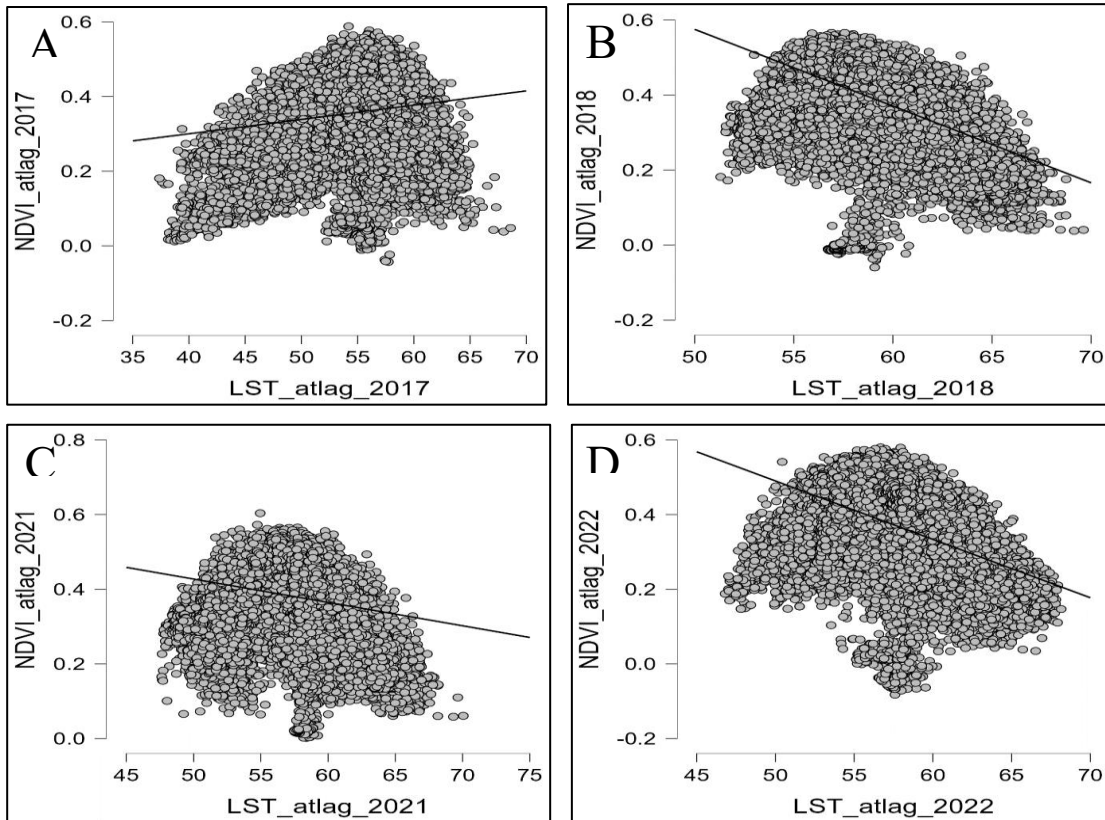


18. ábra. Szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) változás 2018 és 2022 között

3.4. Az adatok statisztikai elemzése

A korreláció analízist az adatok vagy változók közötti kapcsolat és annak erősségének vizsgálatakor szokták elvégezni. A sztochasztikus kapcsolatok (két szélsőség – teljesen függvényszerű és a teljesen független – közötti átmenet) felderítésére, két valószínűségi változó közötti kapcsolat szorosságának kifejezésére az egyszerű lineáris korrelációs együttható (r) szolgál. A lineáris korrelációs együttható értéke +1 vagy -1 között változhat, pozitív értékei a két változó közötti egyértelmű, negatív értékei pedig ellentétes értelmű kapcsolatra utalnak (FIDY – MAKARA, 2005). A korrelációs vizsgálat során felállított nullhipotézisünk, hogy a két változó, azaz a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) és a normalizált vegetációs index (NDVI) értéke között nincs összefüggés. Hipotéziseink alátámasztásának érdekében elvégeztük az adataink korrelációját. Az adatok kinyerését a QGIS térinformatikai szoftverben végeztük. Az NDVI 2017, 2018, 2021, 2022 és az LST 2017, 2018, 2021, 2022 térképeink minden pixelét adatponttá alakítottuk át, vagyis minden térképünk minden pixeléből egy adatpárt (LST és NDVI) nyertünk ki. Ezeket Microsoft Excel táblázatba helyeztük át. Majd a JASP statisztikai program segítségével elvégeztük az adatok korrelációját. A 19. ábrán látható lineáris trendvonal jelzi számunkra, hogy pozitív vagy negatív kapcsolat (regresszió) tapasztalható az LST és az NDVI értékek között. A 2022-es év adatai alapján készült korreláció eredményében az együttható értéke $r = -0,576$, a 2018-as évben pedig $r = -0,642$, ezek közepes negatív korrelációt és 5% szignifikancia (megbízhatósági) szinten reális kapcsolatot jelentenek. A 2021-es évben az együttható $r = -0,227$, ami biztos, de gyenge negatív kapcsolatra utal. 2017-ben pedig $r = 0,151$, gyenge, majdnem hanyagolható pozitív kapcsolatot kaptunk.

A 2022-es és 2018-as felvételeink minősíthetők teljesen helyesnek, mivel a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) és a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) között elméletileg és gyakorlatilag is jelentős negatív függvényszerű kapcsolat létezik. Vagyis a sűrűbb, zöldebb és egészségesebb növényzet, valamint az általa intenzívebb párologtatás (transzspiráció) hőelvonó hatása bizonyíthatóan jelentősen csökkenti a levegő látens hőjét, így a felszín hőmérsékletét is. A 2018-as és 2022-es évek esetében kapott determinációs együtthatók (R^2) az mutatják, hogy a növényborítottság és annak fejlettsége 33-41%-ban meghatározza a felszín hőmérsékletét. A 2021-es gyenge negatív és 2017-es évek enyhe pozitív korrelációt véleményünk szerint a műholdfelvételeken jelentkező és azt zavaró magasabb felhőborítottság okozhatta.



19. ábra. NDVI és LST adatok korrelációi

(A. – 2017-es év , B. – 2018-as év C. – 2021-es év,D.- 2022-es év)

ÖSSZEFOGLALÁS

A munkánk célja volt felmérni a növényborítás változásának mértékét a Munkácsi járás területén a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) értékek alapján. Meghatároztuk a járás területén a zöldfelületek térbeli eltéréseit és időbeli változásait, illetve feltártuk a változások lehetséges okait. A kutatásunk során elemeztük a 2017-es, 2018-as, 2021-es és 2022-es évekre vonatkozóan a Munkácsi járás területén a normalizált differenciális vegetációs indexe (NDVI), a zöldfelületi intenzitás (ZFI), illetve a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) értékeit és azok évek alatt végbement változásait.

Az NDVI átlagolt évi adatok alapján elkészített hisztogram szerint a 2017-es év kivételével a 0,4-0,5 NDVI értékek foglalták el az első helyet mennyiségi eloszlásban. 2018-ban 51%, 2021-ben 43%, 2022-ben pedig 42%-ban voltak jelen, ami arra utal, hogy viszonylag alacsony beépítettséggel és igen nagy arányú erőteljes növénytakaróval találkozhatunk a Munkácsi járásban.

A 2018-as és 2022-es évek között a zöldfelületi intenzitás főképp 0 értéket vett fel, vagyis a terület nagyobb része nem mutat változást a ZFI intenzitásra vonatkoztatóan. Azonban azon pontok összessége, amelyeken változást észlelhetünk 44 104, abból 33 921 ponton negatív mutatókat tapasztalhatunk, ez a változást mutató pontok 77%-át jelenti. Ebből következtethetünk arra, hogy az elmúlt években a zöldfelületi intenzitás változás főképpen degradálást mutat.

2018-as év óta a felszíni hőmérséklet növekedését tapasztalhatjuk a megye szinte egész területén. Míg a hegyvidéki részen kisebb mértékű addig a síkságon, főképp a városok területén, drasztikusabb hőmérséklet emelkedést tapasztalhatunk.

A 2022-es év adatai alapján a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) és a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) értéke közötti korreláció eredménye $r = -0,576$, a 2018-as évben pedig $r = -0,642$, ezek közepes negatív korrelációt és 5% szignifikancia (megbízhatósági) szinten reális kapcsolatot jelentenek. A 2021-es évben az együttható $r = -0,227$, ami biztos, de gyenge negatív kapcsolatra utal. 2017-ben pedig $r = 0,151$, gyenge, majdnem hanyagolható pozitív kapcsolatot kaptunk. A 2022-es és 2018-as felvételeink minősíthetők teljesen helyesnek, mivel a szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) és a normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) között jelentős negatív függvényszerű kapcsolat létezik. A 2018-as és 2022-es évek esetében kapott determinációs együtthatók (R^2) az mutatják, hogy a növényborítottság és annak fejlettsége 33-41%-ban meghatározza a felszín hőmérsékletét. A 2021-es gyenge negatív és 2017-es évek enyhe pozitív korrelációt

véleményünk szerint a műholdfelvételeken jelentkező és azt zavaró magasabb felhőborítottság okozhatta.

A normalizált differenciális vegetációs index (NDVI) és az az alapján elkészített zöldfelületi intenzitás (ZFI) kapott értékeinek elemzésével elmondható hogy annak ellenére, hogy a zöldfelületek területi kiterjedése csökken az urbanizáció előre haladásával, egészséges fotoszintetizáló képességük nem mutat negatív változást. A szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) mutatói az évek előre haladásával folyamatosan emelkednek, ami különösen a gyéribb növényzettel fedett talajfelszín akár teljes kiszáradását eredményezheti. Az LST emelkedésére és az NDVI csökkenésére nagy hatást gyakorol az emberi tevékenység (pl. a városok egyre sűrűbb beépítése, határainak kiterjesztése, egyre több fákkal övezett területek pusztítása, zöldellő területek kizsigelése, erdőirtások), amely a zöldtömegek drasztikus csökkenését eredményezi.

A hőmérséklet emelkedés nem csak a környezet, de az ember jólétére is ráteszi a bélyegét. Az LST további hirtelen növekedése egyszerű módszerrel oldható meg, a sűrű, dús és egészséges zöldtömegek növelésével. Mivel a növények fotoszintéziséhez energia szükséges, ez esetben hő, ezt a környezetükből veszik fel, így csökkentve a felszín és a levegő túlzott felmelegedését.

РЕЗЮМЕ

Метою нашої роботи було оцінити ступінь змін рослинного покриву Мукачівського району на основі значень нормалізованого диференціального вегетаційного індексу (NDVI). Визначили просторові та часові зміни зеленого рослинного покриву в районі та виявили можливі причини цих змін. Проаналізували значення нормалізованого диференціального вегетаційного індексу (NDVI), інтенсивності зеленого покриву (ZFI) та температури поверхні землі (LST) та їхні зміни за наступними роками 2017, 2018, 2021 та 2022.

Згідно з гистограмою, побудованою на основі середньорічних даних NDVI, значення NDVI 0,4-0,5 займають перше місце в кількісному розподілі, за винятком 2017 року, з 51% у 2018 році, 43% у 2021 році та 42% у 2022 році, що свідчить про те, що Мукачівський район має відносно низький рівень забудованості та високу частку сильного рослинного покриву.

У період з 2018 по 2022 рік інтенсивність зеленого покриву переважно набула значення 0, що означає, що на більшій частині території не відбулося жодних змін в інтенсивності ZFI. Однак загальна кількість точок, які демонструють зміни, становить 44 104, з яких 33 921 мають негативні показники (77%), які демонструють зміни. Це свідчить про те, що зміна інтенсивності зеленого покриву в останні роки відбувалася переважно в бік деградації.

З 2018 року ми спостерігаємо підвищення температури поверхні на більшій частині території району. У той час як у гірських районах підвищення було меншим, на рівнинах, особливо в міських районах, спостерігалось більш різке зростання.

На основі даних за 2022 рік кореляція між температурою поверхні землі (LST) та нормалізованим диференціальним індексом рослинності (NDVI) становить $r = -0,576$ та $r = -0,642$ для 2018 року, що означає середню негативну кореляцію та реалістичний зв'язок на 5% рівні значущості (вірогідності). У 2021 році коефіцієнт кореляції $r = -0,227$, що вказує на вірогідний, але слабкий негативний зв'язок. У 2017 році $r = 0,151$ – слабкий, майже незначний позитивний зв'язок. Наші результати можна вважати повністю коректними тільки з 2022 та 2018 років, оскільки між температурою поверхні землі (LST) та нормалізованим диференціальним індексом рослинності (NDVI) існує значущий негативний зв'язок. Коефіцієнти детермінації (R^2), отримані для 2018 і 2022 років, показують, що рослинний покрив та його розвиток визначають температуру поверхні на 33-41%. Слабка від'ємна кореляція у 2021 році та незначна

позитивна кореляція у 2017 році, на нашу думку, спричинена більшою хмарністю на супутникових знімках та її модифікаційним впливом.

Аналіз нормалізованого диференціального індексу рослинності (NDVI) та на його основі здобуті показника інтенсивності зеленого покриву (ZFI) показують, що хоча площа зеленого покриву зменшується з урбанізацією, його здорова фотосинтетична здатність не зазнає негативних змін. Показники температури поверхні землі (LST) з роками неухильно ростуть, що може призвести до повного висихання, зокрема, з рослинністю малопокритих земельних ділянок. На підвищення LST і зниження NDVI сильно впливає діяльність людини (наприклад, збільшення щільності населення, розширення меж міст, знищення все більшої кількості лісистих територій, розчищення зелених зон, вирубка лісів), що призводить до різкого скорочення площі зелених насаджень.

Підвищення температури впливає не лише на навколишнє середовище, а й на самопочуття та оздоровчий стан людини. Існує простий спосіб вирішити проблему подальшого раптового підвищення LST – збільшити щільну і здорову зелену масу. Оскільки рослинам для фотосинтезу потрібна енергія, в даному випадку тепло, що беруть з навколишнього середовища, зменшуючи підвищення температури поверхні та повітря.

IRODALOMJEGYZÉK

1. BAKÓ, G. (2010a): Nagyfelbontású légifényképezés alkalmazása a települési szintű környezetvédelemben, és a természetvédelemben, Diplomadolgozat, pp. 30–53.
2. BAKÓ, G. (2010b): Ingen nagyfelbontású légifelvétel-mozaikok készítése kis- és középformátumú fényképezőgépekkel – Geodézia és kartográfia 2010/6 LXII. pp. 21–29, 49.
3. BAKÓ, G. (2010c): Multispektrális felvételek alapján készülő tematikus térképek minősége, a terepi felbontás és a képminőség függvényében, Gödöllő, pp. 507-509.
4. BELÉNYESI M.,- KRISTÓF D.-, MAGYARI J. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Gödöllő.
5. BHANDARI A. K, - KUMAR, A. – SINGH, G.K. (2012): Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Case Study of Jabalpur City, Proceedings of Communication, Computing & Security. Procedia Technology Volume 6, p. 612–621.
6. FIDY J. – MAKARA G. (2005): Biostatisztika.
IN: <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-1/ch11.html>
7. GANDHI, M.G. – PARTHIBAN, S. – THUMMALU, N. – CHRISTY, A. (2015): Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District. p. 1199 – 1210.
8. GÖNCZY, S. (2009): Kárpátalja domborzata. In: Baranyi Béla (szerk): A Kárpát-medence régiói. Kárpátalja. Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Budapest, pp. 108.
9. HUZSVAI, L. -, RAJKAI, K., - SZÁSZ, G. (2004): Az agroökológia modellezéstechnikája. Debrecen, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum.
10. JOMBACH, S. (2014a): Passzív képalkotó távérzékelés a tájkarakter-elemzésben. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola, Budapest
11. JOMBACH, S. (2012): Térségi vagy települési szintű zöldfelület-intenzitás távérzékelési elemzésének módszere. 4D: Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat Különszám, 219-232.
12. JOMBACH S. (2014b): Zöldfelület intenzitás állapota és változása 2010 – 2013 időszakában, Budapest XIII. Kerület, Budapest.
13. KARABURUN, A. - BHANDARI, A. K. (2010): Estimation of C factor for soil erosion modelling using NDVI in Buyukcekmece watershed, Ocean Journal of applied sciences 3, p. 77-85.
14. KOHUT, E. (2013): Ökoturisztikai lehetőségek Kárpátalján, Beregszász, p. 201-202.
15. KOLOZSVÁRI, I. – DÉVAI, GY. – KOHUT, E. (2022): Kárpátalja vízrajza. In: Kolozsvári István (szerk): Hidrobiológia. II Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász, p. 16-26.
16. KORMÁNY, GY. (1996): Kárpátalja földrajzi vázlata, Nyiregyháza-Beregszász, p.1-3.

17. LICSKÓ, B. (1998): A Szigetköz környezetállapot változásának légifelvétel kiértékelésével történő vizsgálata. VITUKI Beszámoló, Budapest.
18. LICSKÓ, B. (2005): Az 1999-2000 évi belvizek légi felmérésének tapasztalatai. Vízügyi közlemények Különszám IV. kötet.
19. NAQVI, S. M. Z. A. – TAHIR, M. N. – SHAH, G. A. – SATTAR, R. S. – AWAIA, M. (2018): Remote estimation of wheat yield based on vegetation indices derived from time series data of Landsat 8 imagery, Budapest, p. 3909 – 3923. IN: https://aloki.hu/pdf/1702_39093925.pdf
20. NICOLIS, O. – GONZALEZ, C.(2021): Methods and applications in petroleum and mineral exploration and engineering geology. A multispectral images.
IN: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/multispectral-image>
21. MOLNÁR, J. (2009): Kárpátalja éghajlata. In: Baranyi Béla (szerk): A Kárpát-medence régiói. Kárpátalja. Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Budapest, p. 123-124.
22. RICHTER P. (2009): A levélfelületi index mérése és modellezése, ELTE, Budapest, pp. 3-6.
23. SKARBIT, N. (2018): Városklíma – elemzés térben és időben részletes mérések, valamint lokális léptékű klímamodell alapján. SZTE, Szeged pp. 5-7.
24. TENGFEI, S. – SHENGWEI Z. – TINGXI L. (2020): Multi – Spectral image classification based on an object-based active learning approach.
IN: https://www.researchgate.net/publication/339047627_Multi-Spectral_Image_Classification_Based_on_an_Object-Based_Active_Learning_Approach
25. TWUMASI, A.Y. – Merem, E.C. – Namwamba, J. B. –Mawakimi, O. S. – Frimpong D. B. (2021): Estimation of Land Surface Temperature from Landsat – 8 OIL thermal infrared satellite Data. pp. 132-134.
26. UNGER, J., - SÜMEGHY, Z., (2002): Környezeti klimatológia, Szeged, JATEPress. Pp. 56–78.
27. XIE, Y. – Zhao X, - Li L. – Wang H. (2010): Calculating NDVI for landsat7-etm data after atmospheric Correction using 6s model: a case study in Zhangye City, China, In proceeding IEEE Geo Informatics 18th international conference, pp. 1-4. IN: <https://core.ac.uk/reader/82416930>
28. АФАНАСЬЄВ, С. (2006): Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси. – Національна Академія наук України, Інститут гідробіології, Київ, 101 pp.
29. ГЕРЕНЧУК, К.І. 1981: Природа Закарпатської області. – Вища школа, Львів, 156 pp.
30. ЗАСТАВЕЦЬКА, О.В. – Заставецький, Б.І. – Дітчук, І.Л. – Ткач, Д.В. 1996: Географія Закарпатської області. – Підручники & посібники, Тернопіль. 96 pp.
31. ПОП, С.С. 2003: Природні ресурси Закарпаття. – Спектраль, Ужгород, 296.

A munka során felhasznált internet források:

Internet forrás [1] - Copernicus Global Land Service (2022).

IN: <https://land.copernicus.eu/global/products/lai>

Internet forrás [2] - Copernicus Global Land Service. Land Surface Temperature.(2023).

IN: <https://land.copernicus.eu/global/products/lst>

Internet forrás [3] - Cropin. (2021): NDVI and its Practical Application in Agriculture

IN: <https://www.cropin.com/blogs/ndvi-normalized-difference-vegetation-index>

Internet forrás [4] - DIDAN, K. (2015): MODIS Terra Vegetation

IN: https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf

Internet forrás [5] - EOS data analytics

IN: <https://eos.com/uk/make-an-analysis/ndvi/>

Internet forrás [6] - GIS crack. How to calculate Land Surface Temperature with Landsat 8 satellite images. IN: <https://giscrack.com/how-to-calculate-land-surface-temperature-with-landsat-8-images/>

[8-images/](https://giscrack.com/how-to-calculate-land-surface-temperature-with-landsat-8-images/)

Internet forrás [7] - KOVÁCS, A. – ERDŐDIDNÉ, M. Zs. (2019): Vegetáció műholdas megfigyelések alapjai., Budapest.

IN: <https://www.met.hu/ismeret->

[tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2447&hir=Muholdas_vegetacios_indexek_es_szan_tofoldi_kulturak_termesatlagainak_vizsgalata](https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2447&hir=Muholdas_vegetacios_indexek_es_szan_tofoldi_kulturak_termesatlagainak_vizsgalata)

Internet forrás [8] - KOVÁCS, F. Indexek a környezeti informatikában

IN: http://www.geo.u-szeged.hu/~feri/kornyezeti_informatika/ch10s02.html

Internet forrás [9] -NASA Earth Observatory. Land Surface Temperature

IN: https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M

Internet forrás [10] - Távérzékelési technológiák és Térinformatika Online

IN: <http://www.rsgis.hu/Multispektralis-legifelvetel-terkepek.html>

Internet forrás [11] – Енциклопедія сучасної України

IN: <https://esu.com.ua/article-70496>

Internet forrás [12] – QGIS – The Leading Open Source Desktop GIS

IN: <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>

Internet forrás [13] – SZABÓ, G. Quantum GIS Felhasználói kézikönyv

IN: - <http://mek.oszk.hu/09200/09238/09238.pdf>

Internet forrás [14] - JASP

IN: <https://jasp-stats.org/>

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra. A növényzet állapota az NDVI értékek alapján	14
2. ábra. Elkészített NDVI felvétel	15
3. ábra. A ZFI térképek készítéséhez és értelmezéséhez elfogadott színkód	18
4. ábra. Elkészített ZFI felvétel	18
5. ábra. Elkészített LST felvétel	20
6. ábra. A Munkácsi járás területe: a. régen 1956 – 2020 évek között és b. jelenleg 2020-tól... 21	21
7. ábra. A térképek átlagolása egy éven belül	24
8. ábra. Az elkészített éves átlagolt térképek közötti változás	25
9. ábra. Átlagolt évenkénti normalizált differenciális vegetációs index	30
10. ábra. Az NDVI intenzitásának változása 2018-as és 2022-es évek között	31
11. ábra. Az NDVI értékek gyakorisági eloszlása (%) évenként a Munkácsi járás területén	32
12. ábra. Átlagolt évenkénti zöldfelületi intenzitás	34
13. ábra. Az ZFI intenzitásának változása 2018-as és 2022-es évek között	35
14. ábra. A ZFI intenzitásának a változása 2018-as és 2022-es évek között készített térkép számszerűsített adatai	36
15. ábra. Munkács város kül- és bevárosában tapasztalt nagymértékű negatív ZFI változás	37
16. ábra. A Munkácsi járás hegyvidéki részén tapasztalt nagymértékű negatív ZFI változás	37
17. ábra. Átlagolt évenkénti szárazföldi felszíni hőmérséklet.....	39
18. ábra. Szárazföldi felszíni hőmérséklet (LST) változás 2018 és 2022 között	39
19. ábra. NDVI és LST adatok korrelációi.....	41

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat. A korrelációs együttható megbízhatósága (szignifikanciája)	29
--	----

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezető tanáromnak, Dr. Hadnagy Istvánnak, aki segítséget nyújtott nekem és szakmai tudásával hozzájárult diplomamunkám elkészítéséhez.

Ім'я користувача:
Ласло Широкаї-Кудрон

ID перевірки:
1015227397

Дата перевірки:
24.05.2023 12:09:36 CEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
24.05.2023 12:25:42 CEST

ID користувача:
100011757

Назва документа: Petrusевичs Vivien-Nikolett Diplomamunka 2023

Кількість сторінок: 51 Кількість слів: 10232 Кількість символів: 83241 Розмір файлу: 3.12 MB ID файлу: 1014904174

13.7% Схожість

Найбільша схожість: 2.31% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1007679232)

13.2% Джерела з Інтернету

860

Сторінка 53

5.73% Джерела з Бібліотеки

126

Сторінка 57

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1