

**Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet**

SZAKDOLGOZAT

**Vulkán kitörés következményeinek elemzése
távérzékelési módszerekkel**

OE-AMK

2022

MAGYARI NORBERT SÁNDOR

T000513/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Magyar Norbert Sándor
Szakdolgozat száma: SZD22011414061416
Törzskönyvi száma: T000513/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök
Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Vulkáni kitörés következményeinek elemzése távérzékelési módszerekkel

A dolgozat címe angolul: Analysis of the consequences of a volcanic eruption by remote sensing

A feladat részletezése:

1. A szakirodalom alapján foglalja össze a távérzékelés szerepét a katasztrófavédelemben!
2. Mutassa be a vulkáni tevékenységeket!
3. A vizsgálatához kiválasztott terület bemutatása.
4. Vulkáni kitörés következményeinek vizsgálatához felhasznált adatok és adatkiértékelési módszerek ismertetése.
5. Eredmények bemutatása és következtetések levonása.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12. P.H.



[Handwritten signature]

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találok: 2022. 12. 15.

[Handwritten signature: Verőné Wojtaszek M.]

belső konzulens

külső konzulens

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai 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: Székesfehérvár, 2022.11.01

Megyeri Norbert Sándor
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Címlap.....	1
Feladatlap	2
Hallgatói nyilatkozat.....	3
Tartalomjegyzék	4
1. Bevezetés	6
1.1 Témafelvetés	6
1.2 Célkitűzések	6
2. Szakirodalom.....	8
2.1 Természeti katasztrófák	8
2.1.1 Természeti katasztrófák típusai	9
2.2 Vulkánok/Tűzhányók.....	12
2.2.1 Keletkezés	12
2.2.2 A vulkánok felépítése	14
2.2.3 Osztályozásuk.....	15
2.2.4 Előrejelzés	16
2.2.5 Kitörés következményei	16
2.3 Távérzékelés.....	17
2.3.1 Elektromágneses hullámok	18
2.3.2 Felvevő rendszerek	19
2.3.3 Műholdas rendszerek.....	20
3. Vizsgált terület bemutatása.....	24
3.1 Geológia jellemzés	24
3.2 Földrajzi leírása.....	25
3.3 La Palma szigetének fontosabb statisztikai adatai	26
3.4 2021. évi kitörés időrendi leírása	27
3.4.1 Előjelek.....	27
3.4.2 A kitörés	27
3.4.3 A károk.....	34

4. Felhasznált adatok	35
4.1 Űrfelvétel.....	35
4.1.1 Európai Űr Ügynökség (ESA)	35
4.1.2 A Sentinel műholdsorozat	36
4.1.3 A Sentinel-2 küldetés részletezése	37
4.1.4 Felhasznált távérzékelési adatok	37
4.2 Magassági adatok	38
4.2.1 Az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fájlok	38
4.3 Felhasznált szoftver.....	38
4.3.1 IDRISI Selva	39
4.3.2 QGIS.....	39
4.4 Felhasznált kiértékelési módszer.....	39
4.4.1 Automatikus osztályozás (clusterezés).....	39
4.4.2 Az ellenőrzött osztályozás	40
5. Űrfelvételek feldolgozása.....	42
5.1 QGIS használata.....	42
5.2 IDRISI Selva használata az Űrfelvételekhez	42
5.3 A 3D-s modell elkészítése IDRISI-ben.....	46
6. Kiértékelt felvételek elemzése	49
6.1 Az osztályozás eredményeinek bemutatása	49
6.2 Kiértékelt felvételek problémái/mellé osztályozás	50
6.3 Elemzés összegzése.....	53
7. Összefoglaló	55
8. Summary.....	56
9. Irodalomjegyzék.....	57

1. BEVEZETÉS

1.1 Témafelvetése

A természeti katasztrófák már emberiség, sőt a bolygónk életének kezdete óta, jelennek vannak a világunkban. Elképesztő formákban, tulajdonságokkal és erővel képesek lecsapni bárhol a Földön. Az emberiség ezeket a katasztrófákat, már a kezdetek óta próbálta megmagyarázni vagy tanulmányozni. Az ókori emberek még az isteneknek tulajdonították a hatalmas erősségű katasztrófákat. Ma már mind tudjuk, hogy egyik csapáshoz sem kell isteni jelenlét, csupán a természetben felgyülemelő feszültségek adják le az energiájukat.

A számítógépek megjelenésével, valamint a technológia gyors fejlődésével részletesebb és akár egy új szemszögből ismerhetjük meg a katasztrófákat és az utánuk hagyott pusztítást. A 19. századi és előtte élő emberekkel szemben egy hatalmas előnyünk van, még pedig a repülés találmánya. Mára már nem csak kizárólag földi megfigyelés és méréseket tudunk alkalmazni, hanem a levegőből, de akár az űrből is végezhetjük a felméréseket.

A levegőből és űrből történő mérések és adatgyűjtések során sokkal nagyobb területet tudunk egyszerre vizsgálni, mint a földi megfigyelések. Egy nagyobb vizsgált területről előbb tudunk adatokat biztosítani, ezáltal gyorsabban tudunk reagálni az eseményekre. A természeti katasztrófák példájánál maradva, előre jelezhetjük azoknak a kezdetét és a helyet, ahol lecsapnak. Ezenkívül megjósolhatjuk azoknak az útját és erejét az új helyzetükben.

A vulkán kitörés az egyik legősibb természeti katasztrófa forma, ami még a mai napig is hatalmas károkat képes okozni. Napjainkban a vulkánkitörések már előre jelezhetők, így életüket kevés alkalommal követel. Sőt egyes esetekben turista látványosságnak is számítanak. Mégis egy vulkán kitörése nem veszélytelen, hiszen a láva több ezer Celsius fokon is képes izzani, a vulkáni gázok mérgezőek és messzire eljutnak, valamint a vulkáni hamu is égési sérülést okozhat, ha még nincs kihűlve.

A világűrben vizsgálva a vulkán kitörést már egészen képet ad magáról a katasztrófa. Képesek vagyunk nyomon követni a láva és mérgező anyagok útját, a hőmérsékletváltozást a környezetében, az elpusztított területeket. Sőt akár a vulkán közvetlen környezetét is vizsgálhatjuk anélkül, hogy a közelébe kelljen menjünk.

1.2 Célkitűzések

Tekintettel arra, amit az 1.1 fejezet utolsó bekezdésében említettem, a távérzékeléssel nem szükséges a vizsgált terület közelébe mennem, ezért kitűnő módszer számomra egy vulkán kitörés vizsgálatára. Egyrészt, nem szívesen mennék közel egy kitört vulkánhoz védőfelszerelés nélkül, másrészt Magyarországon sem vulkán kitörés, sem vulkán nincs.

Az első célkitűzésem a vizsgálat során, három kiértékelt műhold felvétel létrehozása, melyeket könnyebben lehet elemezni, mint az eredeti színes felvételt. Ezek a kitörés előtt, közben és utáni felvételek legyenek, hogy össze lehessen hasonlítani ezeket.

A második célkitűzés a kiértékelt felvételek térbeli ábrázolása, szemléltetve a láva útját és természetesen az elemzést segítsék.

Az utolsó célkitűzés, pedig nem más, mint az elemzés. Az elemzés során összehasonlítom a három felvételt, ezzel meghatározva, hogy a láva mely területeket pusztította el, esetleg az adott régióban, mely létesítményeket állították helyre.

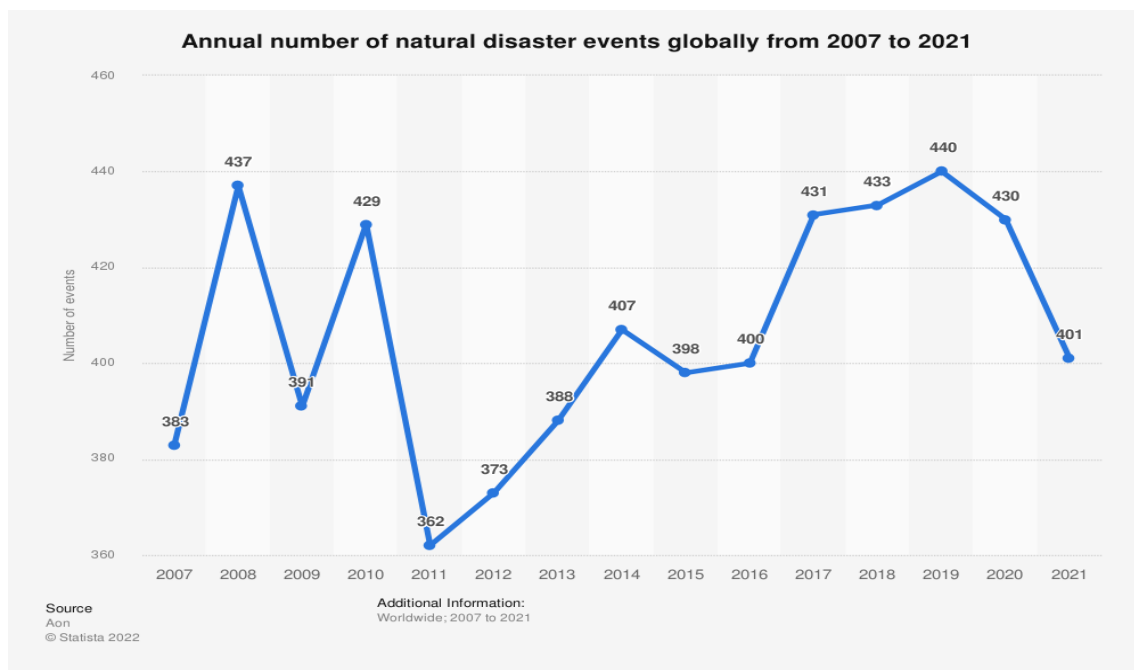
2. SZAKIRODALOM

2.1 Természeti katasztrófák

A természeti katasztrófák egy olyan esemény, amelyet a természet idéz elő egy területen és az ott élő emberek és/vagy élőlények életkörülményeit nehezíti meg. Az idő, hogy meddig tart egy-egy katasztrófa, és meddig van kihatással ezen negatív következmények az élőlényekre, az függ a természeti katasztrófa típusától, az adott területtől, a segítő szervezetek/kormány reakció idejétől. Fontos megjegyezni, hogy egyes természeti katasztrófák váratlanok (erdőtűz, földrengés) míg mások előre megjósolható különböző mérésekkel (vulkán kitörés). Azonban minden katasztrófa elháríthatatlanul következik be. [1]

A tapasztalatok, azonban azt mutatják, hogy mind a természeti katasztrófák, mind az extrém időjárások száma és súlyossága emelkedni fog. Nagyobb természeti csapások akár még globális gazdasági visszaesést is teremthet. Emiatt szükségessé válik, hogy a természeti katasztrófákat monitorozó rendszer. [1]

Csak 2018-ban több mint 400 csapás történt, amik több mint 10 000 életet követeltek. (2.1 ábra és 2.2 ábra) [2]



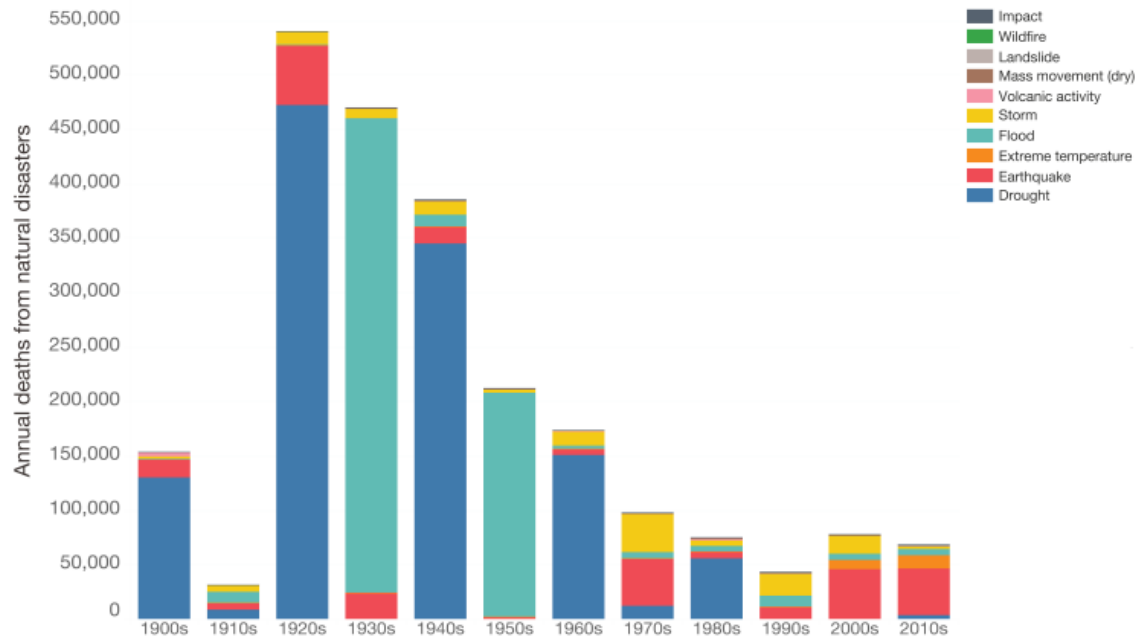
2.1 ábra: Természeti katasztrófák száma globálisan 2007-2021 között (forrás:[2])

Global annual deaths from natural disasters, by decade



Absolute number of global deaths from natural disasters, per year.

This is given as the annual average per decade (by decade 1900s to 2000s; and then six years from 2010-2015).



Source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium.
The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://ourworldindata.org). There you find research and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

2.2 ábra: Globális elhalálozások száma természeti katasztrófák során (forrás:[3])

2.1.1 Természeti katasztrófák típusai [4]

> Hidrológiai katasztrófák

■ Cunami

- A cunami egy hatalmas árhullámot jelent, ami szeizmikus tevékenység hozott létre. Az egyik legpusztítóbb katasztrófa, de szerencsére az egyik legritkébb is.
- Kialakulásuk:
 - ❖ Tenger rengés által (tenger alatti földrengés)
 - ❖ Tenger alatti vulkáni tevékenység
- Előrejelzésük, nehéz mivel a földrengést nem lehet előre jelezni, így csak a rengés után lehet számítógépes modellel előre jelezni.
- Legutóbbi katasztrófa: 2011.március 11. Japán

■ Vihardagály

- Akkor alakul ki amikor a tenger felől erős szél fúj és éppen dagály is van. Ekkor a vízszint akár több méterrel is meghaladhatja a maximális dagályszintet.
- Legutóbbi katasztrófa: 1962. február 16-17. Hamburg
- Árvíz
 - Árvíz akkor alakul, amikor a túl csordul a víz és olyan földeket áraszt el, ami normális esetben szárazok. Az árvizek az egyik leggyakoribb és legelterjedtebb időjárási természeti katasztrófák.
 - Két fajtája ismert:
 - ❖ Gyors árvíz
 - ❖ Időszakos uralkodó árvíz
 - Előrejelzés: A folyók felsőbb részein mért vízmagasságokból többé kevésbé lehet következtetni az alsóbb részek vízmagasságára.
- Lavina
- Aszály
 - Két esetben jön létre aszály:
 - ❖ Vagy ha az adott időszakban kevés csapadék hullik
 - ❖ Vagy ha megszokott mennyiségű csapadék esik, de a magas hőmérséklet következtében túl gyorsan párolog el a talajból a nedvesség.
- > Klimatikus/légköri katasztrófa
 - Tornádó
 - A felfelé áramló meleg légelemek hozzák létre. „Élettartamuk” 20-30 percig tartanak, de erősségük különböző és egy Fujita-skála alapján mérik erősségüket.
 - Legutóbbi katasztrófa Magyarországon: 2022. 05. 02. Debrecen
 - Hurrikán
 - Kialakulásuk két tényező befolyásolja:
 - ❖ nagy páratartalmú és meleg levegő
 - ❖ meleg vízfelület

- A felszálló levegő a Coriolis- erő miatt forgásba kezd. Majd a levegő egy része kicsapódik ezzel létrehozva a felhőket és a felhőkarokat.

> Tűzkatasztrófák

- Erdőtűz

> Földönkívüli eredetű katasztrófák

- Például: napkitörés

> Bioszféra katasztrófa

> Fauna okozta katasztrófa

> Betegségek/járványok okozta katasztrófák

> Geológia katasztrófák

- Földrengés

- A kialakulásuk a földkéregben felgyűlt energia felszabadulásakor keletkezik.
- A legtöbb földrengés az ember számára érzékelhetetlen, ezeket a tudomány mikroszeizmikus rengésnek nevezi. Az ember számára érzékelhetőek pedig makroszeizmikus rengésként ismerik.
- Típusai:
 - ❖ Térhullámok
 - ❖ Felületi hullámok
- Erősségüket különböző skálák szerint vizsgálják
- Előrejelzés: Egy tanulmány szerint egyes területeken hőmérséklet anomáliák jönnek létre a katasztrófa előtti 2-3 napban és ezek elérhetik akár a 7-10 °C is.

- Földcsuszamlás

- Elsődleges kiváltó oka a gravitáció, azonban szükséges néhány előzetes körülmény a bekövetkezésükhöz.
- Több típusa is ismert, mint például a törmelékfolyás, talajfolyás, törmelékcsúszás, sekély földcsuszamlás és mély földcsuszamlás.
- Ritkább esetben cunamit is előidézhet.

- Földi mágneses mező változás

- Vulkán kitörés

2.2 Vulkánok/Tűzhányók

Tekintettel a szakdolgozat jellegére, a továbbiakban a vulkánok és a vulkáni kitörések részletes bemutatására kerül most sor.

A vulkánok a földfelszín olyan krátereit/hasadékait, melyben a magma, az az asztenoszféra anyaga könnyen a felszínre jut (Mivel a felszínre jut már lávaként hivatkozunk rá). A tűzhányók előfordulási helyük jellemzően a kialakulásuk oka jelenti. Legnagyobb részük távolodó/közeledő kőzetlemezek mentén alakul ki. Míg kevesebb részük, úgynevezett forrópontokon jönnek létre. [5]

Először vizsgáljuk meg a vulkánokat a kialakulásuk oka szerint, hogy mi a kitörés kiváltó oka? Mik a következmények? Milyen gazdasági hatása van? Mi az anyaguk? Milyen lehetőségek vannak a hasznosításra?

2.2.1 Keletkezés

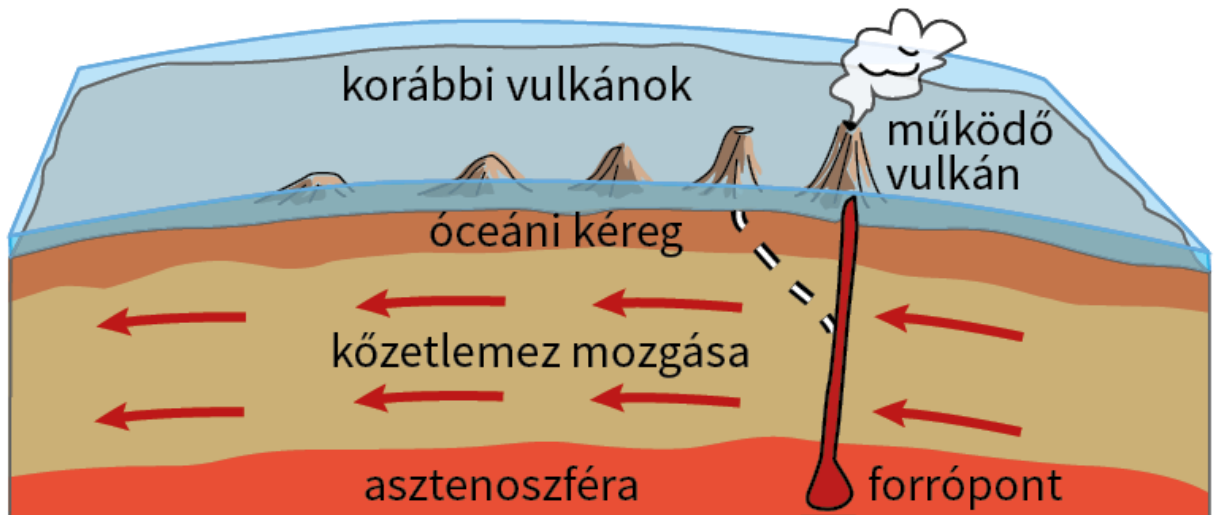
A legfontosabb tényező egy-egy vulkán kialakulásában a Föld belső hője. Ez a mennyiség működteti az asztenoszfért, vagyis alapjaiban határozza meg a tektonikus lemezmozgást.

A távolodó lemezszegélyek mentén, ahol a magmaáramlások megrepesztik a kőzetburkot bazaltos (bázikus) kerül a felszínre, majd óceáni hátságokat hoznak létre. Ezen vulkánok kitörés általában csendes, nyugodtabb, mivel nem történik törmelék szórás és gázrobbanás sem és a kísérő földrengések is enyhébbek, mint a közeledő kőzetlemezeknél. Ezeken a helyeken a feltörő magma nagyon forró (körülbelül 1000 – 1200 °C), mivel sok benne a magnézium és egyéb fekete fémek. Azonban távolodó lemezek nem csak az óceánban találhatók, hanem szárazföldön is, pontosabban ív mögötti medencékben. Ilyen például az Kelet-Afrikai árok rendszer. Az ekkor felszínre jutó magma a távolodó lemezek menti töréseken jut a felszínre és az alkálifémekben gazdag láva jellemző.[5]

A közeledő lemezszegélyek mentén az alábukó kőzet lemez megolvad részlegesen az asztenoszféra hőmérsékletétől. Ez az olvadt anyag aztán a kőzetlemez repedésein keresztül a felszín felé tör. Az így feltört magma leginkább réteges, meredek lejtőkkel andezitvulkánt hoz létre. A vulkán kitörés többszörösen pusztítóbb, mint a távolodó

lemezszegélyeknél. Hatalmas robbanás, erős törmelékszórás, gáz/gőzkitörések, és intenzív földrengés kíséri. [6]

Végül a forró pontos vulkanizmust elemezzük. Ezeknek a vulkánoknak nincs közük a lemez tektonikához. Helyett abnormális hőközpontoknál alakulnak ki. Ezek a tűzhányók hasonlóan működnek, mint a lávalámpa. Egy forró magma buborék (angolul: plume) indul felfelé a Föld mélyebb rétegéből. Amikor eléri a köpenyt ez a buborék részben megolvasztja azt és az olvadék a felszínen kitör. Az ilyen forró pontok azonban helyhez kötöttek, de a felette lévő kőzet lemezek nem. Vagyis, ahogy a kőzet lemez mozog egymás után jönnek létre a vulkánok a mozgás irányával ellentétesen. (2.3 ábra) [7]

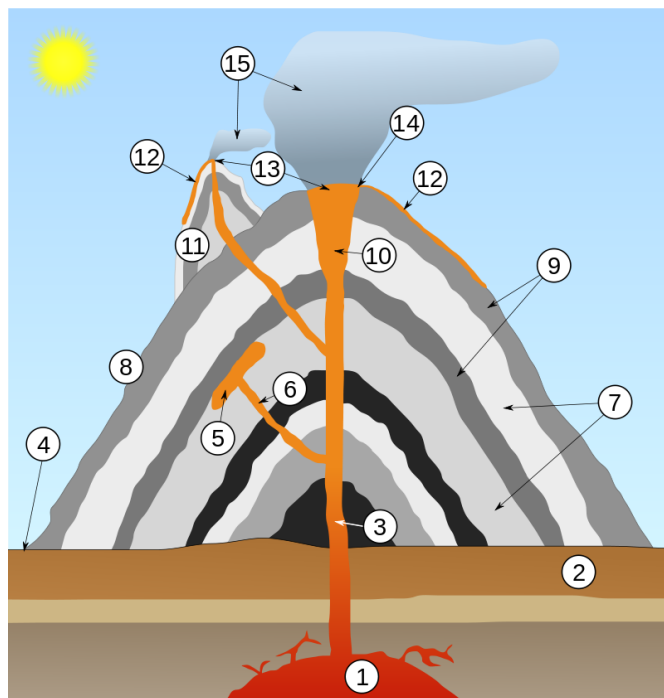


2.3 ábra A forrópontos vulkanizmus folyamata (forrás:[8])

Amikor, a kőzetlemez elmozdul és újabb forrópont vulkán keletkezik, akkor az idősebb vulkán „elhal” és idővel erodálódik is.

Ezen vulkánok, azonban a szakma számára is még ismeretlenek. Mivel nem tudják még, hogy valóban változatlanok-e a forrópontok vagy például milyen mélyről származnak a buborékok. Egyes tudósok el is utasítják ezen buborék teóriát. [9]

2.2.2 A vulkánok felépítése



A vulkánok általános felépítése:

1. Magmakamra
2. Fedőrétegek
3. Vulkáni csatorna
4. Talaj
5. Intrúzió (szill)
6. Oldalcsatorna
7. Hamurétegek
8. Hegyoldal
9. Lávarétegek
10. Torok
11. Parazitakráter
12. Láva
13. Főkürtő
14. Kráter
15. Hamufelhő

2.4 ábra A vulkánok általános felépítése (forrás:[10])

Az ábra nagyon részletesen mutatja be a vulkánok felépítését. (2.4 ábra) Azonban meg kell jegyezni, hogy az ábra nagyon általánosít. A vulkánok számtalan változatban és módosulattal rendelkeznek, valamint az egyes kitörések után további formák jöhetnek létre.

Ezen kívül az ábra két formát még nem említ. Az egyik a kaldera, amely egy vulkán forma és akkor keletkezik amikor a magmakamrában túlnyomás keletkezik, ezért a gázok lerobbantják a magmakamrát fedő kőzetet. (2.5 ábra) Ezután a maradék kőzet beesik a kiürült gázok helyére. Ekkor egy több száz vagy akár ezres négyzetkilométeres krátert hoz létre.



A másik a barrankó, ami eróziós árok, ami mentén lefolyik a törmelék. [5]

2.5 ábra Kaldera (forrás:[11])

2.2.3 Osztályozásuk

Több fajta osztályozás, attól függően, hogy milyen paramétert vizsgálunk:

- > A kitörés helyének alakja szerinti
 - Felületi (Areális) vulkán - már nem léteznek, de a földtörténelmi múltban jellemző volt
 - Labiális vulkán (résvulkán) – távolodó lemezszegélyek mentén jönnek létre
 - centrolabiális vulkán – átmenet a labiális és centrális vulkánok között.
 - Centrális vulkán – Legelterjedtebb manapság melynek kürtője van
- > A kitörés típusa szerinti
 - Explozív vulkánok – Kevés láva, Hatalmas mennyiségű gőz és gáz, robbanás szerű kitörés
 - Effuzív vulkánok – kizárólag lávát termel
 - Vegyes Tűzhányó típusok – Mindkét kitörés fajta jellemző rájuk
- > Kitörések száma szerinti
 - Egyszeri (monogenetikus) kitörés által alakul ki
 - Sorozatos kitörések (poligenetikus) kitörések által alakul ki.
- > Alakjuk és szerkezetük szerinti
 - Pajzsvulkán – Hígan elterülő lávából alakulnak ki.
 - Hamukúp – Vulkáni hamu építi fel.
 - Réteg vulkánok – Magasak és kúp alakúak melyben keveredik a vulkáni hamu és megkeményedett láva
 - szupervulkán – változó alakjuk van. De kiterjedésük hatalmas és egy kitörés során óriási mennyiségű ként és hamut juttatnak az atmoszférába megváltoztatva az éghajlatot. Olykor vulkanikus telet hoznak létre.
 - tengerfenék vulkánok – Óceánok és tengerek mély részein találhatóak. Kitörés gyenge és gyorsan megkeményedik a láva
 - szubglaciális vulkán- jégtakarók alatt a párna-láva rétegekre lerakódva alakulnak ki [5]

2.2.4 Előrejelzés

Az előrejelzéshez 5 alapelvet kell szem előtt tartani a szakirodalom szerint: [12]

1. Ha egy vulkán hosszabb ideje szunnyad akkor előbb-utóbb instabil lesz és kitör
2. Egy vizsgált paraméter változása még nem jelent azonnali kitörést, de több egyszerre változó paraméter változása már igen
3. A kitörés előrejelzésnél a korábbi kitörések jelenségeit szem előtt kell tartani
4. A kitörést sok váratlan vagy a szokásosnál gyorsabb folyamatok is jelezheti
5. Minden vulkánkának vannak sajátos „tünetei”, amik a kitörés előtt jelentkeznek

Módszerek:

- > Szeizmológia
- > Gázexhalációk vizsgálata
- > Felszíni deformációk vizsgálata
- > Geotermika
- > Hidrogeológia mérések

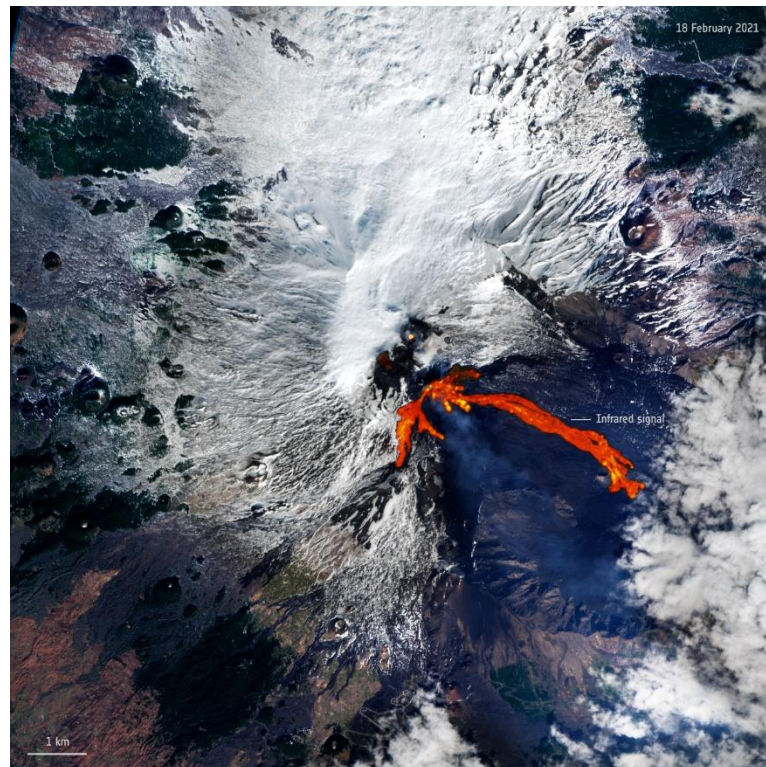
2.2.5 Kitörés következményei

Egy-egy kitörést számos jelenség kíséri vagy akár követi. Ilyenek például a: [5]

- > földrengések, piroklaszt- ár, földcsuszamlások, cunamik.
- > Földrengések a magma felszültségének a feloldódása okozza.
- > A piroklaszt-ár úgynevezett lahar kitöréskor jön létre, amikor a forró iszap nagyon gyorsan ereszkedik le hegyoldalon.
- > A legpusztítóbb földcsuszamlások vulkanikus tevékenységekhez kapcsolódnak.
- > A vízalatti kitörések nem ritkán cunamit okoznak.

Példának megemlíthető a 2022. február 11.-én majd február 21.-én az Etna (Olaszország), ami az egyik legaktívabb vulkánként tartanak számon, kitört. A vulkáni hamu 10-12 kilométeres magasságot is elérte, valamint a feltörő láva 1 kilométere tört ki és a lávafolyás csaknem 4 km hosszúra nyúlt. Károk nem keletkeztek és emberi életet sem követelt a kitörés, sőt turisták ezrei nézték a vulkán „szökőkútjait”. Kb. 30

kilométerre fekvő Catanai repteret lezárták a kitörés és a vulkánihamu/törmelék eltakarítás idejére. [5]



2.6 ábra: Etna kitörése Copernicus Sentinel 2 műhold felvétele alapján (forrás:[13])

2.3 Távérzékelés

A katasztrófák következményeinek egyre nagyobb szerepe van a távérzékelésnek, mert az egyik leggyorsabb megoldás adatnyerésre a katasztrófák előtti és utáni tanulmányozásra. Az így előállított nyers adatokat, a károk időrendben történő felmérésére és a rehabilitációs terveket segítésére használják. [14]

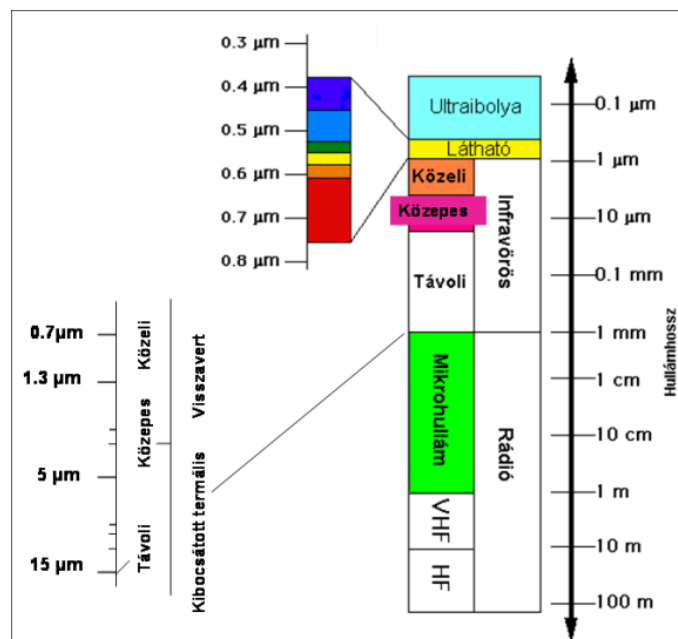
A távérzékelés egy olyan, adatnyerési eljárás, mellyel a földfelszín vagy az azon lévő objektumok tulajdonságairól, úgy szerzünk adatot, hogy közvetlen kapcsolatba nem kerülünk a vizsgált tárggyal. Adatot nyerni leggyakrabban az elektromágneses energia közvetítésével tudunk. Lényegében a földre érkező elektromágneses hullámok távolság alapú érzékeléséből és az így észlelt, valamint a rögzített adatok feldolgozásából és elemzéséből áll az adatnyerés. [15]

2.3.1 Elektromágneses hullámok

Ahhoz, hogy egy elektromágneses hullám létrejöjjön szükséges természetes vagy mesterséges források. Az előbbi a Napunk, míg az utóbbi különböző műszerek lehetnek. Például radar vagy lézer. Mind a természetes és mesterséges energiaforrások energiát sugároznak mely tulajdonságait a hullámelmélet leírja. A hullámelmélet szerint az energia a szinusz hullám alakjában terjed a fények a sebességével. Így ennek a sugárzásnak három tulajdonsága van: a hullámhossz- λ , a (fény)sebesség-C, a frekvencia-v. Mivel a fény sebessége állandó így a frekvencia és a hullámhossz fordítottan arányos. [15]

$$C = v * \lambda$$

A távérzékelésben az elektromágneses hullámokat általában a hullámhosszal, valamint az elektromágneses spektrumban elfoglalt helyükkel írjuk le. A távérzékelésben viszont nem használjuk a teljes spektrumtartományt, és figyelembe kell vennünk, hogy különböző tartományokban különböző fizikai törvényszerűségek uralkodnak, amit kötelező megvizsgálnunk, ha az egyes érzékelő műszerek technikai megoldásait vizsgáljuk. [15]



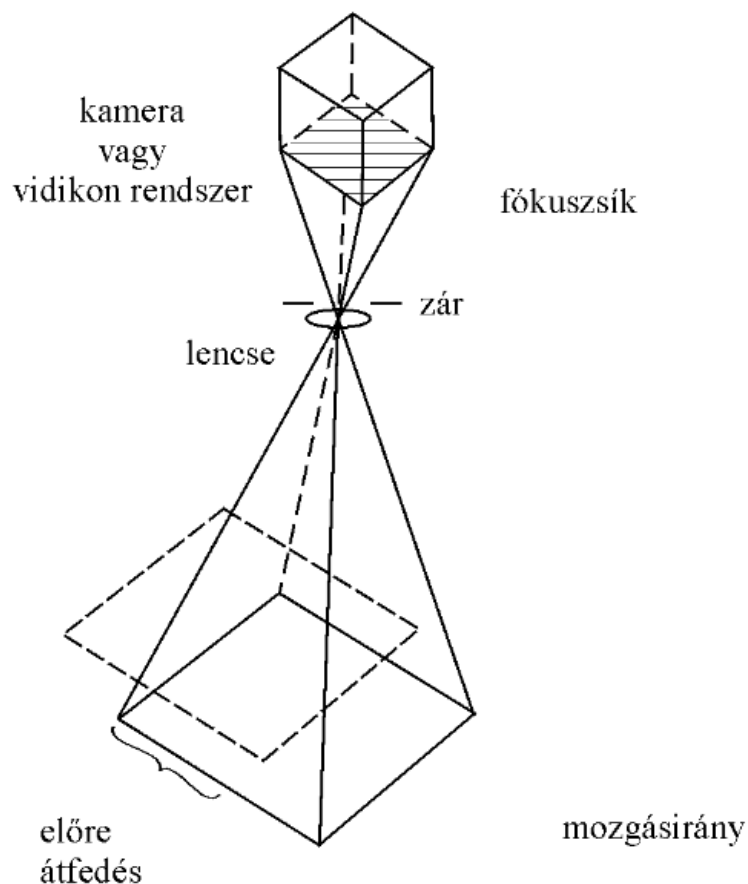
2.7 ábra Az elektromágneses spektrumtartományai (forrás: [15])

2.3.2 Felvevőrendszerek

A felvevő rendszerek segítségével történik a visszavert vagy kibocsátott energiák érzékelése és rögzítése. Többféleképpen történnek meg ezek, most viszont csak párat szeretnék megemlíteni: [16]

- > Fényképező típusú
- > Digitális pásztázó letapogatók
- > Lézer alapú
- > (mikrohullámú érzékelés)

A fényképező rendszereket jellemzi, hogy egy vizsgált területnek a teljes területéről képes az adott pillanatban felvételt készíteni.



2.8 ábra A kamera vagy vidikon működési elve (forrás:[16])

A fénykép készítésekor a területről jövő elektromágneses energiát a lencse összegyűjti majd a fókusz síkra továbbítja, így a kép élesen és kontrasztosan jelenik meg.

A 90-es évek során megjelentek a digitális felvevő rendszerek. Ezzel a film szerepét felváltották a detektorok, valamint a hozzá kapcsolódó memóriák. A detektorok érzékelik a beérkező energiát, majd elektronikus jellé alakítja át. A pásztázó rendszerek felépítésileg és működésük szerint is különbözhetnek [16]:

- > Keresztsávós
- > Köríves
- > sávmenti
- > oldalpásztázó

A lézer alapú felvevő rendszerek (ezentúl: LIDAR) mind aktív távérzékelési rendszerekhez tartoznak mivel van bennük sugárforrás és érzékelő rendszer. Az alapelv ugyanaz, mint az elektromágneses energia alapú távolságmérésnél. Egy energia-impulzust küldünk egy objektum irányába, melyről az impulzus visszaverődik majd a vevő egység befogadja. Mivel a az impulzus sebessége ismert így csak a küldés és fogadás közti időintervallumot kell mérnünk, amit a felvevő rendszer megtesz. Ezzel könnyen kiszámítható a távolság a felvevő rendszer és a terepi objektum között a jól ismert: $t = v \cdot s$ képlettel. [17]

2.3.3 Műholdas rendszerek

1972-ben lőtték fel az első földfelszín figyelő műholdat a LANDSAT 1. Ezzel egy új korszak kezdődött a távérzékelésben. A műholdakat többféle tulajdonsággal jellemzik. Ilyen például:

- > a pálya adatok: inklináció, pálya excentricitás, fél nagytengely
- > A pályájának típusa: Napszinkron/geostacionárius/geoszinkron
- > Térbeli felbontás: 1 pixel mekkora területet jelent a felszínen
- > Spektrális felbontás: azon sáv szélességek, melyeken az észlelés folyik
- > Időbeni felbontás: Egy adott terület két egymást követő megfigyelés között eltelt idő

A LANDSAT 1 műholdat további 8 követte és jelenleg a LANDSAT 9 a legújabb, amit 2021 végén lőttek fel. Valamint csak a LANDSAT 7 és LANDSAT 8, kering már csak a földkörül, az elődjeik befejezték a küldetésüket. Érdekesség, hogy a NASA kidolgozta a LANDSAT Next nevű küldetést, amelyben a két fő célkitűzésük van. Az első, folytatják a több évtizedes adatrögzítést. Másodszor pedig kétszer annyi spektrális sávban lesznek képesek mérni, mint a LANDSAT 9. A műholdak és a megvalósítás még odébb van mivel még korai fázisban tartanak a tervezők. Előre láthatólag 2029-2030 körül fog elkezdődni a küldetés. [18]

Név	Küldetés kezdete	Szenzor	Felbontás	Pálya
LANDSAT 1-3	1972 1975 1978	MSS RGB: radiométer	Általános: 79 méter	Tengerszint feletti magasság: 907-915 km
LANDSAT 4-5	1982 1984	MSS és TM: radiométer	Általános: 30 méter Infravörös tartományban: 120 méter	Tengerszint feletti magasság: 705 km
LANDSAT 7	1999	ETM +: radiométer	Általános: 30 méter Pánkromatikus: 15 méter Termikus infravörös: 60 méter	Tengerszint feletti magasság: 705 km
LANDSAT 8	2013	OLI és TIRS: radiométer	Általános: 30 méter Pánkromatikus:	Tengerszint feletti magasság: 705 km

			15 méter Termikus infravörös: 100 méter	
LANDSAT 9	2021	OLI-2 és TIRS-2: radiométer	Általános: 30 méter Termikus infravörös: 100 méter	Tengerszint feletti magasság: 705 km

1. táblázat Landsat műhold sorozat bemutatása (forrás: [19])

Természetesen nem a LANDSAT az egyetlen földfigyelő műhold, amivel távérzékelési adatokat. Például a SPOT műhold sorozat, aminek a felbontása jellemzően másfél méter, de a lefedett terület lényegesen kisebb a LANDSAT-hoz képest. (A SPOT 7 műholdnak 60 km² míg a LANDSAT 9 műholdnak 185 km² képes fotózni.) Továbbá az EOS és az IRS műholdak is minden percben a Földet monitorozzák.

Az eddig felsorolt műholdak az optikai sávokban értékelték ki az adatokat. Valójában még léteznek [16]:

- > Nagyfelbontású optikai sávú távérzékelő műholdak;
 - 1 méternél jobb felbontású optikai sávú műholdak
 - IKONOS
 - WorldView
- > Hiperspektrális távérzékelő műholdak;
 - Egy spektrális tartományban akár több száz szűkebb sávban is képesek mérni.
 - ADEOS-II
- > Aktív- és passzív mikrohullámú távérzékelő műholdak;
 - A mikrohullámú sugárzást értékeli ki. A radar, ami egy aktív mikrohullámú szenzor, saját energiaforrását használja.
 - SEASAT
 - ERS műholdsorozat

- > Felderítő (Kém) műholdak.
 - Különösen nagyfelbontású felvételeket készít.
 - Corona program(KH-1-12)

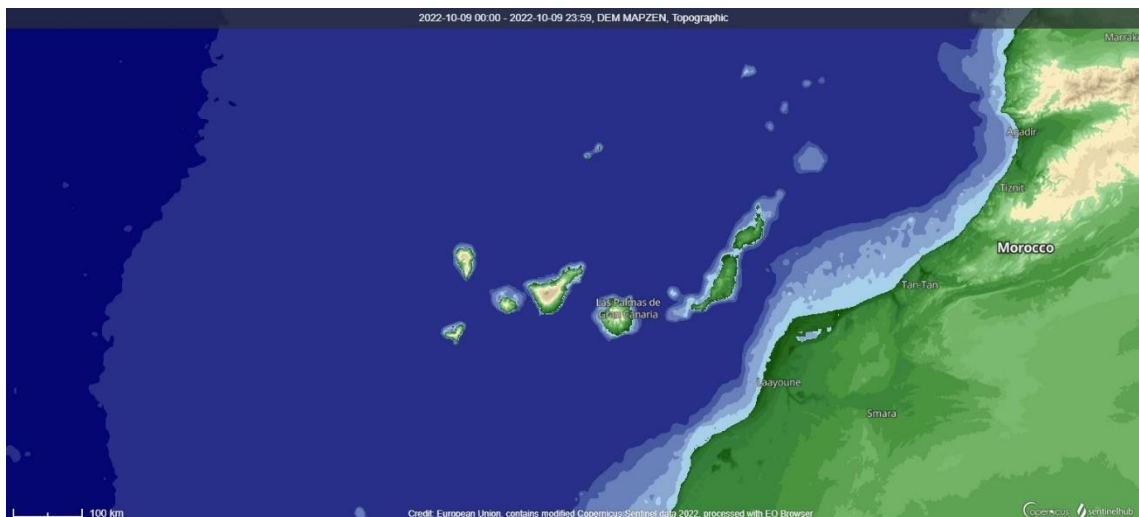
A Copernicus program és a Sentinel műhold sorozat csak a szakdolgozat 4.1.2 fejezetében lesz részletesen bemutatva.

3. VIZSGÁLT TERÜLET BEMUTATÁSA

Vizsgált területnek a Kanári-szigeteki La Palma szigeten található Cumbre Vieja vulkánt választottam, mely 2021. szeptember 19.-én kezdte tört ki és 2021. decemberéig tartott. A kitörés végének a szakemberek azt tekintik, amikor a kitörés helyzete 10 napig kedvezően változatlan.

3.1 Geológiai jellemzés

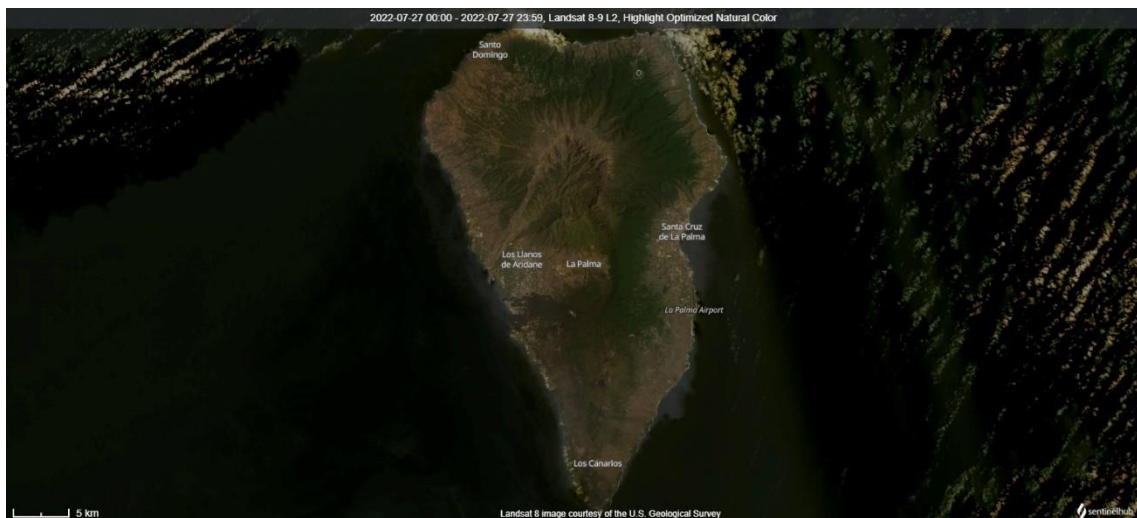
Kanári-szigeteket vulkanikus kőzet építi fel. A Kanári-szigetek és néhány tengeri sziget együtt alakítja ki a Kanári Vulkanikus Területet, melynek vulkanikus tevékenysége körülbelül 70 millió évvel ezelőtt indult be. Ez a terület mai napig vulkanikusan aktív. A sziget csoport 450 kilométer hosszú és kelet-nyugat fekvésű. Északnyugat-Afrikától 100-500 kilométerre található és az Afrikai kéreglemezen helyezkedik el. A szigetcsoportot hét fő és egy pár kisebb sziget alkotja. Ezek: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma, El Hierro. A vulkanizmusát az Afrikai Lemez mozgása okozza, ahogy egy forrópont fölött halad át lassan. Ezáltal kialakítva a szigetcsoportot. [21]



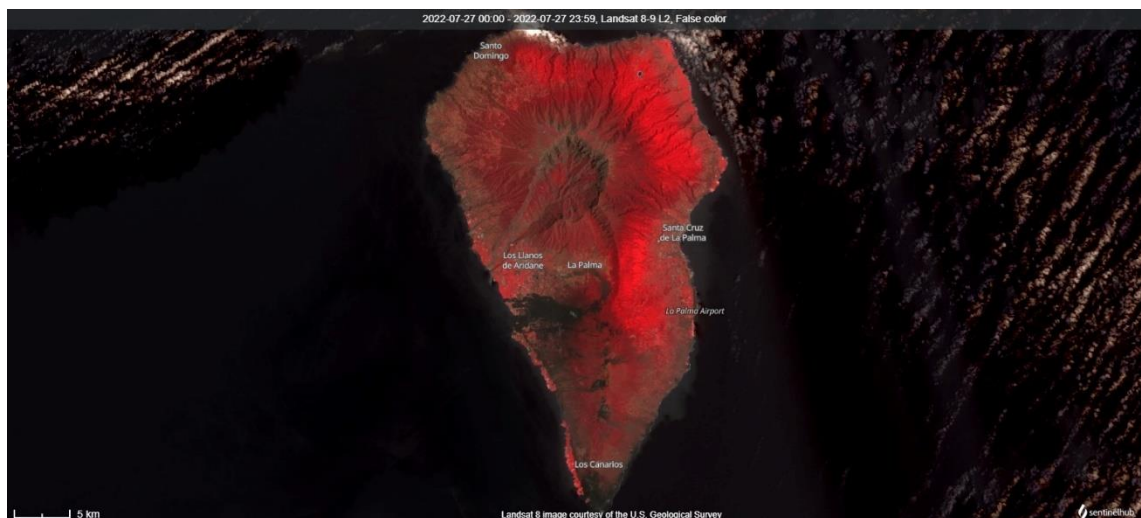
3.1 ábra Kanári-szigetek topográfiai térképe (forrás: [22])

3.2 Földrajzi leírása

La Palma a Kanári-szigetek egyik tagja, mely a szigetcsoport észak-nyugati részén terül el. Területe körülbelül 700 km². Legmagasabb pontja a Roque de los Muchachos mely Caldera de Taburiente északi peremén helyezkedik el a maga 2426 méteres magasságával. Ettől délre található a Cumbre Vieja. A Kanári-szigetek többi tagjához hasonlóan forró pontos vulkanizmusa van. Azonban a többi szigethez képest vulkanikusan aktívabbként tartják számon. A 15. század óta 8 kitörés van feljegyezve A sziget csoport tagjai közül csak Gran Canaria szigetén nem található vulkán és La Gomera, Fuerteventura, amelyeken már nincs vulkanikus tevékenység. [23]



3.2 ábra La Palma szigete eredeti színekben 2022. július 27.-én (forrás: [22])



3.3 ábra La Palma szigete hamis színes felvétele 2022. július 27.-én (forrás: [22])

3.3 La Palma szigetének fontosabb statisztikai adatai

2001	2011	2019
78 800	83 689	84 739

2. táblázat La Palma népessége 2001, 2011, 2019-ben (forrás: [24])

jan.	feb.	már.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
18	18	19	19	20	21	23	24	24	23	21	19

3. táblázat La Palma középhőmérséklete 2022 (forrás: [24])

jan.	feb.	már.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.
49	57	33	19	7	2	1	1	12	41	70	80

4. táblázat La Palma átlagos csapadék mennyisége (mm) (forrás: [24])

A sziget feljegyzett vulkán kitörései:

1470, 1585, 1646, 1677, 1712, 1949- Csak 1950-ben írtak róla csak egy tudós, aki ott volt épp a szigeten mikor kitört a vulkán. Június 24.-én tört ki mely július 30.-ig folytatta vulkánikus tevékenységét. Jelentések szerint körülbelül 60 millió köbméter láva tört felszínre a kitörés folyamán.

1971- A Teneguía vulkán tört ki október 26.-án és november 18.-ig tarott a kitörés. A láva körülbelül 2 négyzetkilométernyi területet fedett le és 29 hektárnyi területet „szerzett” a szigetnek, mivel a tengerbe folyó láva megkötött ezzel növelve a sziget területét.

2021- Cumbre Vieja tört ki szeptember 19.-én és 85 napig tartott, ezzel a leghosszabb vulkánikus kitörés La Palma történelmében. 1000 hektárnyi területre folyt rá a láva majd folyt bele a tengerbe kialakítva egy új félszigetet. [25]

Földrengések:

La Palma szigete a vulkanizmusának köszönhetően gyakoriak a földrengések. 2021-ben csaknem 10 000 földrengést regisztráltak, ebből azonban 2000 2-es magnitúdó alatt volt, vagyis az ember általában észre sem veszi. A legerősebb azonban az 5.1 erősséget is elérte, ami már akár a házakban is képes károkat tenni. [26]

3.4 2021 évi kitörés időrendi leírása

3.4.1 Előjelek

A Cumbre Vieja vulkán kitörésének, mint más kitöréseknek, már a természeti katasztrófa előtt voltak előjelei. 2021. szeptember 11.-én egy földrengés sorozat rázta meg a területet. Körülbelül 22 000 föld alatti földrengést rögzítettek a műszerek egy hét alatt, melyek átlagos erőssége elérte a 3,5 magnitúdót. Szeptember 13. egy sárga figyelmeztető jelzést adtak ki a területre, ami körülbelül 35 000 embert érintett. Erre a hírre a hatóságok legalább 40 magánszemélyt és néhány jószágot evakuáltak a szigetről, habár ekkor még nem volt teljes körű evakuálás a vulkán körül kihirdetve. [27]

3.4.2 A kitörés

A kitörés 2021. szeptember 19. helyi idő szerint 14:13-kor kezdődött egy Cabeza de Vaca nevű erdőben Las Manchas tartományban. Ekkor 5 hasadás nyílt és tört elő belőlük a forró magma a felszínre. A kitörés után azonnal körülbelül 300 embert evakuáltak, majd további 700-at, melyből 500 turista volt. Fontos megjegyezni, hogy ezen emberek nem a kitörés helyéhez voltak közel, hanem egy olyan területen tartózkodtak, melyet csak úthálózaton lehet elérni, és ha a lefolyó láva az utat keresztezi akkor az emberek ott ragadnak.

A kitörés pillanatában a riasztás fokozata sárga jelzésről a legmagasabb, vörös jelzéssé változtatták.

Szeptember 19.-én a La Palma-i Fő Kórház Sürgősségi Osztálya felfüggesztet minden nem sürgős műtétet, páciensek konzultációját és betegek látogatását, mindezzel felkészülve ezzel a katasztrófa sújtotta személyek fogadására. Szerencsére erre nem volt szükség, mivel már másnap visszaállították a rendes napirendjükre.

Szeptember 20.-án a Kanári-szigetek oktatási minisztere, név szerint María José Guerra, elrendelte az érintett (és szomszédos) terület minden óra elmaradását az iskolákban. Azonban a repülő járatok még maximum pár óras késéssel, de közlekedtek. 200 ház, amik a láva útjába kerültek mind megsemmisültek, de szerencsére haláleset nem történt.

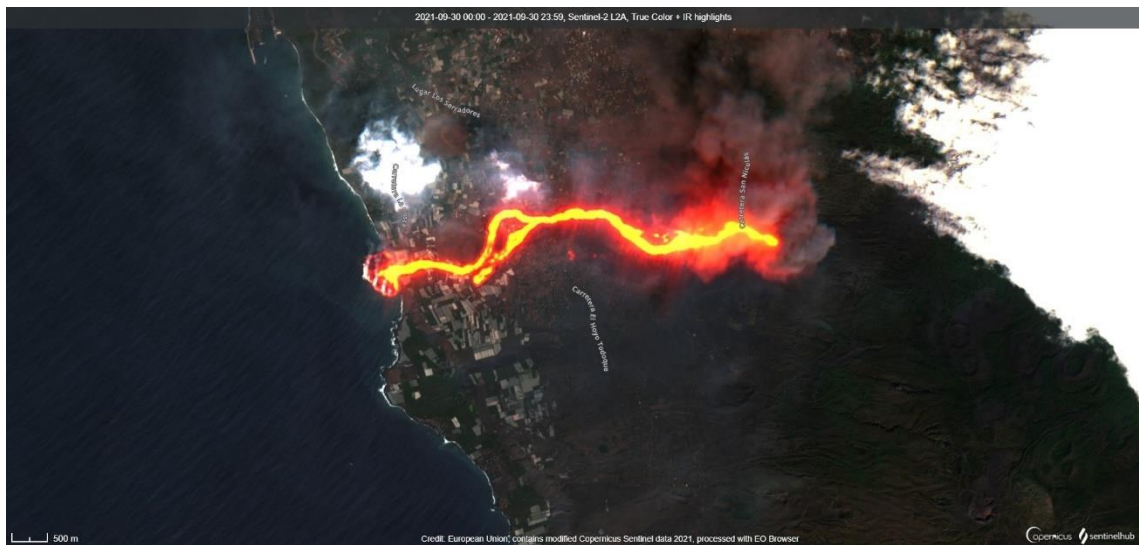


3.4 ábra: 2021 szeptember 20.-ai kitörés (forrás: [27])

Szeptember 21. délutánjára a láva elérte Todoque települését. A nap végére 185 ház és majd 400 hektár föld égett porrá a láva miatt. 5500 embert kellett evakuálni.

Szeptember 24.-én a kitörés felerősödött, ezzel még több vulkanikus hamut és vulkanikus anyagot lövellve nagyobb távolságokra. Így a tűzoltóknak muszáj volt visszavonulniuk Todoque határából. Két új hasadás nyílt a felszínen és még több láva kezdte meg útját a lejtőn a tengerig. A hatóságok kiterjesztették a kivonási zónát és elrendelték további települések evakuálását. Ekkor kezdték el először tiltani a civil repülőgépek felszállását.

A következő nap, azonban az összes repülő járatot beszüntették a vulkanikus hamu miatt. Még ezen a napon a vulkán főkúpja beomlott ezzel egy új hasadás jött létre és egy új láva folyást hozott létre. Bár ez az új folyás az előző folyás útját követte mégis szélesítette annak útját. Érdekesség, hogy ezen a napon volt először, hogy a felhőzet kedvezően alakult ahhoz, (már 20.-án is volt egy felvétel, de a felhőzet miatt csak kevés látható az eseményből) hogy először tekinthessük meg műhold felvétel alapján természeti katasztrófát.

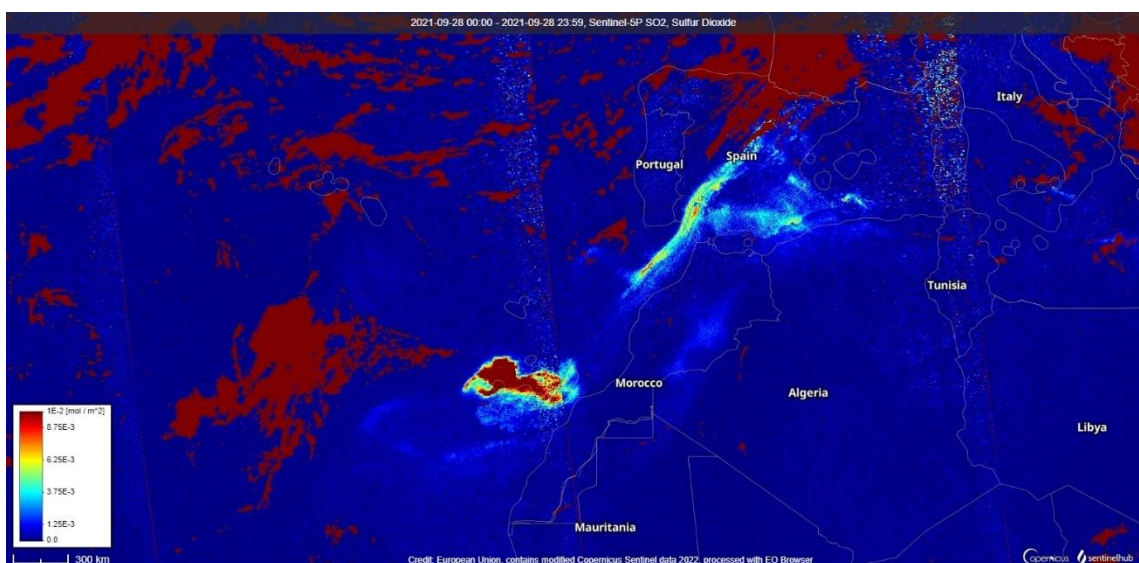


3.7 ábra: 2021 szeptember 30. eredeti színes felvétel (forrás: [22])

Október 1.-én Egy újabb nyílásból kezdett folyni két irányba folyni a láva, ezzel még több lakott területet veszélyeztetve. Három nappal később az elsődleges vulkán kúp beomlott, mely fokozta a láva folyását.

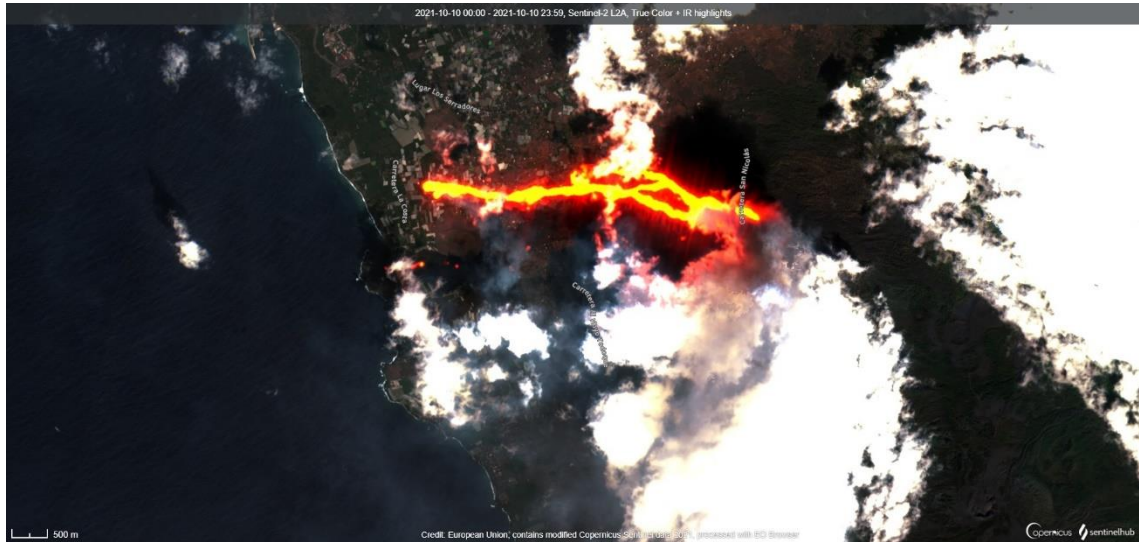
Október 7.-én helyi idő szerint 12:17-kor egy 4,3 magnitúdó rázta meg a szigetet. Majd másnapra a Copernicus Emergency Management szolgáltatás szerint a láva körülbelül 500 hektárnyi földet követelt magának és több mint 1100 épületet pusztított el.

Eközben a vulkáni gázok hatalmas területet fedtek le és már Skandinávia felett is érzékelték lehetett szulfát-dioxid nyomait a felső sztratoszférában.



3.8 ábra: SO₂ koncentrációja a levegőben 2021. szeptember 28.-án (forrás: [22])

Október 9.-én újabb része a vulkánnak beomlott létrehozva három új lávafolyást, mely másnapra elpusztította Todoque teljes települését, mármint ami megmaradt eddig belőle.



3.9 ábra: 2021. október 10. eredeti színes felvétel+ felerősített színek (forrás: [22])

Október 11.-én megint egy vulkanikus kráter omlott össze és egy újabb láva folyás indult meg a lejtőn. Következő napon a láva már 600 hektár földet fedett le. Ezen a napon 3500 embert zártak be egy ipari parkba, hogy megvédjék őket a láva veszélyeitől El Paso-ban. Ezek mellett egy 4.1-es magnitúdójú földrengés is keletkezett, majd egy nappal utána egy 4.4-es is lecsapott.

Október 14.-re a láva folyam elérte La Laguna települést és elpusztított több épületet, ezért következő nap, vagyis október 15.-én még több, mint egy 7000 embert evakuáltak, akik a láva közelében éltek. Ekkorra már 670 hektárnyi területet foglalt magának a láva.

Október 16.án helyi idő szerint 4:41 és 6:07-kor egy 4,6 és 4,5-ös magnitúdójú földrengés pusztította az épületeket Mazo-ban.

Rákövetkező nap a láva térhódítása lelassult bár csak nappalra, mivel éjszakára ismét felgyorsult. Még ezen a napon egy újabb 4,6 erősségű rengés rázta meg a környéket. Mindeközben a gyerekek 30 nap után először mehettek vissza iskolába. Természetesen nem a megsemmisült településekre, hanem egy épületben szállították őket Los Llanos-ba.

Egy hónappal a kitörés után a láva 762 hektár földet követelt magának és elpusztított 1700 épületet 56 kilométernyi úttal együtt.

Október 24. helyi idő szerint délután 16:34-kor az eddig legerősebb 4,9-es erősségű földrengés rengette meg La Palma szigetét.

Október 25. A földrengések intenzívebbé váltak és számuk és megnövekedett.

2021. október 26.-án a Copernicus EMS adatai szerint a láva folyás, elpusztított vagy érintett több mint 2100 épület, több mint 66 kilométer hosszú úthálózatot és több 900 hektárnyi területet fedett le. A vulkanikus hamu, ami az atmoszférába került, azonban több 5500 hektárnyi területet ért el, és ez még csak a vizsgált területen belüli érték.

Október 27.-én a vulkán legalább 50 ezer tonnányi kéndioxidot bocsátott ki magából, ezért a hatóságok a helyi lakosságnak, azt tanácsolták, hogy tartsák zárva mind az ajtókat, mind az ablakokat, valamint ne hagyják el otthonaikat.

Másnapra, október 28.-án legalább nyolc földrengés csapott le La Palma szigetére, ami több mint 4-es magnitúdójúak voltak.

Október 29. Összesen 7000 embert evakuáltak a környező régióból.

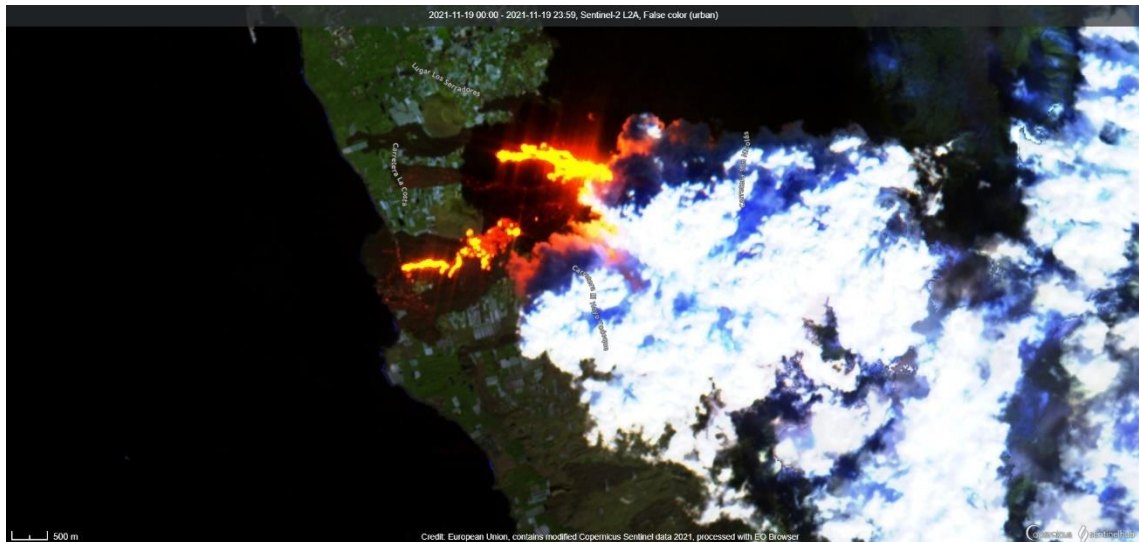
Október 30.-án rázta meg először a szigetet egy 5-ös magnitúdójú földrengés a szigetet. Az epicentruma ismét Mazo város alatt volt.

Október 31. A második 5-ös erősségű földrengés mozgatta meg a földet és továbbiakat jeleztek előre. Ekkora már a láva 1000 hektárnyi területet foglalt el. Érdekesség, hogy ezen a napon a jelentések szerint minden hotel-ben, szállóban, vendégházban és vendéglátóhelyeken minden szobát kiadtak. A turisták közelebbről is át szeretnék volna élni milyen egy vulkán kitörés.

November 10.-én érte el a második láva folyás a tengert.

November 14.-én követelt az első áldozatát a vulkán. Egy 72 éves idős ember próbálta letakarítani a vulkanikus hamut a tetőjéről, amikor is a háza összedőlt maga alá temetve a férfit. Ő volt első és egyetlen áldozat, akit vulkán kitöréséhez kapcsolnak.

Egy nappal később egy harmadik láva folyás is elérte az óceánt. ezzel 40 hektárral növelte a sziget területét. Ekkora már a vulkanikus tevékenység kezdett lelassul, azonban a levegő minősége még mindig komoly problémát okozott.



3.10 ábra: 2021. november 19.-i felvétel Sentinel 2 által. (forrás: [22])

November 20.-án a Vulkánkitörés Index (Volcanic Explosivity Index) VEI 2-ről VEI 3-ra fejlődött. Ugyanis ekkora már a kiszórt anyag mennyisége elérte a 10 millió köbmétert. Fontos tudni, hogy ez az érték egyáltalán nem azt jelentett, hogy a veszély megnövekedett, mivel az vulkán kitörés aktivitása nem erősödött. „A vulkánkitörési index (Volcanic Explosivity Index = VEI) egy relatív mérőszám a vulkáni kitörések erősségének osztályozására. A mérőszámot 1982-ben vezették be Chris Newhall és Steve Self amerikai geológusok” [28].

November 25.-én egy új nyiladék nyílt délre az eredeti kürtőtől, melyből láva tört elő, viszont ez gyorsabban folyt és kevésbé volt „nyúlékony”.

November 28.-án reggel 3:00-kor egy újabb nyiladék jött létre a fő kürtő lábánál és ismét lávát bocsátott a felszínre és piroklasztikus hamu engedett a levegőbe.

December 4.-én egy újabb kitörés következett mely újabb gázokat lőtt a levegőbe.

December 12.-én a vulkán kitörés megdöntötte a helyi rekordot, amikor is elérte a 85 napos folyamatos aktivitását. A kitörést a leghosszabb vulkán kitörésnek könyvelték el

La Palma történelmében. Az előző rekorder a Tajuya Vulkán kitörés volt még 1585-ben, ami elvileg 84 napig tartott. Azonban erről nincsenek megbízható források.

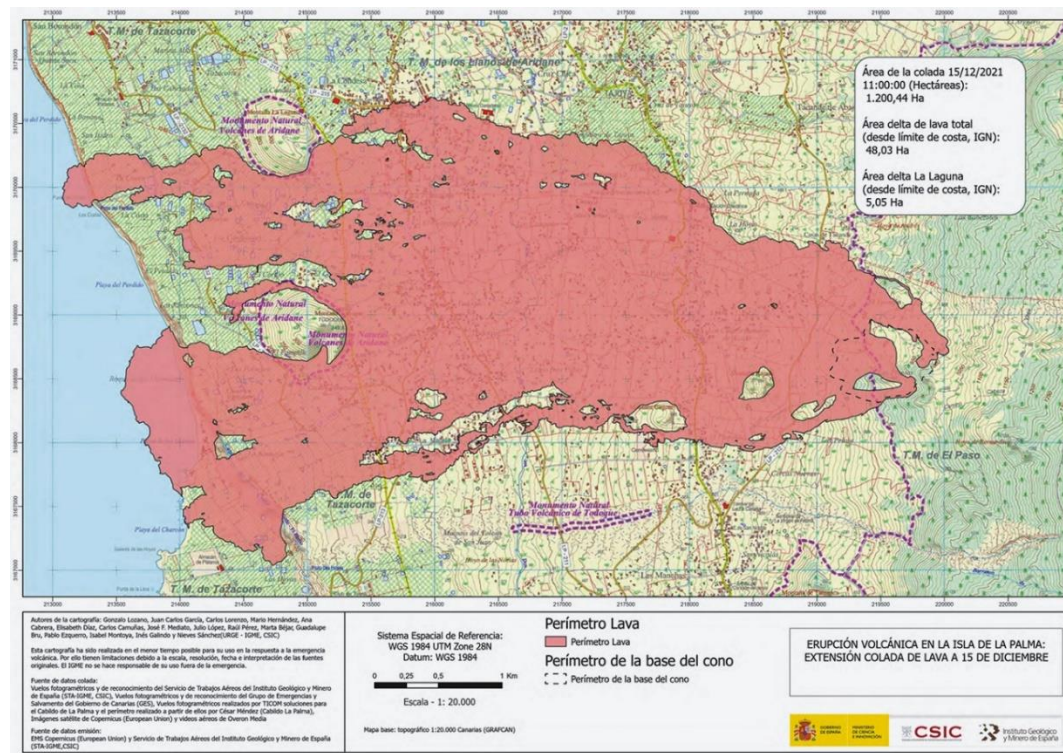
December 13.-én a vulkán hatalmas mennyiségű mérgező kéndioxidot bocsátott ki magából. Ezért a helyi hatóságok három körzetben, 30 ezer helyi lakosnak rendelték el, hogy otthon maradjanak. Még ezen a napon a vulkán kitörés megszűnt.

December 25.-én miután a vulkán 10 napig nem mutatott aktivitás a hatóságok hivatalosan kijelentették a vulkán kitörés végét, mely három hónapig terror alatt tartott La Palma szigetét. [27]

3.4.3 A károk

A kitörés mindössze egy életet követelt. A hatóságok kordába tudták tartani a kitörést és időben evakuálták mindig a lakosságot.

Azonban az anyagi károk jelentősek voltak. Összesen 2891 épületet érintett a láva, ebből 2790 teljesen megsemmisült. Láva 1146 hektárnyi földet követelt magának, ami a sziget 1,6%-át jelenti. Ezzel körülbelül 842 millió Euró (953millió Dollár) kárt okozott a gazdaságban. A láva, azonban 48 hektárral bővített a szigetet.



3.11 ábra: A láva által érintett terület. (forrás: [30])

4. FELHASZNÁLT ADATOK

4.1 Űrfelvételek

Ebben a fejezetben szeretném kifejteni, hogy a feldolgozott felvételeknek honnan származnak, valamint hol érhetőek el.

4.1.2 Európai Űr Ügynökség (ESA)

Az Európai Űr Ügynökséget (European Space Agency: ESA) 1975-ben alapították és célkitűzésük a békés felfedezése és kiaknázása az űrnek az emberiség számára. Székhelye Párizsban található, de 22 tagállam dolgozik közösen, hogy mind a tudományban és a technológiában újakat hozzanak létre, és a gazdasági növekedést elősegítsék Európában. Az ESA műholdjai, kutatják és tanulmányozzák a Holdat (Orion), a Föld szomszédjait (ExoMars), a csillagokat és galaxisokat (Gaia, Bepicolombo), és exobolygók (Cheops) után keresnek.

A tudósok az ESA-nál nem csak az asztronómia, vagy bolygó tudomány, vagy asztrofizikai tudásukat bővítik, de kutatják az élet nyomait a Marson, étel termesztenek az űrben, és vizsgálják a mi bolygónkat is.

Az ESA szeretné, ha az űrben biztonságosan és olcsón lehetne szállítani, akár műholdak akár személyeket is. A tervezők már megalkották az Ariane 6 és Vega-C műhold szállító rakétákat, valamint a Space Rider újra felhasználható űrsiklót.

Az irányítóközpont minden nap figyelemmel kíséri a bolygónkat, tanulmányozzák az univerzumot és felfedezik a naprendszert. Több mint 80 küldetést hajtottak végre.

Az ESA elhivatott, hogy az űrt biztonságosabbá tegye, ezért a csapataik segítenek az űrrepülőknél elkerülni az ütközést az űrszeméttel, és új technológiákat fejlesztenek arra hogy a pályáról leszedhessék a már „halott” műholdakat. A Langrange műhold monitorozza a Napot, míg a földi obszervatóriumok kémlelik az eget az aszteroidák után. Ezekkel a technológiákkal előre jelezhetőek a potenciális aszteroida becsapódások vagy akár a Nap aktivitásai, ami akár Földre is kihatással lehet.

A navigációs műholdak, mint a Galileo műholdsorozat, amit ESA fejlesztett ki, ezzel létrehozva Európa saját globális műhold rendszerét. A több mint 20 műholdból álló

rendszer kiegészülve a földi állomásokkal, globálisan ad pontos hely adatokat számunkra.

A Földet monitorozó műholdak, akár időjárás előrejelzést fejlesztik, vizsgálják a klíma változás hosszú távú hatásait és értékes információt biztosítanak a Föld tudományához. Ilyen például Sentinel műholdak, amik az Európai Copernicus programhoz tartoznak és létfontosságú adatokat sugároz a természetünkről, ami segítheti a mindennapi életünket. [31]

4.1.2 A Sentinel műholdsorozat

A Sentinel sorozat lényegében a tovább fejlesztése volt a már leszerelt vagy pedig közel a leszereléshez álló műholdaknak, mint például az ERS vagy Envisat. Ezzel biztosították az adatok folytonosságát, hogy az adatnyerésben ne legyen semmilyen szakadás.

Minden küldetés más adat szerzésre fókuszál. Az egyes küldetések nem csak egy műholdat foglalnak magukba.

A Sentinel-1 volt az első a sorozatban, amit fellőttek 2014-ben. A küldetése, hogy a földfelszín és az óceánokat monitorozza éjjel-nappal és radarral van felszerelve, hogy az időtől függetlenül tudjon felvételeket készíteni.

A Sentinel-2 műholdat 2015-ben bocsátották pályára és hasonlóképpen küldetése a felszín figyelése a feladata. Azonban a Sentinel-2 nagy felbontású felvételeket készít így már a vegetációt, a talajt és a partvidéket is lehet vele vizsgálni.

A Sentinel-3 a tengeri megfigyelésnek, a tenger felszínének, a tenger és szárazföld hőmérsékletének, az óceán és a föld színeit vizsgálni a küldetése.

A Sentinel-4 a levegő minőségét hivatott monitorozni.

Sentinel-5 és Sentinel-5P hasonlóan a Sentinel-4-hez a levegő minőséget monitorozza. Az utóbbi műhold, azonban előfutára volt az előbbinek.

Végül a Sentinel-6 a tengeri-felszín magasságát fogja monitorozni legalább 2030-ig. [32]

4.1.3 Sentinel-2 küldetés részletezése

A küldetés 2 műhold konstellációjából áll, melyet két év különbséggel helyeztek pályára. A két műhold egymással 180° zár be és nap szinkronos pályán. A két műhold helyzetét egy GNSS vevő egység méri. További két műhold fogja őket követni, valamint egy következő generáció már a tervező asztalon van.

A fő feladatuk:

- > mezőgazdaság és ökoszisztéma monitorozása
- > erdők menedzselése
- > kontinensek és partvidéki vizek minőségének monitorozása
- > katasztrófa térképezés és civilek biztonsága

Az egyetlen szenzorjuk az MSI (Multi Spectral Instrument), ami passzívan működik, vagyis a visszaverődő elektromágneses energiát gyűjti. A beérkező elektromágneses energiát egy szűrő szétválasztja és két különálló fókuszsíkra vetíti a műszeren belül. Az egyik a látható és a közel infra sávoké, a másik a közepes infra sávoké. Ezeknek a műszereknek a látómezőjük 290 kilométer. A szenzor 10 VNIR (Visible and near-infrared) és 3 SWIR (Short wave infrared) hullámhosszokban képes fényképezni. [33]

4.1.4 Felhasznált távérzékelési adatok

A felhasznált távérzékelési adatok a Copernicus Open Access Hub weboldáról töltöttem le. [34] Három darab űrfelvételt használok fel szakdolgozatomhoz. Ezek:

Időpont	Spektrális sávok	Csempe szám	Felbontás
2021.09.10.	B03, B04, B08	T28RBS	R10m
2021.09.30.	B8A, B11, B12	T28RBS	R20m
2022.07.27.	B03, B04, B08	T28RBS	R10m

5.táblázat A felhasznált felvételek tulajdonságai

Az időpontokból látható, hogy egy kitörés előtti, egy kitörés közbeni, valamint egy napjainkba található állapotot szeretnék vizsgálni.

4.2 Magassági adatok

A szakdolgozathoz felhasználtam továbbá egy magassági modellt. A kiértékelt felvételeket a magassági modellre vetítettem, ezzel egy szebb és érthetőbb ábrát kaphassak.

4.2.1 Az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fájlok

“Az amerikai NASA (National Aeronautics and Space Administration) 1996-ban kezdte meg az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) programot, amelynek célja a Föld felszíne mintegy 80%-ának digitális domborzati térképezése volt, az űrrepülőgép fedélzetén elhelyezett radarrendszer felhasználásával. [...]

Halasztás után az Endeavour űrrepülőgépet, fedélzetén a méréshez szükséges berendezésekkel 2000. február 11-én bocsátották fel. A teljes mérési kampány 11 napig tartott. Az űrbeli mérést kiterjedt felszíni GPS-mérésekkel és adott pozíciókon mesterséges visszaverő felületek elhelyezésével is támogatták. A mérést követő adatfeldolgozás 18 hónapot vett igénybe, amelyet az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (US Department of Defense) intézménye, a NIMA (National Imagery and Mapping Agency) fővállalkozásában végeztek. A NASA és a NIMA közötti 2003-as együttműködési megállapodásnak megfelelően, a NASA engedélyével, az Egyesült Államok geológiai szolgálata, az USGS (United States Geological Survey) archiválja, és a világhálón elérhetővé teszi az adatokat. Fontos megjegyezni, hogy a díjmentes közzététel az Egyesült Államok állami kutatásfinanszírozásának egyik alapelve, melynek köszönhetően nemcsak az itt ismertetendő domborzati adatok, de számos más adatforrás (pl. űrfelvételek) is díjmentesen hozzáférhetőek.” [35]

4.3 Felhasznált szoftver

A szakdolgozat során két programot használtam fel:

- > IDRISI Selva
- > QGIS

4.3.1 IDRISI Selva

Az IDRISI Selva egy könnyen használható szoftver, aminek felhasználó barát interfésze miatt a felhasználó közel 300 modullal tudja analizálni és megjeleníteni a digitális térbeli adatokat. Ennek a szoftvernek áll rendelkezésre a legsokoldalúbb GIS és kép feldolgozó eszközei egy elérhető áron. [36]

4.3.2 QGIS

A QGIS egy térinformatikai feldolgozó program. Az ArGIS-hez hasonló funkciókkal van ellátva, de nagy különbség köztük, hogy a QGIS ingyen van. Az anyagiaktól eltekintve a QGIS igenis képes volt felőni fizetős társához és legalább ugyanannyi és minőségű térinformatikai projektet lát el világszerte. A QGIS csak a felvételek exportálásához használok fel. A nyers adatok .jp2000 formátumban vannak, ezeket viszont szükséges átalakítani .tiff formátumba, hogy az IDRISI kezelni tudja.

4.4 Alkalmazott kiértékelési módszer

4.4.1 Automatikus osztályozás (clusterezés)

Más néven nem ellenőrzött osztályozásnál a spektrális adatokat oly módon csoportosítjuk, hogy az egymáshoz képest hasonló adatokat azonos csoportokba kerülnek. A clusterezéskor megadhatunk fix számú csoportot, de akár az intenzitástérben egy távolságot, melyet, ha átlép az adatosztály akkor újabb csoport jön létre. A clusterezést többször is lefuttathatjuk, ezzel pontosítjuk/finomítjuk a cluster középpontjainak helyzetét.

A clusterezési eljárások közül három tipikust különböztethetünk meg.

- > Iteratív módszerek
- > Szekvenciális clusterezés
- > több dimenziós hisztogram elemzéseken alapuló eljárások

Az iteratív módszer használatakor egy célfüggvénnyel ellenőrizzük az osztályozás helyességét. Az eredményt több lépés után a célfüggvény szélső értékeinek pontosabb és pontosabb meghatározása során kapjuk meg. Leggyakrabban az iteratív clusterezés módszereinél az ISODATA-eljárást használjuk.

A szekvenciális clusterezéskor a spektrális csoportok létrehozása egy lépésben történik. Az algoritmus lefutása a következő:

1. A pixeleket egyesével, egymás után olvassa be.
2. Az adott pixelt a legközelebbi csoportba tesszük, ha a pixel a csoporttól vett távolsága kisebb, mint az előre beállított intenzitástérben értelmezett távolsága.
3. Ha ezen pixelt a 2. pontba nem esik bele egyik csoportba sem, akkor egy új csoportot hoz létre a pixelből.
4. Ha kettő cluster középpontjainak távolsága az előre beállított távolságon belülre esik, akkor a két clustert egyesítjük(összefűzzük). Az így létrehozott új cluster középpontját a pixeleik számával súlyozott átlagaként számítjuk ki.
5. Újabb pixelnél futtatjuk le a lépéseket, míg van be nem olvasott pixel.

Amennyiben a többdimenziós hisztogram elemzéseken alapuló eljárást választjuk, akkor a hisztogram helyi maximum környezetét kell megkeresnünk. Azonban ezen eljárások csak kevés számú sávoknál tudnak működni hatékonyan. [37]

4.4.2 Ellenőrzött osztályozás

A pixel alapú osztályozás során egy pixelnek a helyét nem a koordinátái (legyen az akár képi vagy terepi), hanem az egyes sávokban mért intenzitási értékek szabják meg. Az eltérő tematikus osztályoknak a pixelei mind egyedien csoportosulva helyezkednek el az intenzitástérben. Amikor egy ismeretlen pixel hovatartozását szeretnénk meghatározni, akkor összehasonlítjuk az intenzitási adatait az osztályokra jellemző intenzitási adatokkal, amelyikre legjobban hasonlít a pontot abba a kategóriába soroljuk. A leggyakrabban használt besorolási módszereink a következők:

- > Minimum distance módszer
 - Az osztályok középpontjától mért távolságokat vesszük. Amely távolság a legkisebb abba a kategóriába soroljuk.
- > Box osztályozási módszer
 - A kategóriákat az intenzitástér tengelyeivel párhuzamos téglalapokba foglaljuk. Amelyik téglalapba esik az ismeretlen pixel abba a kategóriába soroljuk. Megesik, hogy kiegészítő döntések kellenek, ha van esetleges átfedés két téglalap között.

> Maximum-likelihood módszer

- A kategóriákban található pixelek intenzitásainak gyakoriságát és valószínűségi eloszlását veszi figyelembe. Az ismeretlen pixel abba az osztályba lesz sorolva melyben ezek az értékek a leggyakoribbak.

> Bayes módszer

A pixel-alapú osztályozás mellett egyre gyakrabban szegmens-alapú megközelítést alkalmazunk, ezzel növelve az osztályozás eredményességét. Ebben az esetben az osztályba besorolást megelőzi az úgynevezett, szegmentálás. Szegmentálás során a felvételt egy összefüggő és homogén, valamint szomszédoktól jól elkülönülő területekre osztjuk fel. A területek nagysága az algoritmus lefutása előtt egy előre beállított küszöbértéktől függ. Minél nagyobb az érték annál nagyobb területek lesznek összefüggőek, vagyis nagyobb lesz a heterogeneritásuk. [37]

5. ŰRFELVÉTELEK FELDOLGOZÁSA

5.1 QGIS használata

Miután a felvételeket sikerült letölteni az első lépés a fájl formátumok megváltoztatása volt. A felvételek mind .jp2000 fájlformátumban voltak elérhetőek, azonban ezt a formátumot nem támogatja az IDRISI így a QGIS használatával .tiff formátumba alakítottam át mindhárom felvételének a felhasznált sávjait.

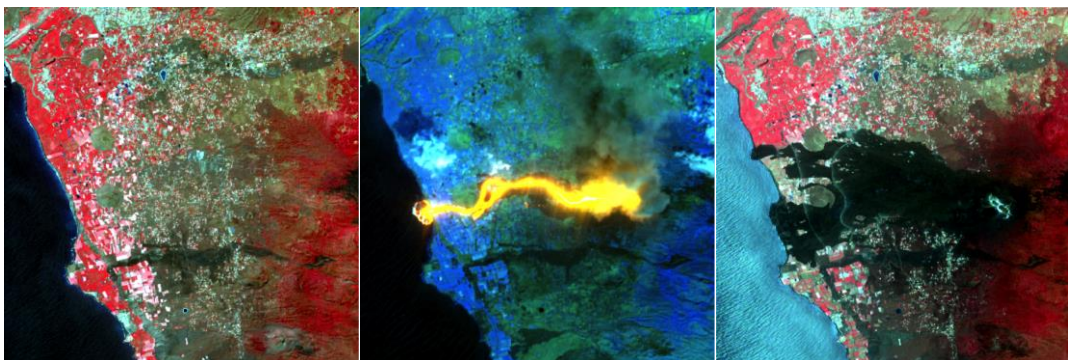
A sávokat egyesével behívtam majd a rétegeknél jobb gombbal rákattintva az adott rétegre, az exportálás funkcióval .tiff formátumban mentettem ki őket.

Hasonlóképp az .srtm formátumot is ugyanígy alakítottam át .tiff-re.

5.2 IDRISI SELVA használta az űrfelvételek kiértékeléséhez

Egy új projektet hoztam létre a programban és ide behívtam minden egyes felvétel sávjait. Ezután a felvételekből kivágtam az adott területet a WINDOW funkcióval. Ehhez az egyik felvételen ráközelítettem a vizsgált területre és leírtam az oszlop és sor koordinátáit a bal fenti és a jobb lenti saroknak. Ezután kivágtam a felvételt, majd ezután a többi felvételt egy raster csoportba raktam és kivágtam a felvételeket az előzőleg kivágott felvétel alapján a többit.

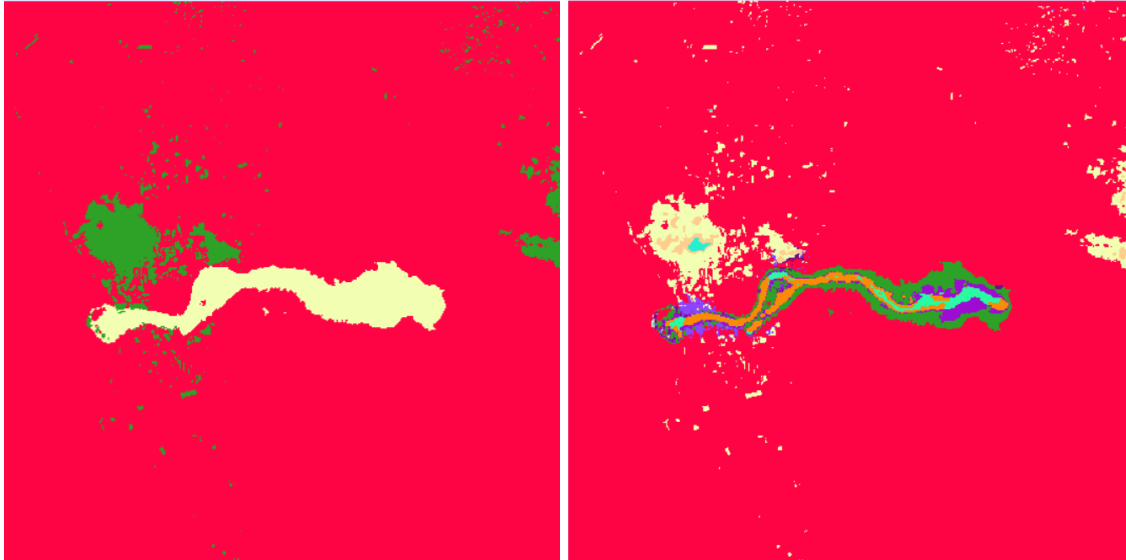
A kivágatok alapján kompozitokat állítottam elő.



5.1, 5.2 és 5.3 ábra: A kivágatok hamis színes felvételei egymás mellett

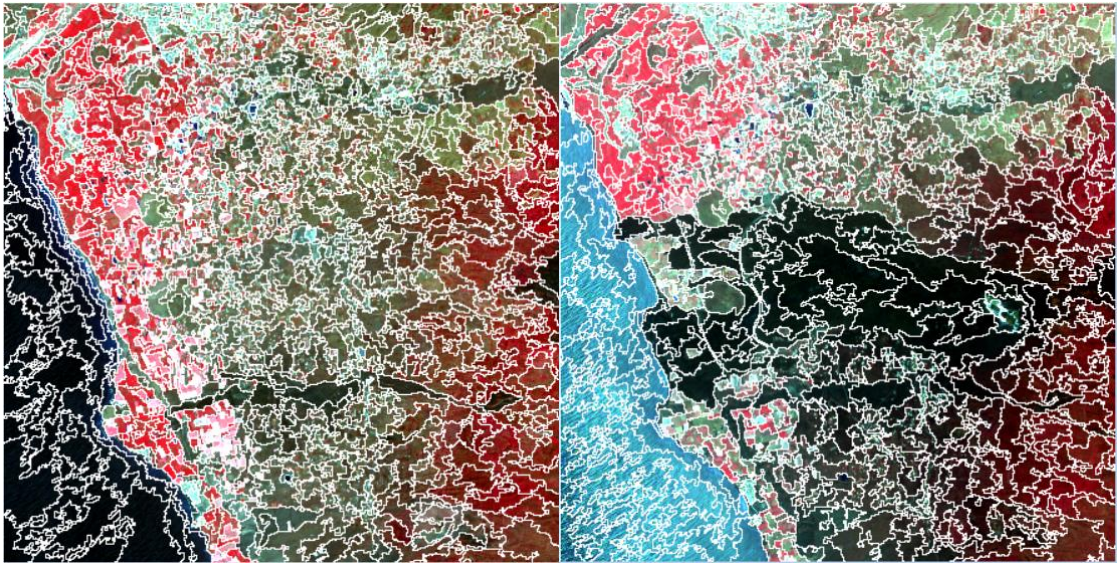
Előbb a clusterezéssel próbáltam kiértékelni a felvételeket, azonban ezek nem voltak sikeresek. Első körben három clustert állítottam be, mint az 5.4 ábra mutatja. Látható, hogy a felhőket és a lávafolyást szépen kirajzolódik, azonban ez kevés. Az 5.5 ábrához

10 clustert állítottam be, mely csak a lávafolyást és a felhőt bontotta tovább. A clustereket a program úgy hozta létre, hogy csak a nagyon kiugró „színeket” osztotta további clusterekre. Ezért a clusterezést elvetettem.

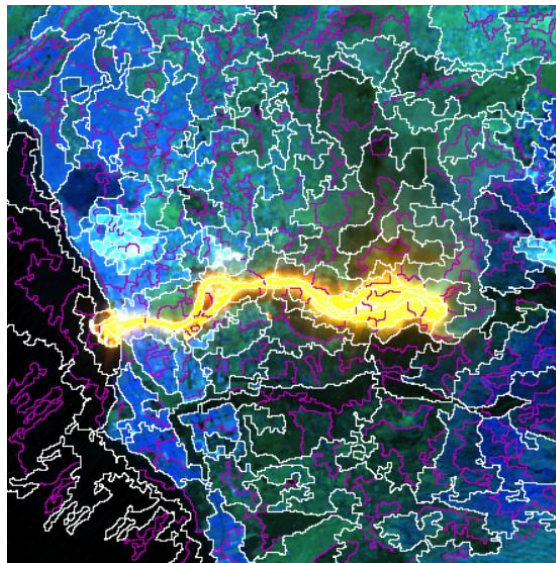


5.4 és 5.5 ábra Clusterezés végeredménye három és tíz cluster esetén.

Így a szegmens-alapú osztályozás mellett döntöttem. A szegmens-alapú osztályozás során előbb szegmensekre osztjuk fel a felvételeket. A szegmenseket a számítógép alakítja ki, még pedig egy beállított hasonlósági kritérium küszöb alapján. Ezt az Image Processing fül alatt a Segmentation Classifiers, Segmentation menüben lehet megtenni. Mindegyik felvételnél 70, 100 és 150-es küszöböt állítottam. Összehasonlítva a szegmentálási eredményeket végül a 100-as küszöböt választottam a tanuló területek kiválasztásához.

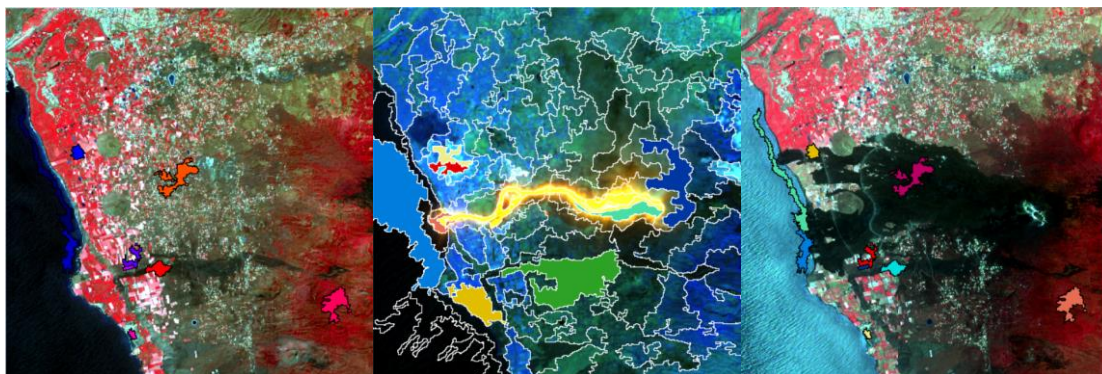


5.6 és 5.7 ábra A szegmentálás eredménye szeptember 10.-e és július 22.-e felvételen



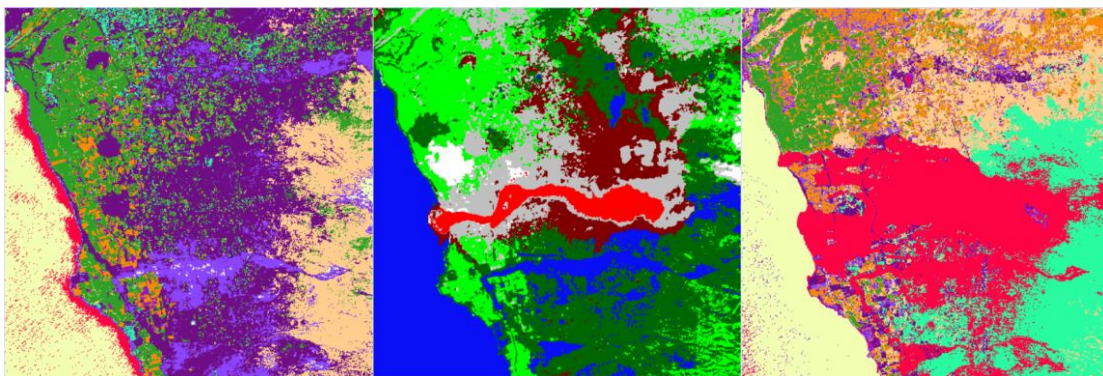
5.8 ábra A két szegmentálási eredmény viszonyítva egymáshoz képest

Az 5.8 ábrán a fehér körvonal a 100-as küszöb értékel való szegmentálás eredménye, míg a magenta színű a 70-es küszöb értékkel történt. Ezután a tanuló területek kiválasztása a következő lépés a szegmens-alapú osztályoznál. A tanuló területek kiválasztásához az Image Processing fül alatt a Segmentation Classifiers, Segtrain menüt kell választani.



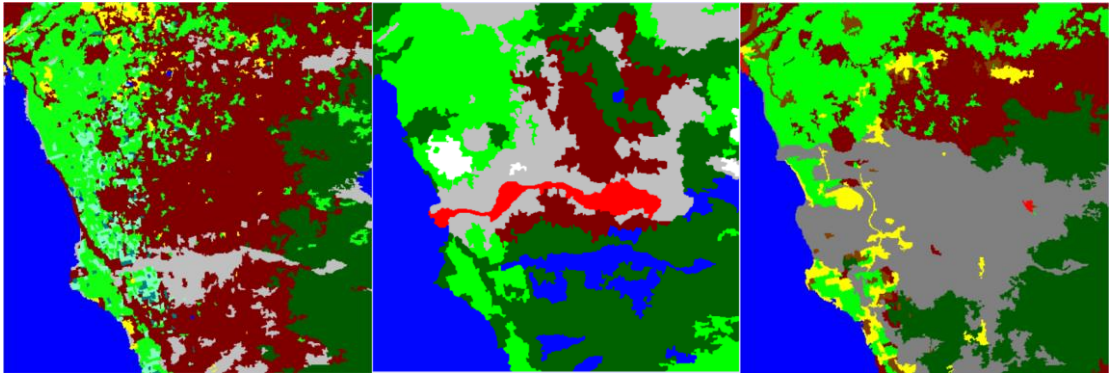
5.9, 5.10, 5.11 ábra A tanuló területek kiválasztva

A tanuló területek kiválasztása után a 4.4.2 fejezetben említett besorolási módszerek egyikét kell használnunk. Bármelyik módszer megfelel, én a Minimum Distance módszert választottam. Ekkor a program a tanuló területek alapján minden egyes pixelt az egyes kategóriákba sorol, ahogy már említettem 4.4.2 fejezet Minimum Distance módszernél. Ezt a menüt az Image Processing alatt a Hard Classifiers, MINDIST-ben érjük el.



5.12, 5.13, 5.14 ábra A besorolási utáni eredmények

Utolsó lépésként, a szegmenseknek meghatározzuk a kategóriáit a besorolási eredményei alapján. A program abba a kategóriába sorolja a szegmenseket, amelybe a benne található legtöbb pixel tartozik. Ezt a modult az Image Processing fül alatt a Segmentation Classifiers, SEGCLASS- ként találjuk meg.



5.15, 5.16, 5.17 ábra A szegmens-alapú osztályozás végeredménye

A térkép szerkesztéséhez tartozik még a kiértékelt felvételek színeit és jelmagyarázatát átalakítani. Az 5.15, 5.16 és 5.17 ábrák már átszínezve láthatóak. Az átszínezéshez, egy Palette fájlt kell létrehozni, melyet ugyanúgy kell elnevezni, mint a végeredményt.

A jelmagyarázatot átalakítani a bal alsó metaadatoknál lehetséges a Legends fülnél. Itt a három pontra kattintva átírhatjuk a jelmagyarázatot.

Az 5.16 ábrát nem használtam fel a 3D modell elkészítéséhez, mivel részletesebb képet szeretnék adni a láva folyásáról. Ehhez ezért 5.13 ábrát használtam, mely részletesebben mutatja azt be. A végső eredményt az 5.3 fejezet tárgyalja.

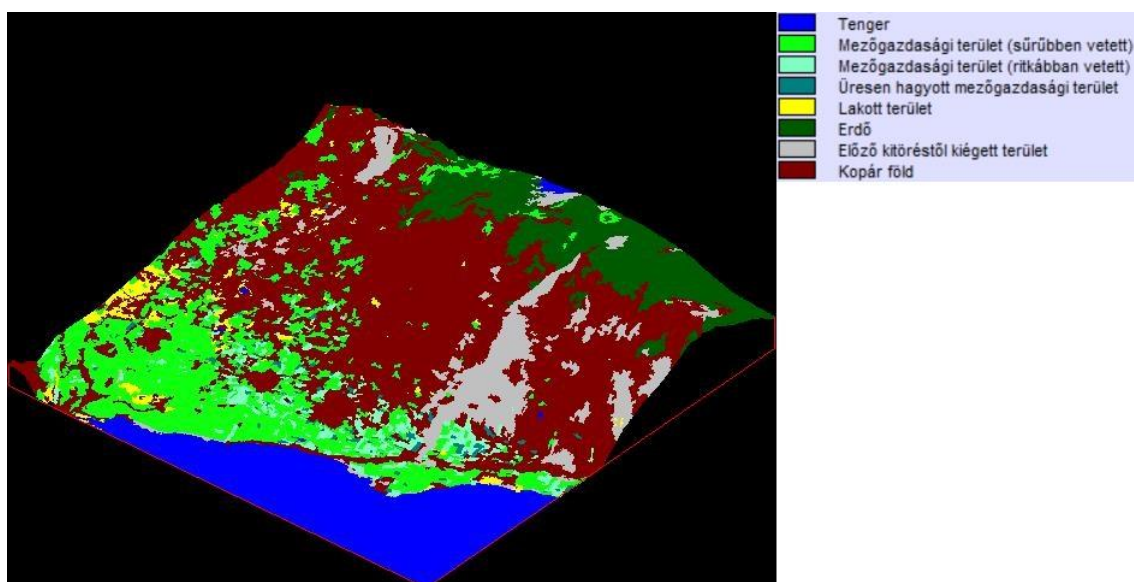
5.3 Az 3D-s modell elkészítése IDRISI-ben

Az osztályozás után, hogy még látványosabb képet adhassak a vulkán kitörésről egy 3D-s modellen szerettem volna ábrázolni a kiértékelt felvételeket. Azonban ehhez egy magassági modell szükséges, és itt kapcsolódik az srtm felvétel a szakdolgozathoz.

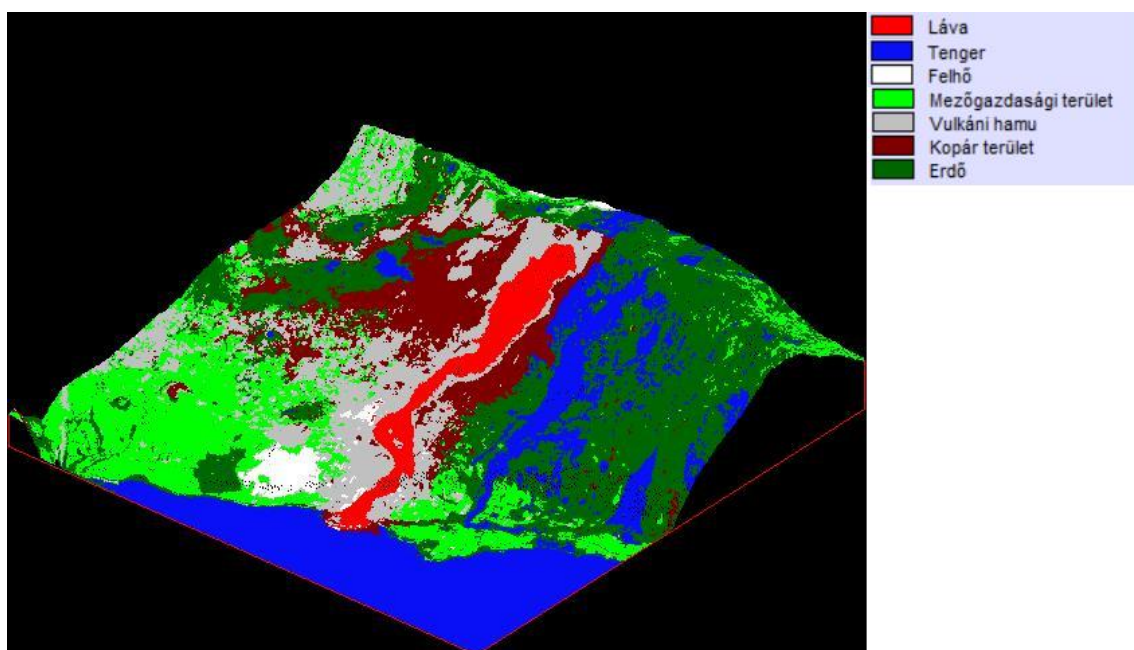
Mint már előzőleg utaltam rá, az 5.1 fejezetben, felvételt át kellett alakítani tiff formátumra. Ezután természetesen ezt a képet is hasonlóan ki kell vágni, mint az előző felvételeket. Egyrészt mivel csak erről a területről van kiértékelt felvétel, másrészt pedig az IDRISI csak azonos sor és oszloppal rendelkező terepmodellt és kiértékelt felvételt tud összeállítani.

Miután elkészültem a kivágattal a Display menü alatt az ORTHO funkciót hívjuk meg. Itt kiválasztjuk a terepmodellt, és a kiértékelt felvételt. Beállíthatjuk itt még hogy milyen

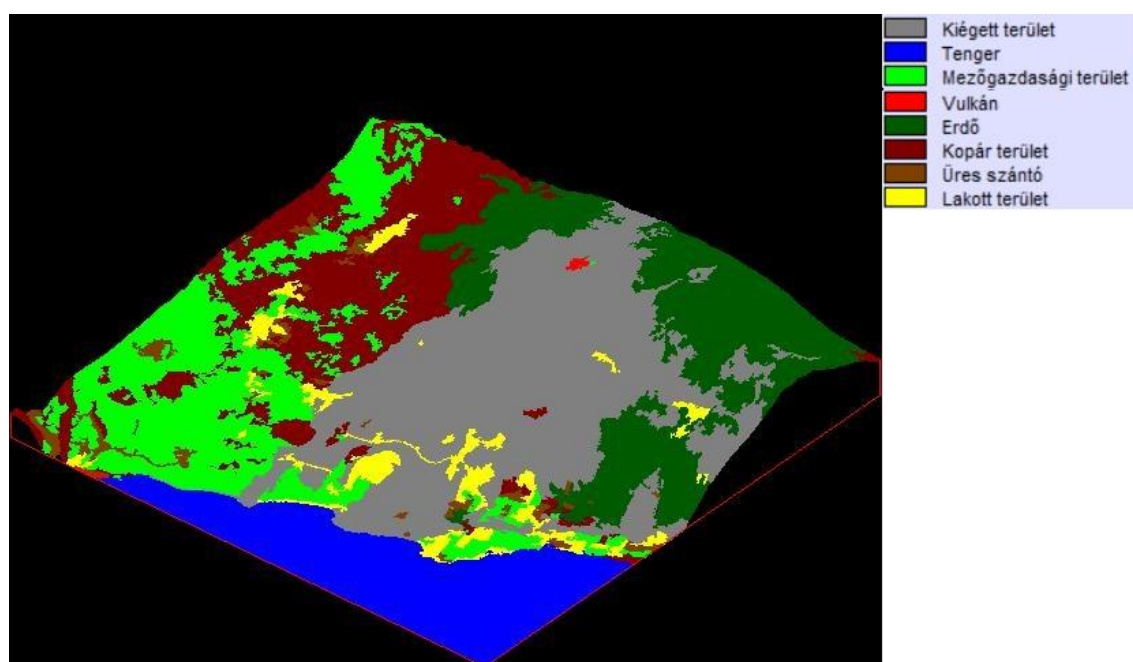
színezést alkalmazzon a terep modellen a program, de akár elforgatás szögét és a kép felbontását is megadhatjuk. Így létrehozva az alábbi kiértékelt 3D-s modelleket:



5.18 ábra: 2021.szeptember 10.-i kiértékelt felvétel 3D modellje



5.19 ábra: 2021.szeptember 30.-i kiértékelt felvétel 3D modellje



5.20 ábra: 2022.július 22.-i kiértékelt felvétel 3D modellje

6. KIÉRTÉKELT FELVÉTELEK ELEMZÉSE

6.1 Az osztályozás eredményeinek bemutatása

A 5.18 ábrán, ami még a kitörés előtti látképet adja, látható már három előző lávafolyás. (valójában kettő, mivel a kék terület a hegy tetején az északon lévő folyáshoz tartozó vulkán) Egyik lávafolyásról sincs feljegyzés, hogy mikor keletkeztek szóval legalább 300 évesek, valamint az is megállapítható, hogy egyik sem érte el a tengert. Az északon fekvő lávafolyás még idősebb lehet, mivel már a lávafolyás korrodálódott, sőt még növényzet is megjelent már a felszínén. Bár ez a növénytakaró még nagyon ritka és csak törpe növésű fenyők élnek meg még rajta. Továbbá ezen a folyáson már lakott terület is található bár ezek még csak a folyás végén találhatóak. Néhány kisebb víztározó fellelhetünk a felvételen. Ezek az alacsonyabb területeken fekvő mezőgazdasági területek öntözésére szolgálnak.

Megállapítható, hogy erdők csak a sziget tetején vannak. Ez érthető hiszen egy vulkanikusan aktív szigetről beszélünk, ha kitör, akkor elpusztítja az alatta fekvő területeket és vulkanikus kőzetet hagy maga után, ezért erdők képtelenek itt megtelepedni. Ez is a magyarázata annak, hogy ilyen sok kopár terület található a hegy oldalán.

Nézzük a 5.19 ábrát, ami a kitörés közbeni állapotot hivatott bemutatni. Rögtön látható a vulkán hol is helyezkedik el. Valamint a láva útja zavartalan volt és egyenesen haladt a tenger felé. Ha az előző felvétellel összehasonlítjuk még az újonnan létre jött sziget kép is tisztán kivehető. A kiértékelt felvételen is látszik, ahogy a vulkanikus hamut északra viszi a szél. Említhető még továbbá, hogy a láva nem folyik bele az előző lávafolyásba sem. (későbbiekben sem) A felvételen látszik, ahogy a tengerrel érintkezve a láva gőzzé változtatja a vizet és „füstölög”.

Térjünk át a 5.20 ábrára, ami 10 hónappal az előző felvétel után készült. Kezdjük a kifolyt lávával az elemzést. Ahogy az előzőekben már leírtam egy második lávafolyás is elérte a tengert, és az első még nagyobb területet öntött el még a tengerben is. Összehasonlítva a 5.19 ábrával látható, hogy az elöntött terület legalább kétszer akkora. Nem látjuk a felvételen a lávafolyástól északra levő lávafolyást, valószínűleg az intenzitási értéke hasonló volt a kopár föld kategóriával. Ezen a felvételen is láthatjuk,

hogy a lávafolyástól délre nincs sorolva semmi kopár föld kategóriába. Valójában azon a területen továbbra is kopár terület található, semmikép sem erdőség.

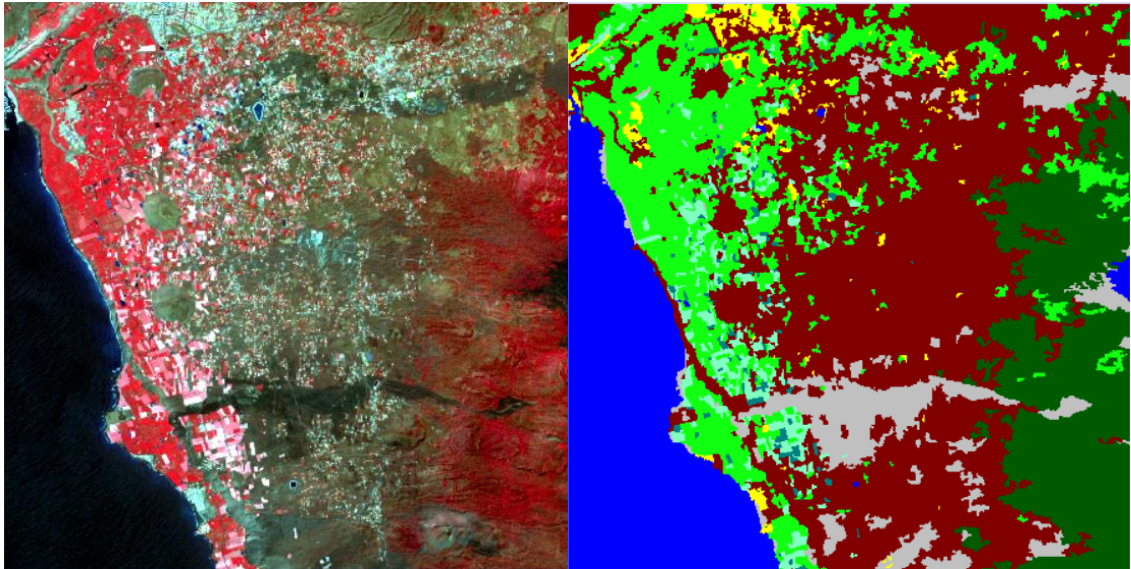
Kettő dolgot azonban szeretnék ezen a felvételen kiemelni. Az első és talán fontosabb a vulkán is megjelenik a kiértékelt felvételen. Ez annak a vulkanikus hamu kilövellésnek köszönhető, ami pontosan abban a pillanatban történt, amikor a műhold a felvételt készítette a területről. Bár a felvétel alapján, akár egy arra „tévedt” felhő is lehet a jó pillanatban lefényképezve, azonban ebben az időpontban felhők csakis a másik oldalán a szigetnek volt látható. Ezzel megállapítható, hogy vulkán továbbra is aktív maradt még csaknem egy évvel a kitörés után is.

A másik jelentős megfigyelés, hogy a kiértékelt felvételen is megjelent egy vonal a lávafolyás közepén. A vonal hossza csaknem 2 kilométer hosszú. Nem nehéz kitalálni, hogy ez egy út, ráadásul egy főbb útvonal. Ettől a vonaltól a tenger felé található egy rövidebb vonal is mely szintén egy út. A hamis színes felvételen körülbelül három út van eltakarítva. A területen azóta sincs, se növény, se épület, de az utakat azonnal, amint biztonságosra hűlt a láva, eltakarították a megkövesedett lávát. Sőt mivel a megkövesedett láva az utat tönkre teszi így valószínűsíthető, hogy fel is újították a láva által érintett utakat.

Ezenkívül a felvételen látható még beépített terület gyakorlatilag a lávafolyás mellett, melyek érintetlenül tovább állnak a katasztrófa sújtott terület mellett. Mivel a kitörésnek már vége és a láva is kihűlt, így a lakóik visszatértek már.

6.2 Kiértékelt felvételek problémái/ mellé osztályzás

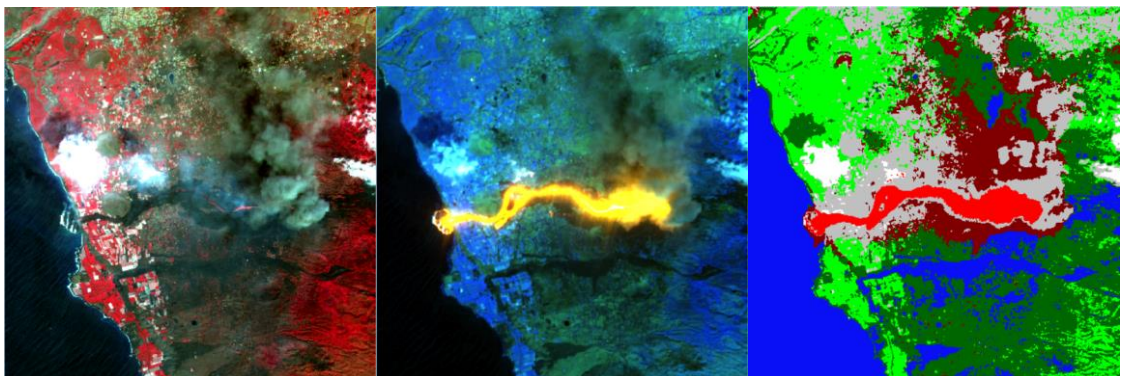
A kiértékelés során egyes szegmensek a rossz kategóriába kerültek, mivel intezeitási értékük közelebb állt egy másik kategóriához, mint amibe valójában tartoznak. Ezért ebben az alfejezetben ezen a mellé osztályozásokat veszem sorra, ezért, hogy könnyebben lehessen észre venni ezen mellé osztályozásokat, nem a 3D-s modelleket, hanem a 2D-s felvételeket vizsgálom.



6.1 és 6.2 ábra: 2021. szeptember 10. hamis színes és kiértékelt felvétel

A szeptember 10.-i felvételen, ami elsőnek észreveszünk, hogy ezen a területen elég sok a lakott terület mégis a kiértékelés után csak kevés helyen jelenik meg a sárga szín. Ez azért lehetséges, mivel hiába lakott területekről beszélünk a beépítettség nagyon ritka és sok terület kopár, így a program kopár területhez sorolta ezeket a területeket.

A második hiba a kiértékelt felvétel jobb oldalán található kék terület. Bár tengerként van jelölve a jelmagyarázatba, természetesen ez lehetetlen egy hegy tetején. Akár gondolhatnánk egy tóra is de ez tévedés lenne, ha megnézzük a hamis színes felvételt. Valójában ez a kék terület, egy előző kitörésből származó kiégett terület, azonban az intenzitási értéke inkább hasonlít a sötét színű vízére, mint a világosabb kiégett területre.



6.3, 6.4 és 6.5 ábra: 2021. szeptember 30.-i hamis színes és kiértékelt felvétel

Ez a három felvétel alapján már világossá válik, miért is használtam fel más sávokat, mint a másik két időponthoz. Az 6.3 ábrán melynél B03, B04 és B05 sávokat használtam a láva útja bár látszik, azonban a 6.4 ábrán- melynél B8A, B11, B12 sávokat használtam- a kiértékelésnél sokkal könnyebb a szoftvernek megkülönböztetnie a lavát minden mástól.

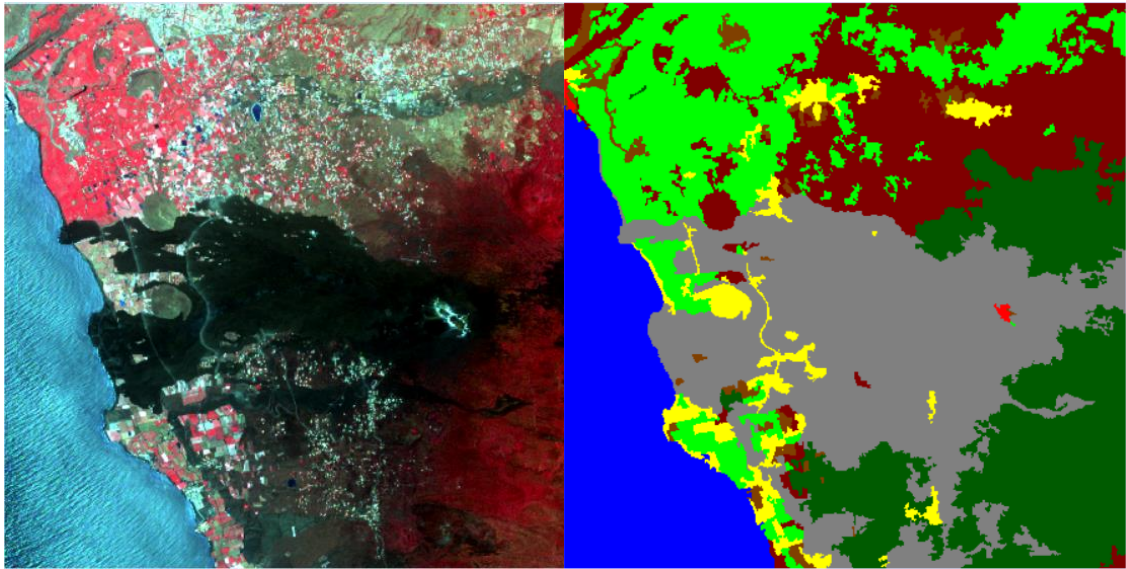
A legszembeütőbb „hiba” a lávafolyástól délre található nagy kiterjedésű kék terület. Természetesen ez nem tenger, hanem a 6.1 ábrán is megfigyelhető előző kitörésből származó kihűlt lávafolyás. Ennek kiküszöbölésére egy tanulóterületet hoztam létre „kiégett terület” névvel, de mivel az intezitási értéke hasonló a tengeréhez így a tengeren is megjelentek „kiégett területek”, valamint ezen a területen is maradtak tengernek jelölt részek.

Ami még feltűnő, az a vulkanikus hamu kiterjedése. A vulkanikus hamunak kiválasztott tanulóterület intezitási értéke hasonló a kopár területéhez, így az algoritmus egyes területeket tévesen sorolt be a két kategóriába.

Látható továbbá, hogy az erdők kiterjedése megnőtt. Nos ez is hamis mivel 20 nap alatt nem fog erdő nőni egy kopár területen. Az ok itt megint a rosszul besorolt intenzitási értékek.

Még egy hiba feltűnhet a felvételen. Még pedig a felhő fölötti „erdő”. Ha jobban megnézzük a formáját, szinte megegyezik a felhő formájával. Egyértelmű így, hogy ez a terület nem más, mint a felhő árnyéka.

Egy dolog hiányzik a felvételtől, mely a másik két felvételen megtalálható. Ez pedig a lakott területek hiánya. Ezen a felvételen az előntött területek szerettem volna kimutatni, nem pedig az egyes felszínborításokat térképezni, így kihagytam a tanuló területekből a lakott területet.



6.6 és 6.7 ábra: 2022. július 22. hamis színes és kiértékelt felvétel

Az utolsó felvételnél a megfigyelhető, hogy az előző kiégett területet is a most kiégett területhez osztályozta a program. Ez érthető hiszen intenzitási értékük hasonló.

Egy másik melléosztályozás bal fent található „vulkán”. A vulkánnak a tanulóterületet a kép közepén látható füst képződményén helyeztem el. A szoftver a felvétel baloldalán is talált egy hasonló intenzitási értékű területet, azonban ez feltehetőleg egy kósza felhő lehet csak.

Ami még feltűnhet az a kép tetején lévő lakott terület, ami rossz kategóriába tartozik. Amikor kiválasztottam a tanulóterületet a „lakott területnek” egy sötétebb intenzitású területen lévőnt választottam ki. (A kép közepén a kiégett területen látható is) Ezenkívül, a mezőgazdasági területnek valójában két tanulóterület van megadva. Az egyik már jól ismert világos vörös, míg a másik a világos kék színű terület adja. Természetesen a beépített terület is világos kék színű, ezért tévesen a mezőgazdasági területnek sorolta a lakott területet.

6.3 Elemzés összegzése

A kiértékelt felvételek alapján kiszámítható, hogy a láva mekkora területet öntött el, sőt nyomon követhető a láva útja. Ezáltal könnyen láthatjuk, hogy mely területek pusztultak el, tehát a károk felmérésén könnyíthet a távérzékelési módszerekkel vizsgált vulkán kiterjedés. A pontosság növeléséhez elengedhetetlen a nagy felbontású felvételek, valamint

a tanuló területek pontosabb meghatározása és esetleg több pixel alapú módszer használata, majd ezek összehasonlítása. A távérzékelési módszerekkel vizsgált vulkán kitörés nagy pontosságú képet adhat az adott terület vizsgálatára.

7. ÖSSZEFOGLALÓ

Amikor témát kellett választanom a szakdolgozathoz, már tudtam, hogy milyen tantárgyból szeretném majd írni. Szerencsére konzulensem, Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzata, izgalmas témát adott, sőt később lenyűgözött, egyrészt a természet, amit vizsgáltam, másrészt a technológia, amivel vizsgáltam. A dolgozat első felében részletesen bemutatam, mit is jelent egy természeti katasztrófa és főleg, hogy egy vulkán kitörés mivel jár. Ezután maga a távérzékelésről írtam, hogy mit is jelent és miként lehet az adatokat feldolgozni és bemutatam a Landsat műholdsorozatot majd későbbi fejezetben a Sentinel is.

Következőleg bemutatam a vizsgált területet. La Palma szigetről írtam fontosabb adatokat és ismertettem a vizsgált vulkán legutóbbi kitörésének időrendi eseményeit. Egy pár sor elengedhetetlen volt a károkról.

Harmadik fejezetben a felhasznált adatról írtam részletesen. Az űrfelvételek melyik műholdtól, milyen adatokat töltöttem le. A magassági adatok milyen típusúak és honnan származnak. Még a felhasznált szoftverekről is adtam rövid ismertetőt és a kiértékelő módszerekről.

Negyedik fejezetben fejtettem ki az űrfelvételek feldolgozását. Részletesen leírtam a menetét a feldolgozásnak, hogy bárki fel tudja dolgozni az adatokat hozzám hasonlóan. A végeredmények pedig remek 3D-s modellek lettek.

Végül pedig a kiértékelt felvételek hibáira világítottam rá. Természetesen nem maradhatott el ezután a kiértékelt felvételek elemzése sem.

Ez így nem jó! Itt le kell írni a dolgozat célját, használt módszertant, eredményeket és következtetéseket, esetleg javaslatot a bemutatott technológia további felhasználásra.

8. SUMMARY

When the time had come to choose a topic, I have already knew it which subject will be the base of my thesis. Luckily my consule, Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzata, gave me an interesting topic, later I was amazed of it because the nature that I preserved and with the technology I measured. In the first chapter I wrote about the natural disasters,highligthing the vulcano eruptions consequences in details. After it I talked about remote sensing. What it means? How can we obtain data from it? And also introduced the Landsat satellite missions and in a later chapter also introduced the Sentinel satellites.

In the second chapter I presented the examined area. I wrote main datas about Island of La Palma. Then I showed the most recent vulcano eruption in chronological order. I had to mention the damages.

The third chapter was all about the used data in details. I wrote about the space images where they come from and what kind of data I downloaded. I also mentioned the elevation attributes of their origin. I even presented the used softwares and the methods that how can we evaluate datas.

In forth chapter I presented the evaluation of the space images. Described the procces of the evaluation in details. If anyone wants to try for themselves, then they will easily complete the procces. The outcome of the procces was three 3D modell.

The final chapter, I showed the errors of the evaluation. Of course in the end I analized the evaluated images and wrote a conclusion of it.

7. IRODALOM JEGYZÉK

- [1] Irsel.itc.utwente.nl M19 Disaster Monitoring 2020
- [2] <https://www.statista.com/statistics/510959/number-of-natural-disasters-events-globally/>
- [3] https://ourworldindata.org/explorers/natural-disasters?facet=none&country=~OWID_WRL&Disaster+Type=All+disasters+%28by+type%29&Impact=Deaths&Timespan=Decadal+average&Per+capita=false
- [4] A természeti katasztrófák wikipédia oldala:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Term%C3%A9szeti_katasztr%C3%B3fa
- [5] A Vulkánok wikipédia oldala:
<https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C5%B1zh%C3%A1ny%C3%B3>
- [6] A Britannica hivatalos cikke a vulkánokról:
<https://www.britannica.com/science/volcano>
- [7] EarthScope által üzemeltett weboldal:
https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/hotspot_volcanism_thermal_plume
- [8] https://www.nkp.hu/tankonyv/foldrajz_9_nat2020/lecke_02_004
- [9] Pna hivatalos oldala: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1300192110>
- [10] A vulkánok felépítése:
https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C5%B1zh%C3%A1ny%C3%B3#/media/F%C3%A1jl:Volcano_scheme.svg
- [11] <https://tirto.id/gempa-lombok-dan-erupsi-gunung-samalas-di-abad-ke-13-cQJY>
- [12] Hédervári Péter (1981):
Évezredek, vulkánok, emberek, Kossuth Könyvkiadó, Budapest
- [13] <https://ng.24.hu/fold/2021/02/21/kitoresben-az-etna/>
- [14] Olalekan Mumin Bello, Yusuf Adedoyin Aina (2013):
Satellite remote sensing as a tool in disaster management and sustainable development: towards a synergistic approach The 3rd International Geography Symposium – GEOMED2013 367-368

- [15] **Verőné Wojtaszek Malgorzata:** Fointerpretáció és távérzékelés FOI 1 1 A távérzékelés fizikai alapjai, Székesfehérvár 2011 6-9
- [16] **Dr. Mucsi László:** Műholdas Távérzékelés jegyzet 2013 (<http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-RS-jegyzet/TAMOP-RS-tananyag.html>)
- [17] **Verőné Wojtaszek Malgorzata:** Fointerpretáció és távérzékelés FOI 3 3 A lézer alapú távérzékelés, Székesfehérvár 2011 10-17
- [18] A NASA weboldala a LandSAT műholdról:
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-next/>
- [19] A LandSAT műholdsorozat táblázata:
https://hu.frwiki.wiki/wiki/Programme_Landsat
- [20] A műholdak wikipédia oldala:
<https://hu.wikipedia.org/wiki/M%C5%B1hold>
- [21] Spanyol Geográfia Intézet weboldala:
https://www.ign.es/web/resources/sismologia/tproximos/sismotectonica/pag_sismotectonicas/can_la_palma_en.html
- [22] Sentinel műhold képei böndésző:
<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>
- [23] La Palma szigetének magyar wikipédia oldala:
https://hu.wikipedia.org/wiki/La_Palma
- [24] La Palma szigetének statisztikai oldala:
https://www.holiday-weather.com/la_palma/averages/
- [25] La Palma szigetének angol wikipédia oldala:
https://en.wikipedia.org/wiki/La_Palma
- [26] A világ vulkánjainak kitörését/földrengéseket archiváló szervezet oldala:
<https://www.volcanodiscovery.com/la-palma-earthquakes/archive/2021.html>
- [27] Cumbre Vieja 2021 kitörésének wikipédia oldala:
https://en.wikipedia.org/wiki/2021_Cumbre_Vieja_volcanic_eruption
- [28] A Vulkán kitörés index wikipédia oldala:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Vulk%C3%A1nkit%C3%B6r%C3%A9si_index

[29] Kár felmérése Nasa szerint:

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149231/a-changed-landscape-on-la-palma>

[30] Consorseguero digital weboldala a vulkán kitörésről:

<https://www.consortegurosdigital.com/en/numero-15/content/in-depth/the-volcanic-eruption-of-cumbre-vieja-in-la-palma-2021>

[31] Az ESA hivatalos bemutató videója:

<https://youtu.be/LVANh0MBvTU>

[32] A Sentinel műholdsorozat leírása a ESA hivatalos weboldalán:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>

[33] A Sentinel 2 multispektrális műszerének leírása:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/>

[34] Copernicus Open Access Hub weboldala:

<https://scihub.copernicus.eu/>

[35] Molnár Gábor: Földkutatás a világűrűből, elektronikus jegyzet, radarrendszerek

SRTM, http://sas2.elte.hu/mg/foldkutatas_v3/11radar3srtm.htm

[36] Az IDRISI Selva leírása:

<https://www.environmental-expert.com/software/idrisi-selva-gis-and-image-processing-software-342737>

[37] **Verőné Wojtaszek Malgorzata:** Fointerpretáció és távérzékelés FOI 5 5 A távérzékeléssel szerzett adatok számítógépes kiértékelése, Székesfehérvár 2011 31-41