

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK

A Naprendszerbeli égitestek térképi ábrázolásának kérdései az Io példáján

Szakedolgozat

KÉSZÍTETTE:

Merk Zsófia

Földtudományi BSc Térképész - Geoinformatikus szakos hallgató

TÉMAVEZETŐ:

Márton Mátyás

egyetemi tanár

ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

KÜLSŐ KONZULENS:

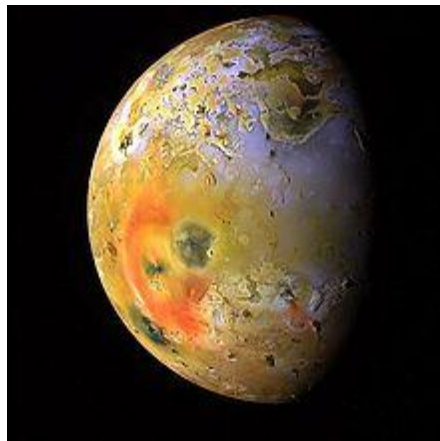
Hargitai Henrik

adjunktus



Budapest, 2012

**A Naprendszerbeli égitestek térképi
ábrázolásának
kérdései az Io példáján**



Merk Zsófia

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	7
2. Bolygótérképezésről általában	8
2.1. Koordináta-rendszerek	8
2.1.1. Planetocentrikus rendszer	8
2.1.2. Planetografikus rendszer	9
2.2. Vetületek	10
2.2.1. Mercator-vetület.....	10
2.2.2. Transzverzális Mercator-vetület	11
2.2.3. Poláris sztereografikus vetület	11
2.2.4. Lambert-féle azimutális területtartó vetület.....	11
2.2.5. Lambert-féle szögtartó kúpvetület	11
2.2.6. Négyzetes hengervetület.....	11
2.3. Méretarány	11
2.4. Térképsorozatok	12
2.5. Névrajz	12
2.5.1. Hivatalos névrajz	13
2.5.2. Nem hivatalos névrajz	13
2.6. Jelkulcs	14
2.7. Topográfiai színezés.....	14
2.8. Alaptérkép (Források)	16
2.8.1. Terepi felmérés	16
2.8.2. Domborzatmagassági mérések	16

2.8.2.1.	Árnyék-hossz-mérés	16
2.8.2.2.	Lézeres magasságmérés.....	16
2.8.2.3.	Sztereo 3D módszer.....	17
2.8.2.4.	Fotoklinometria	17
2.8.3.	Fotómozaik	17
2.8.3.1.	Változó felbontás.....	17
2.8.3.2.	Szűrők.....	18
2.8.3.3.	Technológia	18
3.	Térképfajták.....	19
3.1.	Topográfiai térkép.....	19
3.2.	. Radar térkép	20
3.3.	. Geológiai térkép.....	20
3.4.	. Hőtérkép.....	21
4.	Az Io, a Jupiter holdja.....	23
4.1.	Általános jellemzés	23
4.2.	Űrszondás megfigyelések.....	24
4.3.	Koordináta-rendszer.....	25
4.4.	Vetületek	25
4.5.	Névrajz	25
4.6.	Térképi alapok.....	26
5.	Az Io jellemzői.....	26
5.1.	Felszínformák	26
5.1.1.	Hegyek, hegységek	26

5.1.2.	Síkságok.....	28
5.1.3.	Kitörések (Plume).....	28
5.1.4.	Vulkáni kúpok.....	29
5.2.	Geológiai egységek:	30
5.2.1.	Pateraaljzat-anyag (Patera Floor material):	30
5.2.2.	Kúpanyag (Cone material):.....	30
5.2.3.	Folyási anyag (Flow material):	30
5.2.4.	Síksági anyag (Plains material):	31
5.2.5.	Hegységi anyag (Mountain material):	31
6	Az Io térképének elkészítése.....	32
6.1.	A térképek jellemzői	32
6.2.	Miben lesz ez más a többi térképhez képest?.....	32
6.3.	Tematikák.....	33
6.3.1.	Alaptérkép.....	33
6.3.2.	Névanyag	33
6.3.3.	Vetület.....	33
6.3.4.	Koordinátaháló.....	33
6.3.5.	Színezés, mintázat.....	33
6.3.6.	Szimbólumok, jelek	34
6.3.7.	Féltékék megírása	34
6.3.8.	Magassági adatok.....	35
6.3.9.	A kis térkép tematikája	35
6.4.	Módszertan	35

6.4.1.	Global Mapper v12.02	35
6.4.2.	Corel DRAW X3	36
6.4.2.1.	Nagy térkép:	36
6.4.2.2.	Kis tematikus térkép:	38
6.4.2.3.	Két poláris térkép:	38
7.	Összegfoglalás	40
8.	Köszönetnyilvánítás.....	41
9.	Irodalomjegyzék	42
10.	Ábrajegyzék.....	46
11.	Nyilatkozat.....	47

1. Bevezetés

Szakedolgozatom témáját egy különleges lehetőség adta. Külső konzulensem, Hargitai Henrik szerkesztésével, egy planetáris enciklopédia elkészítésében vehettem részt. Ennek keretében a feladatom az volt, hogy egy általam választott égitest térképét kellett megszerkesztenem, amelyet a Springer kiadó által előírt szabványok alapján készítettem el. Gyermekkorom óta élénken érdeklődtem a vulkánok iránt, így a választáson kedvenc holdamra, az Ióra esett, amely köztudottan Naprendszerünk legaktívabb égitestje. Mivel eddigi tanulmányaim csak töredék részét fedte azon tudásnak, amely egy ilyen térkép előállításához szükséges, így ez egy komoly kihívást jelentett. Az idő előrehaladtával egyre nagyobb érdeklődéssel olvastam különböző bolygótérképészeti eljárások, illetve azok általános menete után. Általánosságban arra a következtetésre jutottam, hogy a környezetemben élő emberek számára a bolygókutatás, a maga megfoghatatlan világával, nagyrészt ismeretlen. Így érdekes témának találtam, hogy mind ezt elemezzem és kifejtsem. Dolgozatomat úgy építettem fel, hogy az első részekben az általános ismereteket gyűjtöttem össze, ami alapján az olvasó tájékozódhat a bolygótérképek különböző tulajdonságairól, majd a leggyakrabban használt térképi tematikákról. A következő rész az általam választott égitest legfontosabb tulajdonságait tartalmazza. Végül ismertettem azon módszereket, programokat, illetve konkrét eljárásokat, amelyek segítségével elkészítettem az Io kétoldalas általános térképét, a két meridiánokban hossztartó síkvetületű, sarkokat ábrázoló térképet, illetve az áttekintő, tematikus térképét.

A bolygókutatás nálunk még nem bír olyan nagy támogatottsággal, mint a nagyobb államokban, dolgozatom szinte egészét angol nyelvű, tudományos cikkek, publikációk alapján készítettem el. Így ebben a témában nem is találhatunk sok magyar nyelvű ismeretanyagot, ezért is tartom fontosnak ezt, hogy azok, akik érdeklődnek e téma után, magyar nyelven is utána olvashassanak.

2. Bolygótérképezésről általában

2.1. KOORDINÁTA-RENDSZEREK

Ahhoz, hogy az égitesteken pontosan meg tudjunk határozni pontokat, objektumokat, szükségünk van egy koordináta-rendszerre. Tobias Mayer volt az, aki elsőként hozott létre egy koordináta-rendszert a Hold számára, ahol a szélességi fokok észak felé pozitívak, déli irányban negatívak, a hosszúságok kelet felé pozitívak, nyugatiak pedig negatívak voltak (Greeley and Batson, 1990). Először a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) Grenoble-ban rendezett 1976. évi közgyűlésén alakult meg egy munkacsoport, ami a bolygók és holdak térképi koordinátaival és pályaelemeivel foglalkozott (Veverka, 1985). Napjainkban ezeket a feladatokat a *The IAU Working Group on Cartographic Coordinates and Rotational Elements* (WGCCRE) munkacsoport látja el (USGS, 2012).

Három alapvető koordinátarendszer-típust tudunk megkülönböztetni: a testhez kötött, forgó koordináta-rendszereket, a nem forgó, testhez kötött koordináta-rendszereket, illetve az inerciális koordináta-rendszereket. A testhez kötött, forgó rendszernek az adott égitesten van a középpontja és ezzel együtt forog (ha nem, akkor nem forgó típus), amíg az inerciális rendszer a tér bizonyos pontjain van rögzítve. A Planetary Data System (PDS), a testhez kötött, forgó koordináta-rendszerek két típusát különíti el: a *planetocentrikus* és a *planetografikus* rendszereket (NASA, 2006).

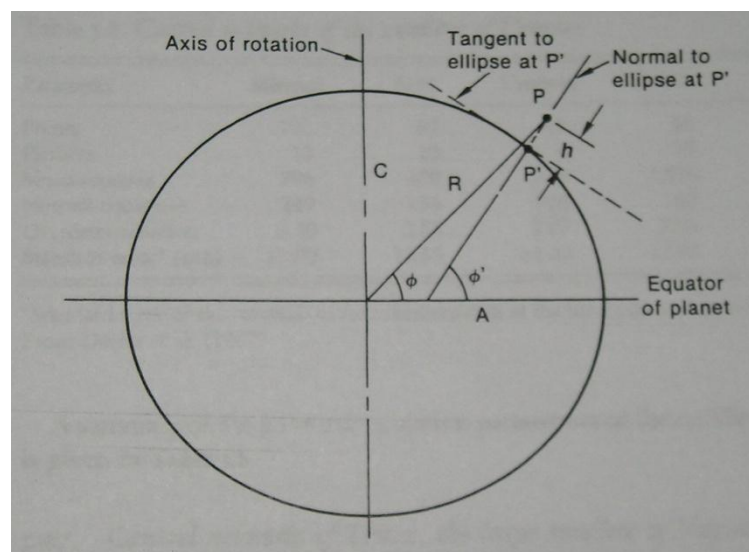
2.1.1. Planetocentrikus rendszer

A planetocentrikus rendszer középpontja a test tömegközéppontjában van. A planetocentrikus szélesség az a szög, amelyet az egyenlítő sík és az a vektor zár be, ami a P pontot és a koordináta-rendszer középpontját köti össze. A szélességi fokok az északi félgömbön pozitívak, ahol az északi irányt a Föld impulzusmomentum-vektora jelöli ki. A hosszúsági fokok kelet felé növekszenek, így ez egy jobb kezű rendszer (NASA, 2006). Ilyen égitest például, melyen ezt a rendszert használják a Vénusz (*Gazetteer of Planetary Nomenclature*, 2012).

2.1.2. Planetografikus rendszer

A planetografikus rendszer középpontja a test tömegközéppontjában van. A planetografikus szélesség az a szög, amelyet az egyenlítő síkja és az a vektor zár be, ami keresztülmegy a P ponton, és ahol a vektor egy kéttengelyű ellipszoid alapfelületnek a normál vektorja. A planetografikus hosszúságok direkt forgás esetén nyugat felé, míg retrográd forgásnál kelet felé növekednek (NASA, 2006). Ilyen égitestek, amelyekben ezt a rendszert használják például: a Nap, a Jupiter, a Szaturnusz, a Neptunusz és az Uránusz (Shirley and Fairbridge, 1997).

A Mars speciális, ebből a szempontból, mivel itt két koordináta-rendszer használatos. A planetografikus rendszer, nyugati hosszúságokkal: hagyományosan csak ezt használták 2002-ig a Marson; majd bevezették a planetocentrikus rendszert is, keleti hosszúságokkal. Így napjainkban mindkét rendszer használata elfogadott (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012).



1. ábra

A P pont planetocentrikus szélessége (ϕ) és planetografikus szélessége (ϕ')

A térképi koordináta-rendszert az égitest forgástengelye, a tetszőlegesen kiválasztott kezdő meridián illetve a holdak esetében mindig azon pont alapján definiálták, amely a bolygó felé néz. A legtöbb esetben, egy jól lehatárolható alakzathoz (kisebb kráterhez) van rendelve a kezdő délkör. Például: a Merkúr esetében a Hun Kal, ami a 20°

hosszúsági fokot jelöli ki; vagy a Cilix, az Europa nevű Jupiter-holdon, ami a 182° fokot definiálja (Veverka, 1985). Látható tehát, hogy míg a Földön a 0° hosszúsági fokot, tudatosan választották meg, addig a Naprendszerünk bolygóin és holdjain a 0° tetszőlegesen alakul.

A másik fontos különbség a földi fokhálózathoz képest az, hogy miközben ez a rendszer a Földet a kezdő meridiántól keletre és nyugatra, 180° -ra osztja, addig a többi égitesten, holdon, a hosszúságok skálája $0\text{--}360^\circ$ között mozog. Ez alól a szabály alól a Nap, a Föld és a Hold képez kivételt, mivel itt a földi mintát követve $-180^\circ - +180^\circ$ -ig terjed a skála (NASA, 2006; Mosher, 2009).

2.2. VETÜLETEK

A Föld és más égitestek, holdak felszínét térképi vetületek segítségével tudjuk a térkép sík lapjára vetíteni. Az alapfelület a bolygók, holdak tekintetében általában gömb, de egyes esetekben ez lehet forgási ellipszoid is, a képfelület pedig a vetület fajtájától függően lehet a sík vagy síkba fejthető felület, mint a kúp- és a hengerpalást. A leképezések jól meghatározott matematikai képletek segítségével történnek (Zentai, 2000). Attól függően, hogy mi a térkép rendeltetése, fontos a megfelelő vetület megválasztása. Röviden bemutatom azokat a legfontosabb vetületeket, melyeket a bolygótérképészet a leggyakrabban használ.

2.2.1. Mercator-vetület

Ez az a vetület, amelyet a bolygótérképészet minden méretarányban használ. A normál Mercator-vetületnél a henger az Egyenlítőnél érinti vagy két szélességi kör (egy az Egyenlítőnél északra és egy tőle délre) mentén metszi a gömböt. Mivel szögtartó vetület, könnyen megfeleltethető egymásnak az egyes űrszonda felvételek, és az ebben a vetületben készült térkép alakzatai (pl.: leggyakoribb alakzatok, mint a kráterek, kör alakúak maradnak ebben a vetületben). Az egyetlen hátránya, a méretarány gyors változása a szélességi körök növekedésével (Greeley and Batson, 1990). Ebből adódik, hogy elsősorban az egyenlítői területek ábrázolására használják. Ebben a vetületben a sarkpontok nincsenek értelmezve, a sark körüli területek megjelenítésére a poláris sztereografikus vetületet szokták használni (Veverka, 1985).

2.2.2. Transzverzális Mercator-vetület

A transzverzális Mercator-vetület esetében is hengerrel történik a leképezés, csakhogy itt a henger forgástengelye nem esik egybe a gömb forgástengelyével, mint ahogyan a normál Mercator-vetületnél, hanem pont merőleges arra, vagyis a gömb egyenlítői síkjával lesz egy síkban. Szögtartó vetület (Greeley and Batson, 1990). Nagy méretarányú, speciális rendeltetésű térképek vetületeként használják (Veverka, 1985).

2.2.3. Poláris sztereografikus vetület

A sík – attól függően, hogy melyik félgömböt szeretnénk ábrázolni – az adott pólusnál érinti vagy valamely szélességi kör mentén metszi el a gömböt. A szélességi körök a térképeken koncentrikus körökként fognak megjelenni (Györffy, 2012). Szögtartó vetület és általában az égitestek pólusainak környezetét szokták ebben a vetületben ábrázolni (Veverka, 1985). A ferde poláris sztereografikus vetületet, ahol a sík a pólusok alatt metszi a gömböt, ritkább alkalmakkor, különleges célú bolygótérképek készítésénél alkalmazzák (Greeley and Batson, 1990).

2.2.4. Lambert-féle azimutális területtartó vetület

Ezt a vetületet nem lehet vetítéssel létrehozni. A teljes égitest ábrázolásánál használható. Területtartó vetület (Greeley and Batson, 1990).

2.2.5. Lambert-féle szögtartó kúpvetület

Ez esetben egy kúp érinti vagy metszi el a gömböt. A kúp forgástengelye az égitestet valamelyik sarknál szúrja át (Greeley and Batson, 1990). Torzítása miatt általában a közepes szélességek ábrázolásánál használják (Veverka, 1985).

2.2.6. Négyzetes hengervetület

Hasonlóan a Mercator-vetülethez, ezt a vetülettípust is gyakran használják. A leképezés síkba történik. Nem szögtartó, nem területtartó, hanem általános torzulású. Hátránya, hogy a sarkok környékét nagy torzulással ábrázolja (Gede szóbeli közlés, 2012).

2.3. MÉRETARÁNY

A térképek méretaránya csak bizonyos pontokon, illetve bizonyos vonalak mentén pontos minden vetületben. Azt a méretarányt, amelyet a térképen feltüntetnek, szokás *névleges* méretaránynak is nevezni. Ha például egy térképsorozat jelölésére használjuk a

méretarányt (például 1 : 25 000 000), akkor az, a speciális helyek méretaránya, mint például az Egyenlítő vagy egy tetszőlegesen választott normál paralelkör.

Ahhoz, hogy ezen a speciális helyen kívül is ismerjük a pontos méretarányt, kisebb számításra van szükség. Ehhez szükséges egy szám, amely az úgynevezett *lineár modulus*. A lineár modulus és a névleges méretarány szorzata adja, az adott hely *valódi* méretarányát (Greeley and Batson, 1990). Attól függően, hogy miként kerül publikálásra vagy milyen célú felhasználása lesz az adott térképeknek, méretarányaik is igen változatosak.

2.4. TÉRKÉPSOROZATOK

Egy térképsorozat, olyan speciális bolygókról készült térképek halmaza, amelynek meghatározott méretaránya, vetülete és típusa van (Greeley and Batson, 1990).

A térképsorozatoknál általánosságban elmondható, hogy 1 : 5 000 000, 1 : 15 000 000 méretarányok vannak túlsúlyban, viszont a Hold, illetve a Mars esetében jelentek meg 1 : 25 000, 1 : 1 000 000, illetve 1 : 2 000 000 méretarányú térképek is. [Pl.: Mars Dao, Harmakhis és Reull Vales régióinak térképe, amely 1 : 1 000 000 méretarányban, Transzverzális Mercator-vetületben készült.] (Price, 1998). A globális, teljes bolygót ábrázoló térképek esetében a 1 : 15 000 000 és az 1 : 25 000 000 méretarányok a legelterjedtebbek (Veverka, 1980). Például a Mars topográfiai térképe, amely 1°:5°000°000 méretarányban, Mercator-vetületben készült (US Geological Survey, 2003).

2.5. NÉVRAJZ

A térkép elengedhetetlen részét képezi a névrajz. Az emberiség már évezredek óta ad nevet a csillagoknak és a „vándorló csillagoknak”, azaz a bolygóknak. Már nagyon korán megkülönböztették a csillagoktól a bolygókat, mégpedig mozgásuk, magnitúdójuk vagy színük alapján. Sok esetben így kapták neveiket is. A Mars régen Tiuként volt ismert, amiből az angol Tuesday (kedd) szó származik. A francia Mardi (kedd) is a Mars szóból eredeztethető. Az ókori egyiptomiak a bolygót színe után – Hermakis (a Vörös) – nevezték el. A római neve a bolygónak, Mars, aki a háború istene volt, 1877 mikor két holdját felfedezték, a Phobost (Félelem) és a Deimost (Terror),

neveiket Mars isten szolgái (szekerét húzó lovaik) után kapták (Greeley and Batson, 1990).

A 1608-tól a teleszkóp fejlődésével egyre több tudós számára nyílt lehetőség, hogy tanulmányozza Naprendszerünk égitestjeit. Minden tudós más és más fajta rendszer alapján kezdte el az adott égitestet, felszínformáit, alakzatait elnevezni, aminek eredményeképp akár egy objektumnak több neve is lehetett, így ez a fajta névadás nem egyszer okozott zűrzavart. Az egységesítést a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) kezdeményezte 1919-ben. 1973-ban a sydneyi IAU találkozón, az úgynevezett Working Group for Planetary System Nomenclature (WGPSN) csoportot újrászervezték és kibővítették. Ez a munkacsoport felel a Merkúr, a Vénusz, a Hold, a Mars és a külső Naprendszer bolygóinak, holdjainak névrajzáért. Így első feladatuk az volt, hogy létrehozzanak minden égitest, számára egy tematikát, egy témarendszert, ami alapján a későbbi névadás történni fog (USGS).

2.5.1. Hivatalos névrajz

A bolygók névrajzáról általánosságban elmondható, hogy fő témája a híres emberek vagy a mitológia. Minden égitestnek külön témakört állapítottak meg. A legtöbb esetben az istenek, istennők és hősök történeteinek szereplőiről, helyszíneiről kapják neveiket a képződmények (például a Jupiter egyik holdján, a Callistón, az északi mítoszok hőseiről kapják a kráterek nevüket). De akadnak olyan témák is, mint például egyes szerzők művei [Enceladus – ahol Burton: Arabian Nights (Ezeregy éjszaka) című művének helyszíneiről és szereplőiről kapták a nevüket a különböző felszíni formák] vagy hírességek (mint a Merkúr esetében, ahol krátereit híres költők, festők, zenészek után neveztették el). A hivatalos névadás nyelve a latin (Hargitai, 2006). Ilyen hivatalos nevek például a Caloris Planitia vagy a Nile Montes.

2.5.2. Nem hivatalos névrajz

Nem hivatalos névrajznak szokás nevezni a geológiai elnevezéseket. Ezek a nevek nincsenek benne az IAU által elfogadott hivatalos nevezéktanban, mégis széles körben elterjedtek. Köznévi tagjuk, angol szövegekben angol nyelvű, fordításuknál pedig figyelni kell arra, hogy ne egyezzenek meg az IAU által felsorolt bármely köznévi taggal, például Prometheus Basin – Prometheus-medence (ELTE, 2012). Leggyakrabban ezek a nevek asztronautáktól, csillagászoktól vagy más tudósoktól (geológusok) származnak, elsősorban a könnyebb megjegyezhetőség miatt alakulnak ki.

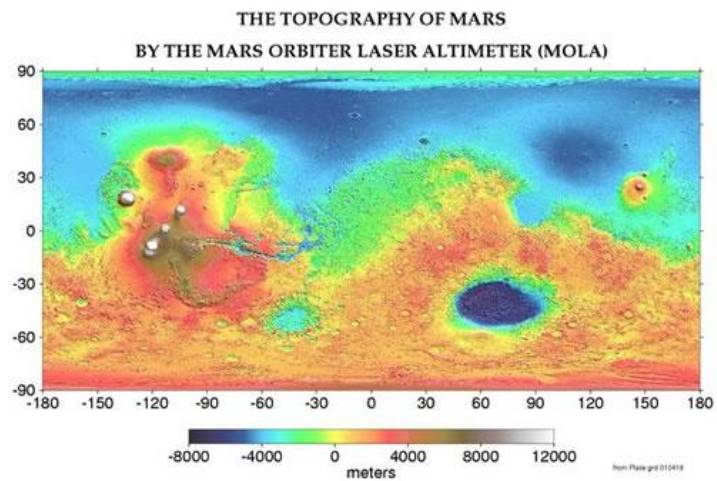
Ezek névadása is, akárcsak a hivatalos nevek esetében, mesterséges névadás útján történik, utalhat az objektum karakterére, vagy névadójának tulajdonságára. Ilyen nem hivatalos, ám ismert nevek, például a Hold esetében a Straight Wall vagy a Marson a Giant's Footprints (Hargitai, 2006).

2.6. JELKULCS

A jelkulcs segítségével tudjuk a térképi információkat értelmezni, megérteni. Így fontos, hogy a lehető legjobb szimbólumokkal érzékeltesse a térkép készítője az adott információt. A különböző tematikájú térképek, különböző szimbólumrendszert kívánnak, illetve adódnak olyan formák, földön kívüli területek ábrázolásnál, amelyek a földi környezetben nem találhatók meg, így új szimbólumot kell hozzájuk rendelni. A térképészek számára mind a planetológiai, mind a geológiai tematikához az USGS egy egységes jelkulcsrendszert készített el, amely segítséget nyújt a digitális térképek jelkulcsának elkészítéséhez. Ez a standard tartalmazza a pontszerű, a vonalas és a felületi objektumok szimbólumait, színkészleteit, mintázatait. Alapvetően a földi jelkulcs alapján készült el, így a térképolvasó gyorsabban és könnyebben tudja értelmezni a bolygótérképeket (Nass et al., 2010).

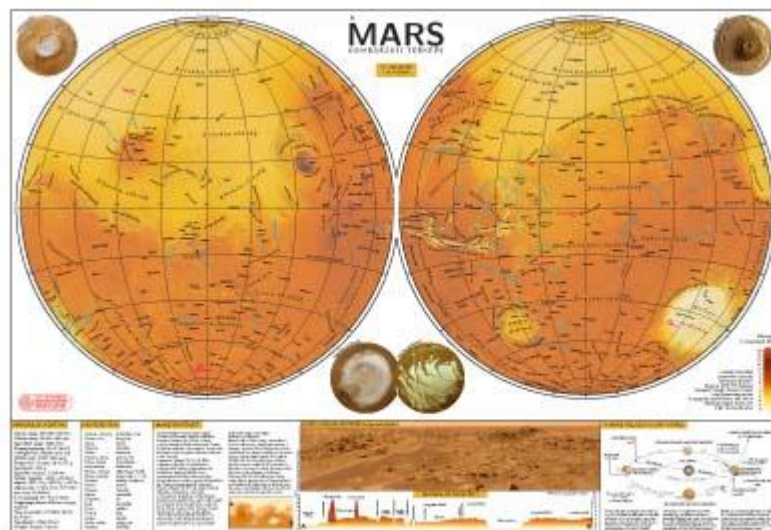
2.7. TOPOGRÁFIAI SZÍNEZÉS

A bolygótérképezés egyik fontos problémája a színezés. A térképek világával már gyermekkorunkban megismerkedünk. Így a térképek olvasása során megtanuljuk, hogy a különböző színek használata, milyen információt hordoz. Ez idővel rutinná válik. Így például a kék szín láttán, anélkül, hogy a jelkulcsban megnéznék jelentését, tudjuk, hogy az valamilyen vizet ábrázol. Ez a berögződés a bolygótérképek esetében zavart kelthet. A probléma kiküszöbölésére nincs egységes jelölés, így ahány térkép, annyi megoldás. Például a Mars topográfiai térképét elkészítették a szivárvány színeinek felhasználásával is és a vörös–narancs árnyalatainak használatával is.



2. ábra

A Mars térképe a szivárvány színeivel



3. ábra

A Mars térképe vörös–narancs árnyalataival

A topográfiai térképek elkészítéséhez mégis leggyakrabban a szivárvány színeit használják fel.

2.8. ALAPTÉRKÉP (FORRÁSOK)

2.8.1. Terepi felmérés

Terepi felmérésre eddig csak a Marson (pl.: Opportunity) és a Holdon (pl.: Lunohod, Apollo-expedíciók) került sor. A Naprendszerünk többi bolygóját és holdját teleszkópokkal és űrszondák segítségével tudjuk vizsgálni.

2.8.2. Domborzatmagassági mérések

A megfigyelni kívánt égitestünk minél pontosabb ismeretéhez, annak megfelelő ábrázolásához, illetve térképek készítéséhez nagy szükség van arra, hogy felszíninformáinak pontos helyzetén kívül, ismerjük azok magassági adatait is. A domborzat vizsgálatához a következő módszereket alkalmazzák a bolygókutatásban:

2.8.2.1. Árnyékhossz-mérés

Az árnyékhossz-mérés módszerét gyakran használják objektumok magasságának meghatározásánál. A napsugarak beesési szögének és a vetett árnyék hosszának ismeretében trigonometriai összefüggésekkel meghatározható az alakzat magassága. Ezt a módszert akkor tudják jól alkalmazni, ha a vetett árnyék elég hosszú (Hargitai, 1999). Árnyékhossz-méréssel a kráterek mélységét, peremének magasságát vagy a Hold hegyeinek magasságát határozzák meg.

2.8.2.2. Lézeres magasságmérés

A lézeres magasságmérő (laser altimeter) egy olyan műszer, amely megméri az keringő műhold és a megfigyelt bolygó vagy hold felszíne közötti távolságot. A távolságot a kibocsátott lézernyaláb teljes oda-vissza útja alatt eltelt idejének mérésével tudják meghatározni. A távolságot úgy kaphatjuk meg, hogy a lemért időt megszorozzuk a fény sebességével, majd elosztjuk kettővel. Ezt a módszert globális térképezésre használják. [Eddig ezt a módszert csak a Mars, a Vénusz és a Hold esetében alkalmazták] (NASA, é. n.).

2.8.2.3. Sztereo 3D módszer

A módszer azon alapul, hogy a hold vagy az égitest körül keringő űrszonda, egy adott területet különböző nézőpontokból fényképez le. Minél messzebből készülnek egymástól a sztereo képpárok, annál látványosabb az alakzatok kiemelkedése a területen. Ez a módszer hasonlóan működik, mint az agyunk képalkotása, vagyis szemünk két különböző nézőpontból figyeli meg az adott testet, ezt a két képet agyunk, egy háromdimenziós képpé alakítja. Ezt a módszert egyre gyakrabban használják a bolygó kutatások során, de csak regionális térképezésre (Hargitai, 1999).

2.8.2.4. Fotoklinometria

A fotoklinometria egy olyan technika, amely a műholdfelvételek fényerejének információ tartalmából (vagyis a felszínről visszavert fény intenzitásából) következtet a topográfiára. A lényege az, hogy ez a módszer egy képződmény alakját, formáját úgy adja vissza, hogy a képet pixelenként szintkülönbség-változásokká alakítja át, amelyből végül kirajzolható a forma (Burke et al., 2006).

2.8.3. Fotómozaik

Az űrszondák által készített felvételeket felhasználhatják fotómozaik-térképek készítéséhez is. Két nagy típusát tudjuk megkülönböztetni. Az egyik az úgynevezett *combined mosaic*, amelynél az adott testet, különböző felbontással, több űrszonda is lefotózta, így ezen szondák képeinek a legjobbjait használják fel a mozaik elkészítéséhez. A másik csoport az úgynevezett *merged mosaic*, amelyre jellemző, hogy a kisebb felbontású színinformációkat az egyik szondától veszik, míg a nagy felbontású, fekete-fehér képeket a másik szondától veszik. Így egy látszólag nagy felbontású, de színes kép lesz a végeredmény (Williams et al., 2011).

2.8.3.1. Változó felbontás

Egy adott égitestről vagy holdról, a körülötte keringő műholdak, különböző pozíciókból (távolság, szög) készítenek felvételeket, amelyeket később felhasználhatnak, például hogy egy fotómozaikot állítsanak elő. Ehhez viszont jó minőségű, jó felbontású képekre van szükség az egész égitest felszínéről, ami csak a legritkább esetekben áll rendelkezésünkre. Mikor ez a feltétel nem teljesül, a meglévő képek segítségével kell a

lehető legjobb minőségű fotótérképet előállítani. Ilyen esetekben lehet azt megfigyeli, hogy az összeillesztett képeken vannak olyan területek, amelyek elmosódottabbak, homályosabbak, mint a kép más részei. Vagyis nem lesz egységesen ugyanolyan jó minőségű a térkép minden része. Ezt okozhatja a felvételek eltérő felbontása is.

2.8.3.2. Szűrők

A felvételeket készítő kamerák vagy éppen távcsövek bizonyos szűrőkkel vannak felszerelve. Ezek a fény egy adott tartományára érzékenyek, vagyis a szűrők a fény egy bizonyos részét engedik csak át. Ilyen szűrők például a különböző színszűrők (pl.: zöld, kék, vörös), UV (ultraviola) szűrők, IR (infravörös) szűrők, vagy éppen a pánkromatikus szűrők (amelyek a látható fény tartományára érzékenyítettek). A szűrők segítségével lehet következtetni a felszín tulajdonságaira (Winkler and Barsi, 2004).

2.8.3.3. Technológia

A nyers felvételeken a következő műveleteket kell elvégezni, hogy ezeket később fotótérképek készítéséhez fel lehessen használni:

Geometriai korrekció: A geometriai korrekció alatt a műholdfelvétel torzulásainak (pl.: amelyet a kamera lencséje okoz) megszüntetését, csökkentését, illetve a felvételek vetületi rendszerbe való illesztését értjük (Vágó et al., 2011), (Fulchignoni and Picchiotti, 1986).

Georeferálás: Ennek az eljárásnak köszönhetően tudjuk a műhold felvételt egy adott koordináta-rendszerbe helyezni. Ezt a folyamatot illesztő pontok segítségével elvégezhető számításokkal tudjuk elvégezni (Gede, 2010), (Vágó et al., 2011).

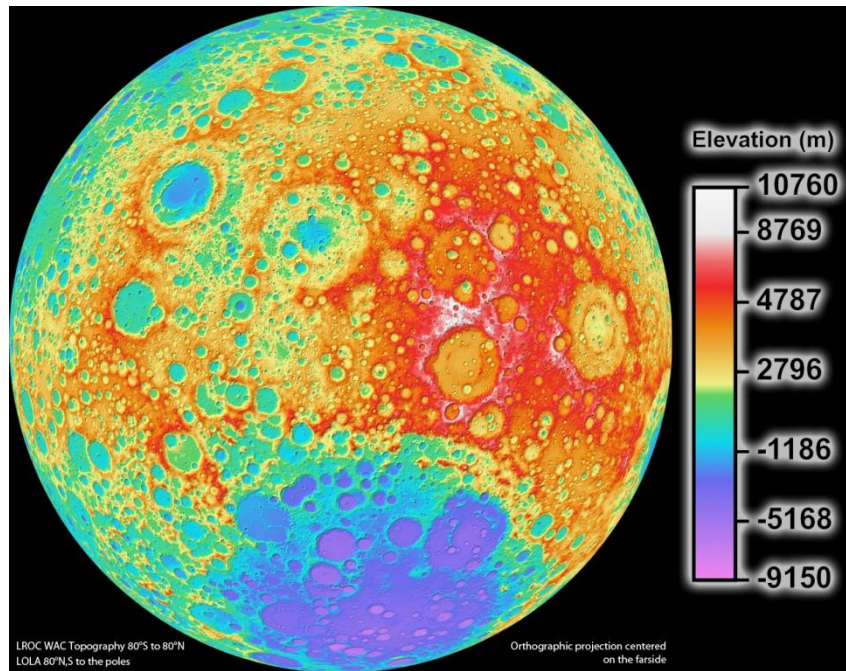
Radiometrikus korrekció: „Ez azon folyamatok összefoglaló neve, amellyel az érzékelő rendszer tökéletlenséginek hibáiból, valamint a légkör elektromágneses sugárzásra gyakorolt hatásaiból eredő pixelérték-eltéréseket igyekszünk a felszín eredeti visszaverődési értékeihez közelíteni” (Vágó et al. 2011).

3. Térképfajták

Ebben a részben röviden ismertetem a bolygótérképészetben előforduló leggyakrabban használt térképfajtákat.

3.1. TOPOGRÁFIAI TÉRKÉP

A globális topográfiai térképek tudják talán a legszemléletesebben és legegyszerűbben bemutatni, hogy az adott bolygónak, holdnak milyen a felszíne. Ahogyan a földi térképek esetében, itt is szükségesek az egyes objektumok magassági adatai. Ennél az oknál fogva csak olyan égitestekről készítettek *globális* topográfiai térképet, ahol a lézeres magasságmérési eljárással vagy radar segítségével magassági adatokat tudtak gyűjteni. Ezután általában készítenek egy digitális domborzati modellt, ahol a magasságokhoz különböző színeket rendelnek. Ilyen égitestek a Vénusz, a Mars, a Föld, és a Hold. Természetesen készült más égitestekről is topográfiai térkép, de ezek nem globálisak, csak regionálisak, illetve nem lézeres magasságmérési módszerrel készültek, hanem például az Io vagy Merkúr esetében, sztereó képpáros mérésekkel (Hargitai, 2006). A másik elterjedt topográfiai térkép-típus, mikor árnyékolással hangsúlyozzák az egyes felszínformákat. A topográfiai térképek érdekes típusa az úgynevezett *detrended topographic map*, amely a Mars esetében a nagy pontosságú MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) adatokat felhasználásával készítettek el. A rácsozott domborzat 50 km-es körzetében, minden egyes elemének magasságából az átlagos magasságot levonták, majd ezt a réteget leszedték a teljes topográfiai térképről. Így jött létre ez a fajta topográfiai térkép (Kreslavsky and Head, 2001).



4. ábra

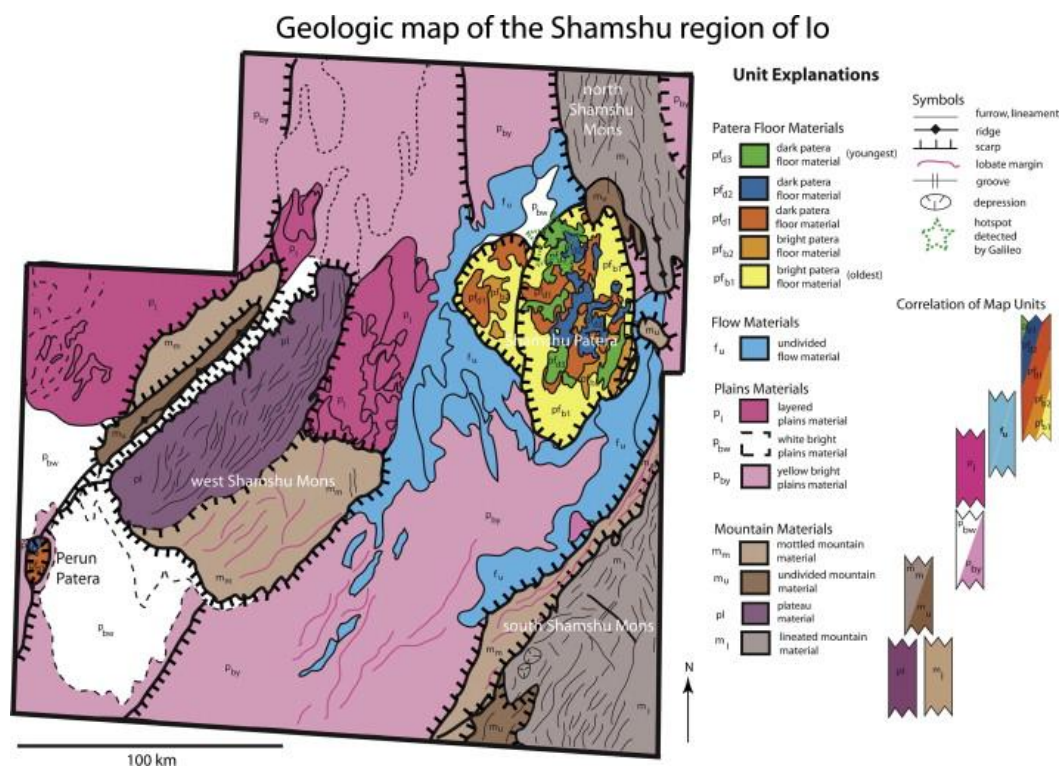
A Hold topográfiai térképe

3.2. . RADAR TÉRKÉP

A radarmérésekkel a vizsgált égitest felszínét lehet feltérképezni. A fényesség árnyalata, amely lehet sötét, illetve világos, a felszín szemcseméretétől függ. A szemcseméretből pedig következtetni lehet a felszín anyagának tulajdonságára.

3.3. . GEOLÓGIAI TÉRKÉP

A geológiai térképek tematikája a földtudományban már jól ismert. A geológiai térképeken a strukturális egységeket (a felszínformákat, mint például kráterek, hegyek) és az anyagi egységeket (például a síkságok anyagai vagy a hegységek anyagai), illetve ezek korát (krátterszámlálással vagy települési törvények segítségével) ábrázolják általában egy standard jelkulcs alapján, amelyhez segítséget nyújt a USGS által összefoglalt FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Symbolization (Cassis, 2012; Williams et al., 2011).



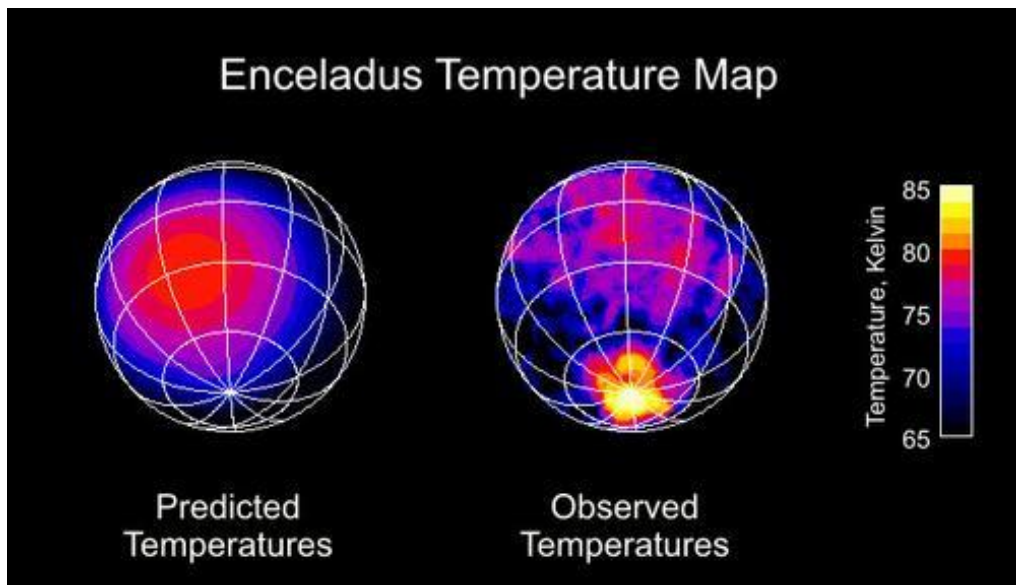
5. ábra

Az Io Shamsu-régiójának geológiai térképe

3.4. . HŐTÉRKÉP

A hőtéreképen belül is lehet két típust elkülöníteni. Az egyik típusa a termális infravörös hőtérekép, amelynél a vizsgáló eszköz (például a Hubble űrteleszkóp), a felszín hő kibocsátását méri fel, ebből pedig következtetni tudnak a felszín hőmérsékletére. Vagyis ebben az esetben konkrétan a testen mérhető hőmérsékleteket ábrázolják a térképeken.

A másik típusa a visszavert infravörös hőtérekép, mikor a napfény fényvisszaverődését mérik az infravörös tartományban. Ilyenkor megfigyelik, hogy az egyes területek hogyan adják le a hőt. Attól függően, hogy gyorsabban vagy lassabban, tudnak következtetni a felszín hőtartó képességére vagy éppen anyagi tulajdonságaira (például a víz nagy hőkapacitású, azaz lassan adja le a hőt, hasonlóan, mint a bazaltos területek, a homok viszont gyorsan hűl le). Ezeket az információkat ebben a formában nem lehet leolvasni ezekről a térképekről, csak akkor, ha összehasonlítóképpen meg tudjuk nézni ugyanazon terület éjszakai és nappali képét, vagy ha az egyes felszíninformációkat egymáshoz viszonyítjuk (Mellon et al., 2002).



6. ábra

Az Enceladus hőtésképe

4. Az Io, a Jupiter holdja

4.1. ÁLTALÁNOS JELLEMZÉS

Az Iót Galileo Galilei fedezte fel 1610-ben, amely a legbelső a Jupiter körül keringő négy Galilei-hold közül (Lopes and Spencer, 2007). Nevét a görög mitológiában ismert Ió, Inakhosz argoszi király lányának neve után kapta, aki Zeusz egyik kedveseként volt ismert (Zeusz=Jupiter, aki körül kering a hold). Felfedezése és tanulmányozása nagyban hozzájárult a kopernikuszi Nap-középpontú világnézet népszerűsítéséhez. Bár kevesen tudják, de az Io mozgásának megfigyelésével sikerült Olaf Römernek megbecsülni a fény sebességét (Varga, 1996).

Az Io méretét tekintve nem sokkal nagyobb, mint a Hold, a maga 3630 km-es átmérőjével, $8,94 \times 10^{22}$ kg tömegével, ami a Föld tömegének 0,015-szerese (Varga, 1996). Tengelye körül 1,769 földi nap alatt fordul körbe, ami pontosan megegyezik a keringési idejével. Ebből következik az a tulajdonsága, hogy a Jupiter felé mindig ugyanazt az oldalát mutatja, hasonlóan a mi Holdunkhoz (NASA, 2012). Felszínén a gravitáció $1,796 \text{ m/s}^2$, ami a földi értéknek közel 1/6-a (NASA, 2012).

Az Io igen erős vulkanikus aktivitást mutat, felszínén változatos képződmények sora (kalderák, hegyek, lávatavak) található. Ezért az erős vulkanizmusért a Jupiter és a többi Galilei-hold által keltett, a hold belsejében lejátszódó árapályúrlódás okozta hő a felelős (ELTE, 2012). A hold legfőbb alkotó elemei a kén és más szilikáttartalmú anyagok. Felszínén nem találunk olyan krátereket, amelyek becsapódás útján jöttek volna létre, így arra következtetnek a tudósok, hogy felszíne folyamatosan megújul (Hargitai, 1999). Légkörének legnagyobb része kén-dioxidból áll. A Galilei űrszonda mérései arra utalnak, hogy az Io központjában egy vasmag található, ami a rá jellemző mágneses teret hozza létre (NASA, 2012a). Mivel az Io egyre közelebb kerül a Jupiterhez, milliárd évek múlva eléri az úgynevezett Roche-határt (ez az a pont, ameddig még a holdak a bolygók körül keringhetnek), ami után már akkora lesz az Jupiter gravitációs árapály ereje, hogy darabjaira töri szét a holdat. Így az Io a Jupiter egy újabb gyűrűjét fogja képezni (Szatmáry, 2006).

4.2. ŰRSZONDÁS MEGFIGYELÉSEK

Az első űrszondák, amelyek elhaladtak mellette, a Pioneer–10 (1973) és a Pioneer–11 (1974) voltak. E két űrszonda célja a Jupiter és a Szaturnusz felfedezése volt, ezért nem is készítettek komolyabb felvételeket.

Az első komoly megfigyeléseket és képeket az Ióról, a Voyager–1 készítette. 1977. szeptember 5-én indították útjára. Indítása után nem egész két év múlva, 1979 márciusára elérte a Jupiter holdrendszerét. Itt többek között az Io, Ganymedes, Callisto és az Europa felszínéről készített lenyűgöző képeket, és további két holdat is felfedezett, a Thebét és a Metist. A Szaturnuszt 1980-ra érte el. Naptól mért távolsága 2010 márciusában 113 CSE (csillagászati egység) volt, és a csillagközi tér felé haladt (NASA, 2012).

A Voyager–2-t 1977 augusztusában bocsátották fel, két héttel korábban, mint ikerpárját. Az űrszonda 1979 júliusában közelítette meg a Jupitert és holdjait. Újból lefényképezte a Jupiter holdjait, így képei lehetőséget adtak a Voyager–1 képeivel való összevetésre. Az Ióról készített képeiken jól látható, hogy a Voyager–1 óta felszíne milyen sokat változott. Az űrszonda napjainkra már elérte a Szaturnuszt, az Uránuszt, majd a Neptunuszt is, és ikerpárjával együtt tart kifelé a Naprendszerünkben (NASA, 2012).

Az utolsó űrszonda, amely részletes megfigyelést végzett az Ióról a Galileo űrszonda volt. 1989. október 1-jén kezdte meg útját, amely alatt elsőként figyelte meg a Gaspra nevű aszteroidát, és először tanulmányozott egy aszteroida (Ida) körül keringő holdat (Dactyl). A Jupitert 1995 decemberében érte el, amikor megkezdte a Galilei-holdak megfigyelését is (NASA, 2012). Az űrszonda többször is elhaladt az Io mellett, így sok, jó minőségű képet tudott készíteni. Ezek a képek jó alapot szolgáltatnak a Voyager felvételekkel való összehasonlításhoz. A Galileo és a Voyager által készített képeket használják fel az Io fotómozaik térképeinek készítéséhez. 2003. szeptember 21-én a Galileo űrszondát a Jupiter légkörébe vezették, ahol elégett. Így sikerült elkerülni azt, hogy beszennyezzen más testeket egy esetleges becsapódásnál (Bond, 2003).

2020-ra tervezi a NASA és az ESA közösen a *Europa Jupiter System Mission* nevet viselő programot, amely keretében tanulmányozni fogják a Jupitert és a négy nagy holdját, köztük az Iót is (ESA, 2009).

4.3. KOORDINÁTA-RENDSZER

Az Io esetében is, akárcsak a többi Galilei-holdnál, a planetografikus koordinátarendszert helymeghatározáshoz használják (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012). Ez tehát a gyakorlatban azt jelenti, hogy a térképeken a koordináta-rendszer nyugati hosszúságokat használ. Skálája 0° – 360° -ig terjed, a kezdő meridiánját vagyis a 0° -ot pedig az Io Jupiter szub-jupiter pontja közepén áthaladó hosszúsági köre fogja kijelölni. Az Io esetében nem lehet a 0° -ot valamilyen alakzathoz kötni, mert nagyon magas a felszín újraképződés-értéke (resurfacing) a holdon [1cm/év], így gyorsan változik a felszíne (Williams et al., 2012).

4.4. VETÜLETEK

Attól függően, hogy milyen célt szolgál a térkép, az annak legjobban megfelelő vetületet alkalmazzák. Az előző részben felsorolt vetületek itt is érvényesek, mégis a legtöbb publikációra kerülő teljes, Iót ábrázoló térkép henger vetületben (Mercator-vetületben), illetve a sarkok környéke sztereografikus vetületben készül. Ilyen felépítésű többek között a Geologic Map of Io (Williams et al., 2012).

4.5. NÉVRAJZ

Mint minden bolygó és hold esetében, az Iónak is van egy meghatározott témaköre, ami alapján felszíninformái, régiói és geológiai egységei neveiket kapják. Ahogyan azt korábban említettem, az Io a görög mitológia egyik alakjáról kapta nevét, így a hold nagyobb alakzatait ebből a témakörből nevezték el. Így például: a hegyeket onnan kapták a nevüket, ahol Ió utazása során járt [Caucasus Mons (a Kaukázusról), Egypt Mons (Egyiptomról) stb.] (Hargitai, 1999). Az újabb, jobb minőségű űrszonda-felvételek érkezésével egyre több objektumot, egységet tudtak azonosítani a tudósok, így szükség volt egy nagyobb névanyag kialakítására. Így az Ió-mítosz mellett különböző kultúrák tűz-, vihar-, nap-, vulkánisteneinek, illetve mitikus kovácsaik neveit használhatják fel a névadás során (Hargitai, 1999). Például: Pele – vulkánok Hawaii istennője, Loki – norvég kovács (Gazetteer of Planetary Nomenclature, é. n.).

4.6. TÉRKÉPI ALAPOK

Az Ióról készített térképek alapját a Voyager-1, -2 és a Galileo űrszondák felvételei szolgáltatták. A Voyagerek az Io felszínének 35%-át fedték le jó minőségű képekkel, majd a Galileo-űrszonda felvételeivel együttesen már a felszín 95%-a volt elérhető (Hargitai, 1999). Az űrszondák képeiből az előző fejezetben említett módszerek segítségével fotómozaik-térkép készült. Ezeket a fotómozaik térképeket felhasználhatják a különböző tematikus térképek készítéséhez is (például az Io geológiai térképe).

5. Az Io jellemzői

Ahhoz, hogy jobban megismerhessük és megértsük az Io felszínét, csoportokba rendeztem az egyes felszínformákat, azok típusait, illetve röviden jellemeztem azokat.

5.1. FELSZÍNFORMÁK:

5.1.1. Hegyek, hegységek

Schenk osztályozása alapján, hegyeknek tekintjük az Io felszínén azokat a kiemelkedő képződményeket, amelyeknek van mérhető magassága és mérete, továbbá a magassága eléri az 1 km-t és nem hozható szigorú kapcsolatba az eróziós folyamatokkal (Schenk and Hargitai, 2001).

Ezen feltételeknek 133 hegy felel meg. Az ilyen *tektonikus eredetű* hegyeknek az átlagos magassága kb. 6,3 km, a legmagasabb a Boösaule Montes a maga 17,5 km \pm 3 km-es magasságával (Schenk et al. 2001). Átlagosan 80 km szélesek és 160 km hosszúak, így ha a területüket összeszámolnánk az Io teljes területének a 3%-át adnák (Schenk et al., 2001; Kirchoff and McKinnon, 2009).

Morfológiailag öt formát tudunk megkülönböztetni: a mesákat, a fennsíkokat, a gerinceket, a barázdákat és a hegytömböket.

- **Mesa (Mesa):** Olyan megemelkedett sík terület, fennsík, amelynek a teteje viszonylag sima. Vagyis a magasságbeli eltérése maximum 1 km lehet. Nehéz megkülönböztetni a fennsíkoktól, mivel ez a magasságkülönbség a felszínük simaságából adódik (Schenk et al., 2001).

Ilyen terület például: Ethiopia Planum, Danube Planum.

- **Fennsík (Plateau):** Ezek a legelterjedtebbek, a hegyek kb. 50%-ának a jellemző formája. Hasonlatos a mesákhoz, de a fennsík tetején nincs jelentős meredek vagy kiemelkedő csúcs.

Ilyen terület: Iopolis Planum, Nile Montes.

- **Csúcs (Peak):** Elszigetelt hegyfokon egy egyszerűbb éles pont, csúcs vagy rövidebb gerinc. A csúcsok lehetnek aszimmetrikus alakúak, kiterjedésük mindig kisebb, mint 100 km, de nagy általánosságban kevesebb, mint 50 km (Schenk and Hargitai, 2001).

Ilyen terület: Nyugati Hi'iaka Montes.

- **Gerinc (Ridge):** Hosszanti, lineáris kiterjedésűek. Ez a második leggyakoribb forma az Ión, közel 25%-a a hegységformáknak ilyen (Schenk and Hargitai, 2001).

Ilyen terület: Zaal Montes, Caucasus Mons.

- **Hegytömb (Massif):** Megemelkedett térszín, összetett felületi morfológiával rendelkezik, és gyakran több csúcsot is tartalmaz. Szabálytalan megjelenésűek (Schenk and Hargitai, 2001).

Ilyen terület: Boösaule Montes vagy a Tohil Montes.

- **Vegyes típusú (Mixed type):** Legalább kettő, vagy több hegyformatípus ötvözete (Schenk and Hargitai, 2001).

- **Osztályozatlan (Unclassified):** Amelyeket a felvételek felbontása, vagy más technikai okok miatt nem tudnak csoportokba sorolni (Schenk and Hargitai, 2001).

- **Vulkanikus hegyek (Volcanic mountains):** Vulkanikus morfológiával rendelkező hegyek, amelyek a vulkanikus síkságok eróziós maradványait, illetve a központi nyílásokból kipréselt vulkanikus anyagok összességét képviselik (Schenk and Hargitai, 2001).

Ilyen, két szokatlanul nagy, kör alakú mesa-típusú fennsík az Inachus és Apis Tholus (Schenk and Hargitai, 2001).

Erős érvek állnak amellett, hogy ezek a hegyek a tolóerők hatására alakultak ki. Egy másik elképzelés szerint ennek az oka, a környező vulkáni síkságok emelkedésének köszönhető. Mindenesetre úgy feltételezik, hogy a hegyek rétegeit vulkáni lerakódások alkotják. Ezek a lerakódások néhány felvételen azonosíthatóak is (Kirchoff and McKinnon, 2009).

5.1.2. Síkságok

A síkságok az Io szilikátos felső kéregének részei, amelyen egy kénes és/vagy SO₂-ban gazdag köpenyanyag található (Crown et al., 1992; Bunte et al., 2008).

Ilyen területek: Zal-régió síkságai, Zemama-régió síkságai.

- **Rétegzett síkságok (Layered plains):** Ez a fajta síkság lapos, sima felületeket eredményez, tartalmazhat bemélyedéseket és meredekebb lejtőket, magasságban nem haladják meg az 1700 m-t. Ez arra utalhat, hogy ennek az felépítése, nem csak tiszta kén (Crown et al. 1992). Ugyan ezek a térképeken a legjellemzőbbek, a legszembeütőbbben a Déli-sark környékén figyelhetőek meg.

- **Pateraközi síkságok (Interpatera plains):** Ugyancsak sík felületek. Ilyen síkságok anyagai Schaber (1982) értelmezése alapján a vulkáni kitörések alkalmával leeső anyagokból származhatnak. Folyékony állapotban, ha a kéreg törött, akkor az SO₂ a felszín felé jön. A hármaspontja környékén az olvadt SO₂ elkezd kikristályosodni, nő a térfogata, miközben gőz fejlődik. Mikor elérte a hasadékot, a felszín törését, kijutva a felszínen mintegy SO₂ „hó” szóródik szét, akár a nyílástól 70 kilométernyire is (Crown et al. 1992).

5.1.3. Kitörések (Plume)

Általánosságban két nagyobb típusát különböztethetjük meg. A megkülönböztetés a különböző forráshőmérsékleten alapul. Az egyik típusa a kisebb méretű, ám nagyobb számban megjelenő a **Prometheus-típusú**, amely akkor alakul ki, mikor a forró szilikáttartalmú láva találkozik a felszíni, illékonyabb SO₂ jéggel. Terjedelemben a magassága nem haladja meg a 100 km nagyságot. Időben ez a kitörés néhány nap alatt történik (Geissler and McMillan, 2008).

A másik, a **Pele-típusú kitörés**, amely akkor jön létre, amikor a magas hőmérsékletű, kéntartalmú gázok az Io belsejéből felszabadulnak. Az ilyen kitörések magassága

elérheti akár a 300 km-t is. Időben ez akár évekig, évtizedekig is eltarthat. Ezekre jellemző a pajzsmorfológia, ami eltér a Prometheus-típusúaktól, a sűrű, központi mag hiánya miatt. Továbbá jellemző rájuk, hogy sokkal halványabb színűek a felvételeken, mivel sokkal szórtabb a felszínük anyaga, így jobban átvilágítja őket a fény (Geissler and McMillan, 2008).

Minkét típus rendelkezik por- és gázösszetevőkkel is. A gázok hozzájárulnak az Io légkörének színéhez. Mindkét típus magas hőmérsékletű, bazaltos vagy ultramafikus láva jelenétére utal (Geissler and McMillan, 2008).

5.1.4. Vulkáni kúpok

Általánosságban elmondható, hogy az Ión nem jellemző az a fajta vulkáni kúp, amilyen például a jól ismert Olympus Mons (Schaber, 1982). Vagyis a vulkánok alakját tekintve, a pajzsvulkáni formák azok, amelyek meghatározóak az Ión. Sugaras mintájúak, amelyeknek a közepéből fekete színű anyag folyik, ami általában több mint 50 km hosszú és kb. 10 km széles (Schenk et al., 2004).

A pajzsvulkánoknak két típusát lehet megkülönböztetni:

- **Alacsony pajzsvulkánok (Low shield volcanoes):**

Sok pajzsvulkán jellemezhető azzal, hogy nincs igazán kiemelkedő, vagy meghatározóan domború alakja. Ebből következik, hogy az ilyen típusú vulkánoknak a magassága szinte soha nem éri el a 3 km-t, lejtőik maximum 1°-osak. A Ra Patera tökéletes példa erre, a maga 450 km széles kúpjával. Sugarasan folyik belőle a keskeny, valószínűleg kénben gazdag láva, több mint 250 km hosszan (Schenk et al., 2004).

- **Meredek falú pajzsvulkánok (Steep-sided shield volcanoes):**

Méreteiket tekintve hasonlatosak az alacsony pajzsvulkánokhoz, vagyis kb. néhány 10 km szélesek, magasságuk 1–2 km. Lényeges különbségük abból adódik, hogy a lejtőik dőlésszöge általában a központi területeken 4°–10°-ra is megnövekedik (Schenk et al., 2004).

Ilyen vulkáni kúp például a Zemama.

Vannak szokatlan megjelenésű pajzsvulkánok is, amelyek mindenben hasonlítanak a fent leírt társaikhoz, csak hogy a felvételeken nem lehet lávafolyást kimutatni.

Valószínűleg ezek pajzsvulkáni maradványok lehetnek. Ilyen például az Inachus Tholus (Schenk et al., 2004).

5.2. GEOLÓGIAI EGYSÉGEK:

Az Io geológiai egységeit öt csoportba oszthatjuk:

5.2.1. Pateraaljzat-anyag (Patera Floor material):

Minden olyan anyag ide tartozik, amely közvetlen összefüggésbe hozható a paterával, kalderával, illetve más típusú hasadéknnyílással.

- Pateraaljzat (Patera floor): Sima, általában foltos üledék, kerek, meredek falú depresszióknál, amely kisebb-nagyobb területű lehet (Crown et al., 1992). Ilyen terület például: Creidne Patera.

5.2.2. Kúpanyag (Cone material):

- Kúpanyag (Cone material): Patera anyagok környezetében található meg, kerek kiemelkedő formák (Crown et al., 1992). Ilyen terület például: Amaterasu Patera.

5.2.3. Folyási anyag (Flow material):

- Magyaslati anyag (Hummocky material): Tömör, vastag lerakódás, barázdált felszínnel, karéjos töréslépcsővel (Crown et al., 1992). Ilyen terület: Caracho Patera.

- Hasadékananyag (Fissure material): Szélesen elnyúlt, karéjos lerakódás, kis vagy közepes albedóval (Crown et al., 1992). Ilyen példa: Euboea Fluctus.

- Tenyeres anyag (Digitate material): Foltos lerakódás, látszólag mérsékelt kiemelkedés, amelyhez kör alakú depresszió társul. Alacsony albedóval rendelkezik (Crown et al., 1992). Ilyen példa: Kibero Patera.

- Pajzsanyag (Shield material): Kör alakú, meredek falú depresszió (Crown et al., 1992).

- Tholus anyag (Tholus material): Kör alakúak vagy pajzsra emlékeztető formával rendelkeznek. Jól behatárolható, külső meredek fallal, amelynek központjában depresszió helyezkedik el (Crown et al., 1992). Ilyen terület: Inachus Tholus.

- Karéjos anyag (Lobate material): Szélei karéjos alakúak, alacsony vagy közepes albedóval rendelkeznek. Gyakran fedik is egymást (Crown et al., 1992). Ilyen terület: Deadelus Patera.

- Síkságot formáló anyag (Plains-forming material): Extenzív, közepes és magas albedójú területek, kis magassággal rendelkező üledékek, amelyek gyakran közepes vagy nagyméretű nyílásokból (akár több mint 100 km nagyságúakból) származhatnak (Crown et al., 1992). Ilyen példa: Loki Patera.

- Patera anyag (Patera material): Hosszú, keskeny, egymást fedő lerakódások, alacsony illetve magas albedóval. Gyakran az 50 km-nél kisebb nyílásokból származnak. Formái sokfélék lehetnek, jellemzően alacsony pajzsvulkánok (Crown et al., 1992). Ilyen terület: Ra Patera.

5.2.4. Síksági anyag (Plains material):

- Pateraközi anyag (Interpatera material): Hatalmas, lapos üledék, a paterák között egységes albedóval rendelkeznek (Crown et al., 1992).

- Rétegzett síksági anyag (Layered plain material): Széles, magas, réteges síkságok, közepes albedóval. Általában lapos felületűek, törésekkel vagy más felszíni formákkal (például gerinckekkel) határoltak. Néhány területen, mint például a Nemea Planum esetében is, kisebb, elszigetelt platói is ilyen anyagból épülnek fel (Crown et al., 1992).

5.2.5. Hegységi anyag (Mountain material):

Ezek az anyagok nagy, magas hegységeket alkotnak, amelyek mérete nem haladja meg a 100 km-t. Ezek a hegyek kb. 9 km magasak, amelyek a felvételeken úgy tűnnek, mintha egyenletesen oszlanának el a hosszúsági és szélességi körök között Whitford-Stark és mások (1990) is úgy gondolják, hogy a hegységi anyagok képződése a közelmúltban történhetett, mert ezek az anyagok a rétegzett síksági anyagokat fedik le (Crown et al., 1992).

- Barázdált anyag (Grooved material): Formái barázdások, robusztusak, magasabban fekvő területein gyakoriak a párhuzamos, lineáris depressziók. Az Euboea Montes erre is jó példa (Crown et al., 1992).

[Nem rég jelentette meg a USGS az Io geológiai térképét, amelyben egy új osztályozási rendszer alapján mutatják be az egyes felszínforma-, illetve geológiaegység-típusokat (McKinnon et al., 2011).]

- Sima anyag (Smooth material): Megemelkedett, viszonylag sima, jelentősebb kiugrással rendelkező területek anyaga (Crown et al., 1992).

- Osztatlan anyag (Undivided material): Masszív, hullámos felszínű terepeket alkotó, a környezetéhez képest kiugróan magasabb területek anyaga. Lineáris és görbe vonalú depressziók, illetve törési formák láthatók rajtuk (Crown et al., 1992).

6. Az Io térképeinek elkészítése

6.1. A TÉRKÉPEK JELLEMZŐI

Mivel az általam készített térképek a Springer *Encyclopedia of Planetary Landforms* kötetében fognak megjelenni, így a formai követelményeit az általuk kiadott minta, illetve leírás alapján készíttem el. Ebben a leírásban található a lap mérete, a margók, vetületek, az egységes betűtípus, a betűk mérete, a névanyag nyelve, illetve az egyes felszínforma-típusok különböző megírásának szabályai. A kiadványban 4 db Io térkép fog szerepelni: 1 db nagyméretű négyzetes hengervetületű kétoldalas térkép, 2 db meridiánokban hossztartó síkvetületű térkép és 1 db kisméretű eltérő tematikával rendelkező térkép.

6.2. MIBEN LESZ EZ MÁS A TÖBBI TÉRKÉPHEZ KÉPEST?

Az esetek többségében a bolygótérképeket planetológusok szerkesztik meg, így azok csupán a legminimálisabb térképészeti követelményeknek felelnek meg. Céлом az volt, hogy olyan térképeket készítsek el, amelyek mind tartalmilag, mind térképészetiileg is jól megállják helyüket. Így alapvetően az alapkép térképi tartalommal való felruházása volt a feladat: koordinátaháló készítése, névrajz igényes elhelyezése, generalizálás, jelek készítése, magassági adatok felvitele és mindezekhez megfelelő jelkulcs elkészítése.

6.3. TEMATIKÁK

6.3.1. Alaptérkép

A térképi alapot a nagy felbontású Voyager, illetve a színes Galileo mozaik képeiből állították össze, amit négyzetes hengervetületben ábrázolnak (Albers, 2004).

6.3.2. Névanyag

Az Io névanyag, más égitestekkel együtt a USGS internetes oldaláról érhető el. Az itt szereplő névanyag minden Ión megtalálható objektum, régió nevét tartalmazza, és az adatbázisból ingyenesen letölthető (Gazetteer of Planetary Nomenclature, 2012). Ezek a fájlok tartalmazzák a névanyagot és ezen objektumok pontos helyének koordinátáit is, így ha ezt, illetve a térképi alapot a Global Mapper programban megnyitjuk, automatikusan a valóságnak megfelelően fognak elhelyezkedni.

6.3.3. Vetület

Leggyakrabban a legkönnyebben kezelhető vetületet, a négyzetes hengervetületet használják a bolygótérképek készítésénél. A kiadó a nagy térkép, illetve a kis tematikus térkép esetében is ezt a vetülettípust választotta az É 60°–D 60° szélességi körök közötti területek ábrázolására. Mivel ez a vetület a sarkok környékén erősen torzít, az északi, illetve a déli félteke 60°–90°-a közötti területet meridiánban hossztartó síkvetületben ábrázoljuk.

6.3.4. Koordinátaháló

Megegyezés alapján a koordinátaháló sűrűségét nem 10°-ra készítettem, hanem 30°-ra. Így áttekinthetőbb maga a térkép tartalma is. A térkép keretét, illetve az Egyenlítőt az ún. létrás fokbeosztással ábrázoltam, amelynek egységei 10°-os osztásokra oszlik, ezzel is megkönnyítve a pontosabb azonosítást. Az Io esetében a 0° hosszúsági fokot a Jupiter felőli oldalon található szub-jupiter pont határozza meg. A térképi ábrázolásnál ezt vettem figyelembe, így a térképen a könyv gerincére esik ez a vonal, innen halad tovább jobbra és balra a fokszámok megírása, 360° illetve 180°-ig.

6.3.5. Színezés, mintázat

A színezést a kis tematikus térkép esetében használtam. Itt a színek, illetve mintázatok jelenítik meg az egyes anyagokat. A színhasználatnál figyeltem arra, hogy az a lehető

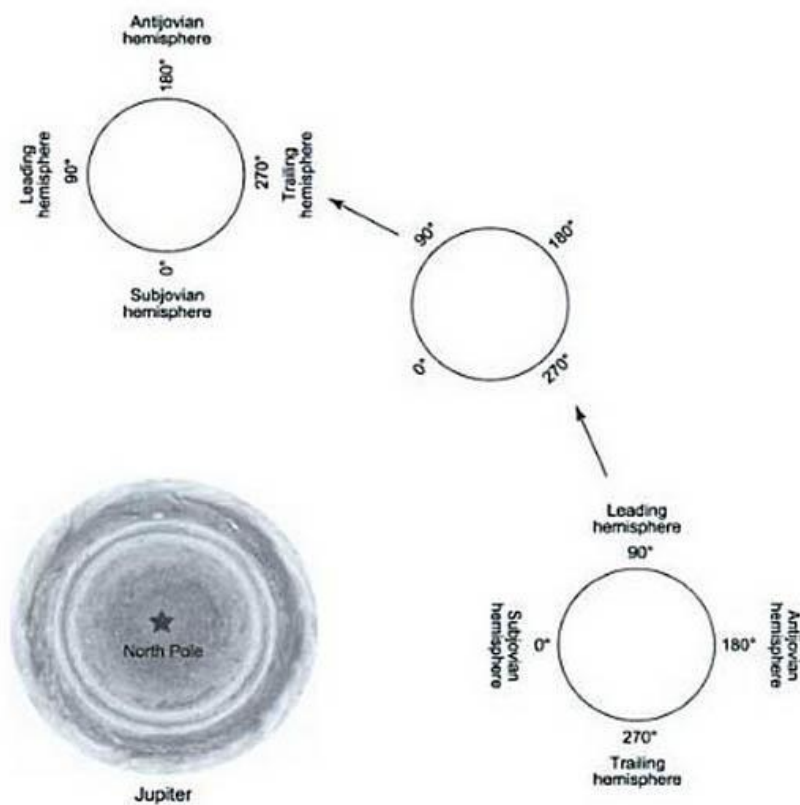
legjobban hasonlítson a térképi alap színeihez. A mintázat elkészítésénél pedig maga az anyag tulajdonságát vettem alapul (pl. a kis szemcseméretű, porózus anyagok mintázata pöttyös).

6.3.6. Szimbólumok, jelek

A térképen az aktív kitörési központokat, a hegyeket, illetve egyes objektumok pontos helyét jelöltem külön szimbólummal. Itt a jelet úgy választottam meg, hogy abból könnyen következtetni lehessen a tartalmára. Térképolvasás során a vulkánokat, kitörési központokat a jellemző csillag alakzattal jelöljük. Ezen a térképen piros csillaggal utalok az aktivitásra. A hegyek ábrázolásánál csak ott használtam a már megszokott háromszög alakzatokat, ahol az adatbázisból magassági adatokat is tudtam hozzá kapcsolni. A hegyek, illetve Tholusok esetében egy minta után, amely egy korábbi National Geographic kiadványban szerepelt a pontos helyet egy hajlított nyíl alakzattal definiálom (The National Geographic Society, 1969/2004).

6.3.7. Féltekék megírása

Négy különböző féltekét tudunk az Ión megkülönböztetni, ezeket a következő ábra mutatja be.



7. ábra

A képen a Jupiter körül keringő Europa elnevezésű hold féltekéinek neveit láthatjuk

Ezeknek a nagy térképre való felhelyezése a tájékozódást fogja segíteni. Ezek határait nyilakkal jelzem, illetve az egyes hemiszférákat szintben (külön sorban) is elkülönítettem.

6.3.8. Magassági adatok

A térképre magassági adatokat is felvittem. A magassági adatoknál az *Io Mountain Database* adatbázisát használtam (Schenk and Hargitai, 2001). A térképen megjelenő, illetve az adatbázisban megtalálható hegységek legnagyobb mérhető magasságát tüntettem fel, mivel az egyes hegyeket, hegységeket többféle módszerrel is felmérték, amelyek eltérő adatokat eredményeztek.

6.3.9. A kis térkép tematikája

A kis térkép tematikájának a diffúz lerakódásos területek (Areas of diffuse deposits) ábrázolását választottam (Williams et al., 2011). Az egyes területek átrajzolása után a csoportokat különböző színekkel, illetve mintával láttam el. Mivel ez egy szemléltető (áttekintő) térkép szerepét tölti be, itt nem alkalmaztam alaptérképet és az ún. létrás fokbeosztást a kereten, illetve az Egyenlítőn.

6.4. MÓDSZERTAN

Első és legfontosabb feladat az volt, hogy a térképek alapfotóját, illetőleg a teljes névanyagát beszerezsem. Ezeket a már fent említett honlapokról ingyenesen le tudtam tölteni. Munkám során kétféle programot használtam.

6.4.1. Global Mapper v12.02

Ezzel a programmal készítettem el a letöltött fotótérképből a négyzetes hengervetületű térkép alapját és a két meridiánban hossztartó vetületű sarkot ábrázoló térkép alapját. Elsőként a képet georeferáltam, vetületbe illesztettem, illetve koordinátahálót helyeztem rá. Ezután behívtam a letöltött névanyag *.kml fájlját is, majd végül az egészet exportáltam egy raszteres képpé (GeoTIFF), illetve elmentettem DXF-fájlként. Exportálásnál van arra lehetőség a Global Mapperben, hogy a különböző

adatcsoportokat külön rétegekként mentse el, így amikor ezt a fájlt megnyitom Corelben, az adatcsoportok már külön rétegeken jelennek meg. Exportálás során beállítottam a koordinátaháló megjelenítését, azt hogy milyen szélességeket, illetve hosszúságokat mentsen el a térképen. Mivel a nagy térkép egyik jellegzetessége, hogy a kiadvány margóján kívül is folytatódik, egészen a lapok széléig, a térkép mentése során mérete nemcsak 0°-tól 360°-ig terjed ki, hanem a kifutó részekre még plusz 30°-ot jobbról is és balról is hozzávettem. Ezt a műveletet Gede Mátyás segítette kivitelezni. Ezek után hasonló eljárással a sarkok környékét is georeferáltam (meridiánban hossztartó vetületet alkalmazva), majd mentettem 50°-tól 90°-ig a képet.

6.4.2. CorelDRAW X3

6.4.2.1. Nagy térkép:

Munkám legnagyobb részét a CorelDRAW X3-as programmal végeztem el. A korábban elmentett alaptérképeket itt behívva, neki is láthattam a munkának. Elsőként beállítottam a lapméretet, majd elhelyeztem a nagy négyzetes hengervetületű térképet, a margókat figyelembe véve. A koordinátavonalak ezen a térképen 30°-ként következnek, így a feleslegeseket eltávolítottam. Mivel a nagy térkép esetében a kiadó az é. sz. 60°-tól a d. sz. 60°-ig kérte a térképi tartalmat, elsőként minden ezeken kívül eső koordinátavonalat, nevet, illetve pontot leválogattam róla. Majd ezt követően elkészítettem az ún. létrás fokbeosztású keretet, amely a térkép két oldalán az é. sz. 60°-ától a d. sz. 60°-ig, illetve alsó és felső keretvonalán a 0°-tól a 360°-ig fut körbe, illetve az egyenlítő is ilyen módon jelenítettem meg. Ennek a lehető legpontosabb illeszkedése miatt egy 30°-os osztást pontosan lemérve három egyenlő részre osztottam, amelyeket ezután egymás után összeillesztettem, amíg körbe nem értem, illetve a jellegzetes egymást követő fekete-fehér színeket is ekkor állítottam be. A még jobb szemléltetés miatt ezt a skálát további két 0,2 pontos vonallal határoltam. A keret sarkainak kapcsolódásánál az egyes vonalakat egymásra húztam, így jól illeszkednek egymáshoz. Ezek után állítottam be a keret, illetve az egyenlítői vonal vastagságát 1 pontosra, majd a többi koordinátavonalat 0,5 pontosra.

A következő lépésként a foksámokat írtam meg, illetve illesztettem a keret mellett meghúzott illesztő vonalhoz. Minden számot azonos távolságra helyeztem el a kerettől. A számok igazításánál a következő szabályt alkalmaztam: egyjegyű

számok a vonal tengelyénél, a kétjegyű számok a vonal két oldalán helyezkedjenek el, illetve a háromjegyű számok középső számjegye legyen a vonal tengelyénél.

A következő nagyobb feladatot a névrajz elhelyezése, formázása jelentette. Elsőként beállítottam a különböző felszínforma-típusokra előírt szabványokat (betűméret, stílus, szín). Ezek után nekiláttam a nevek elhelyezésének. Itt azt a szabályt követtem, hogy lehetőség szerint minden nevet jobbra, illetve ha ez nem volt kivitelezhető, az objektum alá helyeztem. Ez alól a szabály alól egyedül a *fluctusok* (lávafolyások) kivételek, amelyeket folyásuk irányvonala alapján íveltem, illetve a 0° hosszúsági kör vonala. Mivel a 0° az enciklopédia gerincének vonalában van, e vonal közelében található neveket helyzetüktől függően jobbra vagy balra igazítottam. Mivel a térkép tartalma elég sűrű volt, így a *Patera* neveket rövidítettem és P.-tal helyettesítettem. Azon hegységek alá, amelyek az *Io Mountain Database* adatbázisában megtalálhatók voltak, magassági adatokat is rendeltem. Ezeket a magassági értékeket a hegységek nevei alá helyeztem, még hozzá úgy, hogy a név és a hegyet ábrázoló szimbólum (háromszög) illetve érték, a hegységnevének első betűje alatt kezdődjön el.

Általánosságban törekedtem arra, hogy a nevek ne fedjék ki az adott felszínforma képét. Ennél az oknál fogva a szerkesztővel úgy egyeztünk meg, hogy a hegységek és a *tholusok* pontos helyét egy hajlított nyíl alakzat fogja mutatni. Ehhez megszerkesztettem a nyilat, majd elhelyeztem a térképen. Az elhelyezésnél a név kezdőbetűjének talpához igazítottam. Az egyhangúság elkerülésére a nyilak két irányban, lefelé és felfelé 45°-os szögben állnak. További szimbólumok jelölik (piros csillag) az aktív kitörési központokat, amelyeket a szimbólumkarakter funkcióból érhettem el, a paterákat egy fekete kitöltésű kör alakzat jelöl, illetve a fent már említett hegységek jelölésére szolgáló enyhén nyújtott háromszög. A szimbólumokat – a kitörési központok jeleként szolgáló csillag kivételével – saját kezűleg készítettem el.

Miután a névrajz elkészült, a koordinátahálót metsző neveknél a vonalat megszakítottam, illetve a kifedés területét kivágtam belőle.

Legvégül a térkép alján szereplő hemiszféra megírásokat készítettem el. A nyilak segítségével próbáltam az egyes szférák határait jelölni, illetve azzal, hogy az összetartozó párok egy sorban helyezkedjenek el. A kiadó kérésére az

alaptérképet a könyv lapjának széléig kell kifuttatni úgy, hogy a vágóélen 3 mm túlnyúlása legyen.

6.4.2.2. Kis tematikus térkép:

A tematikus térkép esetében a teljesen nyers nagy térkép koordinátahálóját, illetve alaptérképét másoltam át és kicsinyítettem le. Itt a mérete miatt nem alkalmaztam az ún. létrás fokbeosztású keretet. Az Egyenlítő, a 0° hosszúsági kör esetében pedig egyszerű 1 pontos vonalvastagsággal oldottam meg a kiemelést. A fokszámok megírásánál hasonlóan jártam el, mint a nagy térkép esetében. Ezek után kezdtem el az egyes lerakódások területeit körberajzolni. Egy-két esetben bonyolultabb formáknál (Loki) több alakzatot kombinálva értem el a térképi formáját. Miután megrajzoltam ezeket, az öt lerakódástípusnak megadtam a tulajdonságait. Elsősorban színekkel dolgoztam, mert ez a térkép, amolyan áttekintő (átnézeti) szereppel bír. A színek megválasztásánál törekedtem az alaptérkép színeit átvenni (ez 3 típus esetében történt meg). A másik két típusnál mintázatos kitöltést alkalmaztam, amit szerkesztéssel hoztam létre. A kitöltések elkészítése után a *Prometheus*, *Pele*, *Loki* és a *Ra Paterna* neveit vittem fel a térképre, fontosságukat hangsúlyozva.

6.4.2.3. Két poláris térkép:

Mivel a térkép az 50° - 90° -ig ábrázolja a területet, leválogattam (mindkét térkép esetében) a 60° -on kívül eső neveket, objektumokat, vonalakat. Ezután, mint a nagy térképre is, ide is készítettem egy ún. Létrás fokbeosztású keretet. Mivel itt a nagy térképnél használt módszert nem tudtam alkalmazni, a problémát úgy oldottam meg, hogy a 60° szélességi kör vonalát minden 10° -os koordinátaháló metszésnél megszakítottam. Mikor az összesnél ezt elvégeztem, az egészet kijelölve a *szétbontás* gombra kattintottam. Így ezek mind önálló egységet alkottak. Minden második kijelölésével, majd színezésével, kialakult a „létra”. Hasonlóan a nagy térképhez, itt is a „létra” két oldalára ráhelyeztem a 0,2 pontos kontúrként szolgáló vonalat. A névanyag, a fokszámok, illetve szimbólumok igazítása, elhelyezése a már fent leírt módszerek alapján itt is ugyanúgy történt. Mindkét félgömb esetében a sarkpont helyére beillesztettem a féltekét jelölő N (North) illetve S (South) jelöléseket. Ahol szükséges volt a koordinátahálót megszakítottam, illetve a lefedett területet töröltem. A térképet a Global Mapper

egy négyzet alakú képpé alakítja. Ahhoz, hogy egy kör alakú térképet láthassunk, egy sablont kell készíteni erre a négyzetes képre. A sablont úgy készítettem el, hogy a „létra”-vonal külső ívét határoló körvonalat másoltam, majd beillesztettem ugyanoda. Majd a téglalaprajzoló eszközzel készítettem egy akkora téglalapot, amely kifedi a négyzetes térképet. Az objektumkezelőben a téglalapot és a beillesztett körvonalat kombinálva, illetve egy fehér színt adva, megkaptam a sablont, amely csak a 60° és 90° között ábrázolt területet teszi láthatóvá. Miután minden térképet elkészítettem, egy lapra helyezem, amelynek az adatait már korábban beállítottam. Jobb oldalra a tematikus térkép, illetve a jelkulcs, magyarázatok, a baloldalra pedig a két sarkot ábrázoló térkép került elhelyezésre.

7. Összefoglalás

Szakedolgozatom célja az volt, hogy létrehozzak egy olyan magyar nyelvű ismeretanyagot, amellyel betekintést nyújtok az olvasónak Naprendszerünk égitestjeinek ábrázolásába, vagyis a bolygótérképészet világába. Ismertessem azokat a módszereket, szabványokat, illetve lehetőségeket, amelyek segítségével képesek vagyunk a Földön kívüli területeket a térkép lapján, a lehető legszemléletesebben megjeleníteni.

EREDMÉNYEK:

Szakedolgozatom eredményeként sikerült egy sokak számára kevésbé ismert égitestről, különböző témájú térképeket készítenem, továbbá a bolygótérképészet angol nyelvű tudományos cikkeinek fordításával és értelmezésével egy összefoglaló irodalmat létrehozni, amely így már magyar nyelven is elérhető. Röviden ismertettem az Io legfontosabb tulajdonságait, sajátosságait is, és elemeztem, hogy milyen fontos tényezők alapján készülnek Naprendszerünk égitestjeiről térképek. Munkám során egy előre meghatározott követelményrendszerhez igazodva kellett számtalan térképészeti problémát megoldanom. Mindezek eredményeképpen az elkészült térképek nyomtatásba is kerülnek, amelyek a Springer's *Encyclopedia of Planetary Landforms* című kiadványában fognak megjelenni (Hargitai and Keresztúri, 2014). Végül, de nem utolsó sorban, lehetőségem adódik 2012 júliusában, egy nemzetközi térképészeti konferencián szakedolgozatom témájából előadást tartani.

8. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani külső konzulensemnek, Hargitai Henriknek, aki rengeteg információval, segédanyaggal, illetve jó tanácsokkal látott el. Témavezetőmnek, Márton Mátyásnak, akitől sok segítséget kaptam formai, illetve publikálásbeli kérdésekben. Továbbá Gede Mátyásnak a Global Mapperes gyorstalpalóért, Györffy Jánosnak a vetülettani ismeretekért, illetve Jesús Reyes Nunesnek, aki a CorelDRAW praktikáit osztotta meg velem. Végül, de nem utolsó sorban, szobatársaimnak, illetve családomnak, akik nem egyszer olvasták, értelmezték szakdolgozatomat, és éltek építő kritikával.

9. Irodalomjegyzék

- Albers Steve (2004) Planetary Maps (Global Images)
<http://laps.noaa.gov/albers/sos/sos.html> (letöltés: 2012.01.13.)
- Bond Peter (2003) Spaceflight Now: Galileo spacecraft crashes into Jupiter
<http://www.spaceflightnow.com/galileo/030921galileogone.html>
- Burke M.C.; Balme M.; Beyer R.A.; Williams K.K.; Zimbelman J. (2006) A comparison of methods used to estimate the height of sand dunes on Mars - Science Direct: Geomorphology 81, p. 444
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X06001619>
- Cassis Nikki (2012) https://asunews.asu.edu/20120319_iomap (letöltés: 2012-04-15)
Crown David A.; Greeley Ronald; Craddock Robert A.; Schaber Gerald G. (1992) Geological Map of Io
<http://astrogeology.usgs.gov/PlanetaryMapping/DIGGEOL/galsats/io/io.pdf>
(letöltés: 2011.11.02.)
- Dr. Szatmáry Károly (2006) Szegedi Csillagvizsgáló - Roche-határ http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/6_Naprendszer/0104holdak/Roche_hatar.html
(letöltés: 2012-03-15)
- Dr. Winkler Gusztáv; Dr. Barsi Árpád (2004) Távérzékelés p. 10
<http://www.fmt.bme.hu/fmt/oktatas/feltoltesek/BMEEOFTAG13/ag13segedlet.pdf>
- ELTE Csillagászati Tanszék, Planetológia - A Naprendszer leírása
<http://astro.elte.hu/icsip/planetologia/jupiter/index.html>
- ELTE TTK Kozmikus anyagokat vizsgáló űrkutató csoport: Planetológiai helyesírási tanácsadó. <http://planetologia.elte.hu/1cikkek.phtml?cim=szotar.html>
- ESA (2009) European Space Agency news
http://www.esa.int/esaCP/SEMPHGWX3RF_index_0.html (letöltés: 2012-03-23)
- Fulchignoni M.; Picchiotti A. (1986) Image processing in planetology p. 132 Società Astronomica Italiana, Memorie (ISSN 0037-8720), vol. 57, no. 2, 1986, p. 123-147. <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1986MmSAI..57..123F>
- Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Coordinate Systems for Planets and satellites <http://planetarynames.wr.usgs.gov/TargetCoordinates>
(letöltés: 2012-03-20)

- Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Io nomenclature.kmz
<http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/IO/target> (letöltés: 2012.01.30.)
- Gazetteer of Planetary Nomenclature (2012) Planetary Names: Martian Coordinate System
<http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/MARS/system> (letöltés: 2012-03-20)
- Gazetteer of Planetary Nomenclature (é.n.) Planetary Names: Io
<http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/IO/target> (letöltés: 2012-03-20)
- Gede Mátyás (2010) Webkartográfia és geoinformatika a térképészeti örökség védelmében p. 27-28
- Geissler P.E.; McMillan M.T. (2008) Galileo observations of volcanic plumes on Io p. 505, 511-512.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103508002054> (letöltés: 2011.11.02.)
- Greeley Ronald; Batson Raymond M. (1990) Planetary Mapping, p. 62-66, p. 147.
- Györfly János (2012) Szóbeli közlése alapján
- Hargitai Henrik (1999) Iográfia, avagy egy új világ felfedezése
<http://planetologia.elte.hu/1cikkek.phtml?cim=1iografia.html> (letöltés:2012-02-24)
- Hargitai Henrik (2006) Planetary Maps: Visualization and Nomenclature p. 155, p. 158-162 .
<http://emc.elte.hu/~hargitai/hargitai/planmaps.pdf> (letöltés: 2012-02-17)
- Hargitai Henrik; Keresztúri Ákos (2014) Encyclopedia of Planetary Landforms
<http://www.amazon.com/Encyclopedia-Planetary-Landforms-Henrik-Hargitai/dp/1461431352>
- Kirchoff Michelle R.; McKinnon William B. (2009) Science Direct - Icarus 201, 598–614 p.601-602.: Formation of mountains on Io: Variable volcanism and thermal stresses
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103509000633> (letöltés: 2011. 10.23.)
- Kreslavsk M. A.; Head J. W. (2001) Lunar and Planetary Science XXXII : Stealth craters in the northern lowlands of Mars: Evidence for a buried early-hesperian-aged unit
<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2001/pdf/1001.pdf> (letöltés: 2012. 02.20.)
- Lopes Rosaly M.C.; Spencer John R. (2007) Io After Galileo. Praxis Publishing, Chichester, UK, p. 22

- Mellon Michael T.; Jakosky Bruce M.; Kieffer Hugh H.; Christensen Philip R. (2000) High-Resolution Thermal Inertial Mapping from the Mars Global Surveyor Thermal Emission Spectrometer (available online: 2002)
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103500965035>
- Mosher Jim (2009) WikiSpace: Selenographic Coordinates <http://the-moon.wikispaces.com/Selenographic+Coordinates> (letöltés: 2012-02-17)
- NASA (2012) Solar System Exploration-Missions
<http://solarsystem.nasa.gov/missions/profile.cfm?Sort=Alpha&Alias=Voyager%201&Letter=V&Display=ReadMore> (letöltés: 2012-03-10)
- NASA (é. n.) Planetary Laser Altimetry <http://tharsis.gsfc.nasa.gov/> (letöltés:2012-03-16)
- NASA Planetary Data System (2006) Chapter2. Cartographic Standards .
<http://pds.nasa.gov/documents/sr/Chapter02.pdf> (letöltés: 2012-02-17)
- NASA: (2012a) Solar System Exploration Io: Facts&Figures
http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup_Io&Display=Facts
- Nass A.; Gasselt van S., Jaumann J., Arsche H.(2010) Implementation of cartographic symbols for planetary mapping in geographic information systems. Planet. Space Sci. doi: 10.1016/j.pss.2010.08.022
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063310002606> (letöltés: 2012.02.03.)
- Price Katherine H. (1998) Geological Map of the Dao, Harmakhis and Reull Valles Region of Mars <http://pubs.usgs.gov/imap/i2557/> (letöltés: 2012-03-20)
- Schenk P.M.; Wilson R.R.; Davies A.G. (2004), Shield volcano topography and the rheology of lava flows on Io Icarus 169 (2004) 98–110 p.99-105.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103504000363> (letöltés: 2011. 11.01.)
- Schenk Paul, Hargitai Henrik (2001) Io mountain Database online
<http://planetologia.elte.hu/io/index.phtml?nev=definitions>
- Schenk Paul; Hargitai Henrik (2001) Io mountain Database online
<http://planetologia.elte.hu/io/index.phtml?nev=name>

- Schenk Paul; Hargitai Henrik; Wilson Ronda; McEwen Alfred; Thomas Peter (2001)
Journal of Geophysical Research, vol. 106, no. e12, pp. 33,201-33,222: The
mountains of Io: Global and geological perspectives from Voyager and Galileo
<http://www.agu.org/pubs/crossref/2001/2000JE001408.shtml>
(letöltés:2011.11.03)
- Shirley James H.; Fairbridge Rhodes Whitmore (1997) Encyclopedia of Planetary
Sciences: Coodrinate Systems p.158-159
- The National Geography Society (1969/2004) National Geographic: The Eathr's Moon
<http://planetologia.elte.hu/ipcd/ipcd.html?cim=natgeo>
- US Geological Survey (2003) Topographic Map of Mars
<http://pubs.usgs.gov/imap/i2782/> (letöltés: 2012-03-20)
- USGS <http://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/History>
- USGS <http://astrogeology.usgs.gov/Page/groups/name/IAU-WGCCRE> (letöltés: 2012-
03-10)
- Vágó János; Seres Anna; Hegedűs András (2011) Alkalmazott térinformatika 4.
<http://meip.x5.hu/files/1604> (letöltés: 2012-03-28)
- Varga Zoltán (1996) Galilei-holdak [http://www.cab.u-
szeged.hu/local/naprendszer/galih.htm](http://www.cab.u-szeged.hu/local/naprendszer/galih.htm) (letöltés: 2012-03-10)
- Veverka Joseph (1985) Planetary Geology in the 1980s. Cornell University,
Washington, D.C., <http://history.nasa.gov/SP-467/ch6.htm> (letöltés: 2012-03-18)
- Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A., Jaeger
Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2012)
USGS: Geologic Map of Io <http://pubs.usgs.gov/sim/3168/>
- Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A.; Jaeger
Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2011) Volcanism
on Io: New insights from global geologic mapping, Icarus 214 (2011) 91–112
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103511001710>
- Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A.; Jaeger
Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2011) Geological
Map of Io <http://pubs.usgs.gov/sim/3168/> (letöltés: 2012-04-15)
- Williams David A.; Keszthelyi Laszlo P.; Crown David A.; Yff Jessica A.; Jaeger
Windy L.; Schenk Paul M.; Geissler Paul E.; Becker Tammy L. (2011) Geological

Map of Io http://pubs.usgs.gov/sim/3168/sim3168_pamphlet.pdf (letöltés: 2012.05.02.)

Zentai László (2000) Térinformatika sáv: Vetületek című előadása
<http://lazarus.elte.hu/hun/dolgozo/zentail/sav/1.htm> (letöltés: 2012-03-18)

10. Ábrajegyzék

1. ábra: Greeley Ronald; Batson Raymond M. (1990) Planetary Mapping, p.150.
2. ábra: NASA - Astronomy Picture of the Day: The Topography of Mars by the Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) <http://apod.nasa.gov/apod/ap010628.html> (2001)
3. ábra: ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport- Mars kutatás: A Mars domborzati térképe
<http://planetologia.elte.hu/1cikkek.phtml?cim=marskutatas.html> (2008)
4. ábra: NASA Goddard Space Flight Center: High Resolution Global Topographic Map of Moon http://www.nasa.gov/mission_pages/LRO/news/lro-topo.html (2011)
5. ábra: Science Direct – Icarus: Bunte Melissa K.; Williams David A.; Greeley Ronald; Jaeger Windy L.: Geologic map of the Shamshu region of Io
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001910350900493X> (2010)
6. ábra: NASA Jet Propulsion Laboratory - Cassini Images: Enceladus Temperature Map <http://saturn.jpl.nasa.gov/photos/imagdetails/index.cfm?imageId=1631> (2005)
7. ábra: McKinnon WB, Khurana K (eds) Europa. University of Arizona Press. Doggett T.; Greeley R.; Figueredo P.; Tanaka K. Geologic stratigraphy and evolution of Europa's surface. in: Pappalardo RT (2009)

11. Nyilatkozat

Alulírott **Merk Zsófia** (ETR azonosító: **MEZRAAT**) a **Naprendszerbeli égitestek térképi ábrázolásnak kérdései az Io példáján** című szakdolgozat szerzője fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat elektronikus publikálásához (PDF formátumban a tanszéki honlapon)

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest,.....

.....
a hallgató aláírása