21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 129

KOMMUNIKÁCIÓ

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 131

Szavak és modellek

A vizualizáció szerepe az antik kozmológiában[1]

Betegh Gábor

1. CSILLAGÁSZAT, KOZMOLÓGIA ÉS VIZUALIZÁCIÓ

Ha elővesszünk egy modern csillagászati ismeretterjesztő művet, akkor abban szinte bizonyosan találunk majd ábrákat. Nem véletlenül. Hiszen összehasonlíthatatlanul könnyebb elmagyarázni az olyan alapfogalmakat, mint égi egyenlítő, zenit, meridián, térítők, ekliptika, ekliptikus sarkpont, tavaszpont és így tovább, egy vagy több szemléletes ábra segítségével, mint pusztán szavakkal. Az ábráról viszonylag gyorsan leolvashatjuk azt, amit egyébként csak számos körülményes mondat tudna leírni. Ráadásul az ábrán együtt, szinoptikusan láthatjuk azt, amit a szöveg csak lineárisan tudna megfogalmazni: így a különböző elemek egymáshoz való viszonyát is lényegesen jobban át tudjuk tekinteni, mintha csak a szövegre, saját geometriai képzeletünkre és belső térlátásunkra hagyatkozhatnánk.

Másrészről fontos felfigyelnünk arra is, hogy az ábrák önmagukban nem lennének elégségesek, hiszen az ott látható geometriai formák értelmezésre szorulnak: a szövegre hárul a feladat, hogy elmagyarázza, a különböző vonalak, körök és ellipszisek közül melyek jelképezik egy égitest pályáját, melyek bizonyos égitestek pályájának határpontjait, és

1 A tanulmány kibővített változatát lásd Betegh, Gábor (2002): Le problème des représentations visuelles dans la cosmologie présocratique: pour une histoire de la modélisation. In: Laks, André–Louguet, Claire (szerk.): *Qu'est-ce que ce la philosophie présocratique / What is Presocratic Philosophy.* Lille, 381–415. Köszönet Bodnár István hasznos megjegyzéseiért és az OTKA (FO 32471) támogatásáért.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 132

melyek pusztán a struktúrát kifejező geometriai alakzatok, melyeknek semmilyen fizikai entitás nem felel meg a valóságban. De ennél még többről is van szó, hiszen az önmagában álló ábra akár teljességgel félrevezető is lehetne. Például ha megnézzük az ismeretterjesztő művekben az égi főkörök fogalmát bevezető ábrákat, azt láthatjuk, hogy ezek egy olyan gömb felületén jelennek meg, amelynek középpontjában a Föld áll. Nyilvánvaló azonban, hogy a könyv szerzői nem egy prekopernikus világképet hirdetnek – a szövegre hárul a feladat, hogy az ilyen lehetséges félreértéseket eloszlassák.

Hasonló a helyzet a háromdimenziós modellekkel is. Vegyük például a csillagok relatív pozícióját szemléltető éggömböket. Egyrészt világos, hogy az ilyen eszközök által vizuálisan közvetített információt gyakorlatilag lehetetlen lenne pusztán szövegesen kifejezni. Az is világos azonban, hogy egy ilyen alapvető szemléltető eszközt is meg kell tanulni értelmezni. Az éggömbök látszólag nagyon hasonlítanak egy földgömbre. A használónak azonban meg kell értenie, hogy a modell interpretációja ebben az esetben teljesen más. Hiszen a földgömbbel ellentétben az éggömb nem egy fizikailag létező gömböt ábrázol, az ott szereplő csillagok valójában nem egy gömb felszínén helyezkednek el, ezt a képzeletbeli gömböt nem kívülről, hanem mintegy belülről látjuk, a gömb középpontjába képzelt Földtől az egyes csillagok nem egyenlő távolságra helyezkednek el, és így tovább. Mindezt valakinek el kell magyaráznia annak, aki az éggömb segítségével most kezd ismerkedni a csillagos ég rejtelmeivel.

Vajon milyen szerepe volt a vizualizációnak a görög csillagászati, kozmológiai hagyományban, és legfőképpen annak kialakulásában? A jelen tanulmányban amellett szeretnék érvelni, hogy a vizualizálás igénye egyidős az első tudományosnak tekinthető kozmológiai elméletek megfogalmazásával. Mi több, hogy a vizualizálás nem pusztán illusztráció volt a kozmológiai elméletek szemléltetésére, hanem alapvető episztemológiai szerepet játszott az elméletek megfogalmazásában és a görög kozmológia és csillagászat fejlődési irányának meghatározásában.

De vajon hogyan lehet mindezt bizonyítani? Hiszen a görög kozmológiai gondolkodás kezdetéről semmilyen vizuális reprezentáció nem maradt ránk: sem ábrák, sem háromdimenziós modellek. A legrégibb fennmaradt éggömbök jóval későbbiek – a legkorábbinak a Nápolyi Nemzeti Múzeumban őrzött Farnese Atlaszt szokás tartani, amely egy hellenisztikus kori eredeti 1–2. századi másolata. Másrészt a későbbi

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 133

szerzők által idézett legkorábbi kozmológiai szövegeket őrző kéziratokban sem találhatunk ábrákat. Így tehát csak a szöveges forrásainkra tudunk támaszkodni, azokra a szövegekre, amelyek valamilyen módon tudósítanak az ábrák és modellek készítéséről és alkalmazásáról. E tanulmány egyik fontos tanulsága az lesz, hogy az erre vonatkozó információk nagyon gyakran áttételesek, és nem ott szerepelnek, ahol azt esetleg elvárnánk.

Mindazonáltal elsőre úgy tűnhet, könnyű dolgunk lesz. Diogenész Laertiosz ugyanis arról tudósít, hogy a milétoszi Anaximandrosz más tudományos eszközök mellett kozmológiai szemléltető eszközöket is alkotott:

> [Anaximandrosz] találta fel a gnómónt, és – miként azt Favorinus mondja a *Színes Históriá*ban – Spártában felállított egyet, hogy jelezze a napfordulókat és napéjegyenlőségeket; továbbá időmérő eszközöket is készített. Ő rajzolta le először a föld és a tenger határvonalait, és még egy kozmológiai modellt[2] (σφαῖρα) is készített. (D. L. 2.1)

Ha elfogadjuk az anaximandroszi modellre vonatkozó diogenészi beszámolót, amelyet egyébként Plinius is explicit módon megerősít (*N. H.* 2.31 és 7.203), akkor tételünk máris bizonyításra került: Anaximandrosz, akinek nevéhez fűződik az első valóban jelentős kozmológiai elmélet kidolgozása,[3] egy kozmológiai vizualizációs eszközt is készített. A problémát csak az jelenti, hogy a filozófiatörténészek általában nem fogadják el a diogenészi beszámolót. Pontosabban annak csak utolsó, Pliniusnál is szereplő, kozmológiai modellre vonatkozó részét szokták visszautasítani. A szövegben négyféle eszközről esik szó: gnómón, napóra, a tenger és a föld határait jelző ábra *(periodosz gész)* és a kozmológiai modell. Szinte mindenki elfogadja, hogy ha Anaximandrosz nem volt is a gnómón feltalálója, de alkalmazott ilyen eszközt, mint ahogy, ehhez kapcsolódóan, a napóra használatát sem kérdőjelezik meg. Végül azt is el szokás fogadni, hogy Anaximandrosz készített olyan ábrát, amely a lakott föld és a tengerek sematikus rajzát adta. Ezt egyébként megerősíti két más for-

2 A görög σφαῖρα szó elsődleges jelentése gömb, amiből elnyerte az „éggömb" technikai jelentést. E derivált jelentés miatt technikai használatában a szó nem csak gömb alakú modellt jelölhet. Világos, hogy az anaximandroszi modell például nem volt gömb alakú.

3 Az anaximandroszi elmélet úttörő jellegét elemző klasszikus mű: Kahn, Charles H. (1960): *Anaximander and the origins of Greek cosmology.* Cambridge.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 134

rás is (Agathémerosz 1.1 és Sztrabón 1.7). Ezzel szemben a felsorolás negyedik elemét, a kozmológiai modellt, szinte minden modern értelmező anakronisztikusnak tartja: azt szokás mondani, egészen valószínűtlen, hogy *már* Anaximandrosz is készített volna ilyen eszközt.[4] A következőkben amellett szeretnék érvelni, hogy az anakronizmusra hivatkozó érv könnyen támadható. A tanulmány nagyobbik részében azt fogom bemutatni, hogy a vizuális eszközök használata *dokumentálhatóan* jelentős szerepet játszott már a preszókratikus korban is. Ennek bizonyítására az időben visszafelé fogok haladni: a hellenisztikus kori forrásokkal fogom kezdeni, amikor a vizualizációs eszközök használata kétségbevonhatatlan, hogy innen kövessem az időben egyre távolodva és Anaximandroszhoz egyre közelítve a vizualizációs eszközök, és elsősorban a háromdimenziós modellek használatára vonatkozó mindinkább elmosódó, de véleményem szerint egyértelműen felismerhető nyomokat. Ezt követően, Anaximandroszhoz visszajutva, azt fogom bemutatni, hogy az anaximandroszi kozmológiai elmélet sajátosságai lehetővé teszik egy egyszerűen elkészíthető, de mégis szemléletes háromdimenziós modell konstruálását. Végül a tanulmány lezárásaként néhány általánosabb, a korai kozmológiai modellek használatára és szerepére vonatkozó elméleti konklúziót fogok megfogalmazni.

2. CICERO BESZÁMOLÓJA

A kozmológiai, csillagászati modellek fajtáira és történetére vonatkozó vizsgálódásunk számára jó kiindulópontot jelent az a beszámoló, amelyet Cicero *Az állam* című dialógusának első könyvében olvashatunk. Philus, a beszélgetés egyik résztvevője elmeséli, hogy Marcus Marcellus Szürakuszai elfoglalásakor a gazdag zsákmányból csak két dolgot kért magának: azt a két éggömböt, amelyeket Arkhimédész készített. Két különböző típusú modellről van szó. Az egyik egy az állócsillagok és a konstellációk relatív pozícióját bemutató tömör éggömb (görögül στερεὰ; σφαῖρα), melyet Marcus Marcellus a Rómába szállítás után Vesta templomában állíttatott fel. A másik egy úgynevezett armilláris gyű-

4 Couprie, Dirk L. (2001): Anaximander's discovery of space. In: Preus, Anthony (szerk.): *Before Plato. Essays in ancient Greek philosophy, VI.* Albany, 23–48, különösen 36, 46.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 135

rű (κρικωτὴ σφαῖρα), amelyen a különböző tengelyek mentén elhelyezett különböző nagyságú koncentrikus gyűrűk az égi főköröket és az égitestek pályáját reprezentálják. A beszélgetés résztvevőinek Gallus, a tudós római konzul beszél a kétféle éggömb kialakulásáról és használatáról. Először a tömör éggömb történetéről a következőket mondja:

> Gallus kifejtette ugyanis, hogy azt a másik fajta, tömör éggömböt már régen feltalálták; ilyen éggömböt először a milétoszi Thalész készített, később pedig a knidoszi Eudoxosz, aki, mint mondják, Platón tanítványa volt, ráfestette az állócsillagokat. (1.14)

Ha Gallusnak igaza lenne, Anaximandrosznál egy generációval még korábbra tudnánk visszamenni az időben. Minden okunk megvan azonban arra, hogy kétségbe vonjuk, amit Gallustól Thalész kapcsán hallunk. Először is egy tömör éggömb készítése nyilvánvaló módon feltételez egy szferikus kozmoszelképzelést, de legalábbis azt, hogy az állócsillagokat egy gömbfelszínen képzeljük el. Thalész kozmológiai elképzeléseire vonatkozó információink igen hiányosak, így teljes bizonyossággal nem zárható ki, hogy a milétoszi ily módon képzelte el az állócsillagok helyzetét – mindez azonban felettébb valószínűtlen. Mind Thalész közvetlen ión utódainak csillagászati elméletei, mind a görög kozmológia általános fejlődésének főbb vonalai gyakorlatilag kizárnak egy ilyen hipotézist. Mindezt megerősíti az, amit Gallus a Thalész és az Eudoxosz által készített éggömb különbségéről mond, miszerint az éggömbre majd csak az utóbbi tudós fogja ráfesteni az állócsillagokat. Ha ez így lenne, a thalészi éggömbön csupán az égi főkörök szerepelnének. Teljességgel valószínűtlen egy ilyen éggömb időbeli prioritása – és különösen az, hogy öt-hat generációt kelljen várni az utóbbi megjelenésére –, hiszen az égi főkörök egy jelentős része is éppen az állócsillagokhoz képest határozható meg. Ráadásul a csillagképek ábrázolásának gondolata már jóval Thalész előtt megjelenik. Láthatjuk ezt az *Iliász*nak abból a jól ismert részéből is, amikor Héphaisztosz elkészíti Akhilleusz pajzsát, és azon többek között ábrázolja a főbb csillagképeket, az Óriont, a Fiastyúkot, a Hűaszokat és a Göncölszekeret (*Il.* 18.481–9). Ha pedig dekoratív célokra felhasználhatták a csillagképek ábrázolását, akkor hogyan is ne tennék ezt meg egy kifejezetten a csillagos ég bemutatását szolgáló éggömbön. Minden arra vall tehát, hogy a beszámoló Thalészra vonatkozó része nem más, mint azon antik hagyomány megnyilvánulása, melyben minden fontosabb tu-

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 136

dományos, illetve technikai felfedezés kiindulópontját Thalésznak, a legendás archaikus tudósnak volt szokás tulajdonítani.

Gallus beszámolójának Eudoxoszra vonatkozó része ezzel szemben történetileg sokkal hitelesebbnek tűnik. Már csak azért is, mert Cicerónak Eudoxoszról viszonylag közvetlen információi is lehettek. Eudoxosznak ugyanis volt egy az égitestekről és égi jelenségekről szóló, *Jelenségek* című nagy hatású műve, amelynek Aratosz által versbe szedett változatát Cicero maga fordította latinra. Az eudoxoszi eredeti ugyan nem maradt fenn, de az aratoszi változatból kiderül, hogy Eudoxosz e művében részletes leírását adta az égi főköröknek és a csillagképek relatív pozícióinak. Az égi topográfia részletes és pontos leírása pedig szinte szükségszerűvé teszi a vizuális megjelenítéseket is. A csillagképek leírása és pozíciója is arra vall egyébként, hogy a már említett Farnese Atlasz eredetijéhez időben nagyon közelinek és megjelenésében nagyon hasonlónak kellett lennie az Eudoxosz által készített tömör éggömbnek.

Gallus ezek után tér rá arra, hogy a jelenlévőknek elmagyarázza az Arkhimédész által készített másik modell, az armilláris gyűrű működését:

> De ezen az újabb típusú éggömbön a Napnak, a Holdnak és annak az öt égitestnek a mozgása jelenik meg, amelyeket bolygóknak és úgymond kóborlóknak nevezünk, erre pedig a tömör éggömb nem lenne képes; ebben a tekintetben csodálatra méltó Arkhimédész találmánya, hiszen kiötlötte, hogy miként lehet egyetlen forgatással megjeleníteni a többféle különböző sebességű és eltérő pályájú mozgást, és amikor Gallus mozgásba hozta a modellt, akkor, valóban, a Hold annyi fordulattal maradt le a Nap mögött, mint ahány nappal lemaradna magán az égen; és ily módon ugyanaz a napfogyatkozás jött létre a modellen, mint ami ténylegesen megtörténne. Aztán a Hold elérkezett arra a pontra, ahol a Föld árnyéka… [a kéziratokban itt egy lacuna következik] (1.14)

Egy ilyen, minden bizonnyal összetett fogaskerékrendszeren alapuló és a bolygók relatív mozgását modellező planetárium valóban csodálatra érdemes szerkezet. Az ilyen és ennél egyszerűbb armilláris gyűrűk az antik csillagászatban a demonstráció és a megfigyelések egyik legfontosabb eszköze volt. Készítésükről és használatukról részletes leírást ad például Ptolemaiosz (i. sz. 2. század, *Almagest* 5.1), akinek későbbi kommentátorai, mint például Papposz (i. sz. 4. század) és Proklosz (i. sz. 5. század) hosszasan fejtegetik az armilláris gyűrűk tudományos szerepét.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 137

Miként ezt megtudhatjuk az i. sz. 1. században élt Geminosztól (pontosabban az őt idéző Proklosztól), az armilláris gyűrűk készítésének és használatának jól meghatározott helye volt a matematikai tudományok rendszerében. Arkhimédész pedig, aki általában megvetette a matematikai tudományok gyakorlati, mechanikai alkalmazását, külön művet is szentelt az ilyen eszközök készítésének.[5] Ptolemaiosz beszámolói alapján pedig szinte bizonyosan állíthatjuk azt is, hogy az i. e. 2. század közepén alkotó Hipparkhosz is már alkalmazott ilyen eszközöket.[6]

3. A KÜZIKOSZI TUDÓSOK MODELLJEI

Egy nem várt forrásból azonban az is kiderül, hogy Eudoxosz iskolájának tagjai a hellenisztikus kor legelején, vagyis jóval Hipparkhosz előtt, nemcsak tömör éggömböt, de az égitestek relatív mozgását modelláló armilláris gyűrűket is készítettek. Ez az információnk Epikurosztól származik, aki *A természetről* című monumentális művének 11. könyvében egy gondosan kidolgozott és jól argumentált támadást indít a háromdimenziós modellek csillagászati használata ellen.[7] David Sedley pedig azt is kimutatta, hogy az epikuroszi támadás a küzikoszi iskola tudósai, vagyis Epikurosz tanítványai ellen irányul.[8] A szövegrészlet egy igen töredékes papiruszon maradt fenn; annyi azonban kiderül, hogy Epikurosz egy részletes episztemológiai megkülönböztetéseken alapuló radikális kritikát dolgoz ki, amelynek egyik fontos eleme azt mondja ki, hogy az eszközök belső sajátosságaiból és működéséből nem vonhatunk le érvényes konklúziókat a kozmológiai és csillagászati entitások valódi viselkedésére vonatkozóan.

De vajon milyen modellekről beszél Epikurosz? A Nap és a Hold nyugtára és keltére vonatkozó ismételt utalások azt mutatják, hogy armilláris gyűrűkről kell, hogy szó legyen, hiszen a tömör éggömbökkel csak az állócsillagok nyugtát és keltét lehet modellálni. Még fontosabb

5 Plutarkhosz: *Marcellus* 17.3–5.

6 Nadal, Robert–Brunet, Jean-Paul (1984): Le „Commentaire" d'Hipparque. I. La sphère mobil. In: *Archive for the History of Exact Sciences.* 29: 201–236.

7 Szövegkiadás és interpretatív jegyzetek: Sedley, David (1976): Epicurus and the mathematicians of Cyzicus. In: *Cronache Ercolanesi,* 6: 23–54.

8 Sedley 1976, különösen a 35.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 138

az Va kolumnában található megjegyzés, amely szerint a küzikoszi tudósok pusztán az eszközök viselkedése alapján „ellentétes felkeléseket és nyugvásokat" (ἐναντίαι ἀνατολαὶ καὶ δύσεις) tulajdonítanak egyes égitesteknek. Ebből arra kell következtetnünk, hogy a küzikosziak által használt modellek mozgathatóak voltak, és képesek voltak ábrázolni a bolygók retrográd mozgását is. Ez a megjegyzés egyébként teljesen jól megfeleltethető annak, amit Eudoxosz és tanítványa, Kallipposz elméletéről tudunk. Ez az elmélet az egyes bolygók látható mozgását négy (illetve a Kallipposz által továbbfejlesztett változat szerint öt) koncentrikus gömbhéj mozgásának eredőjeként írja le. Az epikuroszi töredékek alapján lehetetlen rekonstruálnunk, hogy az említett modellek az elméletet annak melyik komplexitási fokán jelenítették meg. Ha azonban – miként ez kiderült – képesek voltak ábrázolni a kelet–nyugati és a retrográd mozgásokat, akkor az égi főkörökön kívül bolygónként legalább két gyűrűt kellett tartalmazniuk, melyek mozgását feltehetőleg egy fogaskerékrendszer koordinálta. Természetesen nem szükséges, hogy egyetlen eszköz ábrázolni tudja az összes ismert bolygó mozgását, hanem elég, ha a modell egyetlen bolygó mozgását mutatja, amelyet aztán a modell interpretációjában bármely ismert bolygóval azonosíthatunk.[9] Az eszköz azonban még így is figyelemreméltóan összetett lesz. Ha pedig azt akarjuk, hogy az eszköz további csillagászati jelenségeket, mint például a fogyatkozásokat, is képes legyen bemutatni, akkor természetesen meg kell kettőznünk a gyűrűk számát, és a fogaskerékrendszert úgy kell megalkotnunk, hogy mindezen mozgásokat képes legyen koordinálni. Érdemes azt is megjegyeznünk, hogy az eudoxoszi elmélet sajátosságai miatt ezek az eszközök konceptuálisan különböznek a későbbi armilláris gyűrűktől (mint például Arkhimédész Cicero által említett modelljétől), hiszen míg az előbbiekben az egyes bolygókhoz több gyűrű tartozik és az egyes gyűrűk állandó irányú és sebességű mozgást végeznek, addig az utóbbiakban az egyes bolygókhoz csak egy gyűrű tartozik, de annak mozgása nem egyenletes.

Bármilyen összetettek voltak is ezek a modellek, egyáltalán nem meglepő, hogy Eudoxosz és követői fontosnak tartották az elmélet mechanikus modellálását. Hiszen a homocentrikus szférák elmélete olyannyira

9 Mendell, Henry (2000): The Trouble with Eudoxus. In: Suppes, Patrick–Moravcsik, Julius M.–Mendell, Henry (szerk.): *Ancient and Medieval Traditions in the Exact Sciences. Essays in Memory of Wilbur Knorr.* Stanford, 130.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 139

komplex, hogy valódi megértése aligha lehetséges, ha pusztán belső térlátásunkra támaszkodunk, de még a statikus ábrák is csak korlátozott segítséget jelenthetnek. Nem véletlen, hogy az eudoxoszi elmélet rekonstruálása, értelmezése és oktatási célú bemutatása manapság leginkább háromdimenziós komputeranimációk segítségével történik.[10]

4. A *TIMAIOSZ*

Platón nagy kozmológiai szövegében, a *Timaiosz*ban is találhatunk egy olyan megjegyzést, ami pontosan megfelel annak, amit az eudoxoszi elmélet kapcsán is elmondtunk: az égitestek relatív mozgását leíró elmélet alapvonalait kifejezhetjük pusztán szavak segítségével – ám ha a relatív mozgások összetett rendszerét és a komplexebb égi jelenségeket is meg akarjuk érteni, illetve értetni, akkor nem elég a szöveges magyarázat. Timaiosz, miután elmondta, milyen ontológiai komponensekből és milyen matematikai struktúra szerint épül fel a Világlélek, továbbá, hogy annak egyes körei, melyek az égitestek pályájának felelnek meg, hogyan helyezkednek el egymáshoz képest, így folytatja:

> De leírni e csillagok kartáncát, egymás melletti helyzetüket és köreiknek hátrálásait, majd előrehaladásait, továbbá, hogy összekapcsolódásaik alkalmával ez isteni lények közül melyek jutnak egy látóvonalba, és hányan átellenbe, hogy egymás mögé és egymás elé kerülve, bizonyos időnként elsötétülnek számunkra, majd ismét feltűnve félelmet okoznak és jelt adnak a jövendő felől azoknak, akik nem tudnak értelmesen gondolkozni – mindezt elmondani anélkül, hogy látnánk ezeknek az utánzatait (ἄνευ δι᾽ ὄψεως τούτων αὖ τῶν μιμημάτων), hiábavaló fáradság volna. (40 c–d, Kövendi Dénes fordítása.)

A görög mondat számos interpretációs és fordítási nehézséget vet fel; az értelmezők túlnyomó többsége azonban egyetért abban, hogy Timaiosz itt azt mondja: a bolygók relatív mozgását, a fogyatkozásokat és okkultációkat csak látható modellek segítségével tudjuk igazán megérteni. Vajon milyen modellekre utalhat Timaiosz? A szöveg természetes

10 Lásd például a Mendell által készített CD-romot (Mendell, Henry [2001]: *Introduction to Ancient Mathematical Astronomy*).

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 140

módon azt sugallja, hogy egy mozgatható armilláris gyűrűről van szó, hiszen a megkövetelt funkciókat csak egy ilyen típusú eszköz tudja betölteni. Ezt látszik alátámasztani egyébként az is, hogy az a leírás, amely elmeséli, hogy a démiurgosz miképp alkotta meg a Világlelket, valójában jól megfeleltethető annak a tevékenységsornak, amellyel egy armilláris modell elkészíthető.

Jellemző módon e természetesnek tűnő interpretáció ellenében is felhoztak már anakronizmusra hivatkozó ellenérveket. David R. Dicks a rá egyébként is jellemző szkepszissel például az mondja, hogy a szöveg feltehetőleg csak egy tömör éggömbre, esetleg ábrákra utalhat. Érve pedig így szól: „Abszurd lenne azt feltételeznünk, hogy egy ilyen viszonylag komplikált eszköz ismert lett volna Platón korában, amikor az égi szféra fogalma maga is újdonság volt, és valójában még igen kevés ismerettel rendelkeztek a bolygókról."[11] Véleményem szerint Dicks érve nem meggyőző. Először is már többször kiderült: az ókori mechanikai ismeretek sokszor messze fejlettebbek, mint ahogyan azt egyébként, fennmaradt szöveges forrásaink alapján képzelnénk. A hihetetlenül összetett fogaskerékrendszeren alapuló úgynevezett Antiküthéra szerkezet, melyet egy elsüllyedt hajó roncsai között találtak meg, például radikálisan megváltoztatta az ilyen irányú elképzeléseinket: előzőleg senki sem merte volna feltételezni, hogy a korban akár csak fele ilyen bonyolult műszereket tudtak építeni.[12] Másrészt, hogy egy Platónhoz időben közelebbi példával szolgáljunk: bár szinte semmilyen független szöveges vagy régészeti forrás sem segíti a megjegyzés értelmezését, Arisztotelésznek az *Állatok mozgásáról* című értekezése egyértelmű utalást tartalmaz bizonyos automaták, mechanikus önmozgó babák használatára (710b). Harmadrészt, Eudoxosz Platón közvetlen munkatársa volt, így a küzikoszi iskolában, Eudoxosz tanítványai által alkalmazott modellek – melyek, mint láthattuk, minden valószínűség szerint szintén mozgatható armilláris gyűrűk voltak – mind időben, mind a tudományos kapcsolatok tekintetében nagyon közel vannak a platóni Akadémiához. És végül Dicks azon megjegyzése, amely szerint a bolygómozgások elmélete maga is meglehetősen új volt Platón korában, megint csak nem bizonyít semmit. Éppen ellenkezőleg – és talán ez lenne e tanulmány legfonto-

11 Dicks, David R. (1970): *Early Greek astronomy to Aristotle.* Ithaca–New York, 120.

12 Az Antiküthéra szerkezetről lásd Price, Derek de Solla (1974): Gears from the Greeks. In: *Transactions of the American Philosophical Society.* 64: 3–70.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 141

sabb tézise – az elmélet megalkotása és a hozzátartozó modell konstruálása egy időben történik, éppen azért, mert az elmélet részletei csak a látható modellen keresztül dolgozhatók ki, illetve demonstrálhatók. Egy kicsit úgy, ahogy egy geometriai tétel bizonyítására szolgáló ábra sem csak a tétel ismertté válása után jelenik meg.

Külön problémát jelent, hogy közelebbről milyen viszony van a *Timaiosz*ban említett modell és a küzikosziak által használt eszközök között. A kérdés részben az, hogy Platón a *Timaiosz* írásakor már ismerte-e az eudoxoszi homocentrikus szférák elméletét. Dicks és Wilbur Knorr szerint nem. Annyi azonban bizonyos, hogy egy a *Timaiosz* által leírt elmélethez tartozó modell működési elvét tekintve közelebb áll az arkhimédészi, mint az eudoxoszi armilláris gyűrűkhöz, hiszen egy-egy égitesthez csak egy-egy gyűrű tartozik. De ha a *Timaiosz*ban kifejtett bolygóelmélet és a hozzátartozó modell nem Eudoxosz hatását mutatja, és másrészt kizárjuk azt, hogy pusztán az akadémiai csillagászati kutatások eredménye, akkor honnan erednek Platón idevonatkozó ismeretei, beleértve azt is, ami a modellek episztemológiai és didaktikus használatára vonatkozik? Önmagában az, hogy a *Timaiosz* és specifikusan annak asztronómiai elmélete erős püthagoreus hatást mutat, nem igényel külön bizonyítást.[13] Véleményem szerint azonban jó okunk van feltételezni azt is, hogy a háromdimenziós modellek alkalmazása, és az azok konstruálásához szükséges mechanikai ismeretek ugyancsak püthagoreus hatást mutatnak, közelebbről pedig Arkhütasz eredményeire vezethetők vissza. Anélkül, hogy e hipotézis mellett részletesebben is tudnék most érvelni, hadd jegyezzek meg csak annyit, hogy Arkhütasz az ehhez szükséges összes diszciplínában dokumentálhatóan jelentős eredményeket ért el: úttörő kutatásokat végzett a geometriai testek mozgásának területén, különösen érdeklődött a különböző körmozgások iránt, másrészt jelentős mechanikai újításai is voltak.[14] A kozmológiai és csillagászati elméletek modellezéséhez pedig éppen ezen ismeretek összekapcsolására van szükség.

13 Van der Waerden, Bartel L. (1951): *Die Astronomie der Pythagoreer.* Amsterdam, 26 és 29, valamint Burkert, Walter (1972): *Lore and science in ancient Pythagoreanism.* Cambridge, Mass., 336.

14 D. L. 8.83 és Ariszt. *Pr*. 915a25.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 142

5. ARISZTOPHANÉSZ, SZÓKRATÉSZ ÉS A PRESZÓKRATIKUS TERMÉSZETFILOZÓFUSOK

Amikor Sztrepsziadész a Szókratész tanítványával folytatott bevezető beszélgetést követően először belép a Gondolkozdába, figyelmét mindenekelőtt az iskolában található tudományos eszközök kötik le. Gyorsan meg is kérdezi a tanítványt:

> SZTREPSZIADÉSZ: Az istenekre, hát ez meg micsoda? Mondd már el!
> TANÍTVÁNY: Ez itt egy *asztronomia* [ἀστρονομία].
> SZTREPSZIADÉSZ: Hát ez?
> TANÍTVÁNY: Ez meg egy *geometria* [γεωμετρία].
> SZTREPSZIADÉSZ: Na, az meg mire jó?
> TANÍTVÁNY: A földet felmérni.
> SZTREPSZIADÉSZ: Melyiket? A kiparcellázandót?
> TANÍTVÁNY: Nem, a föld egészét.
> SZTREPSZIADÉSZ: Micsoda civilizált egy találmány! Demokratikus és egyszersmind profitábilis.
> TANÍTVÁNY: Ez meg itt *a föld teljességének térképe* [γῆς περίοδος πάσης]. Látod, itt van Athén.
>
> (*Felhők,* 200–207)

A részletben háromféle tárgyról vagy tárgycsoportról esik említés, amelyek pontosabb meghatározása, úgy tűnik, már az ókor későbbi századaiban is problémát jelentett. A legegyszerűbb a harmadikként említett térkép: ez egy a lakott földet és a tengereket sematikusan ábrázoló rajz, amilyet a tanulmány elején idézett Diogenész Laertiosz-i beszámoló Anaximandrosznak is tulajdonít.

Ennél sokkal kevésbé világos a másodikként említett *geometria* – a szót éppen az értelmezés problematikus volta miatt nem is fordítottam le. A kifejezés talán geometriai eszközöket (körző, vonalzó stb.) fed, miként azt a modern kommentárok közül például Kenneth J. Dover véli,[15] de azt az antik scholionok által javasolt megoldást sem zárhatjuk ki, amely szerint az utalás diagramokat és bizonyításokat tartalmazó táblákra, pinaxokra történik (Schol. V). Így vagy úgy, a komikus hatás abból fakad, hogy a geometriát a tanítvány a szó etimológiájának megfelelően a föld felméré-

15 Dover, Kenneth J. (1968): *Aristophanes: Clouds.* Oxford, *ad loc.*

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 143

sére – bár feltehetőleg tudományos célú felmérésére – korlátozza, míg Sztrepsziadész rátesz egy lapáttal, és a földmérést csak annak gyakorlati haszna felől, az így megszerezhető földterületek szempontjából tekinti.

Számunkra a legérdekesebb azonban az elsőként említett *asztronomia.* A scholionok egy része szerint (Schol. V) ebben az esetben is pinaxokon szereplő csillagászati és kozmológiai ábrákra, diagramokra kell gondolnunk, míg más scholionok szerint (Schol. R és E) inkább modellekre, armilláris gyűrűkre és éggömbökre történik utalás. A kérdés azt hiszem, nem eldönthető; bármelyik megoldást választjuk is azonban, annyi bizonyos, hogy a Gondolkozdában helyet kaptak a csillagászati, kozmológiai elméletek vizualizálását szolgáló eszközök, mi több, ezek azok, amelyek elsőként felkeltik az oda belépő figyelmét.

Az arisztophanészi szöveg igen fontos számunkra. A három eszköz, illetve eszközcsoport nyilvánvaló módon azt a célt szolgálja, hogy megteremtse a tudományos iskola miliőjét. Kicsit oly módon, mint amikor manapság egy filmben feltűnik egy gőzölgő lombikokkal, tekergő csövekkel, villogó gombokkal és számítógépekkel teli helyiség: ugyan nem tudjuk, ez egyes eszközök milyen célt szolgálnak, de azt egyből felismerjük: egy tudós laboratóriumában járunk. Arisztophanész, és feltehetőleg a darab athéni közönsége számára a csillagászati, mértani és geográfiai eszközök, illetve vizuális reprezentációk lényegileg hozzátartoznak egy filozófus/természettudós iskolájának berendezéséhez: ezek azok a reális, de legalábbis a realitáshoz közeli berendezési tárgyak, amelyek megteremtik az alapot a későbbiekben bevezetésre kerülő olyan komikus túlzásokhoz, mint Szókratész híres kosara.

A filozófiai iskolák berendezéséhez tartozó reprezentációs eszközök kapcsán hadd kockáztassak meg egy hipotézist. Miként azt Henry Jackson klasszikus tanulmányában kimutatta,[16] Arisztotelész visszatérő példái olyan tárgyakon alapulnak, amelyek hozzátartoztak az előadások színteréül szolgáló csarnok berendezéséhez: miként minden tanár, Arisztotelész is a közvetlenül jelen lévő tárgyakat vette alapul a szemléltetéshez. Véleményem szerint a nevezetes bronzgömb, amely többek között az anyag és a forma megkülönböztetését, de más tantételeket is oly gyakran példáz (*De Caelo* 278a1–3; *De Anima* 403a13a; *Metaph*. 1023b20, 1033a29–34b11, 1070a23 sk.), nem egy sima gömb, hanem egy

16 Jackson, Henry (1920): Aristotle's lecture-room and lectures. In: *Journal of Philology,* 35: 191–200.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 144

tömör éggömb volt. (Maga a σφαῖρα szó egyébként minden további nélkül vonatkozhatott specifikusan kozmológiai modellekre, miként azt láthatjuk többek között a tanulmány elején Anaximandrosz kapcsán idézett diogenészi szövegben is.) Theophrasztosz Diogenész Laertiosznál fennmaradt végrendeletéből azt mindenesetre megtudhatjuk, hogy az iskola felszereléséhez tartoztak többek között a *Felhők*ben említetthez hasonló pinaxokon szereplő világtérképek (D. L. 5. 51).

Miként azt Robert S. Brumbaugh egy más kontextusban kifejti, a *Felhők*ben folyamatosan összekapcsolódik az új műveltséget hirdető filozófus/természettudós tudománya és a tudományos (illetve áltudományos) eszközök használata.[17] Ehhez még azt is hozzátehetjük, hogy az arisztophanészi ábrázolásban ezen instrumentumok használata nemcsak központi szerepet játszik a filozófus gyanús mesterkedéseiben, de a gyanútlan közember elcsábításának és elkábításának is legfőbb eszközei. A darabon végigvonul a filozófiai iskola és a misztériumvallások közötti folyamatos párhuzam és kontraszt. Ebben az analógiában a tudományos eszközök veszik át a kultikus tárgyak szerepét: egy filozófiai iskolában folyó tevékenység éppen olyan elképzelhetetlen ezen eszközök használata nélkül, mint egy orphikus vagy dionüszoszi misztériumvallásba történő beavatás a misztikus kosár és az abban rejlő szent tárgyak nélkül. Az arisztophanészi karikatúra pedig csak akkor lehetett hatásos, ha az athéni közönség legalább hozzávetőlegesen tudott arról, hogy a filozófusok/természettudósok használtak ilyen reprezentációs eszközöket.

Mindaz, amit Szókratészről más forrásokból, elsősorban Xenophóntól és Platóntól megtudunk, meglehetősen valószínűtlenné teszi, hogy ő maga széles körben alkalmazott volna ilyen eszközöket. Ám az általánosan elfogadott értelmezés szerint, az arisztophanészi Szókratész-portré csak kis mértékben alapul a történeti Szókratész filozófiai és tudományos nézetein és gyakorlatán: Arisztophanész sokkal inkább a preszókratikus filozófus/természettudós paradigmatikus alakját akarta színpadra vinni.[18] Az arisztophanészi ábrázolás azt is mutatja tehát, ahogy a

17 Brumbaugh, Robert S. (1972): Scientific apparatus on stage in 423 B.C. In: *Yale Classical Studies,* 22: 215–221, 217.

18 Erről lásd például Vander Waerdt, Paul A. (1994): Socrates in the Clouds. In: Uő (szerk.): *The Socratic movement,* Ithaca–London, 48–86, aki azonban véleményem szerint szükségtelenül szűkíti le a *Felhők* Szókratészában ábrázolt filozófus/természettudós mintaképét az apollóniai Diogenészre.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 145

közkeletű elképzelésekben a „tudós" figurájához kezdenek hozzátapadni az ilyen eszközök.

Erre a jelenségre találhatunk egy másik jó példát is a preszókratikus kor végéről. A Plutarkhosznak tulajdonított *A tíz szónok élete* című mű Héliodórosz útleírása alapján leírást ad Iszokratész temetési emlékművéről, melyen, mint megtudjuk, a többi neves szónok ábrázolása is szerepelt. E szerint az emlékmű úgy ábrázolta Gorgiaszt, amint éppen egy csillagászati modellt (σφαῖρα ἀστρολογική) vizsgált (838D). Semmilyen egyéb forrásunk sem utal arra, hogy Gorgiasz fő tevékenységét a csillagászati vagy a kozmológiai kutatás jelentette volna; sokkal inkább annak a modern korig ható ikonográfiai konvenciónak egy korai megnyilvánulását láthatjuk itt, amely egy armilláris gyűrűt vagy éggömböt helyez „a tudós férfiú" környezetébe. Ugyanennek a konvenciónak egy későbbi példáját mutatja a Pompejiből származó és a Nápolyi Régészeti Múzeumban őrzött úgynevezett Filozófus-mozaik is, amelyen a vitatkozó filozófusok között egyetlen tárgy, egy éggömb szerepel.

A *Felhők* leírása alapján véleményem szerint nagy biztonsággal állíthatjuk, hogy Anaximandrosz után néhány generációval a kozmológiai, illetve csillagászati reprezentációs eszközök használata szervesen hozzátartozott a tudományos kutatás és oktatás gyakorlatához. Ez a megfontolás pedig, ha egyértelműen megcáfolni nem képes is, de jelentős mértékben meggyengíti az Anaximandrosz modelljével kapcsolatban felhozott anakronizmusérvet.[19]

6. ANAXIMANDROSZ KOZMOSZA ÉS KOZMOSZMODELLJE

Miként a tanulmány elején már láthattuk, Diogenész Laertiosz és Plinius szerint Anaximandrosz készített egy kozmoszmodellt. Arról is volt már szó, hogy a Diogenész Laertiosz által Anaximandrosznak tulajdonított tudományos eszközök közül csak ezt nem szokás elfogadni, mégpe-

19 A preszókratikusok közbülső generációira most azért nem térek ki részletesebben, mert a források töredékes volta csak nagyon hipotetikus tézisek megfogalmazását teszi lehetővé, és így ezek az elemzések nem bírnának jelentős bizonyító erővel Anaximandroszra nézve. Hadd utaljak mindazonáltal arra, hogy például Coxon, Allan H. (1986): *The fragments of Parmenides.* Assen–Maastricht, *ad loc.* szerint Parmenidész B12-es töredéke egyértelműen egy armilláris gyűrűt, azaz egy látható modellt vesz alapul a kozmosz struktúrájának leírásához.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 146

dig a beszámoló feltételezett anakronizmusa miatt. Az anakronizmus vádját általánosabb értelemben fentebb megpróbáltam cáfolni. A következőkben ennél specifikusabban azt szeretném bemutatni, hogy az anaximandroszi kozmológiai elmélet sajátosságai lehetővé teszik, hogy annak háromdimenziós modellje viszonylag könnyűszerrel, különösebb mechanikai ismeretek nélkül is elkészíthető legyen. Hiszen az, hogy vajon valószínűsíthető-e, Anaximandrosz létrehozott egy ilyen modellt, nagymértékben függ attól, mit gondolunk magáról a modellezett elméletről. Az elmélet ugyanis lehet olyan, amelyhez nagyon nehéz, vagy egyenesen lehetetlen lenne adekvát modellt készíteni, de olyan is, amely egyszerű eszközökkel is szemléletesen modellezhető.

A problémát természetesen az jelenti, hogy Anaximandrosz kozmológiájának rekonstrukciója vitatott. Nézzük először, mi az, amit viszonylag nagy biztonsággal állíthatunk. A kozmoszt a végtelen kiterjedésű apeiron veszi körül. A kozmosz középpontjában a Föld helyezkedik el. A Föld lapos körhenger, amelynek felső, behorpadt felületén lakunk mi. A Föld körül koncentrikusan különböző átmérőjű tűzgyűrűk helyezkednek el, amelyeket sűrű, átláthatatlan levegőburok vesz körül. Az általunk látott égitestek valójában nem önálló testek, hanem a levegőburkon lévő nyílások, amelyeken keresztül kitörhet a gyűrűkbe foglalt tűz. A legkülső gyűrű a Napé, eggyel beljebb van a Hold gyűrűje, legbelül pedig a csillagok gyűrűje (vagy gyűrűi). Egyes forrásaink számadatokat is közölnek: a Föld magassága egyharmada átmérőjének, a legkülső gyűrű (vagyis a Napé) 27 egység átmérőjű, míg a középső gyűrű (vagyis a Holdé) 18 egység átmérőjű. Bár erről antik forrásainkban nincs szó, az előző adatokból valószínűsíthető, hogy a csillagok gyűrűje (vagy gyűrűi) 9 egység átmérőjű(ek).

Az egyes rekonstrukciók két fontos kérdésben térnek el egymástól. Egyrészt vitatott, hogy a Nap és a Hold gyűrűjét miként kell elképzelnünk. Egyes értelmezők szerint a gyűrűket toruszokként, azaz körbehajtott körhengerekként, vagy ha úgy tetszik, felfújt gumibelsőkként kell elképzelnünk.[20] Más értelmezők szerint azonban nem toruszokra, hanem hengergyűrűkre, más szóval nagy átmérőjű, viszonylag vékony falú csövekre kell gondolnunk. Ez utóbbi értelmezés mellett vélemé-

20 Lásd például Couprie, D. L. (1995): The visualization of Anaximander's astronomy. In: *Apeiron,* 28: 159–182, IXa és IXb ábra.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 147

nyem szerint nagyon erős érv a gyűrűk kialakulására vonatkozó kozmogóniai leírás:

> [Anaximandrosz] azt mondja, hogy e világ keletkezésekor az örökké létezőből kivált a meleg és a hideg magja, és ebből valamiféle tűzkör nőtte körbe a földet körülvevő levegőt, *miként fát a kéreg.* (Pszeudo-Plutarkhosz, *Sztromateisz* 2, kiemelés tőlem, B. G.)

A fakéreghasonlat, amely a filozófiatörténészek szerint nagy valószínűséggel Anaximandrosztól magától ered, sokkal inkább hengergyűrűkre, mint toruszokra enged következtetni.

A másik problémát az állócsillagok (és az azoktól Anaximandrosz által még nem megkülönböztetett bolygók) jelentik: hogyan egyeztethető össze a gyűrűkkel operáló anaximandroszi modell – amely meglehetősen jól működik a Nap és a Hold esetében – azzal a látvánnyal, amit a csillagokról kapunk? Hiszen mi az égbolton elszórva mindenütt, és nem csak egy (akármilyen széles) hengerpalást felszínén látunk csillagokat. Vajon arról van-e szó, hogy a csillagokat jelentő rések nem egy, hanem sok gyűrűn helyezkednek el? Ez viszont egy nagyon bonyolult elméleti modellt eredményezne, hiszen akkor azt is feltételeznünk kellene, hogy ezek a gyűrűk folyamatosan összehangolt mozgást végeznek. Továbbá ahhoz nagyon-nagyon távoli, vagy nagyon-nagyon kicsi gyűrűket kellene elképzelnünk, hogy az égbolt tengelyéhez közel is láthassunk csillagokat. Egyes értelmezők ezért úgy gondolják, hogy a csillagokat a legegyszerűbb nem egy vagy több hengergyűrűn, hanem egy gömbfelszínen elhelyeznünk. Erre viszont semmilyen antik forrás nem utal, minden antik szerző csak gyűrűkről beszél. Véleményem szerint ezért a leggazdaságosabb, az antik forrásokkal legjobban összeegyeztethető és az Anaximandrosznál oly fontos szimmetriaszempontokat leginkább figyelembe vevő modell mégiscsak az, amely szerint a csillagok (pontosabban a látható csillagoknak megfelelő nyílások) is egy hengergyűrűn, bár a Nap és a Hold gyűrűjénél lényegesen hosszabb hengergyűrűn helyezkednek el.[21] Kétségtelen, hogy ez a modell nem oldja meg azt a kérdést, hogy a sarkpont körül is hogyan láthatunk csillagokat – ám egyik rekonstrukció sem teljesen problémamentes.

21 Ezt a rekonstrukciót ismereteim szerint először Tannery (Tannery, Paul [1887]: *Pour l'histoire de la science hellène: de Thalès à Empédocle.* Paris) fejtette ki.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 148

Ha a fenti, igen vázlatos érvek elfogadhatók, akkor egy olyan kozmológiai elméletet kapunk, amelyhez igen könnyű konstruálni egy háromdimenziós szemléltető modellt. Pusztán arra van szükség, hogy egy 9 egység átmérőjű hosszú csőre (ez az állócsillagok gyűrűje) ráhúzzunk egy 18 és egy 27 egység átmérőjű rövidebb csövet, melyek a Hold és a Nap gyűrűjét jelképezik. A hosszú csőbe pedig legbelülre belehelyezhetjük a Földet jelképező 3 egység átmérőjű és 1 egység magas hengert. A modell egyes elemeit a megfelelő szögben egy tengellyel rögzíthetjük. Látható, hogy mindez különösebb technikai tudás nélkül is megvalósítható. Az elmélet sajátosságai miatt könnyen átlátható a modell is: például a leghosszabb gyűrű van legbelül, míg a rövidebb gyűrűk (a Nap és a Hold gyűrűje) kívül. Az anaximandroszi kozmológiai elmélet gazdaságos, áttekinthető és szimmetrikus, ezzel szoros összefüggésben pedig viszonylag könnyen elkészíthető vizuális reprezentációja.

Érdemes ebből a szempontból rövid összevetést tennünk a hésziodoszi *Istenek születésé*ben szereplő kozmikus topográfiával. A világot felépítő nagy régiók szimmetrikusan helyezkednek el: legfelül az ég, középütt a Föld, alul a Tartarosz, az üllő pedig kétszer kilenc napig repül az egyes szintek között (*Thgn*. 720–725). Ám a szimmetria szerepe itt pusztán annyi, hogy a hagyomány által szentesített három nagy világrégió között valamilyen térbeli kapcsolatot teremtsen. A szimmetria ebben az esetben az a legegyszerűbb eszköz, amelynek segítségével a lehető legkevésbé specifikus módon össze lehet kapcsolni előre megadott elemeket. Hésziodosz a három nagy világrégió közül csak a Tartaroszról ad részletesebb leírást. Ám a Tartarosz leírását sem úgy végzi, hogy előbb általános leírást ad annak egészéről, majd a nagy vonalakat kitölti részletekkel. Nem ezt teszi, hanem részletesen és érzékletesen leírja annak egyes részleteit. Ám arról szinte semmit sem mond, hogy ezek a helyszínek egymáshoz képest hogyan helyezkednek el: a leírás egyes részeit csak a legáltalánosabb helyhatározó szavakkal – „ott", „itt", „előtt" – köti össze. A leírás összességét a különösebb struktúra nélkül egymás mellé helyezett elemek egymásutánja adja. Ráadásul a topográfia egyes elemei ellentmondásokat tartalmaznak, és ezért nem, vagy csak nagyon bajosan integrálhatók egyetlen sémába: grafikusan nem ábrázolhatók ellentmondásmentesen.

Az anaximandroszi kozmológiában a szimmetria, a geometrizáltság és a redukció éppen ennek a parataktikus, mellérendelő szerkesztésnek a felváltását jelenti. Anaximandrosz módszere nem az, hogy érdekes le-

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 149

írást nyújt a részletekről, majd azokat valamilyen laza módon egymáshoz kapcsolja. Éppen ellenkezőleg: az egészből mint rendszerből indul ki, és ebbe integrálja a részleteket. Így például a három égi gyűrű felépítésbeli azonossága, izomorfiája a fontos számára: ugyanazon elvek alapján épülnek fel, amihez képest a tapasztalatban mutatkozó különbségeik másodlagosak. Ennek felel meg az is, hogy a szimmetria nem pusztán az egyedi elemek laza kapcsolatát biztosító eszköz, hanem az a rendezőelv, amely meghatározza a részleteket. Mindez pedig szorosan összefügg az elmélet grafikus, illetve háromdimenziós ábrázolhatóságával. És ezzel visszajutottunk kiinduló tézisünkhöz: míg az epikus hagyományhoz tartozó legrészletesebb és legnagyobb hatású kozmikus topológia nem ábrázolható ellentmondásmentesen grafikusan, addig az anaximandroszi kozmológiának, mely a filozófiai, illetve tudományos kozmológiák kiindulópontjának tekinthető, inherens jegye, hogy vizuálisan megjeleníthető és modellálható.

7. KONKLÚZIÓK

A fenti elemzések alapján végül szeretnék megfogalmazni néhány provizórikus konklúziót. Mindenekelőtt szólnunk kell a modellekre vonatkozó szöveges forrásaink mennyiségéről és jellegéről. Egyrészt figyelemreméltóan kevés a ciceróihoz hasonló leírás, másrészt a hivatkozások túlnyomó része indirekt vagy negatív – a rekonstrukciót nagyrészt ilyen negatív vagy indirekt leírásokra kellett alapoznunk. Ez persze egyes esetekben múlhat a véletlenen is: lehet puszta véletlen, hogy Epikurosz művének papirusztöredékeken fennmaradt nagyon kis hányadába éppen beleesett a küzikosziak modelljeit támadó részlet, ugyanakkor nem maradt fenn Eudoxosztól vagy Eudoxosz tanítványi köréből a modellek használatával foglalkozó pozitív leírás. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy például Arisztotelész saját, a *Metafizika* Lambda könyvében szereplő égi szférákra vonatkozó elméletét éppen az eudoxoszi–kallipposzi elméletre alapozza. Itt nyugodtan szerepelhetne egy a modellekre vonatkozó pozitív utalás is. És ha a példákban szereplő bronzgömbre vonatkozó hipotézisem helytálló, Arisztotelésznél is szerepel utalás egy csillagászati reprezentációs eszközre, de ez az utalás megint csak indirekt. Hasonlóképpen a Platónnál szereplő hivatkozás is indirekt. Ha Platón úgy akarta volna, a dialógusban szerepelhetett volna éppen az is,

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 150

hogy Timaiosz egy armilláris gyűrű segítségével tovább magyarázza az égitestek mozgását a beszélgetés résztvevőinek. Ahogy a pompeji Filozófus-mozaikon látható, filozófusok beszélgetésénél éppen jelen is lehetett egy csillagászati reprezentációs eszköz. Timaiosz azonban nem hozta magával csillagászati modelljét, így a modellre csak egy villanásnyi utalás történik. A modellre történő utalás kivezet a szövegen kívüli valóságba.

Hasonlóképpen az arisztophanészi komédia karikaturisztikus leírása jól bizonyítja a reprezentációs eszközök korabeli használatát, amiről azonban a kortárs filozófiai, illetve tudományos szövegek fennmaradt töredékei alapján közvetlenül és pozitíve nem tudunk szinte semmit. Gorgiasz Iszokratész halotti emlékművén szereplő ábrázolása is az éggömbök viszonylagos elterjedtségét és kibontakozó szimbolikus jelentőségét mutatja, anélkül azonban, hogy erről az ezeket az eszközöket használók szövegeiből megmaradt töredékekből többet tudhatnánk. Azaz a releváns szövegek szűrőjén kihullottak a modellekről szóló pozitív, szubsztantív leírások, ám az indirekt hivatkozások mintegy kulcslyukon keresztül bepillantást engednek a szövegek által nem rögzített korabeli tudományos gyakorlatba.

A második általános megjegyzés a reprezentációs eszközök funkcióira vonatkozik. Miként azt megpróbáltam bemutatni, jó okunk van elfogadni, hogy Anaximandrosz készített egy kozmoszmodellt. Ám az anaximandroszi modell funkciói alapján nem tudnánk előre következtetni a későbbi modellek szerepére. Az anaximandroszi modell feltehetőleg elsősorban a struktúra szemléletes bemutatását szolgálta. A korai modellek funkciói között nyilván nem volt mellékes azok „retorikai" szerepe sem: egy meglepő tárgy, ami felkelti az emberek érdeklődését, amiről az emberek beszélnek. A világ egészéről való új gondolkodásmód megismertetésekor és elterjesztésekor ez bizonyosan nem mellékes szempont. Ugyanakkor az anaximandroszi modell feltehetőleg viszonylag kevés égi jelenséget volt képes bemutatni – ezt pedig érdemes összevetni azokkal a nagyon komplex reprezentációs funkciókkal, amelyeket már Timaiosz is elvár egy ilyen modelltől. Nem beszélve azon, a kutatást is nagymértékben elősegítő funkciókról, amelyeket az armillárisok legkésőbb Hipparkhosztól kezdve és legalább Tycho Brahéig betöltöttek. Ebből pedig az derül ki, hogy a feltehetőleg csak a geometriai struktúra szemléltetésére képes korai modellek alapján nem lehetett volna megjósolni, hogy az ilyen típusú eszközök milyen összetett funkciókat lesznek

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 151

majd képesek betölteni. Vagyis a csillagászati elméletek, a bonyolultabb modellek készítéséhez szükséges mechanikai ismeretek és a modellekben rejlő funkcionális lehetőségek felismerése párhuzamos, egymást erősítő folyamatok voltak.

Harmadik összegző megjegyzésem a korai modellek interpretációjára vonatkozik. Érdemes felfigyelnünk arra, hogy mind a feltételezett anaximandroszi modell, mind a Timaiosz által említett modell alapvetően realista értelmezést enged meg, azaz a modell elemei az elmélet szerint a valóságban reálisan meglévő entitásokat reprezentálnak. Az anaximandroszi modellen található körhengerek fizikailag létező körhengereket jelölnek, a timaioszi modellen található gyűrűk pedig a Világlélek valóságosan létező – nem fizikai anyagból lévő, ám annál ontológiailag még erősebb – köreit mutatják. Ezt érdemes összehasonlítanunk a későbbi armilláris gyűrűkkel, mint például Arkhimédész modelljével, ahol a gyűrűk nem a világban objektíve, fizikailag létező dolgokat, hanem az égitestek pályáját és az égi főköröket reprezentálják. A modellek használatának elterjedését véleményem szerint nagyban segíthette a realista értelmezés. A modell ennyiben szemléletesebb és kevesebb absztrakciós erőfeszítést igényel.

Negyedszerre arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy e modellekben mi jelenti a pozitív analógiát és mi a negatív analógiát.[22] A pozitív analógia körébe elsősorban a kozmosz geometriai struktúrája tartozik, beleértve az egyes elemek közötti numerikusan kifejezhető arányokat is. De a későbbi, mozgatható armilláris gyűrűkön a pozitív analógiába tartoznak a relatív sebességek is. A negatív analógiába ezzel szemben az egyes entitások anyaga, valamint az oksági viszonyok tartoznak: milyen anyagból vannak, miből alakultak ki, mi mozgatja, mi tartja össze őket. Ha így fogalmazzuk meg a kérdést, jól látható, hogy a modellek a pozitív analógia mentén éppen azokra a jegyekre irányítják a figyelmet, amelyekkel a természetfilozófiától fokozatosan emancipálódó matematikai csillagászat fog foglalkozni, míg a negatív analógia éppen azokat a jegyeket teszi zárójelbe, amelyekre a természetfilozófia és a metafizika körébe tartozó kozmológia legfőbb kérdései vonatkoznak. Ezek alapján

22 Hesse terminológiáját követve (Hesse, Mary B. [1966]: *Models and analogies in science.* Notre Dame) pozitív analógián a tulajdonságok azon csoportját értem, amelyet mind a modell, mind a modellálandó mutat. A negatív analógiát ezzel szemben a tulajdonságok azon csoportja alkotja, amelyek vagy csak a modellre vagy csak a modellálandóra igazak.

21Betegh(3).qxd 2005.06.09. 10:36 Page 152

pedig megkockáztatható az az állítás, hogy a modellek használata elősegítette a matematikai csillagászat megerősödését és a filozófiai kozmológiától való elválását – azt a folyamatot tehát, amely valamikor a hellenisztikus kor elején teljesedik ki, vagyis éppen akkor, amikor már dokumentálhatóan léteztek a legfontosabb égi jelenségek bemutatására is képes modellek.

Ezen megfontolás segíthet annak a jelenségnek a megértésében is, amit forrásainkról elmondtunk. Fennmaradt szövegeink túlnyomó része ugyanis a filozófia és nem a matematikai csillagászat körébe tartozik – a filozófus, metafizikus kozmológus számára pedig éppen azok a jegyek lesznek érdekesek, amelyeket a modell *nem* tud ábrázolni. Eltekintve persze a modellek által közvetlenül kifejezett azon alapvető meggyőződéstől, amely szerint a kozmosz egy jól strukturált, reduktív módszerekkel leírható funkcionális egység: ez az a meggyőződés, amely Anaximandrosztól kezdve a görög kozmológiai gondolkodás kiindulópontját és közös alapját jelenti.