

# A Világegyetemről alkotott képünk alakulása

RADNÓTI KATALIN

A tudomány változó ismeretrendszer, Anem pedig örök érvényű kinyilatkoztatások tárháza. Egy adott korszakra jellemző, hogy az emberek, a tudósok miként gondolkodtak egy-egy témakörrel, milyen kérdésekre kerestek válaszokat, hogyan vetődnek fel újszerű kérdések, amelyekre az adott válaszok nem egy esetben kikényszerítették az addig biztosnak hitt elméleti keret változását. Ennek egyik jellegzetes példája a Világegyetemről alkotott kép alakulása.

## A reál és a humán gondolkodás ötvözése, tudományos ismeretterjesztés szépirodalmi stílusban

Arthur Koestler *Alvajárók* című könyve alapján tekintem át a címben jelzett tudománytörténeti folyamatot. A műre nem lehet azt mondani, hogy tudományos, és azt sem, hogy ismeretterjesztő, valahol a kettő között van, ugyanakkor a könyv szövegén, történetfűzésén és hasonlatain érződik, hogy szerzője igazi szépíró. Sajnos napjainkra fal alakult ki a reál és a humán világlátás között. El kellene kezdeni e fal lebontását, melyhez reményeim szerint e cikk is hozzájárul, és ami fel kívánja hívni a figyelmet arra, hogy a természettudomány nagy alakjai milyen fölmérhetetlen módon rendezték, alakították át történelmünket és tudatunkat, aminek azonban a fordítottja is érvényes: egy-egy adott korszak elvárásai, szellemi közege jelentősen befolyásolta a természettudományt, a természettudósok látásmódját egy-egy jelenségről, témáról.

A szerző az emberiségnek a miniket körülvevő világmindenségről alkotott elképzeléseit követi nyomon a babiloniaiaktól Isaac Newtonig, vagyis az e tárgykörre vonatkozó ismeretek keletkezését, szinte az alkotás pillanatainak szemtanújává avatva az olvasót.

Ehhez nemcsak hozzáértően kellett megbirkózni a különböző irodalmi forrásokkal és azok bölcs kommentáráival, hanem a szövegek csillagászati, matematikai, fizikai, teológiai fífikáit, ügyeskedéseit és ügyetlenségeit is észre kellett venni, hogy a fogalmazások mögött rejlő tudományos és emberi fe-



ARTHUR KOESTLER

## *Alvajárók*

szültségeket meg lehessen érteni. Az *Alvajárók* cím talán éppen azt az elvárásolt állapotot kívánta idézni, amikor a könyv hősei mintegy alvajárókként tapintottak rá a további fejlődéshez éppen szükséges dolgokra, tényekre.

A könyv kiváló képet nyújt arról az oktatás során nem sokszor hangoztatott tényről, hogy egy adott korban a tudósok látásmódját erősen befolyásolja a korszak ideológiája, szellemi környezete, amitől nehezen tudnak csak elvonatkoztatni. Példa erre a könyvben az egyenes körmozgás, amelyet *Platón* vezetett be, és *Arisztotelész* emelt dogmává, majd hosszú évek múlva *Ptolemaiosz* egyenes körmozgásokból próbálta összerakni a bolygók pályáját, a deferensek mellett számtalan epiciklust (segédkört) fölhasználva. Évszázadok múlva *Kopernikusz* is addig helyezte a köröket, amíg végül a bolygók mozgását ő is le tudta írni egyenes körmozgások eredőjeként.

### Az újkori világgép előzményei

A történet az ókorban kezdődött. A könyv első részében Koestler a Hőskor című fejezetben az ókori természettudomány kibontakozását tekintette át. A szerző fő mondanivalója a csillagvi-

lágban a kör-koncepció megjelenése, és annak útja az egyszerű konstruktív ötlettől a téveszme asztronómiai dogmává dermedéséig *Platón*, majd *Arisztotelész* nyomdokain keresztül. A fejezet különös bája, hogy megmutatja, miként keletkeztek, majd haltak el pompás megfigyelések is, a mai eszmék előfutárai, mint számos *Arisztarkhosz* napközéppontú modellje, *Hérakleidész* félig napközéppontú modellje, amely a föld- és napközéppontú modellek közti átmenetnek tekinthető. A második fejezet végén Koestler megfogalmazta azt az öt kardinalis kérdést, ami a továbbhaladás gátjává vált:

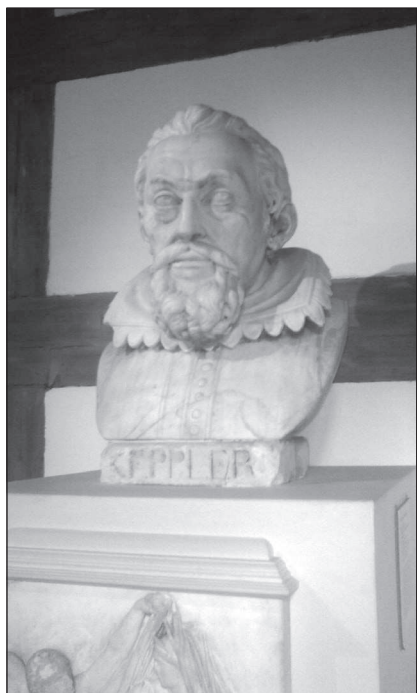
1. A világ két minőségre – ha tesszik, égire és földre – volt fölosztva, és ami még ennél is rosszabb, ez nemcsak „geometriai” felhasadás, hanem egyben tudat-hasadás is.
2. A világgép a geocentrizmus dogmájára épült.
3. A mozgások leírása az állandó sebességű körmozgás dogmájára épült.
4. A tudomány elszakadt a matematikától.
5. Annak felismerésére való képtelenség, hogy a mozgás, nem pedig a nyugalom a testek természetes állapota.

### A kopernikuszi forradalom kezdő lépései

A harmadik rész főszereplője *Nikolausz Kopernikusz*, akit a szerző „félsgeszeg kanonokként” mutat be, aki nem merte nyilvánosságra hozni elméletét, de nem az egyház ellenkezése miatt, amely valójában nem is létezett, hanem mert tudóstársai gúnyától félt. Koestler a következőt írta erről: „...bizonyítékok vannak arra, hogy a Vatikán már a legkorábbi időktől jóindulatú érdeklődést mutatott a kopernikuszi elmélet iránt.” Majd később: „Minden bizonyíték azt látszik igazolni, hogy nem a mártíromságtól rettegett, hanem a neveltségességtől – mert kétségek mardosták elméletét illetően, és jól tudta, hogy sem bizonyítani nem tudja annak igazságát, sem pedig meg-

védelmesni a szakértő kritikával szemben.” (E hibát évtizedek múlva *Galileo Galilei* követte el, akinek sajátos látásmódja biztosan megdöbbentő a könyv sok olvasójának.)

Kopernikusz *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543) című könyve a maga módján rekordernek tekinthető, mert úgy csinált forradalmat, hogy (Koestler szavai szerint) „minden idők egyik legkevésbé ismert és olvasott könyve” volt. „A példátlan kudarc oka, hogy e könyv gyakorlatilag olvashatatlan. Mulatságos észrevenni,



Kepler szobra

hogy még a leglelkiismeretesebb tudósok Kopernikuszról szóló írásaiból is kitűnik: soha nem olvasták”. Ennek az állításnak egyszerű a bizonyítása: soha senki nem vette a fáradságot, hogy megszámolja, végül is hány epiciklust alkalmazott Kopernikusz. Koestler szerint negyvennyolcat, míg korábban harmincnyet használtak, amit a szerző terjedelmes lábjegyzeteinek egyikében be is mutatott. „Kopernikusz távolból nézve az emberi gondolkodás rettenetetlen forradalmárának látszik, amint azonban közelítünk felé, fokozatosan áporodott, sőtlan figurává alakul át, az eredeti génusz holdkörös árnyalakjává, aki a jó gondolatra hibás szerkezetet épített fel, ásványi türelemmel halmozva egymásra epiciklusokat és deferenseket, s létrehozta a legszárzabb és legolvashatatlanabb könyvet, amely valaha is történelmet csinált”.

A szerző szerint Kopernikusz, a derék lengyel kanonok egy magának való, mogorva, félős öregember volt, aki saját maga sem nagyon hitt abban, amit állított. Valószínűleg egyáltalán nem gondolta, hogy halála után ötven évvel éppen az ő rendszerére kezdenek el hivatkozni az utódok.

### Kepler, a könyv legszimpatikusabb főhőse

Aki a hosszú évekig tartó megfeszített szellemi munka árán megszabadult a köröktől, az *Johannes Kepler* volt a Mars pályájának vizsgálatakor. Kepler életútja is azt példázza, hogy a könyv hősei, az „alvajárók” iszonyú erővel küzdöttek előre magukat céljuk felé, miközben nem is voltak egészen tisztában azzal, hogy mit is csináltak, és hogyan csinálták.

Először Kepler is mindenáron körre akarta illeszteni a megfigyelésekből nyert adatokat, amelyeket ő írt először úgy fel, hogy nem a Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszert választott, hanem egy napközéppontú rendszerre számolta át a Mars koordinátáit. Kepler számításaiban Koestler szerint nagyon sok számolási hiba volt, amelyek nem egy esetben kiejtették egymást, és végül helyes eredmények adódtak.

De honnan is származtak a Kepler által használt adatok? Koestler élvezetesen írta le a híres dán csillagász, *Tycho Brahe* és Kepler találkozását, és együtt töltött rövid idejű néhány fontos mozzanatát. Brahe jelentőségét az adja, hogy soha előtte nem mértek olyan pontosan a csillagászatban. A másik, s talán még ennél is fontosabb újdonság volt megfigyeléseinek folyamatosága és rendszeressége. Ezt úgy is lehetne mondani, hogy a korábbi asztronómusok pillanatfelvételei után Brahe „mozgófilmet készített” a bolygókról. Több mint harminc éven keresztül gyűjtötte a megfigyelési adatokat.

Brahe nem a kopernikuszi rendszerben, de nem is a ptolemaioszi, földközéppontú rendszerben hitt. Elképzelése az Univerzumról a Hérakleidész-féle, félig napközéppontú modellhez állt közel. Annyi változtatást tett, hogy modelljében nemcsak az általunk belső bolygónak nevezett Vénusz és Merkúr keringtek a Nap körül, hanem a Föld kivételével az összes addig ismert bolygó is, továbbá a Hold a Föld körül keringett. Ezt az elképzelést szerette volna Keplerrel meg erősíteni. Brahe hirtelen halála után a több évtizeden át gyűjtött megfigyeléseit (ma úgy mondanánk: adatbázisát) Kepler felhasználta, saját elképzelésébe próbálta meg beilleszteni az adatokat.

A könyv hosszan taglalta, hogy Kepler milyen és mennyi, a mai tudomány szempontjából nézve „vargabetűvel” tüzdelt gondolatmenet bejárása után jutott végül el a törvényeinek megfogalmazásához. Ezek közül kiemelkedik egyik ifjúkori alkotása, a *Mysterium Cosmographicum*, amit öregkorában sem tagadott meg, sőt valójában ez adta munkájához az inspirációt. Alapgondolata az volt, hogy Isten a teremtéskor a bolygók pályájának kijelölésekor az öt szabályos platóni testet tartotta szem előtt. Az egymásba helyezett szabályos testek határozzák meg a bolygók egymás után következő pályáit. Ehhez még azt is tudni kell, hogy abban az időben a Szaturnuszon túli bolygókat (Uránusz, Neptunusz) még nem ismerték.

A könyv legszimpatikusabb főszereplője Kepler, aki megszállottan és önzetlenül kereste a válaszokat saját kérdéseire, s úgy jutott korszakos fölfedezésekhez, hogy maga sem nagyon volt tisztában azok jelentőségével. A Plátón által kitalált és Arisztotelész által köbe vésett gondolat, a bolygók egyenletes körmozgásáról szóló dogma közel kétezer évig tartotta magát a tudományban, és senkinek nem jutott eszébe azt megkérdőjelezni. Helyette rengeteg tudós kinalódott, hogy tökéletes körmozgásokkal leírja a Világegyetem működését, és ebbe a csapdába Kopernikusz is beleesett. Míg nem Kepler neki nem állt a Mars „valódi, Nap körüli” pályájának meghatározásához, aminek során fölfedezte a később róla elnevezett törvényeket.

### A Kepler-törvények felfedezésének körülményei

Brahe adatai szolgáltatták a kulcsot Kepler számára a Világegyetem titkainak megfejtéséhez. Amikor megérkezett Prágába Brahe asszisztensének, Kepler meggyőződéses kopernikánus volt. A két tudós másfél évet dolgozott együtt, amikor Brahe váratlanul meghalt. Kepler ezután jutott hozzá Brahe mérési adataihoz. Különösen a Marsról fölvetett adatok okoztak komoly nehézségeket számára. Kepler, miután a napközéppontú világegyetemben hitt, átszámolta a földi megfigyelési adatokat úgy, mintha a Napról figyelnék meg azokat. Hogyan is látnánk a Marsot a Napról? Négy évet töltött el e számolással, majd következett a megfelelő pályagörbe, az ellipszis megtalálása.

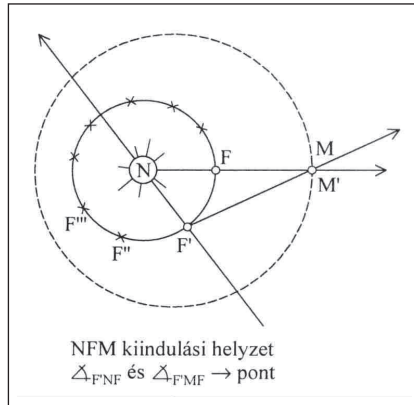
A Mars pályájának alakját sokan próbálták már Kepler előtt is leírni, ami komoly nehézségeket okozott, mivel nem lehetett egyenletes körmozgások összegeként előállítani. Kepler három újítást vezetett be vizsgálataiban kezdetén:

Az egész rendszer középpontját a Napba helyezte, vagyis az abban az időben létező világmodellek közül a *kopernikuszi modellt* fogadta el.

A bolygók pályasíkja nem billegett a térben.

Az egyenletes sebességű mozgások elvének föladata.

A megfigyelési adatokat kezdetben ő is, mint előtte mindenki, körre akarta il-



leszteni, ami nem járt sikerrel. A Mars megfigyelt pozíciói 8 ívperccel eltértek a modell által megkövetelt értéktől. Zsenialitását és merészségét bizonyítja, hogy hajlandó volt a körkörösség eszméjétől is megszabadulni, és valamilyen más görbét keresni.

Kepler munkája két fő részből állt. Mivel a Föld a megfigyelőhely, először a Föld pályáját kellett meghatározni, majd annak ismeretében a Marsét. Mivel Kepler a kopernikuszi modellben gondolkodott, ezért a Föld Nap körüli pályáját is csak e modellben akarta leírni. Továbbá, míg a régi, ptolemaioszi modellben az égitestek látható iránya volt csak a fontos (ezért csak a látószögeknek volt értelme), addig Kepler már olyan modellt alkotott, amelyben az égitestek távolsága is fontos szerepet játszott. A bolygók Naptól való távolsága megadható a Föld–Nap-távolsággal kifejezve, vagyis relatív távolságokról van szó. Akkoriban már ismert volt a bolygók Nap körüli keringési ideje is.

### A Föld pályájának alakja

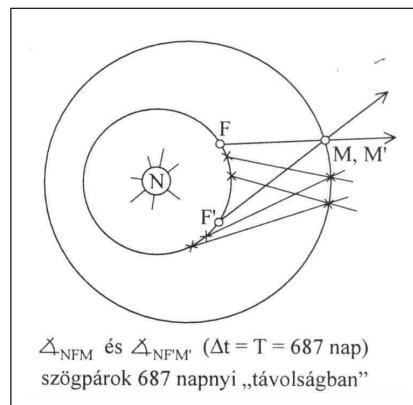
A Föld-pálya alakjának meghatározásához Kepler egyedülálló ötlettel állt elő: a megfigyelő pozícióját a Marsra helyezte át. Kiinduló helyzetként az szerepelt, amikor a Nap, a Föld és a Mars egy egyenesbe esett (NFM). Ismerte a Mars Nap körüli keringési idejét, ami 687 nap. Tehát ennyi idő elteltével a Mars ismét a kiindulásival azonos térbeli helyzetbe kerül. A Föld viszont ekkor pályájának valamilyen F' pontjában lesz,

amely pontot meg lehet szerkeszteni, ha ismerjük a Nap–Föld és a Mars–Föld irányt. Újabb 687 nap múlva a Mars ismét ugyanebben a helyzetben lesz, míg a Föld pályájának egy másik, F'' pontjában, amely szögmérések segítségével ismét megadható. És így tovább, vagyis anélkül, hogy bármi egyebet tudnánk a Mars pályájáról a keringési időn kívül, a Föld pályájának az alakja megszerkeszthető. A távolságok itt és a későbbiekben is relatív távolságok, amennyiben minden távolságot a Föld Naptól mért távolságához viszonyítva fejezzük ki.

### A Mars pályája

A Föld pályájának ismeretében határozta meg Kepler a Mars pályáját. Az egyes pontok megszerkesztéséhez a következő gondolatmenetet használta: előzetes tudásként ismét fölhasználta, hogy a Mars Nap körüli mozgásának periódusideje 687 nap. Tehát 687 naponként a Mars ugyanabban a térbeli helyzetben van. Válasszunk ki két, egymástól 687 napnyi „távolságban” lévő helyzetet a Föld-pályán. Ha megmérjük a Mars irányát mindkét helyzetben, akkor a két irányvonal metszéspontja kijelöli a Mars-pálya egyik pontját.

A bemutatott szerkesztést kell sok esetben elvégezni, hogy minél több pont legyen az ismeretlen görbén. A hosszú évekig tartó mérésorozatot nem kellett Keplernek elvégeznie, hiszen rendelkezésre álltak Brahe adatai, „mindössze” a számára szükségeseket kellett abból meghatározott rendszer szerint kiválogatni. Vagyis a kopernikuszi elmélet



szerint a 687 naponkénti (Mars-évnvi) adatpárokat kellett kikeresni és megszerkeszteni az egyes pontokat. Így valójában meg lehetett kapni a Mars-pálya „nyomképét”, amelyből a bolygó pálya menti sebessége, illetve annak változása is „látható” volt (az azonos időszakok végpontjaiban kapott pontok sűrűsége alapján). Ez a magyarázata annak,

hogy Kepler valójában a róla elnevezett 2. törvényt előbb fogalmazta meg, mint az elsőt (Simonyi 1978).

Azt, hogy e mérési eredmények milyen görbére illeszthetők, szintén nem volt könnyű feladat megtalálni. A kúpszeletekkel, így az ellipszissel már az ókori görögök is sokat foglalkoztak. E tudást fölhasználva lehetett azonosítani a bolygópálya alakját mint ellipszist.

Jellemző volt Kepler egész gondolkodásmódjára, hogy a bolygópálya meghatározását nem egyszerű geometriai problémaként kezelte, ahogy addig mindenki, hanem fizikai erőkkel kapcsolatos magyarázatot keresett. A Nap központi helyre állításában is kifejeződött ez, mert Kepler már a tömegvonzásra is gondolt. *Új fogalmi rendszerbe illesztette a problémát, másképpen látta azt, mint az elődei.* Továbbá, Brahe példájából látható, hogy hiába végez valaki rendkívül pontos megfigyeléseket, csak a mérési adatokból nem tud bárki törvényszerűségeket kiolvasni. Koestler (1955/1996, 444. o.) igen szellemesen a következőt írta erről: „Tudni kell használni az észleleteket; a nehézséget az okozza, hogy mikor vegyük figyelembe az egyiket, s mikor a másikat.”

A mérési eredmények közül a megfelelőek kiválasztásához komoly elméleti felkészültség szükséges, sőt valójában a mérés, az észlelés megtervezéséhez is. Különböznem tudjuk, hogy valójában mit is keresünk, és nem veszünk észre lényeges momentumokat.

Példánkból az is látszik, hogy Kepler munkamódszere egyáltalán nem nevezhető induktívnek. Ugyanis csupán a mérési adatokból nem fedezhetett volna föl semmit. Szüksége volt természetesen az adatokra, de azok csak egy meghatározott elméleti keretben nyertek értelmet. Nem arról van tehát szó, hogy a tapasztalásnak, a megfigyelésnek, az észlelésnek, a mérésnek ne lenne nagyon fontos szerepe a megismerésben. Mindössze azt mondjuk, hogy ahhoz, hogy valamire rátaláljunk, már kell, hogy legyen róla valamilyen előzetes elképzelésünk. Olyan adatokat kell figyelembe venni, amelyek a vizsgált hipotézist alátámaszthatják vagy cáfolhatják, lehetővé téve az előzetes elképzelések ellenőrzését.

Kepler a Mars pályájával kapcsolatos kérdését eleve egy modell, a kopernikuszi keretei között fogalmazta meg. A Föld és a többi bolygó keringési idejének eleve csak e modellben van értelme. És ezért nem tudott Brahe mit kezdeni a saját adataival, mivel ő nem e modellben gondolkodott. Hiába volt az ő kezében a sok évtizednyi megfigyelési adat, mégsem volt képes azokat rendszerbe illeszteni.

Keplernek a bolygópályák alakjára vonatkozóan különböző hipotézisei voltak. Ilyen volt az addigi modellekben kizárólagosan szereplő kör.



Megpróbálkozott tehát a kiválasztott észlelési adatok alapján kapott pontoknak körre való illesztésével, amely hipotézis azonban nem vált be. Újat kellett tehát keresnie. Végül rátalált az ellipsziszre, de csak azért tudta ezt megtenni, mivel már ismert volt az ellipszisz fogalma. E görbét nem neki kellett tehát fölfedeznie.

Föltehetjük a kérdést ezek után, hogy Kepler csak a mérési adatokból fedezte-e föl a Mars-pálya alakját? A válasz egyértelműen „nem”. Természetesen szükség volt a mérési adatokra. Ezek nélkül nem sikerült volna a munka. Ahhoz azonban, hogy mely észlelési adatokat vegyen figyelembe, majd azokat miként használja fel, szükséges volt a hipotézisre (Radnóti 2002).

### Kepler és a gravitáció

Koestler a következőképpen jellemzi az újszerű gondolatok keletkezését, amit Keplerrel kapcsolatban írt le: „A bolygópályák problémája reménytelenül megfeneklett a geometriai előzmények ingoványában, s amikor Kepler ráeszmélt, hogy képtelen onnan kiszabadítani, egyszerűen kitepte környezetéből, és a fizika fogalomkörébe helyezte át. Ez a művelet – egy probléma kiragadása hagyományos és megkövesedett összefüggéseiből, és beillesztése egy új fogalmi rendszerbe, mintha más színű szemüvegben át vizsgálnánk – számomra mindig is a teremtő gondolkodás legfontosabb mozzanatának tűnt.”

Kepler igen közel került ahhoz, hogy fölismerje a gravitációt, de az utolsó lépést sosem sikerült megtennie. Az *Astronomia Nova* bevezetésében a következőt írta: „Ha két követ bárhol az űrben, ahol semmiféle harmadik test nem hat rájuk, egymás közelébe helyezünk, a két kő egymás felé fog közeledni, s találkozni fognak – akárcsak a mágnesek – egy közbelső pontban, amely a kövek tömegével arányosan a súlyosabbikhoz lesz közelebb.”

Amint az idézetből is látható, Kepler esetében a gravitációs és a mágneses kölcsönhatás még nem differenciálódott; azt hitte, hogy a kettő azonos. Ez érthető is az ő korában, hiszen 1600-ban jelent meg William Gilbert De Magnete című könyve, amelyben a mágnességgel kapcsolatos akkori tudást írta le, többek közt azt, hogy a Föld egy nagy mágnes. Tehát joggal hihette Kepler, hogy ez a kölcsönhatás azonos a gravitációval.

A kölcsönhatásokkal ismerkedő gyermekeknek az esetek nagy részében hasonló elképzeléseik vannak. Ők előbb ismerkednek meg játékaik során a

mágnessel, mint tanulják meg, hogy a testek azért esnek a földre, mert a Föld nevű bolygó gravitációs ereje lefelé húzza őket.

Kepler helyes magyarázatot adott az árapályjelenségekre, amit a Holdnak tulajdonított. Sőt rájött arra is, hogy nemcsak a Hold, hanem a Hold és a Nap együttes vonzása is elér a Földig. (Évtizedekkel később Galilei kigúnyolta Keplert ezért az állításáért.) Ennek ellenére Kepler a Napot a későbbiekben nem mint valami vonzócentrumot említette a művében, hanem sokkal inkább a bolygókat körbejáró seprűt.

### Galilei és a kopernikuszi világgkép találkozása

Galileit kifejezetten antipatikus figuraként állítja az olvasók elé Koestler, aki szerint Galileinek az egyházzal való szerencsétlen konfliktusát ő maga provokálta ki, ugyanis az egyház egyáltalán nem vaskalapos emberek gyülekezete volt, ahogyan azt később beállítani igyekeztek. Ha Galilei nem izgágáskodik, a Vatikán valószínűleg szép lassan elfogadta volna az új, heliocentrikus univerzumképet is. Ekkor másként alakult volna a világ sorsa.

Ki volt Galilei? Koestler lassan szalóigévé vált meghatározása szerint: „Szemben még a legmodernebb tudománytörténet állításaival is: Galilei NEM fedezte föl sem a hőmérőt, sem pedig az ingaórát. NEM fedezte föl a



Kepler síremlékén található ábrák

tetetlenség törvényét, sem az erők eredőjének kiszámítását, sem a napfoltokat. Egy szikrányival sem járult hozzá az elméleti csillagászat fejlődéséhez. NEM ejtett súlyokat a mélybe a pisai ferde torony tetejéről, és NEM igazolta

a kopernikuszi rendszer helytállóságát. NEM volt része az inkvizíció kínzásában. NEM sínylődött börtönben. NEM mondta azt, hogy „és mégis mozog a Föld”, és egyáltalán NEM volt a tudomány mártírja.” „Amit valóban tett: létrehozta a dinamika modern tudományát, ami a történelmet – vagy az emberiség végzetét – alakító szellemek közé emeli őt.” (Koestler 1955/1996 471. o.)

Galileit az irodalomtörténet az olasz didaktikus próza mestereként tartja számon, áttetsző tisztaságú érvelőnek. Belőle teljesen hiányzik már a miszticizmus, ő már akkor sem habozott kiállni vélt igazáért, ha még nem is voltak meg a megfelelő érvei, csak a meggyőződése vezetete. Koestler elemzése szerint nem Galilei kopernikánus nézetei, hanem inkább ez az arrogancia volt az inkvizíciós eljárás mozgatórugója. Bizonyára még mindig nehéz eldönteni, hogy melyik oldalon van az igazság. Tény, hogy a protestánsokat zavarta először a kopernikanizmus. A modern csillagászat útját eleinte még a katolikus egyház hívó papjai – mint csillagászok – is egyengették, számos jezsuitát is ideértve. Valószínű, hogy a Galilei-perben szerepet játszottak olyan szempontok is, hogy a kopernikánus rendszer átütő bizonyítékai még jó évszázadig vártak magukra (a csillagok parallaxisának kimutatása még annál is tovább), miközben az ellenreformáció ideológiájának hívei egyre merevebb álláspontot foglaltak el. Ebbe persze belejátszottak hatalmi kérdések is, amelyek olykor látványos, szenzációs megnyilvánulásokkal bizonyíthatóak az erő, a hatalom igazát (pl. Giordano Bruno máglyahalála, 1600).

Galilei gondolkodásának tanulmányozása is sok érdekességet rejt magában. Galilei, aki megoldotta a szabadesés, az egyenletesen gyorsuló mozgások leírásának problémáját, kiváló kísérletező volt, egyszerűen nem tudta elfogadni a bolygópályák ellipszisz alakját. Híres könyvében, a *Dialogóban*, ami a Galilei-per alapját képezte, az egyszerűsített kopernikuszi világgképet tárta az olvasó elé. Ebben a bolygók körpályán keringenek a kör középpontjában lévő Nap körül. Tehát a köröktől nem tudott ő sem megszabadulni. Kérdés, hogy a Kopernikusz által bevezetett sok epiciklusról mi lehetett a véleménye, mivel ezeket meg sem említi könyvében. Ellenben úgy kezeli a kopernikuszi elképzelést, mintha az lenne a végső igazság, és nemcsak egy lehetséges hipotézis, számítási segédeszköz. És ez az, ami nem volt elfogadható az egyházatyák, illetve az arisztotelianusok számára. Ráadásul nem is tudott kellő tapasztalati bizonyítékot fölmutatni a kopernikuszi elmélet mellett, hiszen

a csillagok parallaxisát akkor még nem lehetett kimutatni. A Vénusz ténylegesen megfigyelhető tényként hangoztatott fázisváltozásai másként is magyarázhatók voltak. A Vénusz fázisai csak azt bizonyították, hogy a bolygó a Nap körül kering, de azt már nem, hogy a Föld is ezt teszi.

Koestler a következőképpen jellemezte könyvét: „A tudomány haladását általában egyenes vonalú, józanul töretlen fejlődési folyamatnak tekintjük, holott nagyon is szabálytalan, olykor a politikai gondolkodás evolúciójánál is cikkcakkosabb csapást öket. Különösen a kozmológiai elméletek fejlődése nevezhető – túlzás nélkül – a kollektív megszállottság és kiegyensúlyozott skizofrénia történetének, s az út-vonalát meghatározó egyes felfedezések és felismerések inkább tűnnek egy holdkóros, mint egy elektronikus agy produktumainak.

Amikor Kopernikust vagy Galileit lesegítettem a talapzatról, ahová a tudományos mitográfia állította őket, nem az volt a célom, hogy lealacsonyítsam őket, csupán hogy teremtő gondolkodásukba bepillantsak. Nem bánom azonban azt sem, ha a kaland melléktermékeként szembe kerülök a legendával, mely szerint a Tudomány józan és szikár, a Tudósok pedig higgadtabbak és szenvedélyektől mentesebbek másoknál (aminek folytán a világ dolgainak irányításában vezető szerepet kellene játszniuk), és képesek maguknak és kortársaiknak megfelelően racionális megoldásokat nyújtani a más eredetű etikai ítéletek helyett.

Szándékom volt, hogy e bonyolult tárgykört az átlagolvasó számára hozzáférhetővé tegyem, de remélem, hogy az egyetemi ifjúság is haszonnal forgatja majd könyvemet.”

### A newtoni szintézis

Newton három axiómát fogalmazott meg a mozgásokkal kapcsolatban.

Az *első* tehetetlenségi axiómának is mondják. Eszerint, ha egy test valamilyen módon fölgyorsult egy adott sebességre, akkor amennyiben semmilyen másik testtel vagy mezővel nem kerül kölcsönhatásba, e sebességét megtartja. Ha ez a sebesség nulla, akkor pedig nyugalomban van, vagyis áll. Ezt röviden úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a magára hagyott test sebessége állandó. A magárahagyottság jelenti azt, hogy nincs semmiféle kölcsönhatásban a környezettel.

Ennek az axiómának az a nehézsége, hogy ilyen test a valóságban nem létezik, hiszen bármilyen messze is megyünk ki gondolatban a világűrbe, ott is hat a gravitáció. Tehát egy olyan helyzetet kell a ta-

nulóknak elképzelniük, amely nem létezik.

A *második* axióma azt mondja ki, hogy amennyiben egy test kölcsönhatásba kerül más testekkel (vagy mezőkkel), amelyek hatását az erő fogalmával írjuk le, akkor változni fog a test mozgásállapota. A különböző kölcsönhatások által



**A *Mysterium Cosmographicum* világbábrázolása**

okozott erőket vektoriálisan kell összegezni. Ez nem külön axióma, hanem a másodikhoz tartozó megjegyzés. A második axióma valójában az erő definíciója. A testek közötti kölcsönhatások különbözőek lehetnek. Ha a vektori eredő nulla, akkor a test nem fog gyorsulni. De ez az állapot nem azonos az első axiómában megfogalmazottal, amikor a képzeltbeli test nincs semmivel sem kölcsönhatásban. Ténylegesen csak ilyen állapotokat tudunk megfigyelni.

A *harmadik* axióma az ún. hatás-el lenhatás törvénye, ami Newton teljesen eredeti gondolata volt. Eszerint a hatások kölcsönösek és egyenrangúak. Ez abban a korban egyáltalán nem volt magától értetődő.

A newtoni fizika alap gondolatainak világméretű jelentősége van, amely gondolatok alapvetőek az egész fizika tudomány, és ezzel együtt a jelenlegi technikai fejlődésünk létrejöttében. Az emberiség ezáltal megértette a mozgást. Megfogalmazódtak azok az alapvető fogalmak, problémamegoldási módszerek, amelyeket a későbbi korokban a további (például az elektromos és a mágneses) jelenségek leírásához mintának lehetett tekinteni. Nevezetesen, a második

axióma konkrét mozgásokra való alkalmazásakor fölírandó a mozgásegyenlet (ami valójában egy másodrendű differenciálegyenlet), és annak megoldásával előre meg lehet határozni a vizsgált test pályáját, ki lehet számítani, hogy mely időpontban a tér mely pontjában lesz a pontszerűnek tekintett test. Newton ezt alkalmazta az égi jelenségek leírásához is a gravitációs erő róla elnevezett törvényének fölhasználásával. Kortársai valójában ezt tekintették Newton fő alkotásának, az általa bevezetett axiómákat csak a későbbi korokban kapcsolták a nevéhez.

Galilei *Discorsi* című könyve, amit a per után, már a házi őrizetében írt, volt az egyik nagyon fontos azon művek közül, amelyekből Newton és kortársai tovább építkeztek. Segítségével ténylegesen megérthették a mozgás törvényszerűségeit, miszerint nem a test állandó sebességű mozgásának fenntartásához, hanem a sebesség megváltoztatásához, a vizsgált test gyorsításához szükséges erőhatás. Newton óriási érdeme, hogy konkrétan be is mutatta a mozgással kapcsolatos új tudás alkalmazását néhány égi jelenségen a róla elnevezett gravitációserő-törvény fölhasználásával:

$$F = \gamma \frac{M \cdot m}{R^2},$$

ahol  $M$  a központi égitest tömege,  $m$  a központi égitest körül keringő test tömege,  $R$  a tömegközéppontjaik távolsága,  $F$  a két test között ható erő nagysága,  $\gamma$  pedig a gravitációs állandó. Newton ezt a törvényszerűséget teljesen általánosnak, minden testre kiterjedőnek tartotta. A tapasztalati ellenőrzéshez sok tény, adatot használt föl. Nemcsak a Nap és a bolygók, hanem az akkor már jól ismert, Galilei által fölfedezett Jupiter-holdak helyzeteit is vizsgálta az adott időpontokban, hogy egyeznek-e számításai.

A példa ismét rámutat a matematika és az empiria összhangjára. Nem helyezhető egyik a másik fölé. Bár Newton többször hangoztatta, hogy nem alkot hipotéziseket, valójában azt tette, majd abból empirikusan vizsgálható, távcsővel megfigyelhető következtetéseket vezetett le.

Érdekes az  $1/r^2$ -es távolságfüggés megjelenése több esetben, amikor a testek pontszerűnek tekinthetők. Ilyen a Newton-féle gravitációs törvény, a Coulomb-törvény vagy a gyertya fényintenzitásának térbeli változása. Kepler valójában ez utóbbi alapján, azzal analóg gondolkodás útján jutott hasonló felismerésre, amit azonban nem aknázott ki. Sőt Newton kortársai, például *Robert Hooke* számára is ismert volt, de

ők nem tudtak vele ténylegesen mit kezdeni. Newton volt az, aki rájött, hogy a Holdat ugyanazon erő tartja körpályán, ami az érett alma földre esését is okozza. Ezzel egyesítette az égi és a földi fizikát.

1686-ban a következő szavakkal mutatták be Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* című munkáját:



A Kepler múzeum Regensburgban

„...amelyben a Kopernikusz-féle hipotézis Kepler által adott változatának matematikai bizonyítását adja, és megmagyarázza az égi jelenségek összességét azzal az egyetlen feltevessel, hogy a gravitáció a Nap közepe felé hat a távolság négyzetével fordított arányban.” (a Royal Society jegyzőkönyve, 1686. április 28., idézi Simonyi 1978). Tehát Newton munkájának fontosságát ebben látták a kortársak. Csak érdekességként említem meg a „hipotézis” és a „feltevés” szavak használatát a szövegben. Valójában Kepler, Galilei és Newton munkássága nyomán kezdett el kialakulni a fizika tudománya, amelynek szemléletmódja analógiaként szolgált a többi természettudomány számára is. Kérdés, hogy Kepler és Galilei nélkül létezne-e mai értelemben vett fizikai tudomány és az arra épülő technika?

### A tapasztalat szerepe a megismerésben

Érdeemes elgondolkodni az érzékelés és a tapasztalat ismeretelméleti problémáiról is. Minden az-e, aminek látszik? Mennyire lehet megbízni a tapasztalatokban? Hiszen minden nap azt látjuk, hogy reggel a Nap fölkel az égen, majd le-

nyugszik, a csillagos égbolt pedig mintha körülöttünk forogna. Mennyire kell a tapasztalatok „mögé menni”? Hogyan kell értelmezni a tapasztalatokat? Mennyiben segít a tapasztalatok „helyes” értelmezésében a dolgokról alkotott elképzelés, hipotézis? Mikor mondjuk azt, hogy jó a tapasztalatok leírása? Ténylegesen mi is a szerepe a tapasztalatoknak a világ törvényeinek feltárásában? Mit jelent az, hogy egy elmélet helyes?

Amint az Koestler könyvében olvasható, Kopernikusz után egyre többen gondolkodtak a napközéppontú rendszerben, amit úgy is szoktak nevezni, hogy *kopernikuszi fordulat*. E kifejezést alkalmazzák sok olyan esetben is, amikor valamiről alapvetően megváltozik a gondolkodásmód. E folyamatot illetik a *paradigmaváltás* kifejezéssel is.

A paradigma kifejezést *Polányi Mihály* használta először, de világhírűvé *Thomas S. Kuhn* tette *A tudományos forradalmak szerkezete* című könyvében. Paradigmán „olyan, általánosan elismert tudományos eredményeket értek, melyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak.” (Kuhn 1984).

Kuhn a tudománytörténet szempontjából vizsgálva a következőképpen jellemezte a paradigmaváltás folyamatát: „Amikor a tudománytörténész a jelenkori történetírás nézőpontjából tekinti át letűnt korok kutatási krónikáját, kísértésbe esik, hogy felkialtsa: *a paradigmák megváltozásával maga a világ is megváltozik*. Új paradigmákat követve, a tudósok új eszközöket alkalmaznak, és új területeket vesznek szemügyre. Még fontosabb, hogy *forradalmak idején a tudósok új és más dolgokat látnak meg, mint azelőtt, noha megszokott eszközeiket használják ismert területeken*. Mintha a szakmai közösség egyszer csak átkerült volna egy másik bolygóra, ahol az ismerős tárgyak más megvilágítást kapnak és ismeretlenekkel együtt jelennek meg.” (Kuhn 1984, 153. o.).

A leírtak fényében paradigmaváltás volt, amikor a Nap került a Föld helyett a Világmindenség középpontjába, illetve az is ide sorolható, amikor a mozgásról vagy az anyag szerkezetéről alkotott kép megváltozott (a folytonos anyagképet felváltotta a részecskéké). Nem látjuk a részecskéket, csak következtetünk rájuk közvetett bizonyítékok/tapasztalatok alapján. Bizonyos tapasztalatok annak föltételezésével írhatók le, hogy az anyag nem folytonos, hanem részecskékből áll (például a keveredés, az oldódás jelenségei). E folyamatok *nem* tekinthetők egyszerűen egy jól bevált paradigma bővülésének.

## Összefoglalás

Az írásban bemutattam az emberiség Világegyetemről alkotott képének változását az ókortól Newtonig Koestler *Alvajárók* című könyve nyomán. Valójában nemcsak a fizika mint tudomány kialakulásába kaptunk betekintést, hanem a tudományos kutatási folyamatba is, az újszerű gondolatok megjelenésébe. Azt is láthattuk, hogy az utókor által tisztelt tudósok sem tették rögtön magukévá a napjainkban már a tankönyvek lapjain szereplő, megtanulandó fontos törvényeket, mivel nem érezték azok jelentőségét, vagy éppen egészen másként gondolkodtak. Más területen viszont korszakalkotó felfedezéseket tettek. Tehát a tudományról nem lehet úgy gondolkodni, mintha az kikövezett, egyenes út lenne az igazság megtalálása felé. \*

## Irodalom

- Galileo Galilei (1632/1983): *Párbeszéddek. A két legnagyobb világrendszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, Ford.: M. Zemplén Jolán
- Galileo Galilei (1638/1986): *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből*. Európa Könyvkiadó, Budapest, Ford.: Dávid Gábor. Jegyzetek: Gazda István. Utószó: Vekerdi László
- Koestler, Arthur (1955/1996): *Alvajárók*. Európa Könyvkiadó, Budapest
- Kuhn, Thomas S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete*. Gondolat, Budapest; Eredetileg: Kuhn, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolution*. Princeton University Press, Princeton
- Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest
- Radnóti Katalin (2002): A fizikatanítás tudományelméleti háttere. In: Radnóti – Nahalka (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 109–128. o. <http://members.iif.hu/rad8012/>
- Vekerdi László (1997): *Így él Galilei*. Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest
- History and Philosophy in Science Teaching: <http://hipswiki.wetpaint.com/page/5.2+Galileo+Galilei%3A+life++work++thinking>

**KLIKKELJEN RÁ!**

[www.termesztvilaga.hu](http://www.termesztvilaga.hu)



# XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## Fazekasmesterség Gömörben

TURČANI ESZTER

Tornaljai Gimnázium, Szlovákia

Az agyagművesség termékeivel már az emberi kultúra legkezdetlegesebb fokán találkozunk. A fazekaskorong már az egyiptomi falfestményeken feltűnik, és Homérosz a körtáncot a fazekaskorong forgásával hasonlíttja össze.

A természetes vagy mesterségesen kevert anyagból készült alapanyag, valamint a tartósság és a díszítés kedvéért alkalmazott máz minősége szerint a keramikai termékeknek több fajtáját különböztetjük meg:

1. A *mázatlan cserép* természetes agyagból készül, amely az égetés folyamán keménnyé és porózussá válik.

2. Az *ólmázás cserép* könnyen olvadó és áttetsző, színes vagy szintelen ólmázással borított edény.

3. Az *ónmázás fajansz* és *majolika* át nem tetsző fehér vagy színes mázzal borított cserép, festéssel is díszített, és igen magas hőfokon történik az égetése.

4. A *porcelán* kaolin és földpát keverékéből készül, alapanyaga fehér és igen kemény, festése máz alatti, ill. máz feletti (Kína, Japán).

5. A *keménycserép* mesterségesen kevert agyagból készül, szintelen, áttetsző máz borítja (Anglia).

6. A *kőcserép* anyaga igen keményre égetett agyagból készül, amelyet vékony sómáz borít (német).

A fazekasság kibontakozása a XIX. századra tehető. A manufaktúrák és városi céhes műhelyek mellett sok-sok településen dolgoztak *parasztfazekasok*.

Gömörben a fazekasfákvaknak két nagy tömbje figyelhető meg. Az egyik a Turóc és a Murány folyó völgyében található: *Gice, Lice, Mikolcsány, Naszraj, Süvete, Perlász, Deresk, Levárt, Szkáros, Visnyó*. A másik a történelmi kishonti részekben van a Szuha-patak mentén: *Nagyszuha, Pongyelok, Osgyán, Zaluzsány, Szusány*, valamint a Rima völgyében: *Szkálnok, Kecege, Rimaráhó, Törék, Felsőpokorágy, Tamásfalva*. A köztük levő részekben is mívjeltek, mégpedig *Pádárban, Papócson*



Mázatlan és ólmázás cserép

és *Balagon*. De dolgoztak fazekasok *Várgedén, Csomán, Síden, Gömörhorkán* és *Lekenyén is*.

A XIX. század derekán a fazekasoknak jogszabályi rendelkezés alapján céhekbe,

társaságokba kellett lépniük, ill. tömörülniük. A legismertebb a süveteiek esete, akik 1881-ben kezdték vezetni a jegyzőkönyveiket, s ebben utalnak arra, hogy a társaság már félszázada létezik. A legalapvetőbb ok, ami miatt társaságokba tömörültek, a máz alapanyagának a nagybani, azaz minél olcsóbb beszerzése. Süvetén a XIX. század végén 60–65 fazekas dolgozott.

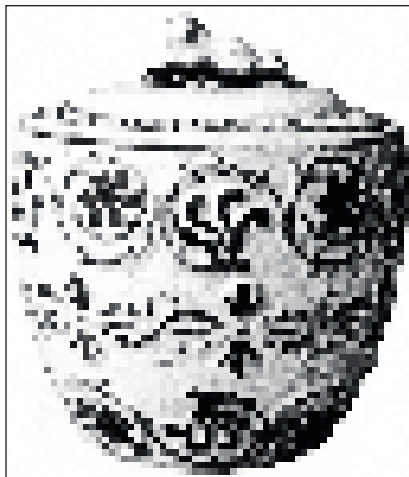
### Agyagásás

Az edénykészítésre alkalmas agyagrétegek – a fajtájuktól is függően – a határ más-más helyein, különböző mélységben helyezkedtek el. Süvetén többféle

agyagot bányásztak: ezek az ún. *plítka (sekély)*, ill. az égetés után nyert színéről elnevezett *zelená, meseškavá (zöld, meszes)*, valamint a vérpirosra égő *kabatér* agyagfajta.

Általában késő őszszel vagy télen ásták ki az agyagot. Eszköze az ún. *gyükerkapa*, ill. *motyika* volt. Először kör formájú, 70–80 cm átmérőjű gödröt ástak, aminek a neve *torok*, ill. *verem* volt. Mélysége elérte a 10–12 métert

is. A verem oldalába lépcsőket vájtak, hogy a kötélbe kapaszkodva a ki- és bejárást megkönnyítsék. A szűk átmérő mellett azért döntöttek, hogy csökkentsék a beomlás veszélyét.



Kőcsérép

A kitermelt agyagot csiga segítségével juttatták a felszínre. Az *agyagér* vastagsága változó volt, fél métertől akár két méterig is terjedhetett. Ezt a vízszintes vájatot *padnalnak*, *tárónak* nevezték. A beomlás ellen ún. lábakkal támasztották alá, *kistompolták*. Az agyagot *laposkapa* segítségével helyezték az *agyagásó-kosárba*, s fönt csomókba rakták.

### Az agyag előkészítése

Az agyagot elkerített, száraz, tiszta helyre rakták, az *agyaghelyre*, *agyagosba*, *kalitkába* (6–8 szekérenyi). Itt megszáritották, hogy elveszítse eredeti nedvességét, majd apróra vágva az *áztatóba* került. Ez egy kb. 1 m mély, tölgyfával bélelt gödör volt. A téli áztató vizont téglával volt kiágyazva.

Az agyag tömörítésének, tisztításának első fázisa a *verés*. Erre szolgált a kemény fából készült *fatőke*, *agyagverő-deszka*, *hlineci stólok* (Süvetén-agyagszék), esetleg fahamuval megszórt ponyva. Az *agyagverő bakó* könnyű és erős fából, nyírfából készült.

Ezt követte a kétszeri taposás, amely folyamatot „fazekastáncnak” is neveztek. Majd kiszedték az agyagot, kupacba rakták, aztán pedig *leszeldesték* házikenyér nagyságúra. Következett a gyúrás a *gyúrólócán*, majd rézdróttal karikára vágták. Ennek a munkafolyamatnak a végén félgömbölyű *agyagtészták* sorakoztak, várta a formálásra. A gyúrás (kaparás) során az agyag alá öntött vízből lett a *focsok*. Ezt külön edényben tartották.

### A mijjelés

A mijjelés a korongolás hagyományos megnevezése Gömörben (a művelés nyelvjárási változata). A korongot (Süvetén: koruha), ill. annak felső lapját sokszor maga a fazekas készítette a helyi legke-

ményebb fafajtából, mégpedig a mocsári tölgyből.

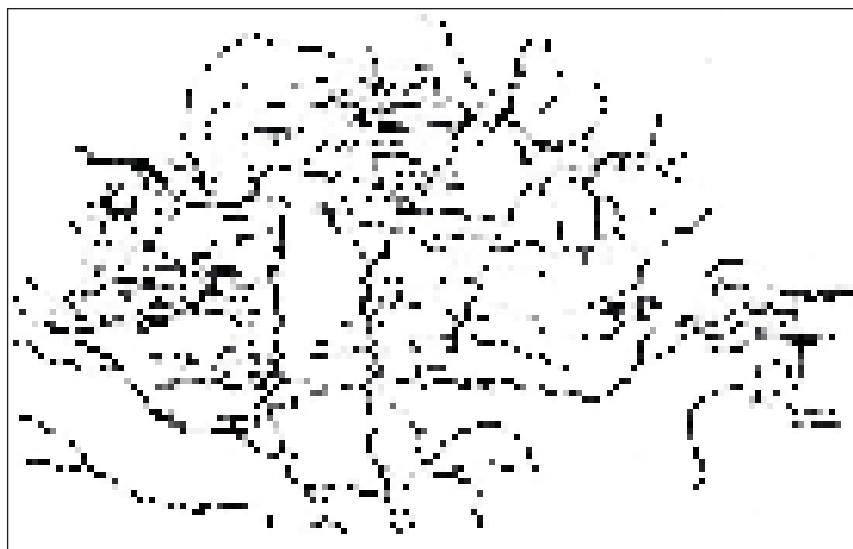
A XV. századtól a lábbal hajtott ún. *orsókorong* volt használatos. A fazekas a jobb lábával rúgta, a bal lábával húztavonta az alsó korongot, amiy egy összekötő rúd segítségével hajtotta meg a felső korongot. A koronghoz illesztettek még egy cöveken álló padot, a *koronglócát*.

A mester levágott egy darabot az előkészített agyagmasszából – ennek *rög*, *kocka* volt a neve. Nagyságát az határozta meg, hogy milyen edényt szándékozott készíteni. A tojás formájúra tapsikolt agyagcsomót a korong középre csapta, s elkezdte annak *véknyítését*, felhúzását. Ez volt az utolsó alkalom, hogy a benne maradt szennyeződésekeltávolítsa.

### Díszítés

A díszítés két összetevője a festés és a mázazás. A jól megsikkadt edény felületét általában a kívánt színű agyagiszappal (angób) vonták be. Ezt az eljárást *beeresztés* néven ismerték. Erre az alapszínre viték fel aztán a díszítőmintát, majd vonták be átlátszó ólommal. Előfordult, hogy természetes, világossárga színében hagyták az edényt (gyantáros színű). Az alapozó festék többnyire szárított agyagból készült.

A fehér agyagot Deresken bányászták (bécsi mész). A vörös színt a helyben kibányászott agyagból kapták, a barna színt pedig úgy, hogy vas-oxidot adagoltak a vöröshöz. A zöld színű festéket az-



Ahol egykor iparendélyvel és anélkül működő fazekasok dolgoztak

Lapos edények esetén *rövid csőre*, magasabb edények (fazék, tejeskőcsög) esetén *hosszú csőre* húzta az agyagot. A kész edényt levágta a korongról, és a *száritó pócra* helyezte szikkadni. Ezután kezdődhetett a *filezés*, természetesen csak füles edények esetében. A tartozékokat – fül, *csicsika* vagy *szopóka* – puhább, fockosabb agyagból készítették. (Nagy szégyen volt a mesterre, ha a fül levált az edényről!)

A díszítésre váró edényt tovább szárították, ennek gyorsítása érdekében finomra összetört békasó (=kvarckavics) porával megszórták. A gömri fazekasok által készített edények: *tányír*, *fazék*, *serpenyű*, *tepsi*, *korsó*, *butykos*, *kanta*, *rátó* (tejfölt tartottak benne).

A korsó összehúzott szájú, rostája, esetenként csece is van, benne pedig agyagolyó csörög, ami a vízkő leülepedését akadályozza. A butykos annyiban különbözik tőle, hogy nincs benne csörög.

által nyerték, hogy a fehér festékporthoz rézport kevertek. A kék színt kobalttal kevert üvegpórhozzáadásával (szmolka) ér-

### Munka közben



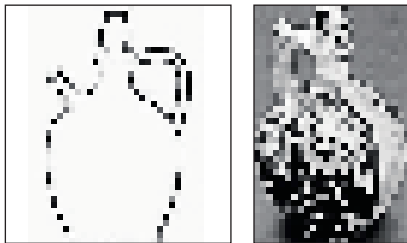


ték el. Maga a festék úgy készült, hogy a megszáritott agyagot a mázörllön, helyi néven *glétörllő kővön* porrá zúzták és vízben feloldották. A mellétei fazekasok a közeli Rákosról, a süveteiek Ispánmezőről szerezték be azt a könyersanyagot, amelyből vagy a molnárok, vagy a fazekas faragta ki az őrlőkövet. A festékpport a molnároktól kölcsönkért pitlén vagy szítán szűrték át az edénybe. Festéket csak annyit készítettek, amennyit fel is használtak. Úgy tartották, hogy nem áll el, *megikrásodik*. A szájával lefelé fordított edényt – a fenékrész kivételével – a mester a festékes tál felett leöntötte. Ezután hagyták megszáradni, majd kezdődött a tulajdonképpeni díszítés (*írózás, írókázás, írzás*).

A motívumokat (vonalak, pontok) kétféleképpen vitték fel az edényre. Az egyik volt az agyagból erre a célra készített *cicka, kicka, gurgula* (inkább vonal kihúzására). A másik díszítőeszköz a *szarvacska, kürtöcske, rozsok*, ami egy ökörszarv volt, amelyiknek a vékonyabb végébe lúdtollat, nyúlzsört tettek, s az így készült ecsettel díszítették.

Elsősorban a süvetei fazekasok kedvelték a papírsablon alkalmazását. Ez volt képpen negatív minta. Az alapozó festék felvitele előtt az edény felületét letakarták előre készített, kivágott mintákkal, olykor leszakított növényi lapuval. Ezek helyén megmaradt az agyag eredeti színe. A minta kimetszése Süvetén a különböző méretekben készített vaseszköz segítségével történt. Nagyon kedvelt volt Süvetén az ún. *spongya, moha* díszítés, amelyet festékbe mártogatott szivacs segítségével értek el.

Végül a domborműves díszítés kell még megemlíteni, melyet csak nagyobb



Butykos és korsó

főzfazekakon alkalmaztak (leggyakoribb a körbefutó abróncs). Ez a könnyebb fogást, hordozhatóságot volt hivatott biztosítani. Ugyanez mondható el a szurkált díszítésről is. Végül: a leggyakoribb díszítés a mázatlan edények nyakrészén alkalmazott *kígyóvonal, a zsinórozás*.

### Égetés

Az edények kiégetésére szolgáló kemence Gömörben általánosan használatos neve a *bánya*. Az első égetést az ún. *alag-*

*útkemencében*, hosszúkemencében végezték közösen. Csupán a második égetésre használták a *boglya* vagy *katlankemencét* (bányicska, kiskemence). Ez veszélyes művelet volt, ezért az égetést a kertben, a házaktól távolabb végezték. Legrégiesebb formája a két sor vesszőből font, mintegy



Agyagásás

2 m magas kör alakú kerítés, ún. *lésza*, amelynek közét agyaggal verték be. Ez képezte a kemence testét. Máshol vályogból készítették a falat. A kemence alját kőből rakták ki (átmérője 1,5–2 m).

A kiégetésre szánt edényeket kézzel kicsépeelt gabonaszalmára, zsúpra helyezték. A kemence megpakolása komoly hozzáértést igényelt. Gyakorta vették igénybe a sokat tapasztalt idősebb emberek segítségét, mivel a térnek gazdaságos kihasználása volt a cél. Általában alulra az ún. szálas edények kerültek (fazék, köcsög), felülre pedig a lapos edények (tányér, virágcserep, tál). A pakolás sorrendje azonban vidékenként változott.

A tűz számára több lyukat hagytak, középen *feneklyukat*, mellette oldalt egy-egy alsó lyukat. Feljebb, a kemence oldala mentén ugyancsak kialakítottak egy-egy melléklyukat. Az égetéshez leginkább gyertyán, tölgy és nyárfa volt alkalmas, de használtak bükköt, Süvetén még fenyőfát is. Az első égetés neve a *zsengélés, meffonnyasztás (foňastovali)* volt, ami mintegy 2–4 órán át tartott.

### Mázazás

A mázazást a *zsengélés* után gyorsan el kellett végezni. Az alapanyagot, a *glétet* vagy *galétet*, azaz ólom-oxidot az alsó-magyarországi bányavárosokból szerezték be (Selmecebányáról többnyire). Úgynevezett *tonnácskákban* vagy *gléstonnában* tartot-

ták. A mázanyag kétharmad része ólom-oxid, egyharmada pedig közönséges *hőmpölykő*, azaz kvarc, Gömörben *békasókó*. Licén csak vízből szedték a kvarckövet. Az első égetéskor fehérre égették, porrá őrlték, s így keverték meg a szintén összeőrölt ólom-oxidokkal. Az őrlés nehéz, fáradságos munka volt (18–20 órán át is forgatták a glétörllőt).

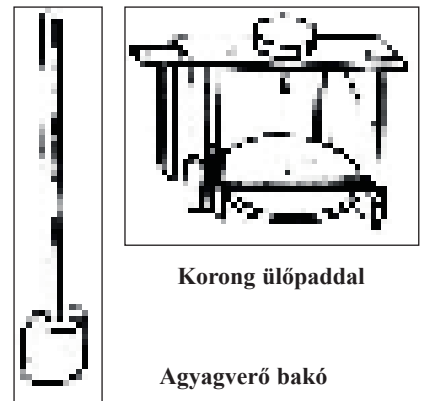
A *glétolás* során a mázport felhígították, s így öntötték rá az edény felületére. A második égetés neve *tisztálás* (ožehanie). Ezzel már nem kellett annyira sietni, a két égetés között akár egy év is eltelhetett. Ehhez az égetéshez száraz, hajalt fát használtak, mert annak könnyű volt a hamuja. (Előfordult, hogy némelyik edényt *elszitt* a tűz, *elkajult*, ezeket nem vitték a vásárba, hanem krumpliórt, gyümölcsért elcserélték).

A kész termékeket már csak el kellett adni. A gömői fazekasoknak a legfontosabb felvevő piaca évszázadokon át az Alföld volt.

### A süvetei fazekasmester

A nyári kézművestábor egyik szép programja az volt, hogy kirándulást tettünk Süvetére, ami régi fazekasmestereiről és körtemplomáról, rotundájáról híres.

Érdekes volt látni, hogy amit mi a táborban kicsiben, olykor ügyetlenül csinálunk,

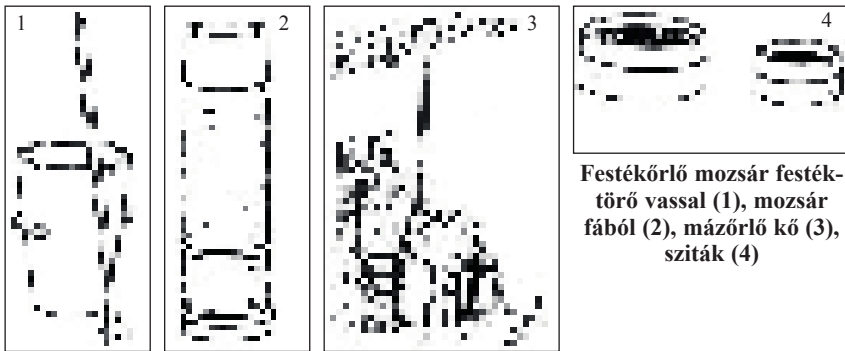


Korong ülőpaddal

Agyagverő bakó

azt Feri bácsi milyen hozzáértéssel, gyakorlott mozdulatokkal végzi. Ez adta az ötletet ahhoz, hogy alaposabban utánanézzek ennek a mesterségnek. Felkerestem, s nagyon nagy szeretettel számolt be munkájáról, s szívesen mesélt életéről is.

Feri bácsi egyszerű, közvetlen ember, aki valójában Rozsnyón született 1936. június 31-én. 1995-ig ott is élt feleségével, aki süvetei volt, majd 1995-ben költöztek a szülői házba. Süvetére való költözésük-



Festéklőrő mozsár festéktörő vassal (1), mozsár fából (2), mázórló kő (3), sziták (4)

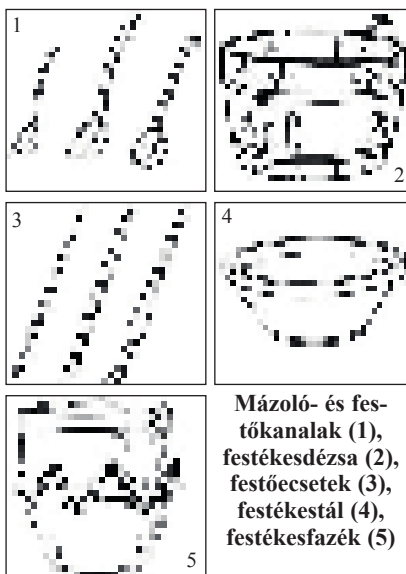
kor már csak két család foglalkozott fazekassággal. Eredeti foglalkozása villanszerelő volt, de nagyon sok minden érdekelte, többek között a barlangkutató is. Felesége nagypája volt fazekas, s nagyon sok mindent volt alkalma ellesni, megtanulni tőle. Kézügyessége már régebben megmutatkozott – első figyelemre méltó alkotása a krasznahorkai vár megformálása volt agyagból.

Elvitte Rozsnyón a bányászati múzeumba, ahol mindjárt ajánlatot kapott. Emléktárgyakat készített a környék turisztikai látványosságairól, mint a domicaei és a dobsinai barlang, a betléri kastély, a krasznahorkai vár.

Elárulta, hogy ötször annyit keresett az akkori megrendeléseivel, mint villanszerelőként. Ez utóbbi szakmájához is nagyon értett, mert gépeit, amelyek az agyagművességhez keltek, mind maga készítette. Igazi ezermester. Később, miután nyugdíjba vonult 1988-ban, több ideje juthatott az agyagművességre. Nagyon sok megrendése volt, ma azonban már csak raktárra dolgozik, ami azt jelenti, hogy alkalmanként ad el, ha felkeresik. Elmondása szerint az eladáshoz, az áru értékesítéséhez nem ért.

Mesélt az agyagásásról, de arról is, hogy miért lehet a környéken annyi agyag, hogyha gyárat létesítenének, több száz évre is elég lenne az. Elmesélte, hogy az ásás a lefűrés és mintavétel után következik, majd egy földmunkagép segítségével

egyszerre nagyobb mennyiséget ásnak ki, hogy sokáig kitarsson. Az agyag előkészítése szintén saját készítésű gépek segítségével, saját kikísérletezett technológia útján történik. Húsörlőhöz hasonló ma-



Mázoló- és festőkanalak (1), festékesdésza (2), festőecsetek (3), festékestál (4), festékesfazék (5)

sinája is van, és a szűrést követően még vákuumszivattyú segítségével is egészen sűrű, speciális anyagon átszűrni a szemcsék eltávolítása érdekében (a vizet szivattyúzza ki belőle, amikor már olyan, mint a sűrű tejföl). A megmunkálásra előkészített lég-

telenített agyagot műanyag zacskókban, kisebb adagokban tárolja. Saját készítésű gipszformái vannak, azok segítségével készíti az edényeit, attól függően – nyomkodva, ill. öntve –, hogy milyen edényt készít. Az öntőtnél fontos, hogy a minta száraz legyen, mivel az leszívja a nedvességet az agyagból. Néha utána is kell önteni.

A formából kiszed-

ve aztán acélrótos szerkezet segítségével, amely a kívánt magasságra állítható, egyformára vágja pl. a kancsókat, majd retusálja, lekapargatja a fölösleget, előkészíti a festéshez. A szárításhoz is a maga találmányát használja. Speciális segédeszközeihez sorolandók: infúziós tű, orvosi fecskendő, a minta kaparásához való eszközök, a pettyekhez szívacsfejű botocskák.

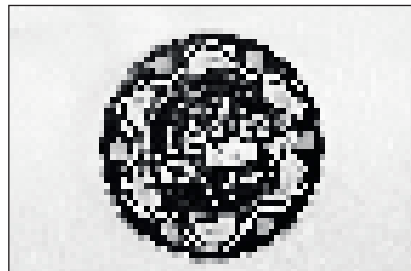
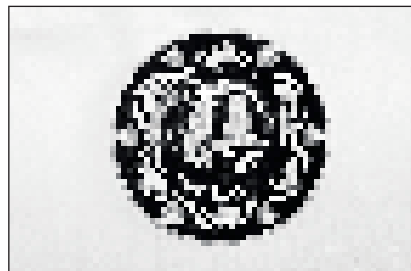
Szarka Ferenc bácsi 72 éves múlt, s szomorúan mondta el, hogy nincs a faluban sem, a családban sem, aki mesterségét továbbvinné. Raktárában pedig ott pihennek gondosan dobozokba csomagolva az érdeklődőkre, esetleg vásárlókra várva a szebbnél szebb agyagedények. ☞

*Köszönettel tartozom Szarka Ferencnek, hogy a munkámhoz szükséges adatokat rendelkezésemre bocsájította.*

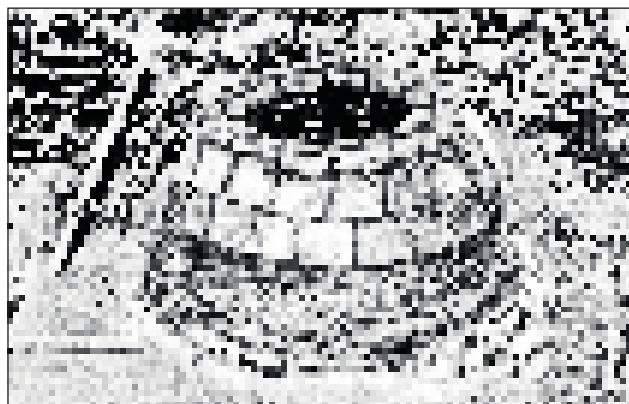
*Az írás diákpályázatunk Simonyi Károly alapította Kultúra egysége kategóriába érkezett pályamű.*

## Irodalom

Baraci Kovács István: Agyagkenyér  
Ortutay Gyula: Néprajz  
www.fazekasmester.hu



## Égetés



# Egy fejlődő nagyközség levegőminőségének vizsgálata zuzmótérkép alapján

SZANYI KÁLMÁN

Nagydobronyi Középiskola

Napjainkra korunk egyik legnagyobb problémájává a levegőszennyezés vált, ami rendkívül káros a környezetünkre, az élőlényekre és nem utolsósorban az emberre. A globális klímaváltozással foglalkozó kutatók túlnyomó része azt állítja, hogy a légkörbe jutó antropogén eredetű üvegházhatású gázok gyors és drasztikus éghajlatváltozást idéznek majd elő, sőt ez a változás már el is kezdődött, és a XXI. században a pozitív visszacsatolási mechanizmusok következtében fel fog gyorsulni (Kerényi, 2006). A szennyezetségek különböző forrásai vannak, amelyek származhatnak a természetből, például vulkánkitöréskor, vagy az emberek környezetátalakító tevékenységének következményeként. A legjelentősebb forrás az ipar (termelés, feldolgozás, közlekedés), rengeteg szennyezőanyag kerül a levegőbe. Azt gondolnánk, hogy ezek a problémák javarészt a nagyobb városokat érintik, de sajnos mára a kisebb településeken is megfigyelhető a hatásuk. Nincs ez másként szülőfalum, Nagydobrony tekintetében sem. A község levegőminőségét eddig még semmilyen formában nem vizsgálták, kutatással ezen szeretnék változtatni.

Középisikolásként elég korlátozottak a lehetőségeim, így sem költséges, sem speciális anyagszükségletű vizsgálatokat nem végezhetek. Ezért döntöttem úgy, hogy elkészítem Nagydobrony zuzmótérképét, ami egyszerűsége ellenére a valósághoz nagyon közeli értékeket adhat a község levegőminőségéről.

A zuzmók olyan indikátorok, amelyek előfordulásukkal vagy hiányukkal jelzik meghatározott faktorok minőségének változását. (Dukay – Dukay, 2002). A zuzmók zöldalgák vagy cianobaktériumok és gombafonalak együttéléséből létrejött telepes növények. Ez az együttélés olyan sajátosságos, hogy a zuzmók mind külső megjelenésükben, mind belső felépítésükben és bizonyos mértékig működésükben is jelentősen eltérnek a többi növénycsoporttól. Életműködésüket a levegő páratartalmának mennyisége és időszakos változása jobban meghatározza, mint a csapadék (Verseghy, 2003). Valószínűleg ennek köszönhető, hogy rendkívül jó indikátor. A zuzmókat növekedési formájuk szerint három nagy csoportra osztják: kéregtelepű zuzmók, leveles zuzmók, bokros zuzmók (Verseghy, 2003).

A zuzmók egyes fajai különlegesen érzékenyek a légszennyeződésre, ezért a legalkalmasabb szervezetek annak vizsgálatára. Az egyik legveszélyesebb levegőszennyező anyag a kén-dioxid, ez a gáz felelős többek között a savas esők kialakulásáért, és mér-

medence területén helyezkedik el. Ungvártól 42 km-re délkeletre, míg Munkácsról 23 km-re található a Latorca és a Szernye-csatorna között. Domborzata alapján síksági területnek tekinthető, tengerszint fölötti 105 m-es átlagos magassággal. A táj talajai túlnyomó



Nagydobrony madártávlatból

gező az emberi szervezetre. E gáz jelenlétét a legkönnyebben a zuzmók jelenlétével vagy hiányával lehet kimutatni. Ugyanis minél nagyobb a kén-dioxid koncentrációja a levegőben, annál kevesebb zuzmó él a környéken. A zuzmók mellesleg ki tudják mutatni a levegő hidrogénfluorid-tartalmát is.

Vizsgálataim során az alábbi célok megvalósítására törekedtem:

- zuzmófajok felmérése és zuzmótérkép készítése;
- zuzmótérkép alapján a különböző szennyezettségű zónák elhatárolása;
- az elkülönített zónák kialakulási okainak feltárása.

## Anyag és módszer.

### A vizsgálati terület jellemzése

Nagydobrony a Beregi-sík kárpátaljai részén fekvő, közel 6000-es lélekszámú település. Ukrajna nyugati csücskén, a Csap–Munkács-

részben fiatal folyami öntéseken létrejött, kevéssé kialakult képződmények. Az összes talaj közös jellege, amely a víz uralmát mutatja, az ingadozó talajvízszint nyomán kialakuló glej (Gönczy és mtsai, 2005). A környező területeken számos eltérő növénytársulás-típus található, amelyek ma még sok szempontból érintetlen, természeti értékekben gazdag élőhelyek (Szanyi, 2011).

Nagydobrony a valaha volt Szernye-láp peremterületén helyezkedik el. Már 1771-ben megkísérelték lecsapolását a mezőgazdasági hasznosítás érdekében. De a láp lecsapolása csak jóval később valósult meg, ezután a láp talaja kezdett kiszáradni. Ennek eredményeként sajnos már csak néhány hektáros területen figyelhető meg a lápra jellemző kotus fekete föld (Szanyi, 2011). A falu és a környező területek szinte teljesen körbe vannak véve mesterségesen kialakított csatornákkal, amelyek egyes részei időszakosan kiszáradnak. A területet továbbá kisebb-nagyobb tölcsérek, pocsoltyák tarkítják (Szanyi, 2011).



0-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	91-100%
1 pont	2 pont	3 pont	4 pont	5 pont	6 pont	7 pont	8 pont	9 pont	10 pont

1. táblázat. A borítottság pontszámának meghatározása

Mivel Nagydobrony környéke a Beregi-síkhöz tartozik, így a község és az azt körülvevő területek éghajlata nem tér el a Beregi-sík éghajlatától. A Beregi-sík az Alföld leghűvösebb, legcsapadékosabb része, és egyben egyike a leginkább kontinentális éghajlatú területeknek is (Simon, 1953). Az évi átlaghőmérséklet az Alföldön itt a leghűvösebb: 1941–1970 között átlagban 8,9 °C. A januári átlaghőmérséklet mindössze -3,2 °C, a júliusi átlag pedig 20,1°C volt ugyanabban az időszakban. A hőmérséklet átlagos évi ingása 23–24 °C között van. Az első őszi fagy átlagosan október 10–15. között köszönt be, míg az utolsó tavaszi fagy április 25-e táján jelentkezik. A csapadékmennyiség évi átlaga 609 mm, a tenyészidőszak csapadékmennyisége 389 mm. A legcsapadékosabb hónap a június (átlag 74 mm), de november folyamán jelentkezik egy kisebb másodmaximum is. Az utóbbi években történő klímaváltozás hatására viszont ezek az értékek megváltoztak. Mindezek alapján a Beregi-sík, így Nagydobrony és környéke is, a Köppen-féle klímarendszer szerint már a D-klímaövbé tartozik; a Walter-diagramok pedig azt mutatják, hogy éghajlata jellegzetesen kontinentális erdőklíma, csekély mértékű szubmediterrán hatással (Szanyi, 2011).

**Szennyező források**

**Közlekedés:** Nagydobrony keresztülzeli a Csap városát Munkáccsal összekötő forgalmas autót. Egész évben nagyon intenzív forgalom zajlik rajta, továbbá az agrártevékenység folytatásának hozományaként kora tavasztól késő őszi mezőgazdasági munkagépek haladnak át rajta. A községet több irányban is kisebb autótutak szelik át, amelyen szintén állandó a forgalom.

**Ipari tevékenység:** A község fejlődését szolgáló fejlesztések következtében telepített fűméggyár és az újra üzembe helyezett téglagyár működése során az alsó légrétegbe jutó szennyezőanyagok egyre károsabb hatást gyakorolnak.

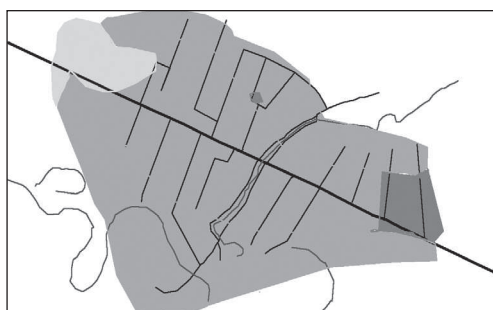
**Mezőgazdaság:** Nagydobronyban mindig is agrártevékenységgel foglalkoztak, ami a környező területek rendkívül jó minőségű termőtalajának köszönhető. De az utóbbi években a túlzott műtrágyázás, a monokultúras növények termesztése, a permetezőszerek nagy mennyiségű használata és a nehézgépek számának növekedése nagy megterhelést jelent a környezet számára.

**Kommunális szennyvíz:** A település nincs közművesítve, tehát a szennyvíz elvezetésének problémáját minden család maga oldja meg.

**Zuzmók gyűjtése, preparálása, meghatározása**

A legkönnyebben a talajon élő zuzmók gyűjthetők, hiszen ott csak le kell emelni a talajfelszínről. A kőzetten, illetve fakérgen élő zuzmókat éles késsel választjuk le az aljatról. Az azonos mintavételi területről származó anyagot egy borítékba kell helyezni, a törékenyebb fajokat külön-külön kis dobozokban rakjuk el. Minden borítékban el kell helyezni a pontos lelőhelyi adatokat.

Preparálni csak a bokros és leveles zuzmókat szokás. A preparált és nem preparált fajokat tárolókapuszulába helyezzük.



Nagydobrony zuzmótérképe

A zuzmókat még külső morfológiai bélyegeik alapján is nehéz felismerni szabad szemmel. A leveles és bokros zuzmók meghatározásához elegendő egy sztereomikroszkóp (Sebők, 2009).

**Levegőminőség-vizsgálat zuzmók segítségével**

A terepi munka első lépéseként ki kell választani azokat a fákat, amelyek:

- egy fajhoz tartoznak,
- hasonló korúak,
- egyenes törzsűek,
- tíz méteres környezetükben nincs zavaró tereptárgy,
- kérgük egészséges,
- nem parkban állnak.

0	Zuzmósvatag
1-35	Belső küzdelmi zóna
36-55	Középső küzdelmi zóna
56-79	Külső küzdelmi zóna
80-	Normál zóna

2. táblázat. A különböző zónákhoz tartozó LMI-értékek

Az említett tényezők hatással vannak az eredményekre. A kiválasztott fákat 50 cm-től 200 cm-ig terjedő magasságban vizsgáljuk, ez a sáv jelenti ugyanis az emberek életerét is. Az ez alatt található zónában nem a levegő szennyezettsége a zuzmók előfordulásának meghatározó tényezője, hanem a nitrogénben dús környezet, amelyet pl. a Lecanora-fajok kifejezetten kedvelnek. A 200 cm fölötti zónában a fák már általában elágaznak, ezért nem felelnek meg a vizsgálat számára. A mintavételezéshez az akác vagy a nyárfa a legcélszerűbb, egyszerű felismerhetőségüknek és gyakoriságuknak köszönhetően, de bármely más savas kérgű fafaj is használható. Az egyes telepeket a következő megfigyelési szempontok alapján vizsgáljuk, és az eredményeket adatlapon rögzíthetjük: a minta sorszáma; a vizsgálati hely pontos meghatározása; fafaj; telep mérete; típusa; színe; alakja; egyéb megfigyelések; zuzmófaj, -nemzettség (Dukay – Dukay, 2002).

A megadott kritériumok alapján vizsgált zuzmótelepeket Levegőminőség Index (LMI) mérőszámmal jelöljük. Az index kiszámításánál az egyes zuzmófajok kén-dioxidra való érzékenységet és a mintavételi helyek zuzmóval való borítottságát vesszük alapul:

$$LMI = Z_{\Sigma} \cdot B,$$

ahol  $Z_{\Sigma}$  az adott fán található zuzmótaxonok (faj, nemzettség) Z-értékeinek összege. Minden zuzmótaxonnak saját Z értéket adunk 1-től 10-ig, érzékenysége alapján.

**B** a fa teljes borítottsága, százalékos értékek alapján 1-től 10-ig pontozva (Dukay – Dukay, 2002).

**A borítottság meghatározása**

A vizsgálandó fákat 50-től 200 cm-ig vizsgáltuk, valamint 50, 125 és 200 cm-nél megmértük a fa kerületét. Az értékeket felhasználva kiszámoltuk az 50-től 200 cm-ig terjedő farészlet felszínét, ez az érték lesz a borítottság 100%-ának megfelelő terület, a későbbiekben majd ehhez viszonyítjuk a zuzmótelepek által elfoglalt területet. A borítottság könnyebb leméréséhez úgynevezett standardokat készítettünk. Ezek papírlapból készülnek, mert fontos, hogy követni tudják a fa egyenetlenségeit. Célszerű több standardot készíteni, mi az 1 cm<sup>2</sup>, a 25 cm<sup>2</sup>, az 50 cm<sup>2</sup> területűeket használtuk (Dukay - Dukay, 2002) (1. táblázat).

A zuzmók jelenlétén/hiányán alapuló levegőminőségi osztályokat öt különböző zónára oszthatjuk az LMI értékek alapján (2. táblázat).

### A munka menete

Kiválasztjuk a megvizsgálandó területet, és meghatározzuk, hogy a környéken van-e szennyező forrás.

	Faj neve	Gyakoriság (Z)- érték
1.	Hypogymniaphysodes	3
2.	Lecanora umbrina	1
3.	Parmelia sulcata	6
4.	Phaeophysciaorbicularis	8
5.	Physcia adscendens	4
6.	Physconiapulverulenta	2
7.	Xanthoria fallax	6
8.	Xanthoria parietina	5

3. táblázat

Választunk egy jó levegőminőségű területet referenciának.

A kiválasztott területen megkeressük a megfelelő fákat. (A nyárfá és az akác a leginkább megfelelő.)

A kiválasztott fákat megjelöljük a térképen.

Megkeressük, és meghatározzuk a fán a zuzmókat.

Meghatározzuk a borítási százalékot.

Kiszámoljuk a Levegőminőség Index értéket.

Elkészítjük a térképet.

### Eredmények

A Nagydobrony környékén regisztrált zuzmófajok jegyzéke:

*Hypogymnia physodes* – leveles zuzmó, a telep fonákja csupas, ráncos, kékesszürke (Dukay – Dukay, 2002). Főként lomblevelű fák törzsén található, a légszennyezettséggel szemben ellenálló. (Verseghy, 1994).

*Lecanora umbrina* – a lomblevelűek poros kérgén száraz, félsárnyékos helyen található, meglehetősen toxitoleráns (Dukay – Dukay, 2002). Élő és elhalt fák kérgén is, napos termőhelyen, az egész Alföldön gyakori (Verseghy, 1994).

*Parmelia sulcata* – leveles zuzmó, kékes vagy hamvas szürke színű, változatos telepű. (Dukay – Dukay, 2002). Lakott területen is előforduló, a lombos fák kérgén előforduló, széles ökológiai tűrőképességű faj. Az egész Alföldön elterjedt (Verseghy, 1994).

*Phaeophyscia orbicularis* – leveles zuzmó, amelynek telepe kerekded (Dukay –

Dukay, 2002). Lakott területen, lomblevelű fák törzsén található. Nagyon gyakori az Alföldön (Verseghy, 1994).

*Physcia adscendens* – leveles zuzmó, a telep karéjai kevésbé elágazóak (Dukay – Dukay, 2002). Lakott környezetben, lomblevelű fákon, kerítésen fordul elő. A légszennyezéssel szemben ellenálló, az Alföldön nagyon elterjedt (Verseghy, 1994).

*Physconia pulverulenta* – szabadon álló, repedezett kérgű fákon fordul elő, az Alföldön gyakori (Verseghy, 1994).

*Xanthoria fallax* – leveles zuzmó, a telep az aljzaton, lazán fekszik, szegélye citromsárga (Dukay – Dukay, 2002). Lomblevelű fákon, napfényes helyeken, főleg szubmontán régióban fordul elő (Verseghy, 1994).

*Xanthoria parietina* – leveles zuzmó, a nagy levelű telep leginkább sárga színű. Elég toxitoleráns faj (Dukay – Dukay, 2002). Emberi környezetben, fakérgen, fényben gazdag, száraz termőhelyen fordul elő. Az Alföldön gyakori, a légszennyezést jól tűri (Verseghy, 1994) (3. táblázat).

Nagydobrony környékén 40 fát vizsgáltam meg, amelyek alapján a meghatározott zónák az alábbiak szerint alakultak (4. táblázat).

A táblázatból rögtön kitűnik, hogy a legnagyobb részt a belső küzdelmi zóna teszi ki, míg a külső küzdelmi zóna értékei csekély méretűek. Nagyon furcsa az a tény, hogy a középső küzdelmi és normál zónát nem képviseli érték az általunk vizsgált minták egyikében sem.

	db	%	szín
Összes	40	100	
Normál	-	-	sötétzöld
Külső küzdelmi	5	12,5	világoszöld
Középsőküzdelmi	-	-	citromsárga
Belső küzdelmi	27	67,5	narancssárga
Zuzmósivatag	8	20	piros

4. táblázat

A térképen a piros szín a zuzmósivatagot, a narancssárga a belső küzdelmi zónát, a világoszöld pedig a külső küzdelmi zónát jelenti. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a falu szinte teljes egészében a szennyezett zónák valamelyikéhez tartozik. Ennek oka valószínűleg a már említett – a község területén található – szennyező források. Tovább növeli a szennyezettséget a fosszilis tüzelőanyagokkal való fűtés is. Elszomorító tény, hogy a vizsgálat során kapott eredmények alapján a középső küzdelmi zóna és a normál zóna teljesen

hiányzik, ami a levegőszennyezettség súlyosságára és a levegő magas kén-dioxid-tartalmára enged következtetni.

### Összegzés

A község környékének zuzmóflóra-felmérését követően megkaptuk a különböző szennyezettségi zónák elhelyezkedését. A kapott eredmények alapján három zónát különíthetünk el: zuzmósivatag, belső küzdelmi zóna és külső küzdelmi zóna. Szinte az egész település a belső küzdelmi zónába esik, ami a levegőminőség szempontjából viszonylag kedvezőtlen, de nem rossz. Ezen zóna kialakulásáért valószínűleg a közlekedés és a hagyományos tüzelés a felelős. Meglepő, hogy a falu Munkács felé eső végén van a zuzmósivatag, pedig a községi iparhoz tartozó üzemek és gyárak a falu Beregszász és Ungvár felőli végén találhatóak. Éppen ezek miatt érdekes az a tény is, hogy az ungvári részen található a külső küzdelmi zóna, ami a levegőminőség viszonylag kedvező állapotára utal, annak ellenére, hogy a közvetlen közelében található a fűtőgyár. Mivel bizonyos kérdések még megválaszolásra várnak, a terület további kutatását javaslom.

*Az írás szerzője diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájában III. díjat nyert.*

### Irodalom

- Dukay K. – Dukay I. (2002): Levegőminőség vizsgálat zuzmótérkép alapján. Göncöl Alapítvány, Vác.
- Gönczy S. – Orbán K. – Molnár J. (2005): Vizadó szintek földtani környezete és veszélyeztetettségi állapotfelmérése Beregszász környékén. A fenntartható vízgazdálkodás eszköztárának bővítése Mátészalka – Beregszász térségében. Lícium Art Kft. Debrecen
- Kerényi A. (2006): Általános környezetvédelem. Globális gondok, lehetséges megoldások. Mozaik Kiadó, Szeged
- Sebők T. (2009): Levegőminőség összehasonlítás zuzmótérkép alapján (Nagyhegyes és Tokaj településen); Diplomadolgozat, Debrecen
- Simon T. (1953): *Az Északi-Alföld erdői*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Szanyi Sz. (2011): A volt Szernye-láp környékének nagylepke-együttese és faunaösszetétele; Diplomadolgozat, Debrecen
- Verseghy K. (1994): Magyarország zuzmóflórájának kézikönyve. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest
- Verseghy K. (2003): Baktérium-, alga-, gomba-, zuzmó- és mohahatározó. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest – Zuzmók pp. 613-714. (Szerk.: Simon T.)

# Nanoméretű kihívások?

BEREKMÉRI EVELIN-SZILÁGYI RÉKA

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Gondoltuk volna húsz évvel ezelőtt, hogy mára ilyen könnyen elérhetővé válik a nanotechnológia, és akár a háztartásunkban is megtalálhatóak lesznek a termékei? Alaposabban körülnézve közvetlen környezetünkben, naponta találkozhatunk ennek a merőben új tudományágnak a vívmányaival. Kutatók ezrei foglalkoznak ve-

solhatnak. Ettől a tudományágtól várják a gazdasági válság megoldását és a rák hatékonyabb gyógyítását. Amerikai tudósok szén-nanocsövek használatával megoldották a napenergia szinte korlátlan ideig való tárolását, a jelenlegi akkumulátorok kapacitását százszor felülmúlva. Egy kutatócsoport egy olyan cink-

szövet is képes lesz az energia tárolására. Tajvani kutatók arany nanorészecskékkal oltott fákkal kísérleteznek, amelyek az elmélet szerint vöröses fényvel világítanak, csökkentve az igényt az utcai lámpákra. Ez egyszerre csökkentené energiafüggőségünket, a fényszennyezést és még több szén-dioxidot köt meg a levegőből. Bár ez nagyon népszerű kutatási témának számít, a világító fákra még várunk kell.

Nanorészecskéket alkalmaznak az újonnan nagy népszerűségnek örvendő öntisztuló felületek létrehozásánál is. Az egyik ilyen módszer lényege, hogy a felületek a természetet imitáló lótusz-effektusnak köszönhetően víztaszítóvá válnak, így tisztításuk is sokkal egyszerűbb, ami víz- és energiatakarékosághoz vezet. A jelenség nevét a lótusz növényről kapta, amely képes megőrizni tisztaságát még a legpiszkosabb környezetben is, leveleit és virágát víz és egyéb folyadékok nem nedvesítik, hanem egy olyan csepp képződik rajtuk, ami nem tapad meg, leperreg, és a felületen található porszennyeződést is eltávolítja (3. ábra). A lótusz-effektus felfedezője a Bonni Egyetem kutatója, *Wilhelm Barthlott*, aki rájött arra, hogy a lótusz növény levelének olyan a mikroszerkezete,

**A látótérben az elpusztult sejtek és az összes sejt aránya százalékban kifejezve**

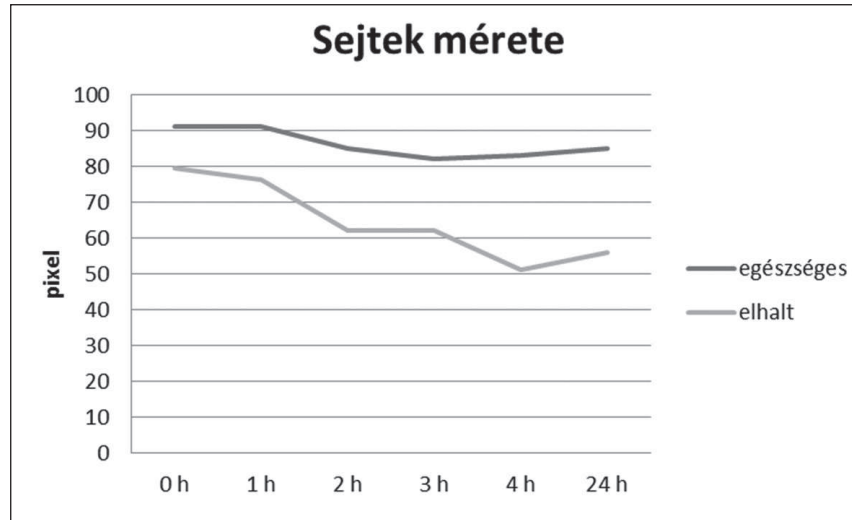


1. diagram

le, innovációk százait ígérve. Ehhez képest azonban kevés biztos adattal rendelkezünk a nanorészecskék veszélyeiről, körülveszük magunkat velük anélkül, hogy tudnánk milyen hatással lehetnek környezetünkre vagy saját szervezetünkre. Ez indította el önálló kutatásunkat, amelyben az élesztőgombák életképességét vizsgáltuk egy nanoszeres környezetben, és amely meglepő eredményekhez vezetett.

Mielőtt a témába részletesebben is elmélyednénk, ejtsünk néhány szót a *nanotechnológia* fogalmáról. Ez a meglehetősen új tudományág magában foglalja az atomi, molekuláris, és makromolekuláris objektumok kutatását és fejlesztését. Egy nanométer a nemzetközi mértérendszerben (SI)  $10^{-9}$  méter (1. ábra). Az ilyen kicsi méretek világában azonban az anyagok viselkedése megváltozik, tehát furcsa, újszerű tulajdonságokra tesznek szert, amelyeket bár meglévő ismereteink alapján ritkán láthatunk előre, számos új lehetőséget ígérnek.

A nanotechnológia segítségével már tudunk vizet tisztítani, felületeket kezelni, anyagokat felépíteni atomokból, és még

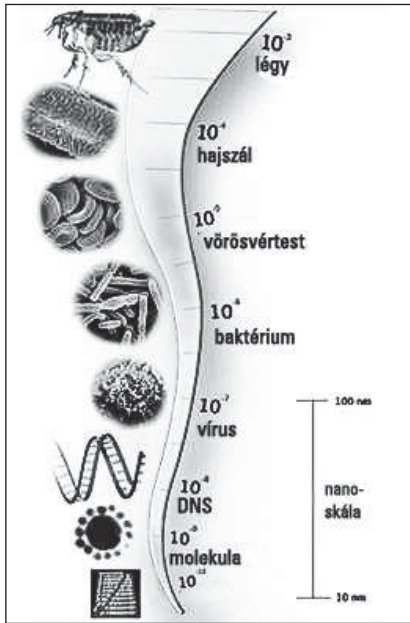


2. diagram

oxidos nanoszál generátort hozott létre, amely hajlításra, nyomásra képes áramot termelni, körülbelül annyit, mint egy átlagos ceruzaelem (2. ábra). Ezt továbbfejlesztve, a jövőben egy darab papír vagy

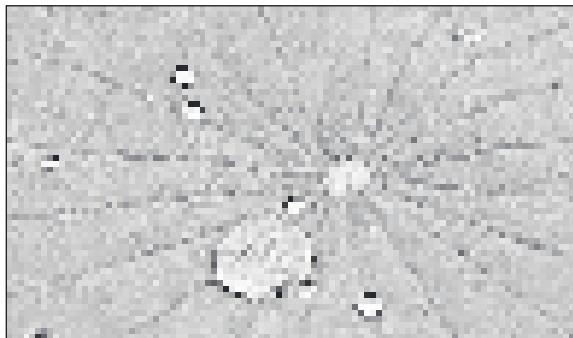
amely víztaszítóvá, azaz szuperhidrofóbbá teszi a felületet. Ez a különleges struktúra a növényi részekben lévő mikroszkopikus méretű (5–10 mikrométer) kiemelkedések szabályos mintázata, amely lehetővé



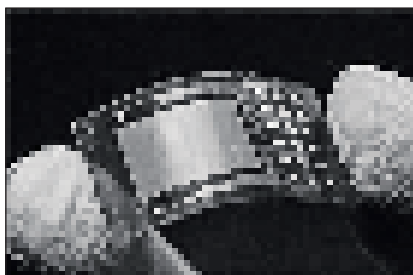


**1. ábra. A nanométer szemléltetése**  
(Forrás: [www.discovernano.northwestern.edu](http://www.discovernano.northwestern.edu))

teszi, hogy a por és egyéb anyagok megakadnak és nem érnek a felülethez (4. ábra). A jelenség felfedezése óta eljárásokat próbálnak kidolgozni a természetet utánzó, nanoméretű kiemelkedésekkel mintázott felület előállítására. Ilyen például a „folyékony üveg” technológia, amelyet akár otthon is kipróbálhatunk textilfelületeken, az erre kifejlesztett, üzletben megvásárolható permetezőszórával. Alapanyaga töb-



**3. ábra. A lótoszvirág különleges viselkedése**  
(Forrás: [www.loupiote.com](http://www.loupiote.com))



**2. ábra. Cink-oxidos nanoszálak generátor**  
(Forrás: [www.zoldtechnologia.hu](http://www.zoldtechnologia.hu))

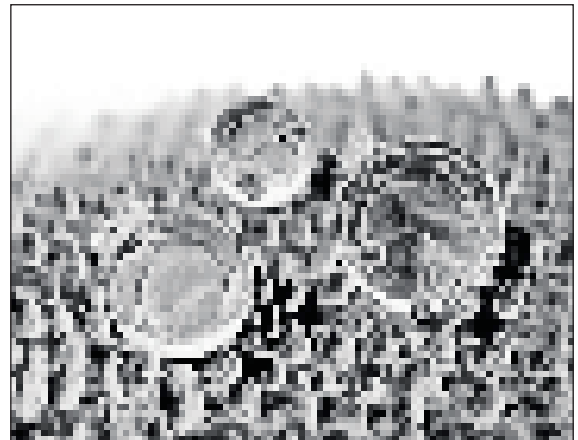
bek között a szilícium-dioxid, az egyszerű homok összetevője, amely egy hármas (nanoméretű) réteget képez a felületen.

Az alkalmazási területe szinte végtelen: autóüvegre, autólakkra, felnire, ablaküvegre, műanyagra, ruházati cikkekre, fa-, kő-, padlófelületre, graffiti eltávolítására, képernyőre, fegyverre, párávédelemre használható.

Ezek az új anyagok azonban akarva-akaratlanul bekerülhetnek környezetünkbe, a felületek kopásával, az anyag előállításával. Emellett más, nem kívánatos melléktermékként keletkezett ultrafinom részecskék is lassan kikerülnek a természetbe: a vizekbe és a légkörbe. Ezek jöhetnek álló forrásokból (kazánok, kohók, főzés, cigaretta stb.) vagy akár ásványi fűtőanyagokkal üzemeltetett járművektől, keletkezhetnek ipari folyamatok (kohászat, nagy energiájú mechanikai folyamatok) melléktermékeként vagy légköri átalakulások során.

A nanorészecskék a környezet és az emberi egészség számára akkor a legveszélyesebbek, ha a levegőben vannak jelen. A tüdő szövete nem olyan ellenálló a környezeti behatásokkal szemben, mint a bőr vagy a bélrendszer, így ezek az ultrafinom részecskék ott tehetik a legnagyobb kárt. Kis mé-

Initiative) internetes oldalán olvashatjuk, hogy az intézmény 2005 és 2013 között 650 millió USD-t szándékozik a környezeti, egészségi és biztonsági problémák vizsgálatára fordítani.



**4. ábra. Különleges mikroszerkezet**  
(Forrás: [wikipedia.org](http://wikipedia.org))

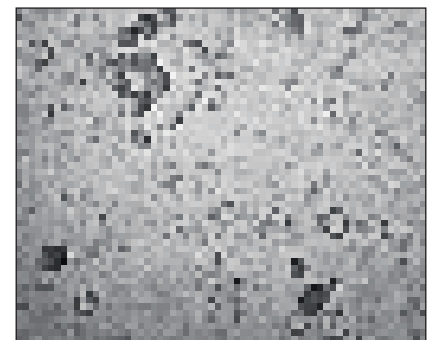
A már említett folyékony üveges termékekre visszatérve, internetes cikkekben állítják róla, hogy „visszaforgatásakor sem távozik semmilyen negatív anyag a földre”, és akár „vissza is kerülhet a természetbe, mindenféle negatív hatás nélkül” [6,7]. Erről mi a saját szemünkkel akartunk meggyőződni, így kísérleteink alanyául egy ilyen terméket használtunk („Nano technologie”, textilfelületre).

A nanoszer mikrokozmoszra való hatásának vizsgálatára az élesztőgombákat (*Saccharomyces cerevisiae*) választottuk ki. Az élesztősejtek az állati sejtekhez hasonlóan eukarióta sejtek, de a növényi sejtekre jellemzően sejtfaluk van. Az élesztő tulajdonképpen gomba, amely egyben egy könnyen hozzáférhető kísérleti alany is.

Az adatok elkészítésekor 100 ml víz-

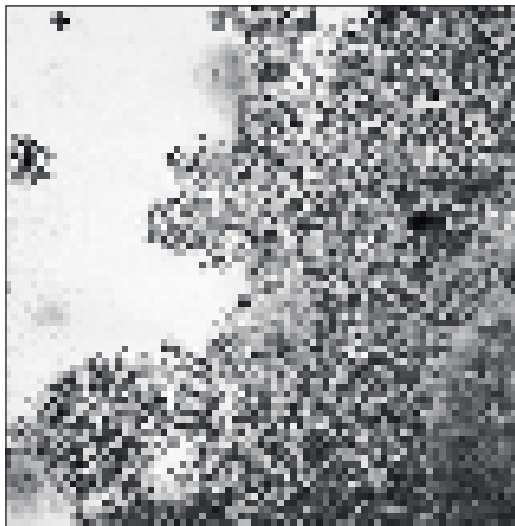
retüknek és nagy diffúziós képességüknek köszönhetően a nanorészecskék lerakódhatnak a légzőszervek minden részébe, ahonnan a szövetközi részekeken keresztül behatolhatnak az ér- és nyirokrendszerbe, majd más szervekbe, gyulladásos reakciót váltva ki. A részecskék azon fizikai-kémiai tulajdonságairól, amelyek a káros hatásért felelősek, azonban csak feltevéseink vannak. Az ultrafinom részecskék mérete, lerakódási és tisztulási sebessége, a felület nagysága mind befolyásoló tényezők.

Környezeti hatásokról szintén keveset tudunk, így kibocsátása ismeretlen következményekkel járhat. A nanorészecskék környezeti hatásainak vizsgálatára kevés pénzt és figyelmet fordítanak: 2003-ban az Egyesült Államokban a nanotechnológiába befektetett 700 millió USD-ből csupán 200 000 USD-t költöttek erre a célra. A Nemzeti Nanotechnológiai Kezdeményezés (National Nanotechnology

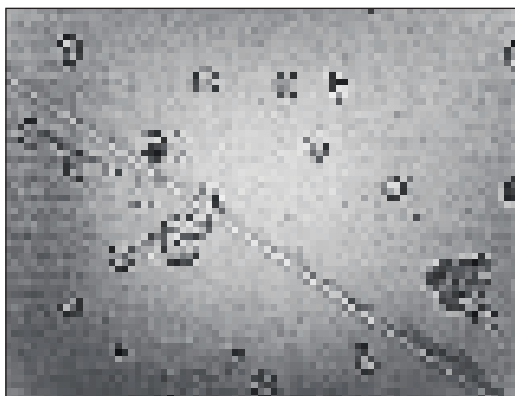


**5. ábra. Élő és halott sejtek közti különbség: az elpusztult sejt nem képes kilőlni magából a metilénkékét**

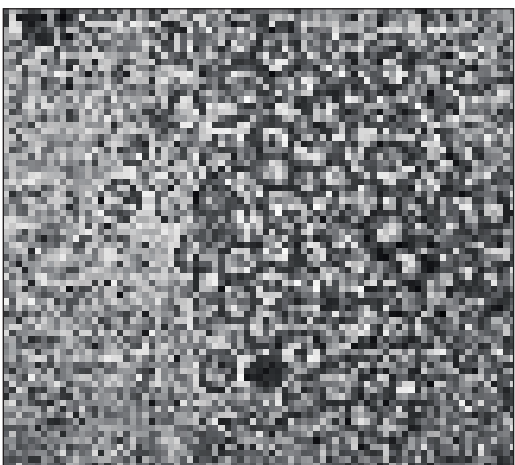
hez keverünk 0,2 g élesztőgombát. Az egyik oldatba nanoszeret csöpögtetünk, a másikat kontrollként használjuk. Óránként készítünk mintákat, amelyhez 0,1%-os



6. ábra. Sejtek aggregálódása a nanoszer hatására 200-szoros nagyításban



7. ábra. A kontrolloldatban nem aggregálódnak a sejtek



8. ábra. A vízvesztés következtében a sejtek szögletesebbek lesznek

metilinkéket adagolunk, és 5 percet várunk a sejtek elhelyezkedésére és a metilinkék hatására.

elhalt sejtek vizet veszítenek, és ezzel jelentősen csökken átmérőjük (akár 30 pixellel).

Ha a sejt felveszi a metilinkéket, azaz megszíneződik, azt jelenti, hogy már nem képes magából kilökní a festékanyagot, így halottnak tekinthető. Ily módon különböztetjük meg az élénk, sötét-kék halott sejtet a fehér vagy a (metilinkékes oldat miatt) világoskék élő sejtől (5. ábra).

A metilinkék is pusztíthatja a sejteket: megakadályozza a légzési folyamatot, aminek következtében a sejt nem tud több energiát termelni, így elhal. Éppen ezért a kontrolloldatot, amelyben a sejt elhalás csak a metilinkék következtében történhet, összehasonlítjuk a nanoszeres oldattal, amelyben az elpusztult sejtek többletét a szer okozza.

A kísérlet következő lépéseként óránként vizsgáljuk a látótérben a halott sejtek számát, és az összes sejt számát, és ezt százalékban fejezzük ki.

Optikai mikroszkóp segítségével megvizsgáljuk a sejtek méreteit és képeket készítünk róluk. Akár szabad szemmel is észrevehető, hogy a sejtek aggregálódnak, azaz összetömörülnek a szer hatására (6-7. ábra). Ezért bizonyul ésszerű döntésnek, hogy az élő és az elpusztult sejtek arányát vizsgáljuk, illetve, hogy több helyről is mintát vegyünk. A minták elkészítése után a munkamódszer szerint 5 percet várunk a sejtek elhelyezkedésére.

Az 1. diagramról egyértelműen leolvasható, hogy a nanoszer hatására a sejtek akár 40%-a is elpusztulhat. A 24 óra utáni csökkenés vagy azzal magyarázható, hogy az élesztősejtek vízvesztés után „újjaéledhetnek”, azaz visszaszívhatják magukba a vizet vagy az aggregálásnak köszönhetően egyenlőtlenül oszlanak el.

A 2. diagram a sejtek méretének csökkenését mutatja be. Az idő elteltével láthatóan az egészséges sejtek mérete egyenletesen, maximum 10 pixellel csökken (a kamera 800-szoros nagyítása esetén 10 pixelben érzékelhető). Ezzel ellentétben a nanoszer miatt

Észrevehető, hogy a kritikus időintervallum 3 és 4 óra között van: a halott sejtek száma ekkor a legnagyobb az élő sejtek számához képest, ugyanakkor a méretbeli különbség is ekkor a legjelentősebb. Érdekesképpen megfigyeltük, hogy a sejtek a vízvesztés következtében szögletesebb alakot vesznek fel (8. ábra). Leginkább ez is a 3 órás oldatnál volt jellemző.

Következtetésképpen levonhatjuk, hogy az innovációkkal berobbanó új tudományág tartogat meglepetéseket: a nanorészecskéknek immár bizonyítottan negatív hatásuk van a mikrobiológiai környezetre. A nanorészecskék elvonják a sejtektől a vizet, ez méretbeli, formai és vitális változásokat okoz: a sejtek összezsugorodnak, szögletesebbek lesznek, aggregálódnak, illetve jelentős mértékben elpusztulnak. Kutatásunk legyen felkiáltójel egy tudatosabb bánásmóddhoz az ismeretlen szerekkel és a környezettel szemben.

*Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájába érkezett pályamű.*

#### Irodalom:

1. „Nanoforradalom: a természet ajándéka, avagy biliárd az atomokkal és a DNS-sel”, Dr. Bíró László, 2000.03.11.
2. „Így ihatnánk meg a tengervizet”, Pesty Gábor, 2011.06.08.
3. Schultz György: „A nanorészecskék és a környezet”
4. Dr. Pándics Tamás: „A nanorészecskék környezetegészségügyi hatásainak elemzése”, Egészségtudomány, LII. évfolyam, Budapest, 2008, 3. szám
5. Európai Bizottság: „Nanotechnológia – Innováció a holnap világa számára” [http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html)
6. <http://www.slh.hu/?p=1193> „Folyékony üveg termékcsalád – Innováció Németországból”.
7. [http://nanotechnika.blog.hu/2011/06/15/mitol\\_mas\\_a\\_folyekony\\_uveg\\_technologia](http://nanotechnika.blog.hu/2011/06/15/mitol_mas_a_folyekony_uveg_technologia) „Mitől más a folyékony üveg technológia” 2011.06.15.
8. <http://zoldtechnologia.hu/category/technologia/nanotechnologia> „Nanogenerátor, használható mennyiségű árammal” 2011.04.01. „Világító fák vehetik át az utcalámpák helyét”, 2010.10.12.
9. <http://www.nano.gov/nanotech-101/nanotechnology-facts> Nano.gov, National Nanotechnology Initiative