

MAGYAR TUDOMÁNY

- Magyar innovációk és módszerek a STEAM-alapú oktatásban
- Ukrajna középkori gyökerei
- Mályusz Elemér, a magyarországi Zsigmond-kutatás kiemelkedő képviselője



MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

A folyóirat a magyar tudomány minden területéről közöl tanulmányokat, egyes témákat kiemelten kezelve. A folyóirat célja összképet adni a tudományos élet eredményeiről, eseményeiről, a kutatás fő irányairól és a közérdeklődésre számot tartó témákról közérthető formában. Alapítási éve 1840.

Szerkesztőség

Magyar Tudomány
Magyar Tudományos Akadémia
Telefon/fax: (06 1) 459 1471
1051 Budapest, Nádor utca 7.
E-mail: matud.szerkesztoseg@gmail.com

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

Akadémiai Kiadó, 1519 Budapest, Pf. 245
Telefon: (06 1) 464 8240
E-mail: journals@akademiai.com
Előfizetési díj egy évre: 12 816 Ft

Hirdetések felvétele: hirdetes@akademiai.hu

© Akadémiai Kiadó, Budapest, 2023

Printed in the EU

MaTud 184 (2023) 11

MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

BOLLOBÁS ENIKŐ

Szerkesztőbizottság

BAZSA GYÖRGY, BORHY LÁSZLÓ, BOZÓ LÁSZLÓ, CSABA LÁSZLÓ
HAMZA GÁBOR, HARGITTAI ISTVÁN, KECSKEMÉTI GÁBOR, KENESEI ISTVÁN
MOLNÁR ANTAL, PÉCELI GÁBOR, PLÉH CSABA, RÓNYAI LAJOS
SARKADI BALÁZS, SIMON FERENC, SOLTI LÁSZLÓ, SPÁT ANDRÁS

Vezető szerkesztő

GEIGER ILDIKÓ

Felelős szerkesztő

SZABÓ ÉVA ESZTER

Szaklektorok

HEGYI PÁL, SZABADOS LÁSZLÓ, TERNÁK GÁBOR

Rovatvezetők

GIMES JÚLIA (Kitekintés), SIPOS JÚLIA (Könyvszemle)

Olvasószerkesztő

MAJOROS KLÁRA



AKADÉMIAI KIADÓ



Megjelenik
a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával

HU ISSN 0025 0325

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Zrt. igazgatója

Felelős szerkesztő: Pomázi Gyöngyi

Olvasószerkesztő: Hidalmási Anna

Korrektúra: Török Tünde

Termékmenedzser: Egri Róbert

Fedélterv: xfer grafikai műhely sorozattervének felhasználásával Berkes Tamás készítette

Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás

Megjelent 12,16 (A/5) ív terjedelemben

Tartalom

Tematikus összeállítás: STEAM (Science–Technology–Engineering–Art–Mathematics) Magyar innovációk és módszerek a STEAM-alapú oktatásban

VENDÉGSZERKESZTŐ: Saxon Szász János

Saxon Szász János

BEVEZETŐ 1351

Dárdai Zsuzsa

POLY-UNIVERSE + PUSE + PUNTE 1358

Lakos Dániel

**ANALOGUE GAME FOR DIGITAL MINDS –
A LOGIFACES JÁTÉK ALKALMAZÁSA A KÖZOKTATÁSBAN** 1371

*Gyarmathy Éva, Mérő László, Kovács Kristóf, Kökényesi Imre, Petró Panna,
Póka Tünde, Fenyvesi Kristóf*

**A MONDRIAN BLOCKS JÁTÉK ALKALMAZÁSA AZ OKTATÁSBAN
ÉS A KOGNITÍV TESZTELÉSBEN** 1382

Stettner Eleonóra

**MAGYAR FEJLESZTÉSŰ OKTATÁST SEGÍTŐ ESZKÖZÖK ÁLTAL
INSPIRÁLT DIGITÁLIS ÖTLETEK** 1394

Juhász Lítza

**ÓRIÁSOK VÁLLÁN ÁLLUNK. A VASARELY-MŰVEK MINT
OKTATÁSI ESZKÖZÖK** 1405

Szilágyi Szilvia, Körei Attila

**SPECIÁLIS SÍKGÖRBÉK RAJZOLÁSÁHOZ FEJLESZTETT
OKTATÁSI ROBOTOK** 1413

Bánkuti Gyöngyi

A GÖMBSAKK MINT LEHETSÉGES OKTATÁSI SEGÉDESZKÖZ 1423

Tanulmányok*Font Márta***UKRAJNA KÖZÉPKORI GYÖKEREI** 1434*Varga Péter, Győri Erzsébet, Fodor Csilla, Timár Gábor***A 2023. FEBRUÁR 6-I TRAGIKUS TÖRÖKORSZÁGI–SZÍRIAI
FÖLDRENGÉSEK ÉS A TÖRTÉNETI SZEIZMOLÓGIAI ESEMÉNYEK
KUTATÁSÁNAK FONTOSSÁGA** 1445**Megemlékezés***Erős Vilmos***MÁLYUSZ ELEMÉR, A MAGYARORSZÁGI
ZSIGMOND-KUTATÁS KIEMELKEDŐ KÉPVISELŐJE** 1457**Könyvszemle****DIETRICH VON ENGELHARDT: MEDIZIN IN ROMANTIK
UND IDEALISMUS***Orvoslás a romantika és az idealizmus korában – Gurka Dezső* 1467**GELENCSÉR ANDRÁS: ÁBRÁNDOK BŰVÖLETÉBEN.****A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS KORLÁTAI – Horváth László** 1471**BENE SÁNDOR, DOBOS ISTVÁN (SZERKESZTŐK): FOLYTONOSSÁG****ÉS MEGSZAKÍTOTTSÁG A MAGYAR KULTÚRÁBAN – Kulesár Szabó Ernő** 1475**Kitekintés**

1478

Tematikus összeállítás

STEAM (Science–Technology–Engineering–Art–Mathematics) MAGYAR INNOVÁCIÓK ÉS MÓDSZEREK A STEAM-ALAPÚ OKTATÁSBAN

HUNGARIAN INNOVATIONS AND METHODS IN STEAM-BASED EDUCATION

VENDÉGSZERKESZTŐ: SAXON SZÁSZ JÁNOS

BEVEZETŐ

INTRODUCTION

Saxon Szász János

a Széchenyi Akadémia rendes tagja, képzőművész, feltaláló, szerkesztő, múzeumalapító
saxon.polyuniverse@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

A tudomány, technológia, mérnöki ismeret, művészetek és matematika integrációja napjainkra egyre fontosabbá vált a közoktatásban. A STEAM (Science–Technology–Engineering–Art–Mathematics) világszerte elterjedő pedagógiai módszertana a játékos és élményszerű tanításra, az interdiszciplináris problémamegoldó képességek fejlesztésére irányul, segíti a tanulók együttműködését a különböző tantárgyközi, tudományközi kérdések megoldásában, elsajátításában. A STEAM a 21. században nemcsak hatékony eszköz, hanem a mai tanulás egyik legfontosabb célja is. A *Magyar innovációk és módszerek a STEAM-alapú oktatásban* című tematikus összeállításunk szerves folytatása a Széchenyi Irodalmi és Művészeti Akadémia közreműködésével eddig megjelent tudomány–művészet tematikus sorozatnak. Jelen számunk – a teljesség igénye nélkül – bemutatja a közoktatásban egyre inkább elterjedt STEAM-alapú innovációkat és módszereket, feltárja az eszközök gyakorlati lehetőségeit, a módszerek interdiszciplináris kapcsolatrendszerét, az alkalmazások hatékonyságát az oktatásban.

ABSTRACT

The integration of science, technology, engineering, arts, and mathematics has become increasingly important in public education. STEAM (Science–Technology–Engineering–Art–Mathematics) is a worldwide pedagogical methodology that focuses on playful and experiential learn-

ing, developing interdisciplinary problem-solving skills, and helping students to collaborate in solving and mastering different subject areas and interdisciplinary issues. STEAM is not only an effective tool in the twenty-first century, but also one of the most important goals of learning today. The thematic compilation *Hungarian Innovations and Methods in STEAM-based Education* is an integral continuation of the thematic series *Science and Art* published in cooperation with the Széchenyi Academy of Arts and Letters. The present special collection of studies presents—without any claim to completeness—the STEAM-based innovations and methods that are becoming more and more widespread in public education, explores the practical possibilities of the tools, the interdisciplinary interconnection of the methods, and the effectiveness of the applications in education.

Kulcsszavak: STEAM, interdiszciplináris, oktatás, Bauhaus, innovációk, analóg, ML

Keywords: STEAM, interdisciplinary, education, Bauhaus, innovations, analogue, ML

A STEAM-ALAPÚ OKTATÁS JELLEMZŐJE

A STEAM egy angol mozaikszó, amely a következő tudásterületeket foglalja magába: *science* (tudomány), *technology* (technológia), *engineering* (mérnöki tudományok), *arts* (művészet, design), *mathematics* (matematika). A STEAM-alapú oktatás Amerika és Ázsia mellett ma már erősen jelen van Európában is, kiemelten a skandináv iskolákban.

A STEAM-alapú oktatás célja a holisztikus látásmód megőrzése és az algoritmikus gondolkodás erősítése mellett, hogy a tanulók kreatívabban alkalmazzák a digitális világ nyújtotta lehetőségeket, hogy a technológia által újra és újra átformált világ előnyeit kihasználhassák, és képessé váljanak a jövőben maguk alakítani azt. A tárgyi kultúrában élve a tradicionális tárgykészítés és a különböző innovatív technológiák ötvözésével a kreatív alkotáson keresztül fejlődjék több dimenzióban a gondolkodás képessége, valamint a digitális és analóg eszközhasználat párhuzamos összekapcsolásával táguljanak ismereteik. A STEAM a játékos és élményszerű oktatásra, az interdiszciplináris problémamegoldó képességek fejlesztésére irányul, segíti a tanulók együttműködését a különböző tantárgyközi, tudományközi kérdések megoldásában, elsajátításában.

A tanulás eddig megszokott kötelező sémái helyett a tanulók a technikai, gyakorlati feladatokra összpontosítanak. Azt tanulják meg, hogyan oldják meg a feladatokat – nemcsak elméletben, hanem a gyakorlatban is – próbálgatások és a hibák felfedezése útján, így fejlődik együttműködő és interdiszciplináris problémamegoldó képességük. A hagyományos szemléletű oktatással ellentétben, a STEAM-alapú foglalkozások sokkal nagyobb önállóságot biztosítanak a tanulóknak, a tudás gyarapodását kevésbé befolyásolja a diák és a tanár közötti kapcsolat. Ennek köszönhetően a gyermek megtanulja az önállóságot, saját döntéseket hoz,

és felelősséget vállal értük. Az elsajátított magas tudományos ismeretek pedig lehetővé teszik, hogy kreatív újtóként lépjen be a társadalomba, ne csak a fejlődés kiszolgálója, de motorja is lehessen.

A STEAM-ALAPÚ OKTATÁS ELŐDJÉNEK TEKINTHETŐ A BAUHAUS ÖSSZEGZŐ PEDAGÓGIÁJA

A 20. század legmeghatározóbb művészeti irányzata a konstruktivizmus, amely elsősorban építészeti és képzőművészeti irányzat volt. Célja a világ geometrikus absztrakción alapuló újraépítése, a világállapotot jellemző rendezetlenség és káosz felszámolása. Ideálja az új ember konstruktív életmódja volt az új világban. Értékrendje a funkcionális művészet, a célszerűség és a társadalmi hasznosság esztétikum fölé helyezése, ezért az autonóm és az alkalmazott művészetek közötti határvonalat eltörölte, mindehhez felhasználta a 20. század elejére hozzáférhető tudományos-technológiai vívmányokat.

Az első gyakorlati megvalósulás helyszíne a „Bauhaus” (építőház) elnevezésű, funkcionalista szemléletű német művészeti iskola volt. A csoport Weimarban (1919–1926), ezután Dessauban (1926–1933) működött, majd 1937-ben Chicagóban telepedett le. Célja: az igényeket magas szinten kiszolgáló produktumok létrehozása, korszerű technológiákkal, nyersanyagokkal.

A konstruktivizmus rakta le a modern építészet és ipari formatervezés alapjait is. Ideálja az összművészet volt. A gipsz-, fa- és bronzszobrok mellett a megmunkáló műhelyekben elektromossággal működő, hang- és fényjeleket sugárzó mozgó szobrokat, mobilokat is készítettek. Moholy-Nagy László fény-tér modulátoraiban könnyű, áttetsző plexivel kombinálta a mozgó fémötvözeteket. A fizikai terhelés mellett jutott idő és hely a színházi kísérletezésekhez, díszlet- és jelmeztervezéshez is. Megszületett a Bauhaus színháza, amelynek Oskar Schlemmer kísérletei további fejlődést biztosítottak. A fotó és a film új médiumokként szerepeltek a Bauhaus programjában.

Breuer Marcell, Kepes György és Moholy-Nagy László, a magyar művészetpedagógia kiemelkedő alakjai is a Bauhaus professzorai voltak, művészeti nevelési elveik mintegy előhírnökei voltak a 21. század összegző elképzelésének, a STEAM-nek. Kepes György szerint egyszerre kell rendelkezünk a tudós agyával, a festő szemével és a költő szívével...

MAGYAR INNOVÁCIÓK ÉS MÓDSZEREK A STEAM-ALAPÚ OKTATÁSBAN

A Magyar innovációk és módszerek a STEAM-alapú oktatásban tematikus összeállításunk szerves folytatása a Széchenyi Irodalmi és Művészeti Akadémia közreműködésével eddig megjelent MATUD-sorozatnak: *Művészet/tudomány*

határterületek az alkotásban (képzőművészeti szám, 2021/8); Tudomány és zene: egy tartós és sokszínű kapcsolat (2022/3); A lehetséges változatok, A Széchenyi Irodalmi és Művészeti Akadémia konferenciája a versfordításról (2023/5); Tudományos és alkotói-művészi megközelítéseket integráló nézőpontok az építészetben (2023/6). A lap jelen száma a STEAM-alapú oktatásban már elterjedt néhány magyar innováció ismertetésére fókuszál, kitér az eszközök gyakorlati megvalósítására, a módszerek interdiszciplináris megoldásaira és alkalmazásainak hatékonyságára.

Az ismertetésnek ugyan nem témája, de mindenképpen szólnunk kell a Rubik-kocka és a Kaliforniai Egyetem kapcsolatáról, amely során egy kutatócsapat a bűvös kocka segítségével kísérleti autodidakta ML- (machine learning)¹ anyagot hozott létre a gépi tanulási algoritmus fejlesztéséhez. A Rubik-kockára a góhoz vagy a sakkhöz képest viszonylag egyszerű olyan algoritmust írni, amely vilámgyorsan megadja egy véletlenszerűen megkevert kocka leggyorsabb megoldását. A kutatócsoport autodidakta iterációnak nevezi azt a tanulási algoritmust, amellyel az ML képes megtanítani magát, hogyan kell megoldani a problémát. A továbbiakban ismertetett analóg innovációk hasonló kutatási területeken való megvalósulása még úton van.

Az elmúlt évtizedben feltűnt Poliuniverzum talán a legkomplexebb oktatási eszköz és módszertan, amely egyszerre művészet és játék, vizuális élményen alapuló matematikaoktatási módszertan, az interdiszciplináris szemléletváltás eszköze a tanárképzésben. *Dárdai Zsuzsa* művészetkritikus, a Poliuniverzum oktatási módszertan fejlesztésének főkoordinátora összegző tanulmányában megfogalmazza az eszköz újdonságértékét, amely az alapformákban rejlő léptékváltásos szimmetriában és az ehhez rendelt színekombinációs rendszerben rejlik. A Poliuniverzumot már széles spektrumban használják az iskolákban, elsősorban a matematikaoktatásban, különösen a geometria és a kombinatorika területén. A matematikai módszertan kidolgozását követően fut egy új projekt is, amely a Poliuniverzum-eszközön alapuló innovatív, interdiszciplináris, STEAM-alapú pedagógiai módszertan létrehozását célozza a felsőfokú pedagógusképzésben, jó gyakorlatokkal, órakurzusokkal.

Lakos Dániel egyetemi tanársegéd, a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem tanára, saját fejlesztését ismerteti. A Logifaces játék egy térbeli puzzle, amelynek koncepciója az ősi kínai logikai játékok és a 3D modellező szoftverek ötvözetén alapul. Bár a játék eredetileg dizájntermékként vált ismertté, a kezdetektől fogva sokan mint a STEAM-szemléletű oktatás potenciális eszközeként tekintettek

¹ A gépi tanulás (Machine Learning) a mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence, AI) egy részterülete. Az általános mesterséges intelligencia célja, hogy emberi gondolkodáshoz és cselekvéshez hasonló teljesítményű gépeket alkosson meg. Az intelligens viselkedés egy része a tanulás képessége.

rá. Jelen tanulmány a Logifaces játék művészet-, matematika-, természettudomány-oktatás területén való alkalmazásába nyújt betekintést. A tanulmány alapját az elmúlt évek nemzetközi és magyar Logifaces workshopjainak tapasztalatai és az *Analogue Game for Digital Minds – The Logifaces Methodology* project eredményei képezik, de a szerző bemutat olyan további, korábban még nem publikált esettanulmányokat is, amelyek a játék további STEAM-szemléletű alkalmazásának lehetőségét adják.

Tanórai vagy tanórán kívüli STEAM-foglalkozások keretében a diákok gyakran használnak különféle eszközöket, köztük matematikai-művészeti logikai játékokat, melyek segítségével lehetőségük van játszani és kreatív, interaktív módon tanulni. A *Mondrian Blocks* játék eredetileg Mérő László *Nyolcórétű út* című könyvének mellékleteként jelent meg, amelyből *Kökényesi Imre* és munkatársai önálló játékot fejlesztettek ki. A Mondrian Blocks-feladatok értelmes próbálkozások sorozatán keresztül oldhatók meg, ami fejleszti a kreativitást és a kritikai gondolkodást. *Gyarmathy Éva* és szerzőtársai szerint a matematikához és a gondolkodáshoz szükséges alapfunkciókat számos kognitív működési területen lehet fejleszteni és vizsgálni a Mondrian Blocks-ra épülő feladatso-rokkal. A cikkben beszámolnak a fejlesztés eddigi eredményeiről, és körképet kapunk a Mondrian Blocks oktatási felhasználását illető első nemzetközi tapasztalatokról.

Stettner Eleonóra, a volt Kaposvári Egyetem Matematika és Természettudományi Alapok Intézet egyetemi docense, számos hazai innováció oktatásfejlesztésében részt vett szakember, a napjainkban megfogható eszközök tanulmányozása, készítése mellett elengedhetetlennek tartja a számítógépes lehetőségek bekapcsolását az oktatásba. A manipulatív eszközök számítógépes modellezés segítségével történő újragondolása lehetővé teszi az eszközök bizonyos sajátosságainak dinamikus változtatását, ami a statikus anyagi eszközzel nem lehetséges. Így valósulhat meg egy téma sokoldalú, komplex megközelítése. A cikk a fent említett magyar fejlesztésű eszközökhöz (Poliuniverzum, Logifaces, Joomi-li-kockák, Mondrian Blocks) kapcsolódóan mutat be néhány látványos, digitálisan megvalósítható gondolatot, amelyek elérhetők a GeoGebra applikáció szabad felhasználású platformján is.

Juhász Litza múzeumpedagógus, a Vasarely Múzeum Budapest munkatársa, a gyerekek és felnőttek számára egyaránt alkalmazható, egyedülálló múzeumpedagógiai módszeréről számol be. Minél jobban ismerjük az optikai csalódásokat, annál könnyebb felismerni azokat, amelyeket Victor Vasarely használt műveiben, aki az írásaiban persze nem nevezi meg ezeket konkrétan, de éppúgy tisztában volt velük, mint a szerző/fejlesztő azokkal az oktatási filozófiákkal, amelyeket a budapesti Vasarely Múzeumban a felnőtteknek, tizenéveseknek és gyerekeknek szóló interaktív tárlatvezetések megtervezésekor és lebonyolítása-kor alkalmaz. Ez a tanulmány példákat mutat be az optikai illúziót tartalmazó

Vasarely-művek oktatási eszközeire és stratégiáira, valamint azok előnyeire a múzeumpedagógiában.

A *Szilágyi Szilvia és Körei Attila* szerzőpáros a Miskolci Egyetem Matematikai Intézetének egyetemi docensei, a manapság közkedvelt mandalarajzok és -színezők, illetve a szintén nagy népszerűségnek örvendő oktatási robotika kombinálásával, a STEAM-alapú oktatás előnyeire alapozva hozták létre azokat a rajzoló szerkezeteket, amelyek a mérnökstanulók bevonásával kreatív tevékenységhez kapcsolják a paraméteres megadású görbék megismerését, megértését és tanulmányozását. A LEGO SPIKE Prime oktatási robotkészletek lehetőségeit kiaknázva két saját konstrukciójú rajzoló robotot is alkottak, amelyek képesek speciális síkgörbék megjelenítésére. A generáló pont helyzetének megváltoztatásával és a beépített fogaskerek variálásával változatos formavilágú geometriai alakzatokat hozhatnak létre, összekapcsolva a mérnöki és matematikai ismereteket a művészettel.

Bánkuti Gyöngyi a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Matematika és Modellezés Tanszék egyetemi docense, az eddig érdemtelenül csaknem feledésbe merült mágneses sakkgömböt, Boholy János, a felvidéken élő magyar feltaláló szabadalmát ismerteti. Ez egy gömbfelületre helyezett 8×8 -as sakktábla, melynek az alsó és felső pólusoknál elkeskenyedő mezői egy sarokmezőhöz csatlakoznak. Ez a struktúra lehetővé teszi a bábuk többrétűbb mozgását, ütési hatékonyságát, a több változatban történő játékot. Az eszköz az oktatásban nemcsak a földrajzi hosszúsági és szélességi fokok és a gömbi geometria területén alkalmazható, nemcsak szemléltetésre, de a játszva tanulás, az aktív megismerés eszközeként is. A síkból a görbült térbe történő kilépés a tudatosan irányított gondolkodás teljesítőképességének növelésére alkalmas.

A STEAM vonatkozásaiban érintett pedagógusok ma már szabadon meríthetnek a művészeti látásmódok és a természettudományok ötvözéséből megalkotott módszertanokból. A matematika, informatika, természettudományok vagy különböző művészeti ágak (zene, irodalom, képzőművészetek, technika, design) szakjai kapcsolódhatnak akár a testnevelésen vagy a mozgásművészeteken keresztül a nyelvtanárok, fejlesztőpedagógusok szakterületeihez is. Például a gondolkodás összekapcsolása a sétával, mozgással, fizikai aktivitással arisztotelészi hagyományokra tekint vissza. Az ókori görög filozófusok tanítványaik figyelmét tartották fenn ilyen módon, így joggal merül fel a kérdés, hogy ez a módszer hogyan ültethető át napjainkba. Sajnálatos módon ennek ismertetése tematikus összeállításunkból kimaradt, de zárshóként még megemlíteném, hogy ennek az elvnek egy modern informatikai rendszeren alapuló megvalósítását Magyarországon például a „Medve Matek” által rendezett szabadtéri vetélkedők testesítik meg.

HIVATKOZÁSOK

<https://bitport.hu/a-rubik-kocka-is-tananyag-lett-a-gep-tanulas-iskolaban>
<https://experienceworkshop.org/hu/steam-oktatas/>
<https://www.geogebra.org/m/ms8nzfym>
http://www.globechess.sk/index_gb.html
<https://indd.adobe.com/view/9f12ab8b-1ed3-4fe5-84d7-084c3f548915>
<https://logifaces.com/>
<http://www.medvematek.hu>
<https://mondrianblocks.com/>
<http://www.poly-universe.com/>
<https://www.punte.eu/punte-tanulmany/>
<https://www.schooleducationgateway.eu/hu/pub/latest/practices/steam-learning-science-art.htm>
<http://www.teaching.math.rs/landing.php?p=latest.cap&name=tm2521>

POLY-UNIVERSE + PUSE + PUNTE

Dárdai Zsuzsa

művészetkritikus, szerkesztő, kurátor, MADI-múzeumalapító
a PUSE- + PUNTE-projektek koordinátora
dardaizsu@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

A Poliuniverzum egy művészet és játék, vizuális élményen alapuló matematikaoktatási módszertan, az interdiszciplináris szemléletváltás eszköze a tanárképzésben. Az Erasmus+ PUSE-projekt egy új vizuális matematikaoktatási módszertan kifejlesztésére irányult, mivel az eszköz újdonságértéke az alapformákban rejlő léptékváltásos szimmetriában és az ehhez rendelt színkombinációs rendszerben van. Széles spektrumban használható az oktatásban, a matematikában különösen a geometria és a kombinatorika területén. A matematikai módszertan kidolgozása után, annak szerves folytatásaként elindult a PUNTE-projekt, amelynek további célja olyan innovatív, interdiszciplináris, STEAM-alapú pedagógiai módszer, jó gyakorlatok, kurzusok kidolgozása a felsőoktatás számára, amelyek elsősorban ehhez a forradalmi edukációs eszközhöz kapcsolódnak. A Poliuniverzum hihetetlenül egyszerű és mégis végtelenül komplex. Az elnevezéséből is adódik, hogy több mint művészet, több mint játék, több mint matematika, mindezek együttvéve: szinergia az oktatásban.

ABSTRACT

Poly-Universe is art and play, a visual experience-based mathematics teaching methodology, a tool for interdisciplinary change in teacher education. The Erasmus+ PUSE project aimed at developing a new visual mathematics teaching methodology, as the novelty of the tool lies in the scale-changing symmetry inherent in the basic shapes and the colour combination system assigned to them. It can be used in a wide range of educational contexts, particularly in mathematics—geometry and combinatorics. After the development of the mathematical methodology, the PUNTE project was launched as an integral continuation of it, with the aim of developing innovative, interdisciplinary, STEAM-based pedagogical methods, and good practices and courses for higher education, which are primarily related to this revolutionary educational tool. The Poly-Universe is incredibly simple, yet infinitely complex. Its name suggests that it is more than art, more than games, more than mathematics; it is all of these combined: synergy in education.

Kulcsszavak: Poliuniverzum, PUSE-módszertan, PUNTE, interdiszciplináris, STEAM

Keywords: Poly-Universe, PUSE methodology, PUNTE, interdisciplinary, STEAM

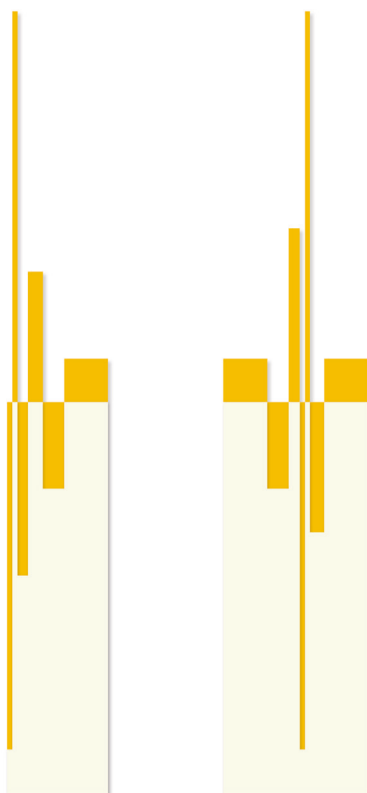
POLIUNIVERZUM – HOLISZTIKUS PEDAGÓGIA – STEAM

„Magam legyek a változás,
amit a világban látni szeretnék.”

Mahatma Gandhi

In medias res

A *Poliuniverzum a tanárképzésben* tanulmánykötet Jó gyakorlat 36. feladata (URL1): az emberi haj vastagságának és hosszának kapcsolata a dimenziósűrítéssel létrehozott polidimenzionális alkotásokkal. A Poliuniverzum játék feltalálójának egyik különleges alkotói módszere a „dimenziósűrítés”. Ez abból áll, hogy egy kiinduló alapforma, például a *DimenzióAntennák* című alkotásban (1. ábra) látható négyzet egyik dimenzióját/kiterjedését folyamatosan csökkenti, miközben a másik irányban szabadon hagyja kifutni, annak érdekében, hogy megtarthassa a területét. A négyzetből közben téglalap lesz, majd egyre vékonyodó és egyre hosszabb vonalszerű alakzat.



1. ábra. SAXON, *DimenzióAntennák I–II*, 1999, olaj, fatábla 30–40 × 200 cm

1. feladat: Ha a kiinduló négyzetünk 10×10 cm, hány lépésben érhetjük el az emberi haj vastagságát az $1/2$ -es és az $1/3$ -os sűrítésnél? Milyen hosszú lesz akkor az így nyert képzeletbeli hajszálunk?
2. feladat: Mérjük meg centiméterrel a padtársunk hajszálának hosszát, mérjük meg mikrométerrel vagy átlagadatok alapján becsüljük meg a vastagságát is!
3. feladat: Az első gondolatmenetet fordítsuk meg, és képzeletben sűrítjük vissza az összes hajszálát a síkba! Számítsuk ki, és rajzoljuk meg, mekkora szabályos négyzet keletkezhet, ha képzeletben a padtársunk minden hajszálát maradéktalanul felhasználtuk, és lefedtük vele a formát!

Vajon milyen órán vagyunk? Biológia, antropológia, matematika, technika vagy kreatív művészet?

A 21. században megjelent az igény a társadalom, a munka és a pedagógia szintjén egyaránt az interdiszciplináris életműködésre. Reményünk van arra, hogy a holisztikus szemléletmód az orvostudomány mellett áthatja az emberi viselkedés, közösség-szervezés, együttműködés, gyermeknevelés minden területét. S ez önmagunk és bolygónkon elfoglalt helyünk felismeréséről is szól; annak felismeréséről, hogy az élet valamennyi formájával kapcsolatban vagyunk, hogy a világ nemzetei és népei bonyolult módon fonódnak egymásba, alkotnak egyetlen rendszert. A holisztikus oktatás az elme, a test és a lélek fejlesztésén keresztül a „teljes személyiség” oktatásával foglalkozik.

„Az emberiség csak akkor lesz képes problémáit megoldani, ha a figyelmet a gyermek felfedezésére és a benne rejlő képességek kibontakoztatására összpontosítja.” (Maria Montessori, URL2)

A holisztikus szemléletű pedagógia egy olyan nevelési, fejlesztési és oktatási módszer tehát, amely az embert a maga teljességében, testi, lelki, szellemi és szociális egységében szemléli. Míg az egyes tudományok és tantárgyak az életnek csak egy-egy aspektusát vizsgálják közelebbről, a holisztika a valóság különböző, sok esetben alternatív látásmódjait, a tudás párhuzamos útjait egyaránt értékesnek tartja (Neisser, 1984).

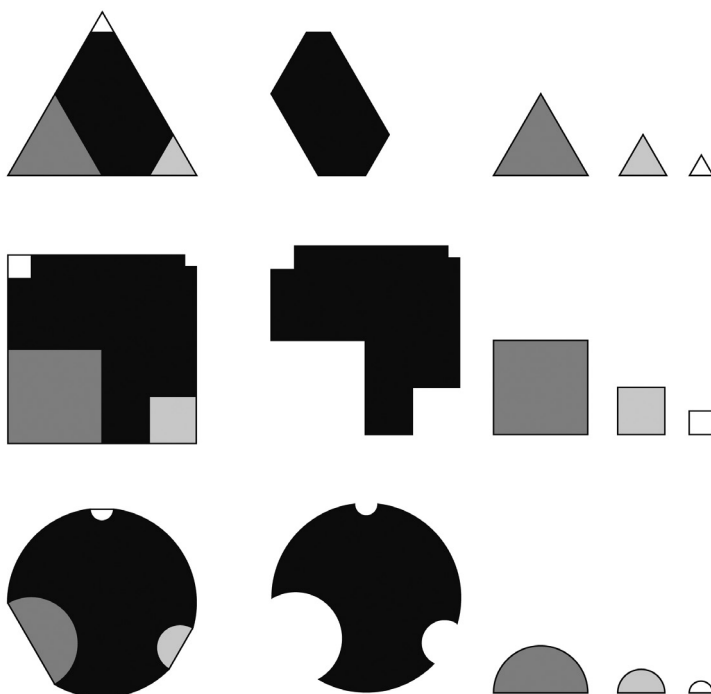
A holisztikus pedagógia mellett, amely csírájában már több fontos oktatás-nevelési intézményben jelen van, fontos megemlíteni a STEAM interdiszciplináris szemléletű módszertant, amely a természet- és műszaki tudományos, illetve művészeti tantárgyakat, valamint a matematikát foglalja magában, azok élményszerű oktatását célozza.

A tanulók által sokszor nehéznek, „száraznak” vagy egyenesen haszontalannak tűnő tudáselemeket a STEAM-ben életszerű problémák kreatív megoldási folyamatán keresztül teszik relevánssá, átélhetővé; a diszciplínák együttes bevonásával, a különböző tudásterületek összekapcsolásával teremtik meg azt a készségfejlesztő metodikát, amelyben egyszerre történik meg az elméleti tudásátadás,

a kreatív készségfejlesztés, és a cselekedtető pedagógia által a tanulók motiváltságának fokozása (URL3).

A gondolkodási folyamatokat érzékletessé, megfoghatóvá tevő oktatási eszközök segítségével nem csak egy bizonyos tantárgy, például a matematika tanulása válhat élményszerűvé. A legkülönbözőbb eszközök segítségével maguk a tantárgyi keretek is kitágíthatók. Átjárók nyílnak, új kapcsolatok jönnek létre a különféle szakterületek között, lehetővé válik a játékos elmozdulás a tanulás interdiszciplináris és jelenségközpontú formái felé. Ezek közül egyik a Poliuniverzum készségfejlesztő eszköz és játék, amelynek alkalmazásáról tanulmányomban szólni kívánok.

A Poliuniverzum geometriai készségfejlesztő játékot Saxon Szász János konstruktív-geometrikus művész találta fel több mint tíz évvel ezelőtt. A játék újdonságértéke az alapformákban (kör, háromszög, négyzet) rejlő léptékváltásos szimmetriában (2. ábra), és az ehhez rendelt színkombinációs rendszerben van. Az eszköz, miközben hihetetlenül egyszerű elemekből áll (alapformák, alapszínek, arányok), egyben rendkívül összetett. Összetett, mert az arányváltásokból, a színkombinációjából és mindezek kapcsolódásaiból gyakorlatilag végtelen lehetőség nyílik.



2. ábra. A Poliuniverzum-eszköz elemei és léptékváltásos robbantott ábrája (Saxon Szász János)

PUSE (Poly-Universe in School Education)

Az Erasmus+ PUSE- (Poliuniverzum az iskolai oktatásban) projekttel kezdődött annak feltérképezése, hogy milyen módon közvetíthető a Poliuniverzum művészeti-tudományos szemléletmódja a matematikaoktatásban. Az igényt az elmúlt években tucatnyi országban megtartott workshopok, matematika-művészet-oktatás konferenciákon (*Bridges, Symmetry, ICME, ICAS, ISAS, VTMN, MIDK...*) való szereplés (URL4–13), és nem utolsósorban az MTA–ELTE Komplex matematika-tanítás a 21. században kutatási projektjében (URL14) való részvétel mutatja.

A matematika az egyik kulcskompetencia. Az általános és középiskolai matematika elvont tudományként, hagyományos eszközök és módszerek felhasználásával történő tanítása fölött már eljárt az idő. Sokan felismerték, hogy fontos az érdeklődés felkeltése, a motiváció megteremtése, az interakció, az élményközpontú oktatás. Teret kell adni a képzelőerőnek, a felfedezésnek, ösztönözni a tanulókat, hogy a matematikai problémák megoldáskeresésekor ne csak a számok elvont világában bolyongjanak, hanem lehetőségük legyen a vizuális, kézzelfogható minták összefüggéseit meglátni, kreatív, játékos megoldásokat találni.

A cél egy vizuális eszközön alapuló geometriai-kombinatorikai módszer kidolgozása volt a matematikaoktatás számára. A projekt eredménye a két nyelven megjelenő tanári módszertani könyv és feladatgyűjtemény, valamint egy mindenki számára hozzáférhető internetes platform, ahol interaktív feladatbankként nemcsak elérhető, de bővíthető is a feladatgyűjtemény. A PUSE módszertani könyv öt fő tematikus egységből áll: Geometria és mérések; Kombinatorika és valószínűségszámítás; Halmazok és logika; Gráfok és algoritmus; Komplex és vizualitás, több tudományágot érintő terület. A könyv regisztrációval ingyenesen letölthető bárki számára (URL15).

A kutatást megelőző műhelyek, konferenciák során nyilvánvalóvá vált, hogy a Poliuniverzum igen széles spektrumban kelti fel az érdeklődést, mondhatni az óvodától az egyetemig. Ezért a PUSE tanári módszertan és diák munkafüzet három különböző korosztálynak készült: általános iskola alsó tagozat, felső tagozat és középiskola, és olyan feladatok, feladatcsoportok, problémásorok összeállítása, amelyekben a feladat megoldása nem a gondolkodás lezárását jelenti, hanem továbbgondolásra, újabb kérdések felvetésére ösztönöz. A különleges művészeti látásmódból fakadó Poliuniverzum nemcsak a matematikára hat inspiráló erővel, hanem a tudományközi szemléletmód erősítésére is. A Poliuniverzum művészeti hátterét, forma- és színvilágát megőrizve alkalmaztuk a GeoGebra ingyenes matematikai szerkesztőprogramot is, amely kibővíti a Poliuniverzum használati lehetőségeit a matematikaoktatásban (URL16).

A PUSE tanári módszertani könyvet pedagógusok, művészek, pszichológusok, szociológus, a fentaláló és külső szakértők csoportja hozta létre. A négy együttműködő partnerszervezet (finn, magyar, spanyol, szlovák) Európa különböző

régióiból származott, és eltérő oktatási rendszerekben működött. A nemzetközi partnerség révén megismerhettük, hogyan közelítenek a vizuális eszközön alapuló feladatmegoldáshoz a diákok és a tanárok egy skandináv típusú oktatási rendszerben; a PISA-módszeren alapuló nyugat-európai környezetben; egy közép-európai kiemelt matematikaoktatási intézményben; valamint a kisebbségi iskolák sajátos körülményei között.

Az oktatási szempontok mellett felmerült az igény a játék és a pszichológia összefüggéseinek megfigyelésére is, így a mérések eredményeiből kirajzolódott, hogy a Poliuniverzum hatékonyan fejleszti a kognitív területeket, így például a vizuális percepciót és a hozzá kapcsolódó készségeket. Ugyancsak mérhető volt a figyelmi kapacitás növekedése.

A PUSE-módszertan a teljesség igénye nélkül készült, vagyis nem egy lezárt, didaktikus feladatgyűjtemény. Nem is lehetett ez a célja, a Poliuniverzum ugyanis nemcsak egy kézzel fogható eszköz, jól körülhatárolható puzzle, hanem egy minden irányban nyitott művészeti-matematikai rendszer, amely az univerzumot modellezi, annak sajátos belső törvényszerűségeibe enged betekintést. A PUSE-módszertan által megnyílik az út tanárok és diákok, művészek és tudósok előtt, beléphetünk az univerzum tágas világába, feltárhatjuk összetett birodalmát, felfedezhetjük további törvényszerűségeit. Amíg a Poliuniverzum lép-



3. ábra. PUSE-módszertani óra az iskolában (Fotó: Dárdai Zsuzsa)

tékváltást, a belőle kidolgozott PUSE-módszertan szemléletváltást kínál a mai kor oktatási rendszerében – és nemcsak a kicsi, a közepes vagy a nagy, hanem a végtelen tudás elérésének szolgálatában...

PUNTE (Poly-Universe in Teacher Training Education)

A PUSE-módszertan csak akkor teljesebben ki, ha a pedagógusok ezt közvetíteni tudják. 2020-ban a PUNTE Poliuniverzum a pedagógusképzésben projekttel folytatódott a kutatás, amelyet az Európai Unió Stratégiai Partnerségek pályázati keretrendszere támogatott. A projekt célja olyan innovatív, transzdiszciplináris pedagógiai módszer kifejlesztése volt, amely elsősorban a Poliuniverzumhoz, ehhez a forradalmi edukációs eszközhöz kapcsolódott, s az oktatási eszköz tanárképzésben való bevezetésének és alkalmazásának lehetőségeit kutatta.

Bár a Poliuniverzum egy alapvetően művészeti indíttatású koncepció eredménye, azonban az esztétikai aspektusok mellett új távlatokat nyitott először a matematika, majd más tudományágak oktatásában egyaránt. Az elmúlt három évben hat ország pedagógusképző intézményével (magyar, finn, portugál, román, szlovák, szerb) együttműködve megjelent a PUNTE módszertani tanulmánykötet, amely a teljességre való törekvés jegyében mutatja be a Poliuniverzum tanárképzésben való bevezetésének és alkalmazásának lehetőségeit a mindennapos gyakorlatban (URL17).

A kötet négy nagyobb és két kisebb fejezetre oszlik. Az első fejezetben azokkal a tanulási-oktatási stratégiákkal és elméletekkel foglalkozik, amelyek masszív alapot adnak a Poliuniverzum gyakorlati bevezetéséhez. A kutatásalapú tanuláselmélettől a térbeli képességek vizsgálatáig, a problémamegoldás alaptéóriáitól a tanulási folyamattal kapcsolatos pszichológiai elvekig – mint az elköteleződés és a motiváció – a szükséges elméleti háttér különböző aspektusait fejt ki ez a rész.

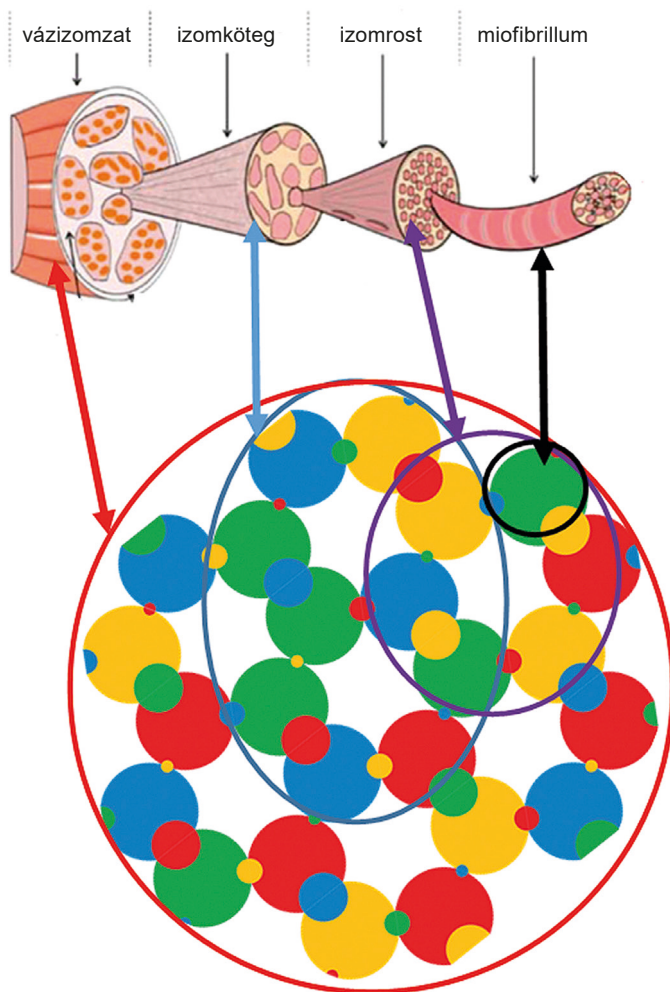
A második fejezet a művészetalapú oktatás és tanulás gyökereihez visszanyúlva mutatja be, hogy a szimmetria, a dimenzió, a transzformációk művészeti irányultságú megközelítése milyen hihetetlen pluszt adhat a tisztán geometriai, matematikaalapú oktatáshoz. Ennek megértéséhez a 20. századi konstruktív, konkrét, illetve MADI művészeti irányzatainak máig tartó hatását, illetve specifikusan a Poliuniverzum használatában megjelenő művészeti erőt és lehetőségeket tárja elénk.

A harmadik fejezet a módszertani alapokba enged betekintést. A kooperatív tanulási stratégiák, a kreativitás különböző szintű megjelenési formái, illetve a kreativitást ösztönző holisztikus megközelítések újabb és újabb lehetőségeket mutatnak föl a Poliuniverzum módszertanilag megalapozott használatához.

A negyedik és ötödik fejezet a praktikum oldaláról közelíti meg a Poliuniverzum módszertanát. Itt kapunk választ arra, hogy hol, hogyan és milyen kontex-

tusban lehet és érdemes használnunk az eszközt az oktató-nevelő munka során. Végül, a hatodik fejezetben – a 21. század igényeihez igazodva – a Poliuniverzum elektronikus tanulási környezethez adaptált verziójának módszertani és kurrikuláris vetületeiről olvashatunk.

A *Jó gyakorlatok* összesen kilenc tantárgyközi feladatcsoportot tartalmaz, és a matematika mellett tovább erősíti a Poliuniverzum-alapú tanítás interdiszciplináris jellegét. A tanulmány tehát az eszköz módszertani és elméleti aspektusainak széles horizontját vetíti elénk. A szerzők, illetve a kötet mögött álló projekt résztvevői remélik, hogy a *Jó gyakorlatok* és a *Kurzusleírások* biztos elméleti alapot és praktikus, a tanárképzésben alkalmazható tudást közvetít a jövő pedagógusainak.



4. ábra. PUNTE Study, a *Jó gyakorlatok* 33. ábrája (URL18)

Poliuniverzum, a világok világa?

A Poliuniverzum egy rendkívül sokoldalú, kutatásokkal igazoltan progresszív hatással bíró (játék)eszköz, amely alkotásra, gondolkodásra és csapatjátéokra ösztönzi a felhasználókat. A változatos színű, geometriai ábrákból álló lapok kombinatorikus összeillesztése nemcsak a matematikához kapcsolódó képességek fejlesztésére szolgál – de pozitívan hat például a kreativitásra, a figyelemre vagy az észlelésre.

A kognitív képességek mellett a szociális folyamatok is erősen megmutatkoznak a játszás során. A felhasználók (főképp gyerekek, de nincs behatárolva az életkor) csapatban dolgozva, különböző szerepköröket felvéve oldják meg a feladatokat – lehetnek vezetők, alkotók, csapattagok vagy akár feltalálók.

A kreatív alkotás végigkíséri életünket, és egyaránt megjelenik a konvergens, valamint a divergens folyamatok mentén. A problémamegoldás egyik alapvető befolyásoló tényezője és a sikeresség fontos eleme, amelyet a Poliuniverzum több oldalról közelít meg. Egyrészt szabad alkotást biztosít a gyakorlatilag végtelen kombinációs formában felhasználható elemek mentén, másrészt olyan, szabályokra épülő feladatok generálását – majd megoldását – teszi lehetővé, amelyek figyelemfelkeltő módon kínálnak izgalmas aktivitási lehetőséget. A formák színék szerinti illesztése egyrészt lokális módon, másrészt globális viszonylatban ösztönzi az alkotást – két elem összekapcsolása egy új egységet hoz létre, az egységek összetétele pedig fraktálszerű képeket generál.

A Gestalt pszichológia egyik alapelve reflektálva a Poliuniverzum tökéletesen vázolja fel azt, hogy az egység mennyivel több információt hordoz, mint a részek összessége. A (játék)eszköz vizuális megjelenése és az alkotás folyamata könnyen csalogatja elő a teljesítéshez és a felfedezéshez kapcsolódó pozitív érzelmeket. A játékos, kilépve a mindennapok forгатagából, a *flow* élmény átélésével végzi el a feladatokat, önfeledt játékon keresztül. Ez a jelenség erősen megmutatkozott nemzetközi viszonylatban is, Magyarországtól Skandinávián át egészen Amerikáig.

Az információ elraktározásának és magának a tanulási folyamatnak is fontos eleme a feladatmegoldáshoz kapcsolódó pozitív érzelmek megmutatkozása, amely a Poliuniverzum esetében alapvetően jelenik meg. Az eszköz közösségi jellegéből fakadóan a csapatmunka és a közös cél elérése szempontjából is számos, a feladatmegoldáshoz és a fejlődéshez kapcsolódó hasznos érzelmi vetületet hív elő. Az evolúció úgy formálta az agyat, hogy az jutalmazza a szervezetet a sikeres feladatmegoldás és a fontos információk elsajátítása során – a Poliuniverzummal való aktivitás ezeket az ősi érzelmeket hívja elő.

Matematika – logika és gondolkodás

A Poliuniverzum geometriai és színekombinációs jellegéből fakadóan is építkezik a matematika területére – természetesen ez nem azt jelenti, hogy használatahoz elengedhetetlen ismerni például a törtekre vonatkozó szabályokat – sőt, éppen ellenkezőleg.

A (játék)eszköz alátámasztotta alkalmas arra, hogy különböző korú gyerekek eltérő matematikai területeket sajátítsanak el vele. A matematikatanulás egyik kiemelkedő nehézségét az absztrakt szabályok elsajátítása jelenti. A Poliuniverzum egyrészt, művészeti voltából fakadóan, teret ad a kreatív alkotás és az érzelmi folyamatok kibontakozásának, másrészt a matematika oldaláról építi a kognitív képességeket, harmadrészt pedig, a csapatmunkán keresztül erősíti a kooperatív vagy – adott esetben – a kompetitív viselkedést. A Poliuniverzum eszköztára a legkülönbözőbb módokon használható fel, akár szabad játékmódok mentén (a felhasználónak nincs előzetes koncepciója az elemek kombinálását illetően), akár előre definiált szabályrendszerek segítségével. A (játék)eszköz egyaránt alkalmazható iskolai, otthoni és *workshop* környezetben, valamint – bár a projekt az iskolai alkalmazásra fókuszált – a Poliuniverzum jellegéből fakadóan megállja a helyét a pedagógusképzésben is.



5. ábra. „Kis lépésekkel a nagy léptékek felé az óvodapedagógiában”
(Fotó: Saxon Szász János)

HIÁNYZÓ LÁNCSEMEK

1. Óvodapedagógia

Hasonlóan fenti projektjeinkhez, a közeljövőben – pótolva a hiányzó láncszemet – szeretnénk kidolgozni a Poliuniverzum óvodai nevelési, oktatási módszertanát óvodapedagógusok, óvodapedagógusokat képző tanárok és nem utolsósorban a gyerekek bevonásával. A „Látni tanítani – Játszva tanulni” alapelvünk itt még intenzívebben érvényesül. A látás a legfontosabb érzékszervünk. Az agyunk képekben gondolkodik, emlékeink, álmaink képek. Az agyban memorizált programok minősége meghatározza gondolataink, érzelmeink, cselekedeteink minőségét. Tehát nem mindegy, hogy milyen látvánnyal szembesülnek a gyerekek kicsi koruktól felnőtté válásukig és persze azon túl. A felnőtt ember életében a különböző tevékenységi formák egyidejűleg jelentkeznek, a gyermekek azonban fokozatosan sajátítják el a különböző tevékenységeket: még nem végeznek munkát, de már tanulnak, még nem tanulnak, de már játszanak.

Az óvodákban kiemelt szerepe van a „játszva ismerd meg” elvnek. Az óvoda nem kisiskolát kíván megvalósítani, hanem a gyermekek egyéni szükségleteire épített képességfejlesztésen keresztül kívánja átadni, bővíteni a gyerekek ismereteit.

Helyes, ha az óvodai nevelési programban egészséges arányban szerepel a képességfejlesztés és az ismeretátadás. A Poliuniverzum-eszköz ebben tud segíteni. Ugyanis a Poliuniverzum a képességfejlesztés széles területét fedi le: színek, arányok, kapcsolódási pontok felismerésével, a közös munka, egyéni teljesítmény helyes arányával, többnyelvű közegben pedig a Poliuniverzummal való közös játék oldja az elszigetelődést, hiszen az eszközzel nyelv nélkül is közösen tudnak építkezni.

Nincs megkülönböztetés, nem választunk aszerint, hogy kinek milyen képességei vannak. Amikor a gyermekek az asztalhoz ülnek, mindenki azonos szinten van, és közösen kezdik megoldani a feladatokat. S éppen a feladatok megoldásával mutatnak egymásnak újabb és újabb lépéseket, felismeréseket, ahaélményt. Így a képességek és az ismeretek egymást átszöve, szervesen épülnek be a gyermekek személyiségébe.

2. Átfogó algoritmuskutatás

A Poliuniverzum-eszköz jövőbeni fejlesztési területeinek legfontosabbika: az átfogó algoritmuskutatás. A *Módszertanok* kidolgozása során ugyanis számtalan olyan megoldatlan kérdés merült fel, amelyekre megnyugtató, tudományos igényű választ csak az eszköz alapformánként való átfogó algoritmusfejlesztése adhat.

A tudományos háttérkutatás eredményei és a teljes algoritmus kidolgozottsága beépül minden további fejlesztésbe, ami leginkább az alapoktatás gyakorlati területére átültethető e-learning-fejlesztéseknek és játékos applikációknak adhatja az alapját. Mindezek mellett a STEAM-alapú oktatásfejlesztés interdiszciplináris kérdéseiről is ezek az eredmények adnak átfogó képet, és a felsőoktatás területének kiváló módszertani alapját képezhetik.

3. A Poliuniverzum e-learning felület és tananyag elterjedése

A legtöbb hazai e-learning matematikai tananyag szinte csak az algebráról szól, a geometria kisebb arányban, fejezetekben szerepel csak bennük. Ezért nem is kérdés, mi teszi a Poliuniverzum-tananyagokat egyedivé. Elsődlegesen a vizualitás, az élményszerű tanulás, az alkotás, az interdiszciplináris megközelítés, a kreativitás. A kapcsolódó applikációk az analóg játék számonkérésmentes kipróbálásán keresztül új és saját feladatok kitalálásának lehetőségét adják. Egy-egy feladat legtöbbször nemcsak egy témakörhöz kapcsolódik, hanem egyszerre kettő-háromhoz is; az ugyanazon az eszközcsoporton alapuló módszertan egyedülállóan a világban a legszélesebb spektrumban alkalmazható az óvodától az egyetemig (URL19).

Az e-learning alkalmazásánál az egyik kérdés az országonkénti eltérő oktatási rendszerek működése. Fel kell rá készülni, hogy a harmadik országokban az EU-hoz képest eltérő oktatási rendszerek működnek, tehát az EU-s tananyagokat nemcsak az adott célország nyelvére kell majd átültetni, de meg kell feleltetni az ottani iskolarendszer osztályainak is. Ez az országonkénti eltérés az óvodai oktatás esetén is jelentkezik, például az USA-ban nem működik az EU-ban ismert állami óvodarendszer, hanem először „gyermekmegőrzők” vannak, majd egy évvel az általános iskola kezdete előtt mennek iskola-előkészítőbe a gyerekek.

A Poliuniverzum módszertana nincs lezárva, interaktív, legtöbbször a feladatokat a gyerekek maguk találják ki, és együtt oldják meg, miközben a tananyag a jövő felnőtteivel együtt/által folyamatosan fejlődik...

IRODALOM

- Andić, Branko – Bordás Anikó – Fenyvesi Kristóf et al. (eds.) (2022): *PUNTE. Poliuniverzum a tanárképzésben. Módszertani tanulmány. Kézikönyv gyakorló tanárok és pedagógus hallgatók számára*. Oradea–Nagyvárad, Partium Kiadó, 2022, ISBN 978–606–9673–42–3 (nyomtatott verzió), ISBN 978–606–9673–43–0 (online kiadás) https://www.punte.eu/wp-content/uploads/PUNTE_Tanulmany_KIADOI_kesz.pdf
- Erasmus+ PUSE Study: *Poly-Universe in School Education*. 2017–1–HU01–KA201–035938 Project, https://www.poly-universe.com/wp-content/uploads/PUSE_STUDY_EN.pdf
- Neisser, Ulric (1984): *Megismerés és valóság*. (ford. László János) Budapest: Gondolat Kiadó, ISBN 9632813456

- Saxon Szász János – Dárdai Zsuzsa (2019): Poly-Universe in School Education (PUSE). *Symmetry: Culture and Science*, 30, 3, 251–255. https://doi.org/10.26830/symmetry_2019_3_251
- Saxon Szász János – Stettner Eleonóra (eds.) (2019): *PUSE Methodology – Visual Experience Based Mathematics Education*. Szokolya: Poly-Universe Ltd., ISBN 978-615-81267-1-7, <http://poly-universe.com/puse-methodology/>
- Sterling, Stephen – Cooper, Geoff (1992): *In Touch: Environmental Education for Europe. A Book Based on the "Touch" Conferences of 1989 and 1990*. Godalming: World Wide Fund For Nature WWF UK, Ch. 5. 90–103. ISBN 13: 9780947613440 Magyarul: Sterling, Stephen – Cooper, Geoff: *KAPCSOLATBAN. Környezeti oktatás Európa részére. Az 1989-es és 1990-es „Touch” konferenciák alapján készült összeállítás. 5. fejezet. A holisztikus oktatás felé.* (ford. Schmidt Sára) https://kia.hu/kiakonyvtar/konyvtar/szemle/58_f.htm

URL1: http://www.punte.eu/wp-content/uploads/INTER_505BC_EN.pdf

URL2: <https://osztonanyu.hu/montessori-modszer/>

URL3: <https://designakozoktatásban.mome.hu/szakirodalom/szakirodalom-steam/>

URL4: ISAS: <http://isas2020.net/>

URL5: ExperienceWorkshop: www.experienceworkshop.org

URL6: Bridges Conferences: <http://bridgesmathart.org>

URL7: Symmetry Festivals: <http://festival.symmetry.hu>

URL8: MaMa–ELTE: <https://web.cs.elte.hu/>

URL9: ULB: <https://ecolebelge.org/>

URL10: SNEC, USA: <http://SynergeticsCollaborative.org>

URL11: RISD, USA; <https://www.risd.edu/>

URL12: VTMN: <https://docs.google.com/document/d/1tJGJKRATrCz8WiKSMr6k3UQFnuJA0-ov4fKmwkeiR9T4/edit>

URL13: MIDK: <https://konferencia.unideb.hu/hu/program-midk-2023>

URL14: <https://sites.google.com/view/mtakomplexmat/a-kombinatorika-projekt>

URL15: <http://www.poly-universe.com/puse-treasury/>

URL16: <https://www.geogebra.org/m/ms8nzfym>

URL17: <https://www.punte.eu/punte-study>

URL18: http://www.punte.eu/wp-content/uploads/SCIEN_707C_EN.pdf

URL19: <https://puse.education/>

ANALOGUE GAME FOR DIGITAL MINDS – A LOGIFACES JÁTÉK ALKALMAZÁSA A KÖZOKTATÁSBAN

ANALOGUE GAME FOR DIGITAL MINDS– ADAPTATION OF THE LOGIFACES GAME TO PUBLIC EDUCATION

Lakos Dániel

egyetemi tanársegéd, Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Design Intézet Formatervezés Tanszék, Budapest
dlakos@mome.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A Logifaces játék egy térbeli puzzle, amelynek koncepciója az ősi kínai logikai játékok és a 3D modellező szoftverek ötvözetén alapul. Bár a játék eredetileg dizájntermékként vált ismertté, a kezdetektől fogva sokan mint a STEAM-szemléletű oktatás potenciális eszközeként tekintettek rá. Jelen tanulmány a Logifaces játék művészet-, matematika-, természettudomány-oktatás területén való alkalmazásába nyújt betekintés a 10–18 év közötti korosztály számára. A tanulmány alapját az elmúlt évek nemzetközi és magyar Logifaces workshopjainak tapasztalatai és az *Analogue Game for Digital Minds – The Logifaces Methodology Project* (Erasmus+ 2019-1-HU01-KA201-061272) eredményei képezik, de a szerző bemutat olyan további, korábban még nem publikált esettanulmányokat, amelyek a játék további STEAM-szemléletű alkalmazását szemléltetik.

ABSTRACT

Logifaces is a spatial puzzle game. Its concept is based on a blend of ancient Chinese puzzle games and 3D modelling software. Although the game originally gained popularity as a design product, it has been noticed by many as a potential tool for STEAM education since its inception. This study provides insight into the use of the Logifaces game in art, mathematics and science education for 10–18-year-olds. The study is based on the experiences of international and domestic Logifaces workshops in recent years, as well as the results of the *Analogue Game for Digital Minds – The Logifaces Methodology Project* (Erasmus+ 2019-1-HU01-KA201-061272). The author presents additional, previously unpublished case studies that demonstrate further applications of the game with a STEAM approach.

Kulcsszavak: Logifaces, STEAM, gamifikáció, 3D-tesszeláció, interdiszciplináris

Keywords: Logifaces, STEAM, gamification, 3D tessellation, interdisciplinarity

BEVEZETŐ

Jelen tanulmány egy lassan tízéves kutatási folyamat eredményeit mutatja be. A Logifaces játék piaci bevezetésétől hosszú út vezetett ennek az írásnak a megszületéséig. Oktatással kapcsolatos tapasztalataink, eredményeink számos kiváló oktatóval, kutatóval végzett közös munka produktumaként születtek.¹ A játék több magyar és nemzetközi workshopon került bemutatásra, oktatási segédeszközként tesztelték matematika-, természettudomány-, művészetoktatás területén Magyarországon, Ausztriában, Finnországban és Szerbiában, 8–18 év közötti korosztályban.² Fejlesztőjátékként alkalmazták tanulási zavarral küzdő diákok, autizmussal élők és látássérültek számára. A módszertani kutatások jelenleg is folynak, esszénk az eddigi eredményeket foglalja össze.

Tanulmányunk első részében a Logifaces játék születésének történetét, a mögötte megbúvó koncepciót és dizájneri szemléletmódot mutatjuk be. Ezt követi a játék STEAM-jellegének, vonatkozásainak ismertetése, majd a Logifaces játék alkalmazását bemutató esettanulmányokkal zárul az esszé.

A LOGIFACES JÁTÉK SZÜLETÉSE –
A CAD-TERVEZŐPROGRAM ÉS AZ AKTUÁLIS DIZÁJNTREND TALÁLKOZÁSA

A Logifaces játék története 2012-ben kezdődött, amikor meghívást kaptunk a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem (MOME) által szervezett és meghirdetett *1359 cm³ – Agyalj rajta!* játék pályázatra.³ A játék koncepciója viszonylag hamar megszületett: a kétdimenziós Tantrix játék (URL3) háromdimenziós változatát akartuk létrehozni, amelyben a Tantrixhoz hasonlóan egy egyszerű szabály szerint kapcsolódnak az elemek. A dimenzióváltás miatt a Tantrix-elemek formáját elvetettük, a Tantrix hatszögű lapjaival ellentétben a Logifaces játék elemei háromszög alapú csonkolt hasábok.⁴ A választás azért esett a háromszög alapú

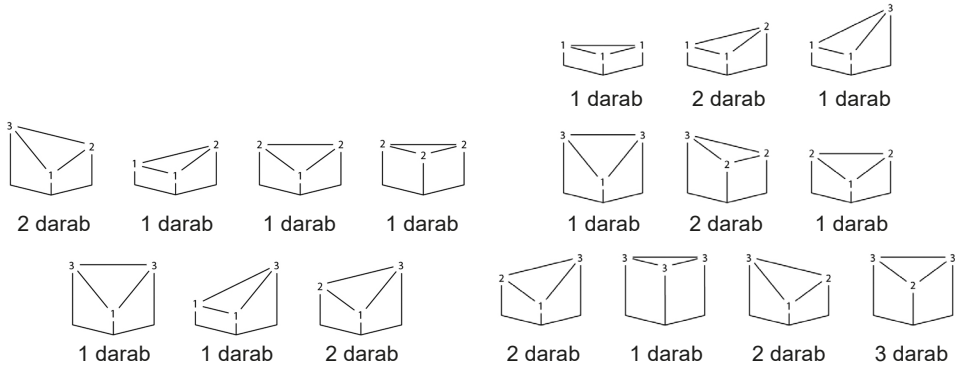
¹ Ezúton szeretnénk köszönetet mondani Pataki Jánosnak, Beringer Dorottyának, Farkas Margit Ilonának, Szauder Veronikának, az Experience Workshop és a linzi Johannes Kepler Egyetem kutatóinak, a bécsi Akademisches Gymnasium, a budapesti Lauder Javne Iskola és Ruski Krstur-i Petro Kuzmjak Iskola tanárainak.

² A tananyag fejlesztése 2019–2022 között zajlott, ennek eredményeként született meg az *Analogue Game for Digital Minds – The Logifaces Methodology Workbook* (Erasmus+ 2019-1-HU01-KA201-061272). A módszertani tankönyv ezen a linken érhető el: URL1. A tartalmára a tanulmány későbbi pontján még kitérek.

³ A játék végül – egyedüli analóg játékként – döntősként végzett a pályázaton (URL2).

⁴ Jóval később ismertük meg a Triomino játékot (URL4), ami sokkal közelebbi párhuzama a Logifaces játéknak. A Triomino a Logifaceshez hasonlóan háromszögekből áll, az egyes háromszögek különböző értékű sarkokkal rendelkeznek.

formára, mert a térben elhelyezkedő bármely három pont kiad egy síkot, és adott egységek esetén ezek mindig csatlakoztathatók egymáshoz. Az egyes háromszög alapú elemek 1, 2 vagy 3 egység magasak, ezek változatai adják ki a lehetséges tizenegyféle kombinációt.⁵ A szabály értelmében az összes elem felhasználásával egy olyan összefüggő felületet kell létrehozni, ahol az elemek között nincs ugrás. A játék 9 db-os és 16 db-os kiszerelésben létezik.



1. kép. 9 db-os szett elemei (a szerző saját szerkesztése)

2. kép. 16 db-os szett elemei (a szerző saját szerkesztése)

A szettkombinációk létrehozatalakor azt a feltételt határoztuk meg, hogy egy Toblerone-alakú dobozba összepárosíthatóak legyenek és beférjenek az elemek. Ennek alapján két szempontot fogalmaztunk meg: 1. az egyes elemek felső sík lapjainak élei egybeessenek, így az elemek párosíthatóak; 2. az összes elem felhasználásával kirakható legyen a háromszögforma.⁶ A háromszögformán túl végtelen számú megoldás lehetséges, amennyiben követjük a szabályt.

A LOGIFACES JÁTÉK HÁTTERE

Az elmúlt évtizedekben a *Computer Aided Design (CAD)* számítógépes programok poligonokból épülő formaképzése komoly hatást gyakorolt az építészet és a dizájn területén. Ez a tendencia tetten érhető olyan sokszögekből felépülő formákon, amelyek organikus alakzatok szögletes redukciójaként írhatóak le. Ennek a

⁵ A Logifaces játék az alábbi tizenegyféle elemből épül fel: 1-1-1, 1-1-2, 1-2-2, 2-2-2, 1-1-3, 1-3-3, 2-2-3, 2-3-3, 1-2-3, 1-3-2, 3-3-3.

⁶ A 9 darabos szett esetében két helyes megoldása van a háromszög formának, 16 darabos szett esetében huszonkettő. A két szett bővíthető 25 darabos játékká, ebben az esetben már több mint négyezer helyes megoldása van a háromszögformának.

jelenségnek ismertebb magyarországi példái a budapesti Fővám téren álló Bálna⁷ vagy a mai napig befejezetlen városligeti Biodóm.⁸

Hasonló redukciós törekvések már korábban léteztek az építészetben, ennek egyik ismert módja a többszörösen íves felület háromszögű síklapokra való bontásán alapul. A módszer egyik úttörője Richard Buckminster Fuller volt, aki az 1950-es évektől kezdve geodéziai kupolákat hozott létre.⁹ Azonban a CAD-programok új utat nyitottak a hasonló redukciós törekvésekben, hiszen a szabadon formált alakzatok, egyedi konstrukciók bonyolult számítási folyamatokat is feltételeztek. Ebbe a folyamatba illeszthető be a Logifaces játék koncepciója is, amely valójában egy tervezési program generálta virtuális háló fizikai leképezésének analógiája. Mind a játék elnevezése – *logical* mint logikai, illetve *face*, azaz a CAD-program-generálta legkisebb poligon –, mind a játék *Analogue Game for Digital Minds (Analóg játék digitális elméknek)* szlogenje a két világ közötti kapcsolatra utal. A Logifaces térbeli kirakós egy komputer tervezte komplex forma fizikai, tapintható változata.

RENDBEN, DE MITŐL STEAM?

A STEAM szinte már elcsépelet hívószava az elmúlt évtizedek reformoktatási folyamatainak. A *Science, Technology, Engineering, Art and Math* mozaikszó a különböző tudományágak kapcsolatán alapuló interdiszciplináris szemléletű, élményalapú, általában játékfókuszú oktatási módszert fedí le. Természetesen a korábbi évtizedekből is ismertek olyan oktatók, trendek, akik és amelyek hasonló szemléletmódot képviseltek, de a módszertan kanonizálása az Egyesült Államokban kezdődött, az 1990-es években.¹⁰

A STEAM módszertanával kapcsolatban nincs egységes álláspont a szakemberek körében – vannak, akik a játékos jelleget hangsúlyozzák ki, mások az interdiszciplinaritásra vagy a csoportmunkára helyezik a hangsúlyt, és természetesen léteznek további szempontok is. Ebből a hatalmas halmazból próbáltuk meg ösz-

⁷ A Bálnát Kas Oosterhuis holland építész tervezte, az épület 2009–2013 között épült.

⁸ A Biodómot a Paulinyi-Reith & Partners tervezte, jelenleg is kivitelezés alatt áll. A trend további példáiért lásd: Issey Miyake: Bao Bao torzított táska (URL5).

⁹ Richard Buckminster Fuller (1895–1983) amerikai építész és formatervező (Krausse–Lichenstein, 2017).

¹⁰ A STEAM-oktatás széles körű megjelenése részben azzal magyarázható, hogy az évezred végére egyre kevesebb diák választotta a természettudományos pályákat. A jelenség ellensúlyozásaként született meg az a módszertani álláspont, hogy a természettudományos tárgyak korábbi népszerűsége az élményközpontú, játékos módszerek segítségével visszatérhet. A STEAM-oktatásról lásd még Ge et al., 2015; Martinez, 2017; Khine–Areepattamannil, 2019.

szegyűjteni azokat a tulajdonságokat, amelyek a Logifaces játék STEAM-jellegét mutatják be.

A játék gyakorlati alkalmazásának bemutatása előtt, itt jegyeznénk meg, hogy létrejöttének folyamata is értelmezhető egyfajta STEAM-eredményként. A számítógépes világ, a matematikai ismeretek és a dizájn együttesének alkalmazása vezetett a Logifaces játék megszületéséhez.

Élményalapúság

Az absztrakt fogalmak vizualizálása (láthatóvá tétele) visszatérő igénye az oktatásnak. Az oktatási segédeszközök mind a tanárok, mind a diákok számára olyan mankóként szolgálnak, amelyek láthatóvá, sok esetben tapinthatóvá tesznek egyébként nehezen értelmezhető, elvont fogalmakat, jelenségeket. A láthatóság és/vagy tapinthatóság magában nem tesz STEAM-jellegűvé egyetlen eszközt sem, ahhoz, hogy azzá válhasson, egyfajta interakcióra van szükség. Az interakció jó esetben játékos folyamat, amely a résztvevőt szórakoztató, izgalmas módon vezeti végig a tanulási folyamaton. A játékok és a rejtvények megoldása segíti a stratégiai és kritikai gondolkodást, míg ezek elkészítése támogatja a kreativitást és a kutatáson alapuló tanulást (Handl et al., 2022, 27–28.).

A Logifaces oktatási segédeszköz esetében az élményalapúság minden foglalkozás esetében adott, hiszen az alapkoncepció értelmében az eszköz egy játék, amely egy következő lépésben vált edukációs szemléltetőeszközzé. Mivel a játék kimenetele végtelen számú megoldást rejt magában, folyamatos megújulási, felfedezési lehetőséget nyújt a játékosok/tanulók számára. Élményalapú jellege abban is rejlik, hogy különböző szinteken közelíthető meg, értelmezhető a játék szabálya. Egyszerre nyújtja a folyamatosan módosítható szabad építkezés élményét és a szigorú szabályok között meghatározott, kalkulálható matematikai rendszert. Ennek fényében bárki kiválaszthatja a számára optimális alkalmazási módot. A játék egyszerre szabad és repetitív jellege fejleszti a rugalmas gondolkodást, hiszen a feladatok megoldásához a diákok képzelőerejére is szükség van.

Interdiszciplináris alkalmazás

A játék alkalmazható a matematika-, a természettudomány-, a művészetoktatás területén és fejlesztő játékként is. A különböző tudományterületek között átfedések is vannak, matematikai típusú feladataink alkalmazhatóak a művészetoktatás, a természettudomány oktatása területén és fordítva. A tanulmány írásának fázisában indítottuk el a nyelvoktatásban való alkalmazhatóságának vizsgálatát is. Erre az egyik esettanulmányban még kitérünk.

Csoportos munka – kooperáció

A STEAM-módszertan gyakori jellemzője, hogy a diákok közösen, csoportban dolgoznak. Az elmúlt évtizedekben a kooperációra való ösztönzés egyre komolyabb hangsúlyt kap a korábbi kompetitív, versengő szemléletmóddal szemben. Az Erasmus+ keretein belül 157 db feladatlap készült, ebből 103 olyan, amely párosan vagy csoportmunkaként javasolt.

A játék háromdimenziós volta további, oktatásban való alkalmazási lehetőségeket foglal magában. Segíti a térbeli vizuális készségek fejlesztését, a geometriai alakzatokkal kapcsolatos ismeretek átadását. Fejlesztőjátékként nem kizárólag tanulási nehézséggel (például diszkalkulia) küzdő diákok számára ajánlott, hanem látássérültek számára is kiváló eszköz. Másrészt, a két és három dimenzió közötti váltakozás lehetősége a mérnöki pályára szükséges vizuális térbeli készségek fejlesztését szolgálja.

Az Analogue Game for Digital Minds – Logifaces Methodology Project¹¹ eredményei

Erasmus+ projektünket 2019–2022 között bonyolítottuk az alábbi nemzetközi partnerekkel: Experience Workshop (Jyväskylä, Finnország), Lauder Javne Iskola (Budapest), Linz School of Education, Johannes Kepler Universität (Linz, Ausztria), Petro Kuzmjak Primary and Secondary School with Boarding School (Ruski Krstur, Szerbia), Akademisches Gymnasium (Bécs, Ausztria). A pályázat eredményeként 39 művészeti, 108 matematikai, 5 természettudomány témájú és 5 interdiszciplináris feladatlap született.¹² A matematika, művészet és természettudomány területén nagy az átjárhatóság a különböző témák között. A matematikafeladatok között találhatjuk azokat a bevezető feladatokat, amelyek a játék bemutatását szolgálják. A teljes tananyag és a hozzá kapcsolódó tanulmányok a GeoGebra felületén is elérhetőek (URL6). A GeoGebra oldalán az egyes témákat, feladatokat játékos, interaktív tartalommal gazdagítottuk, továbbá a projektnek létrehoztunk egy saját YouTube-csatornát, ahol bizonyos feladatokat kisfilmként mutatunk be, esetenként magyarázattal kiegészítve (URL7).

¹¹ Erasmus+ 2019-1-HU01 KA201-061272.

¹² Továbbá, a pályázat eredményeként az alábbi tanulmányok születtek: Weinhandl et al., 2021; Szarvas et al., 2022.

ESETTANULMÁNYOK A LOGIFACES JÁTÉK STEAM-KÖZPONTÚ FELHASZNÁLÁSÁRÓL

Esettanulmány 1: Húszkérdéses barkochba

Feladat leírása: A tanár választ egy Logifaces-kockát, és egyetlen diáknak mutatja meg az osztályból. A többi diák maximum húsz kérdést tehet fel kiválasztott társának, aki igen/nem válasszal felelhet. A válaszok alapján a diákok megpróbálják lerajzolni a kiválasztott elemet. A játék akkor ér véget, ha mindenki helyesen lerajzolta a kiválasztott elemet, vagy ha húsz válasz alapján sem sikerül kitalálni a feladott kockát. A feladat nehézségi foka igény szerint bonyolítható:

1. A diákok nem rajzolnak a válaszok alapján, hanem ki kell választaniuk a helyes darabot egy teljes Logifaces-szettből.
2. A kiválasztott diák nem látja, csak kitapogathatja a kiválasztott elemet. Tapintás alapján kell felismernie a kockát, és ez alapján kell válaszolnia a többi diáknak.
3. A tanulók a válaszok alapján nem rajzolnak, hanem tapogatás útján kiválasztják a kockát egy sötét, letakart dobozból.
4. Játshatják párban és kisebb csoportokban is.

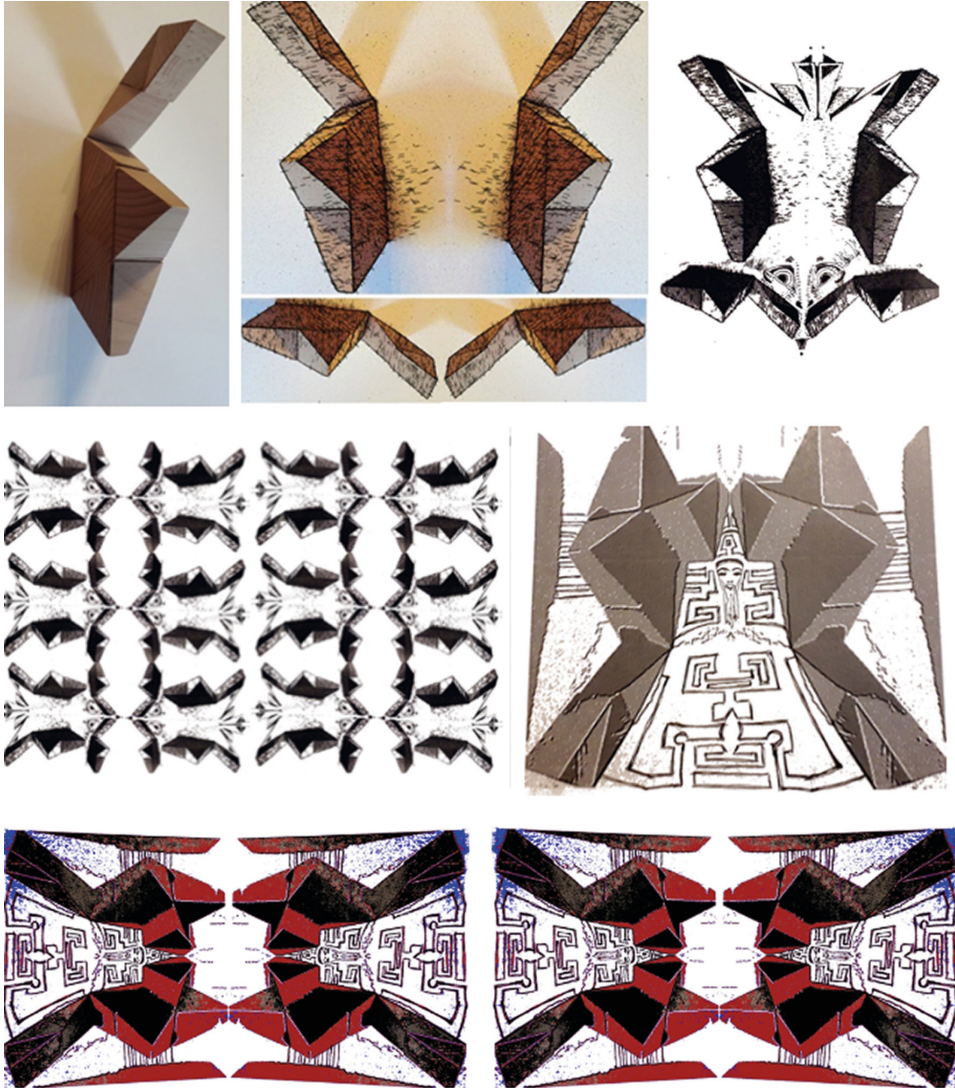
A játék matematikai feladatként szerepel módszertani tankönyvünkben, de alkalmazása nem kizárólag matematikafókuszú. A feladat során a tanulók elvont, tapasztalati úton kevésbé érzékelhető fogalmakat fedeznek fel vizuális vagy taktilis módon. A kérdező diákok matematikai fogalmak segítségével próbálják megfejteni a feladványt, amelyet a válaszadónak a vizuális vagy a taktilis élmény alapján matematikai fogalomként kell értelmeznie, és helyes választ kell adnia a kérdezők számára. Ráadásul olyan általánosabb formákat, mint kocka, gömb, kúp, gúla, könnyebb elképzelni, hiszen ezeket az oktatás területén gyakrabban alkalmazzuk, emiatt gyakran úgy képzeljük, mintha valójában ezekből a formákból állna a világ. A többi testtel kapcsolatos fogalmat kevésbé használjuk. A játék abban is segít, hogy hogyan lehet verbalizálni a megszokottól eltérő formákat. A feladat támogatja a vizualitás–taktilis érzékelés–verbalizálás együttes működését, fejleszti a szövegértést, és árnyaltabbá teszi a megfogalmazást is. Másrészt, a résztvevők szoros kooperációja nélkül nem lehet megoldani a feladványt, közös munkára van szükség.

Esettanulmány 2: Negatív terek

Feladat leírása: A feladatban a Logifaces-kockákat pozitív formákként használjuk, amelyek elhatárolják a láthatatlan tereket és formákat. A diákok lefényképezik a saját Logifaces-elemekombinációjukat, és szimmetrikusan megduplázzák azt. Ezt követően a szimmetrikus alakzatok között kialakított területet szabadon

választott formákkal töltik ki. Befejezőként mintát készítenek az általuk készített grafikai alkotásokkal.

A művészeti feladat a szabad alkotási folyamatra épít, fejleszti az optikai illúzióval, az előtér–háttér fogalmával és ábrázolásával kapcsolatos ismereteket. Mindezek mellett kiválóan demonstrálhatja a tesszaláció folyamatát, amely az építésztől, a természetén át a művészetben megtalálható gyakori eszköz.



3. kép. A munkákat a Lauder Javne Iskola (Budapest) diákjai készítették

Tesszalációnak azt a folyamatot nevezzük, amelyben egy kétdimenziós síkon egy geometriai forma ismétlődik átfedés és rés nélkül. A feladat további matematikai vonatkozása, hogy szemlélteti a tükrözés folyamatát.

Esettanulmány 3: Logifaces-formázás

Feladat leírása: A diákok háromfős csoportokat alkotnak, az egyes csoportok tagjai kiválasztanak egy Logifaces-kockát, amit meg fognak mintázni. Ezt követően a tanulók formálta csoportok zenére mozognak, táncolnak. Amikor a tanár leállítja a zenét, minden egyes csoportnak úgy kell bemutatnia a kiválasztott Logifaces-kockát, hogy egy diák egy csúcs-/sarokmagasságot képvisel (a magasságot modellezhetik guggolva, nyújtózkodva, széken állva stb.), és hármójuk összekapcsolódásából épül fel a Logifaces-elem. A többi csoportnak ki kell találnia, hogy melyik csoport, melyik elemet választotta. A feladat a további eszközökkel tovább nehezíthető:

1. Minden tanuló egy él, egymás kezét fogva háromszöget alkotnak, a csúcs az, ahol egymás kezét megfogják, a kezek magassága definiálja az élmagasságot.
2. Minden diák egy oldalát reprezentálja a játéknak, a vállak jelölik az élmagasságot.

A zenével kombinált, mozgásos játék az interdiszciplináris feladatok közé került besorolásra. A csoporttagok közötti kooperáció és a résztvevők folyamatos koncentrációja a kulcsa a játék sikerének. A zene/mozgás és az elem bemutatásának váltakozása, a bemutatandó részletek módosítása aktív részvételre készít mindenkit. Az olyan alapvető, elvont matematikai fogalmak, mint *él*, *csúcs*, *oldal* átélhetővé tétele, egy térbeli test önmaguk nyújtotta megformázásának élménye mindenképp érthetőbbé, befogadhatóbbá teszi ezeket a fogalmakat. Mindezek mellett a feladat tökéletes választás foglalkozásindító játékként vagy éppen az ismerkedés fázisában lévő közösségek számára.

Esettanulmány 4: Dimenzióváltás szemléltetése

Feladatleírás: A diákok fejenként egy-egy Logifaces-szettet kapnak, szabadon építhetnek belőle bármilyen formát a szabály betartásával. A forma építését követően le kell rajzolniuk a látványt két dimenzióban háromszögegységekkel és a háromszögek sarkainál 1-2-3-as számmal kell jelezniük az eredeti forma magasságait.

A feladatot workshopjainkon gyakran alkalmazzuk, a feladatgyűjteményben nem szerepel. A foglalkozás egyszerre ötvözi a kreatív, szabad alkotás és a síktér viszonyának szigorú szabályrendszerét. Kevés olyan oktatási eszköz ismert,

amely egyszerre prezentálja a 2D és a 3D sajátosságait. A „saját alkotás” matematikai értelmezése mindenképp értelmezhetőbbé teszi a két dimenzió sajátosságait és összefüggéseit.

Esettanulmány 5: Logifaces szókirakós játék

Zárásként egy, még fejlesztés alatt álló foglalkozástervvel zárom az esettanulmányok sorát.

Feladatleírás: A játék 16+9-es szettkombinációval zajlik. Minden elem sarkára egy betű kerül, és a szabály értelmében hárombetűs szavakat kell összerakni úgy, hogy egy kockán akár két betű is felhasználható, illetve a felületek között nem lehet ugrás. A betűkombinációk tekintetében az angol ábécét vesszük alapul, amely huszonhat betűből áll. A huszonöt elem hetvenöt csúcsot ad ki. A betűk elfordulásának gyakoriságát az alábbiak alapján határozzuk meg: a teljes ábécé sora kétszer – 52 betű –, az 5 magánhangzó további háromszor – 15 betű –, ehhez vesszük még a 8 leggyakoribb angol mássalhangzót (T, N, S, R, H, L, C, D). A szabály értelmében a kezdéskor minden játékos hat betűt húz. A játékosoknak hárombetűs szavakat kell kirakniuk, a szavak bármelyik csúcs felől képezhetőek. A lerakott kockák helyett újat kell húzni. Az nyer, aki értelmes hárombetűs szavakat képezve elsőként rakja le az összes kockáját.

A játék legnyilvánvalóbb felhasználási területe a nyelvoktatás, de egyben a vizuális készségeket is fejleszti, hiszen a szóalkotás szükséges, ám nem elegendő feltétele a helyes alkalmazásnak. Ehhez szükséges az elemek egységmagasságainak megfelelő párosítása is. A játék egyszerre fejleszti a 2D-ben (írás) és a 3D-ben (térbeli kirakós jelleg) való gondolkodást. Segítséget nyújthat diszgráfias nehézséggel küzdők számára, hiszen a szóképzés folyamatát a megszokottól eltérően mutatja be. A játékelmény révén képként akár jobban rögzülhet a helyes írásmód.

ÖSSZEZÉS

A tanulmány célja a Logifaces játék eredetének, legfőbb STEAM-jellemzőinek az ismertetése volt. Az egyes esettanulmányokkal a játék interdiszciplináris jellegét, az oktatásban való széles körű alkalmazási lehetőségeit mutattuk be. Záró esettanulmányunkkal rávilágítottunk arra is, hogy a Logifaces oktatási segédeszköz a „hagyományos STEAM-kategóriákon” túl olyan területeken is nagyszerűen alkalmazható, mint a nyelv-, írás-olvasás oktatás; illetve mozgásos, zenés feladattípusa bevezető, *icebreaker* csapatépítő játékként is működik. Ahogy a tanulmány elején írtuk, az eszköz oktatásmódszertani kutatása jelenleg is zajlik. Nagyon reméljük, hogy jelen tanulmány hatására további edukációs szakemberek is kedvet kapnak a Logifaces játék oktatásban való vizsgálatához és alkalmazásához.

IRODALOM

- Ge, Xun – Ifenthaler, Dirk – Spector, J. Michael (eds.) (2015): *Emerging Technologies for STEAM Education: Full STEAM Ahead. (Educational Communications and Technology: Issues and Innovations)* New York: Springer, ISBN 103319025724
- Handl, Julia – Ulbrich, Eva – Andić, Branko et al. (2022): Logifaces: a Game with Many Faces. In: Lakos Dániel – Losonczy Eszter (eds.): *Analogue Game for Digital Minds. The Logifaces methodology workbook*. Budapest: Planbureau Ltd., 27–28. Printed version ISBN 978-615-01-5958-4, electronic version [PDF] ISBN 978-615-01-5959-1, https://experienceworkshop.org/wp-content/uploads/logifaces_workbook_online.pdf
- Khine, Myint Swe – Areepattamannil, Shaljan (eds.) (2019): *STEAM Education: Theory and Practice*. Springer, DOI: 10.1007/978-3-030-04003-1, <http://tinyurl.com/a6eaemcy>
- Krausse, Joachim – Lichenstein, Claude (eds.) (2017): *Your Private Sky. R. Buckminster Fuller. The Art of Design Science*. Baden: Lars Müller, ISBN 9783037785249
- Martinez, Jaime E. (2017): *The Search for Method of STEAM Education*. New York: Palgrave Macmillan, DOI: 10.1007/978-3-319-55822-6, ISBN 9783319558219, https://www.researchgate.net/publication/318455682_The_Search_for_Method_in_STEAM_Education
- Szarvas Ildikó – Szirtes Alíz – Paszternák András (2022): Logifaces – Analogue Game for Digital Minds – innovatív művészeti és tudományos módszertan. In: Kempf Katalin – Polyák Zsuzsanna – Vincze Beatrix (szerk.): *A művészetpedagógia múltja és jelene – reformpedagógia, életreform, gyermekkultúra*. (5. ELTE Művészetpedagógiai Konferencia Tanulmánykötet) Budapest: Magyarországi Reformpedagógiai Egyesület, 393–409. ISBN 9786158218627, https://mpk.elte.hu/download/mpk_2022_tanulmanykotet.pdf
- Weinhandl, Robert – Houghton, Tony – Lavicza Zsolt (2020): A Case Study on Learning Basic Logical Competencies When Utilising Technologies and Real-World Objects. *Education and Information Technologies*, 26, 639–653. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-020-10282-5>

URL1: <https://www.logifaces.com/education>

URL2: <https://web.mome.hu/hu/h%C3%ADrek/280-1359-cm%C2%B3-agyalj-rajta>

URL3: <http://www.tantrix.com/index.html>

URL4: <https://www.triominos.com/>

URL5: <https://design-milk.com/distortion-futuristic-bag/>

URL6: <https://www.geogebra.org/search/logifaces>

URL7: <https://www.youtube.com/@logifaces4702>

A MONDRIAN BLOCKS JÁTÉK ALKALMAZÁSA AZ OKTATÁSBAN ÉS A KOGNITÍV TESZTELÉSBEN

APPLICATION OF THE MONDRIAN BLOCKS GAME IN EDUCATION AND COGNITIVE TESTING

Gyarmathy Éva¹, Mérő László², Kovács Kristóf^{3*}, Kökényesi Imre⁴, Petró Panna⁵,
Póka Tünde⁶, Fenyvesi Kristóf⁷

¹egyetemi tanár, Apor Vilmos Katolikus Főiskola, Vác
gyarmathy.eva@avkf.hu

²professor emeritus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Intézet, Budapest
mero.laszlo@ppk.elte.hu

³tudományos főmunkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Intézet, Budapest
kovacs.kristof@ppk.elte.hu

⁴kognitív játékfejlesztő, Smart Egg Ltd.
imre@kokenyesi.com

⁵doktorandusz, Experience Workshop STEAM Network
panna.petro@gmail.com

⁶doktorandusz, Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Románia
tunde.poka@ubbcluj.ro

⁷tudományos főmunkatárs, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finnország; Tallinn University, Tallin, Észtország
kristof.fenyvesi@jyu.fi

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanórai vagy tanórán kívüli STEAM-foglalkozások keretében a diákok gyakran használnak külföldi eszközöket, köztük matematikai-művészeti logikai játékokat, amelyek segítségével lehetőségük van játszani és kreatív, interaktív módon tanulni. A Mondrian Blocks játék eredetileg Mérő László *Nyolcrétű út* című könyvének mellékleteként jelent meg, majd Kökényesi Imre és munkatársai fejlesztettek ki belőle egy önálló játékot, amely több díjat is nyert (Nob Yoshigahara Puzzle Design Competition, Japan; Parent's Choice Award, USA; Mom's Choice Award, USA). A Mondrian Blocks feladatok értelmes próbálkozások sorozatán keresztül oldhatók meg, ami fejleszt a kreativitást és a kritikai gondolkodást is. Az eddigi iskolai alkalmazási kísérletek és kutatások valószínűsítik, hogy a Mondrian Blocksra épülő feladatsorokkal a matematikához és a gondolkodáshoz szükséges alapfunkciókat számos kognitív működési területen lehet tesztelni, illetve fejleszteni is.

* Kovács Kristóf a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) FK-21-138971 számú támogatásában, az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásában, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásában részesült.

ABSTRACT

Within the framework of in-class or extracurricular STEAM activities, students often use a variety of tools, including mathematical–artistic logic games, which allow them to play and learn in a creative and interactive way. The Mondrian Blocks game originally appeared as an appendix to László Mérő's book *Nyolcrétű út* (The Eightfold Path) and was later developed into a standalone game by Imre Kökényesi and his colleagues. This game has won several awards, including the Nob Yoshigahara Puzzle Design Competition (Japan), Parent's Choice Award (USA), and Mom's Choice Award (USA). The tasks of Mondrian Blocks can be solved through a series of meaningful attempts, fostering creativity and critical thinking. Existing school applications and research suggest that tasks based on Mondrian Blocks can be used to test and develop basic functions necessary for mathematics and thinking across various cognitive areas.

Kulcsszavak: Mondrian Blocks, matematika tanítása, STEAM-tevékenységek, kritikus gondolkodás, kognitív tesztelés

Keywords: Mondrian Blocks, teaching mathematics, STEAM activities, critical thinking, cognitive testing

A MONDRIAN BLOCKS JÁTÉK TÖRTÉNETE

A Mondrian Blocks játék története ott kezdődött, amikor e cikk második szerzője részt vett egy szabadulószoza tervezésében. A szobában volt egy nagy asztal, mindenféle izgalmas fiókokkal, csak rá kellett jönni, hogyan lehet azokat kinyitni. Itt született az ötlet, hogy fedjék le a játékosok az asztalt néhány előre megadott lapkával, és ha ez sikerül, kinyílik egy fiók, és ha egy másik kiinduló állással is sikerül, egy másik fiók is kinyílik.

A szabadulószoza tesztelése során kiderült, hogy a játékosok nagyon élvezik ezt a fajta rejtvényt, és kifejezetten örültek, amikor rájöttek, hogy a többi fiók kinyitásához még néhány ugyanilyen rejtvényt kell megfejteniük. Az utólagos beszámolómban is ezt a játékot emelték ki elsősorban.

A játéktervező szerzőt azonban nem is elsősorban ez motiválta arra, hogy elmélyedjen az ilyen rejtvények világában, hanem az, hogy egy rendkívül egyszerű struktúrában meglepően sokféle rejtvényeszmét lehetett megvalósítani. Nemcsak a szabadulószobában sikerült azt a négy rejtvényt úgy megcsinálni, hogy mindegyik megfejtéséhez valami másféle trükköt kelljen kitalálni, hanem kiderült, hogy többszázféle ilyen rejtvény készíthető, a habkönnyűtől egészen a nagyon is fogósig – de még a legnehezebb is megfejthető emberi időn belül.

Kiderült, hogy bizonyos értelemben ez a játék pontosan a Rubik-kocka antitézise. Hogy milyen értelemben, arra három bekezdés múlva visszatérünk, előbb azonban lássuk a történet végét. Ezek a felismerések vezettek a *Nyolcrétű út* című

könyv megírásához (Mérő, 2017), amelyben 333 ilyen rejtvény is szerepelt (és a könyvvel egybecsomagolva egy fizikai játék is), meg egy hosszú esszé a szellemi rugalmasság pszichológiájáról. Szisztematikus empirikus kutatás azonban akkor még nem állt a könyv mögött.

A könyv meglehetősen sikeres volt, több kiadást is megélt. A következő évben a jelen írás negyedik szerzője felvetette, hogy ők kiadnák csak a játékot, a könyv nélkül a nemzetközi piacra. Ehhez persze a játék kinézetét, megjelenését teljesen át kellett tervezni – így született meg a Mondrian Blocks játék, amely több nemzetközi díjat is nyert.

2023-ban a Mondrian Blocks játék jogait megvásárolta a Spin Master nevű kanadai világcég, amely néhány évvel korábban a Rubik's márka használati jogait is megszerezte. Ők úgy döntöttek, hogy a Mondrian Blocks játékot Rubik's Gridlock néven fogják forgalmazni, már 2023 telétől. Ehhez a játék fizikai kialakítását teljes mértékben megtartották, csak a lapkák színeit cserélték le a Rubik-kocka ismert színeire, és a feliratot írták át. Úgyhogy valószínűleg ezen a néven válik majd ismertté a játék világszerte.



1. ábra. Mondrian Blocks játék (a szerzők fotója)

Ez azért is érdekes, mert mint korábban említettük, bizonyos értelemben a Mondrian Blocks a Rubik-kocka pontos antitézise. A Mondrian Blocks játékban a lapkák pakolgatása nem annyira elementárisan élvezetes, mint a Rubik-kocka tekergetése, nincs mögötte egy olyan zseniális mechanikai konstrukció, mint ami a Rubik-kockát világsikerré tette – de azért a maga egyszerűségében itt is nagyon élvezetes a pakolgatás. A rejtvények viszont teljesen emberi léptékűek, még a nagymester szintűek is belátható időn belül oldhatók meg. Ráadásul ezek a rejtvények mind olyanok, hogy a hétköznapi okosság is elvezet a megoldáshoz, nem kell hozzájuk előzetes tanulás, ami a Rubik-kocka megoldásához elengedhetetlen. A Rubik-kockában maga a tekerés az élvezet, ha már az ember előtte megismerte a szükséges forgatássorozatokat. A Mondrian Blocks játékban a fizikai pakolgatás és a megoldáskeresés együttesen hozza létre a *flow* állapotát.

A MONDRIAN BLOCKS MINT EDUTAINMENT ESZKÖZ

Az *edutainment* szó az angol az *education* (nevelés) és *entertainment* (szórakozás) szavak összevonásából keletkezett. Első megjelenését 1948-ban regisztrálták, és azóta időről időre felbukkan mint a tanítás forradalmasításának nagyon ígéretes eszköze. Csakhogy az elmúlt háromnegyed évszázad tapasztalatai alapján állíthatjuk, hogy a jelenlegi edutainment eszközök alapvető hibája, hogy majdnem mindegyik a tanár szerint *entertainment* és a gyerek szerint *education*. Pedig ennek fordítva kellene lennie, de az edutainment termékeket elsősorban oktatási szakemberek készítik, és nem játékfejlesztők.

A játékfejlesztő szempontjai ugyanis alapvetően mások, mint a pedagóguséi. A tanár tanítani és nevelni akar, a játéktervező kizárólag szórakoztatni, és eddig még nem sikerült igazán jól kitalálni, hogy a kettő miképpen békíthető össze. A játéktervezőt egyetlen dolog érdekli: hogy a játék minél élvezetesebb legyen. Mindent ennek rendel alá. Ha a játék élvezetessége érdekében értékes pedagógiai tartalmat vagy szép grafikát kell feláldoznia, gondolkodás nélkül megteszi (Mérő, 2017).

A *The Sims*-ből, a 2000-es évek egyik legnagyobb sikerű számítógépes játéka-ból például egy átlagos kamaszlány azt tanulta meg, hogy a fiúkat pofozni kell, ha azt akarjuk, hogy rendesek legyenek velünk. Ez kétségtelenül hasznos tudásnak bizonyul néha, de egy edutainment terméktől elfogadhatatlan, ha a vele játszó gyerek ilyesfajta dolgokat tanul meg belőle. De ha a *The Sims* nem ilyen lenne, az eladott húszmillió példánynak csak egy kis töredéke kelt volna el. Akkor talán nem ezt tanulja meg belőle egy kamaszlány, de cserébe nem tanul meg belőle semmit, mert inkább valami más játék után néz.

Ezzel együtt az edutainment mint jelszó az egész világon elterjedt, és nagymértékben járult hozzá ahhoz, hogy a világ jelentős részén mára már természetes gondolattá váljon, hogy a gyerekek lehetőleg érezzék magukat jól tanulás közben, sőt akár, *horribile dictu*, az iskolában.

A Mondrian Blocks a szokásos játéktípológiák szerint a kirakós játékok közé tartozik (Ginsburg et al., 2007). Ahhoz képest, hogy a kirakós játékoknak világszerte többmilliárdos a piaca, nagyon kevés kutatás foglalkozik azzal, hogy miért ennyire fontos ez a fajta játék az ember számára, és hogy alkalmasak-e az ilyen játékok edutainment eszköznek.

Sok kirakós játék rajongója azt mondja, hogy nincs is jobb érzés, mint az utolsó darabot elhelyezni, és rácsodálkozni a kész képre. A rejtvény megoldása, a siker és az egészségesség, teljesség élménye dopamint termel az agyban, ami a kihívás felvállalásával és a tanulás örömeivel ezek folytatására ösztönöz. A kirakós játékok szerelmeseinek angolul már külön nevük is van: *dissectologist*. A boncolásra, felszabdalásra (*dissect*) utaló kifejezést a kirakós játékok eredeti elnevezése, a „dissected map” nyomán alkották meg, ami „boncolt”, avagy szétszabdalt térké-

pet jelent. A mai kirakósjátékok ősei ugyanis az 1700-as évek második felének „edutainment” innovációiként aratták első sikereiket a legtehetősebb angol arisztokrata családok körében. A tengeri expanzió és kolonializmus korában a földrajztudást kiemelten fontosnak tartották. A lombfűrészsel mahagónilapocskákra szabdalt¹ földrajzi térképek darabkáit pedig a megfelelő módon összeillesztve, az arisztokratacsemeték játszva sajátíthatták el a világ királyságai és a hozzájuk tartozó gyarmatok elhelyezkedését. Ugyancsak érdekes, hogy a játék és a tanulás összekapcsolásának a lehetősége mint a „flow-élmény” egyfajta, korabeli értelmezése, a kitartó próbálgatás, a hibákból tanulás pedagógiai jelentősége, a hasonlóságok és különbségek felismerésének fejlesztő szerepe, a vizuális és motoros tevékenység komplementer jellegének leírása, valamint a kirakósjáték memóriafejlesztő hatása már ezekhez a kirakós térképekhez kapcsolódó, 18–19. századi pedagógiai irodalomban részletes kifejtésre került (Norgate, 2007).

Napjaink tanuláspszichológiája szerint is a rejtvényfejtés sokféle kognitív képességet igényel, beleértve a vizuális észlelést (tárgyak, minták, irányok kezelése) konstrukciót (vizuális és motoros információk integrálása), mentális forgatást (kognitív sebesség és vizuális pásztázás), kognitív rugalmasságot (figyelem váltása alak, háttér, kép, szín stb. szerint), perceptuális feldolgozást, valamint munka- és epizodikus memóriát (térbeli elhelyezkedés és a puzzle darabjainak vizuális mintái/képei közötti kapcsolat megőrzése a munkamemóriában) (Fissler et al., 2018; Whitebread et al., 2012).

Mégis, a több évszázados előzmények és pozitív tapasztalatok ellenére is azt látjuk, hogy mind a mai napig, amikor a gyerekek elkezdenek iskolába járni, a felnőtt társadalom igyekszik következetesen lenevelni őket a játékról. Ez legtöbbször nem sikerül teljesen, és sokan még felnőttkorukban is játszanak. A játék ugyanis sokkal több, mint szórakozás. Egyre több, az időskori mentális leépülést megakadályozni hivatott eljárásban jelenik meg például a kirakósjáték, de a gyerekek tanulásába még mindig csak ímmel-ámmal viszik be a pedagógusok. Kutatási eredmények (Gyarmathy et al., 2023) szerint az erre felkészült és módszertanilag is felkészített pedagógusok is főleg a tanítási időn kívül és naponta átlag csak 11,6 percet fordítottak az általuk választott, legtöbbször játékos mozgásokat jelentő módszerekre. A Mondrian Blocksszal való játékkal az egyéb módszerekhez képest sokkal több időt tölthettek a gyerekek, napi átlag 17 percet. Ennek az oka, hogy a gyerekek a sikerélmény miatt még többet akartak játszani, és a tanítók érezték az eszközben a kognitív fejlesztő hatást. Mindez arra utal, hogy a Mondrian Blocks alkalmas lehet egy jó értelemben vett edutainment eszköznek.

Ebben is pontosan antitézise a Rubik-kockának. A Rubik-kocka eredetileg nem játéknak készült, hanem edutainment eszköznek. Rubik Ernő, aki akkoriban az

¹ A kirakósjáték mai angol elnevezése, *jigsaw puzzle*, is a fűrészsel (*jigsaw*) készült rejtvényre (*puzzle*) utal.

Iparművészeti Főiskola (ma: Moholy-Nagy Művészeti Egyetem) tanára volt, ropant elégedetlen volt a belsőépítész-hallgatók térlátásával, és elhatározta, hogy készít egy eszközt ennek fejlesztésére. Ez a törekvés vezetett a Rubik-kocka ki-fejlesztéséhez.

A Rubik-kocka azonban rejtvénynek messze túl nehéz, a belsőépítész-hallgatók térlátásának fejlődéséhez pedig egyáltalán nem járult hozzá. Mégis nagyon fontos edutainment szerepe lett, igaz, egészen másképp. A Rubik-kocka révén sok tízmillió gyerek érezte meg, hogy itt van egy iszonyúan nehéz feladat, hozzászorgolni sem tud, de ha tanul egy kicsit, utána nemhogy meg tudja oldani a feladatot, hanem élvezi is, és ráadásul mindenki csodálja érte. A Rubik-kocka így, mégiscsak edutainment eszközként, nagyon sok gyerekkel érezte meg a tanulás ízt és hasznait. Valami hasonló dolog történt, mint amit J. K. Rowling produkált a Harry Potterrel, aki sok tízmillió gyereknél érte el, hogy elolvassanak 3500 oldalt, és élvezzék egy olyan korban, amikor már-már lemondtunk arról, hogy a gyerekek könyvet is olvasnak, nem csak képernyőt.

A Mondrian Blocks az edutainment szempontjából inkább a Harry Potterre hasonlít, mint a Rubik-kockára. Mindkettő elsősorban szórakoztatás céljából készült, és e szándék ellenére lett belőlük edutainment termék. Ez annak ellenére érvényes, hogy sokan máig is vonakodnak a Harry Pottert beemelni az oktatásba. A Rubik-kocka viszont eredeti funkciójában pont a rossz értelemben vett edutainment terméknek bizonyult (ami a tanár szerint entertainment, a diák szerint education), és ennek ellenére, pusztán a mechanizmus zseniális volta, a tekerés élvezetessége révén lett belőle mégis edutainment termék, igaz, egészen más értelemben, mint ahogy eredetileg szánva volt.

A MATEMATIKA TANULÁSA ÉS A MONDRIAN BLOCKS

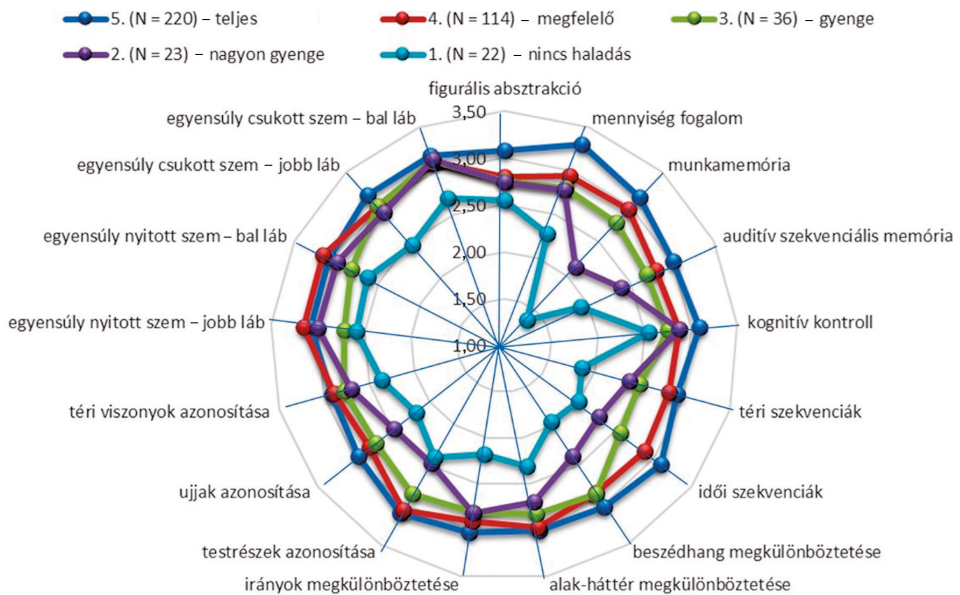
Az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Program keretében az MTA–AVKF² Tanulási Környezet kutatási csoport több mint ezer iskolát kezdő gyermeket követ. Az osztályok egy részében a pedagógusoknak lehetőséget adtunk a tanulási környezet átalakítására való felkészülésre, a gyermekek szenzomotoros, nyelvi és gondolkodási képességeinek fejlesztése mellett a téri és a tanulási környezet formálására is (URL1).

A gondolkodási képességek fejlesztésében az algoritmikus gondolkodás támogatása mellett számos kirakós játékot ismerhettek meg. Ezen belül kiemelt szerepe van a Mondrian Blocks játéknak, amelyből kognitív tréning és online szabad játék is készült. A kutatás kezdetén megvizsgáltuk a gyermekek szenzomotoros és kognitív fejlettségét, és ezzel egy iskolakezdő profilt tudtunk kialakítani.

² Apor Vilmos Katolikus Főiskola.

Az általunk követett fejlesztő osztályokba járó diákok (N = 415) tanítóinak értékelése alapján képet kaptunk a gyermekek matematika tantárgyban mutatott haladásáról is.

Az eredmények szerint a gyermekek 20%-a nem tudott az első félévben megfelelően haladni a számolás tanulásában. A szenzomotoros és kognitív profilt összevetve a tanítói értékeléssel kiderült, hogy a nem teljesítő gyermekek profilja egyértelműen eltér a teljesítőkéétől.



2. ábra. A matematika tanulásában különböző szintű haladást elérő gyermekcsoportok szenzomotoros és kognitív profilja (Gyarmathy Éva szerkesztése)

A vizuálisan is azonosítható legfőbb problématerületek a munkamemória és a szekvenciális feldolgozás. Emellett az irányok, a téri viszonyok, alak-háttér, az ujjak azonosítása és a beszédhang megkülönböztetése is nagyon gyenge. A szenzomotoros integráció jelentős szerepét jelzi, hogy a csukott szemmel fél lábon állás is sokkal gyengébb a matematikatanulásban haladni nem tudó gyermekek esetében, mint a társaiknál.

Megnéztük, hogy melyek azok a területek, amelyek az első osztályban a matematikatanulásában a teljesítménnyel szignifikánsan korrelálnak ($p < 0,05$).

Ebben a megközelítésben is kiugró a munkamemória szerepe. Emellett még kiemelendő az ujjtudatosság fontossága, amely a mennyiségfogalomnál is erősebb hatással van a számolás tanulására. Aszakava Acusi (Atsushi Asakawa) és Sugimura Sinicsiró (Shinichiro Sugimura) (2022) kutatási eredményei szerint

a finommotoros képességek és az ujjtudatosság (finger gnosis) összefügg a számolási képességekkel, beleértve a számolást, a szimbolikus összehasonlítást és a számításokat. Firat Soyly, Frank K. Lester, Jr. és Sharlene D. Newman (2018) vizsgálatai szerint az aritmetikai tények visszakeresése és az ujjgnózis neurális szinten kapcsolódik egymáshoz.

1. táblázat. A matematika tanulásában mutatott sikeresség szintjének korrelációja egyéb területekkel

Teszt (mért változó)	Kognitív terület	Matematika
Iskolai sikeresség értékelése	magyar – olvasás és írás	0,785
Számismétlés visszafelé (leghosszabb sorozat)	munkamemória terjedelme	0,518
Számismétlés visszafelé (sorozatok száma)	munkamemória hatékonysága	0,459
Szenzomotoros vizsgálat	idői szekvenciális feldolgozás	0,453
Szenzomotoros vizsgálat	téri szekvenciális feldolgozás	0,450
Színes Raven-féle mátrixok	fluid (induktív) gondolkodás	0,438
Számismétlés (sorozatok száma)	auditív memória hatékonysága	0,410
Szenzomotoros vizsgálat	ujjtudatosság	0,398
Beszédhangok megkülönböztetése	beszédhang-diszkrimináció	0,378
Mennyiségek összehasonlítása	mennyiségfogalom	0,376
Számismétlés (leghosszabb sorozat)	auditív memória terjedelme	0,369
Szenzomotoros vizsgálat	testséma	0,280
Szenzomotoros vizsgálat	térorientáció – relációk	0,256
Szenzomotoros vizsgálat	alak-háttér megkülönböztetés	0,256
Figurák	figurális elvonatkoztatás	0,245
Go – no go feladat – hatékonyság	kognitív kontroll hatékonysága	0,242
Nyelvi szekvencia	fonológiai tudatosság	0,234
Egyensúly csukott szemmel – jobb	szenzomotoros integráció	0,220

A fentiek jelzik, hogy a matematika tanulásában az első és folyamatos feladat az alapvető szenzomotoros és kognitív működések fejlesztése. Ezért szántunk nagy szerepet a Mondrian Blocks használatának. Ez az eszköz számos olyan területet fejleszt, amelyek a matematika tanulásában meghatározóak:

1. szenzomotorium,
2. munkamemória,
3. téri orientáció,
4. téri forgatás,
5. mennyiség- és számfogalom,
6. mintázatkeresés,
7. intuitív gondolkodás.

Nem nehéz a matematika szempontjából is lényeges fejlesztő hatások azonosítása. A kutatásunkban is megjelenő főbb területek közül kiemelendő az ujjtudozottság és számolás kapcsolata. A Mondrian Blocks használója a kirakás során automatikusan számol. Maguk a kirakandó darabok is számokat, mennyiségeket képviselnek. Az ezekkel történő manipulációk a számok és mennyiségek kapcsolatának az ujjak mozdulataival, a szenzomotoros működésekkel történő kapcsolódását támogatják. Ez a számfogalom neurális szintű alakítását biztosítja, ami által a számolás egyáltalán lehetségessé válik.

A MONDRIAN BLOCKS MINT TESZTELŐ ESZKÖZ

A modern tesztelési megközelítések fókuszában a *számítógépes adaptív tesztelés* áll, amely a modern tesztelméletre (vagy valószínűségi tesztmodellekre, item-válasz elméletre) épül (Wright–Stone, 1979; Wainer et al., 2000). Ez azt jelenti, hogy nem minden alany ugyanazt a tesztet kapja, hanem a következő feladat mindig attól függ, hogy az előzőkön hogyan teljesített az illető. Az algoritmus minden pillanatban igyekszik megbecsülni az illető személy képességének valódi értékét a mért dimenzióban, és olyan feladatot adni neki, amelyet az olyan képességűek megközelítőleg 50%-os valószínűséggel tudnak vagy nem tudnak megoldani. Ehhez persze az algoritmus rendelkezésére áll egy hatalmas feladatbank, amelynek minden eleméről korábban már bemérték, hogy az emberek a képességszintjük függvényében milyen valószínűséggel fogják megoldani (ez a bemérés akár végzhető a tesztelésekkel egy időben is, de ez számunkra most csak technikai részletkérdés).

Így a teszt végére mindenki (vagy legalábbis majdnem mindenki) nagyjából a feladatok felét oldja meg helyesen, csak van, aki könnyebb és van, aki nehezebb feladatokkal. A teszt végeredményét tehát, a hagyományos papír-ceruza tesztekkel ellentétben, nem a megoldott feladatok száma határozza meg, hanem a megoldott és elhibázott feladatok nehézsége alapján számított valószínűségi becslés.

Ha mindenki ugyanazokat a tesztfeladatokat kapja, akkor általában a nagyjából közepes képességűeket eléggé pontosan be lehet mérni, de minél távolabb

esik valaki az átlagtól (akármelyik irányba), annál pontatlanabb lesz az ő esetében a mérés eredménye. Ezen segít az adaptív tesztelés, mert az értékek sokkal szélesebb tartományára sokkal pontosabb eredményt ad, mint a hagyományos tesztelés.

Az adaptív teszteléssel kapcsolatban két fontos probléma merül fel. Az egyik: nagyon nehéz a feladatbankot összeállítani úgy, hogy a könnyű, a közepes és a nehéz feladatok ugyanazokat a képességeket igényeljék. Ezért általában nehéz megmondani, hogy a végeredményként kapott teszt pontosan mit is mér. Más szavakkal: nehéz a feladatbankot úgy összeállítani, hogy a szükséges képességek tekintetében homogén legyen, és ugyanakkor a feladatok nehézsége tekintetében maximálisan inhomogén.

Az adaptív teszteléssel kapcsolatban felmerülő másik probléma az, hogy a hagyományos papír-ceruza tesztekkel szemben a kitöltőnek a teszt végére nem alakul ki pontos vagy akár közelítő benyomása arról, hogyan teljesített. Ez annak köszönhető, hogy míg a hagyományos papír-ceruza teszteken mindenki ugyanazokat a feladatokat kapja, de a jobb képességűek többet oldanak, az adaptív teszten mindenki más feladatokat kap, de mindenki nagyjából a feladatok felére ad helyes választ.

Emiatt fordul elő, hogy a többnyire egyébként gyenge eredményekkel rendelkező gyerekek vigyorgó arccal, boldogan jönnek ki a tesztről, mert nem szoktak ahhoz, hogy egy teszten 50% körüli eredményt sikerül elérniük. A rendszerint legjobban teljesítő gyerekek viszont sírva jönnek ki a teszt végén, mert ők meg ahhoz nem szoktak hozzá, hogy egy teszten csak 50% körüli eredményt érnek el. Ezen az sem segít, ha a végén mindenki megtudja saját teszteredményét, mert az élmény akkor is megmarad. De, ami még nagyobb baj: ez önmagában is torzíthatja a teszteredményt, a gyengébbek esetében a váratlan sikerélmény által javuló motiváció felfelé, a jobbak esetén pedig a szokatlan frusztráció lefelé.

A Mondrian Blocks-rejtvények mint tesztanyagok az első problémára egyértelmű megoldást adnak, mivel a teljes teszt csupa Mondrian-rejtvényből áll, így igen nagy mértékben homogén (még a Raven-típusú tesztek feladatainál is sokkal homogénebb), miközben a rejtvények nehézségi foka rendkívül széles skálán mozog (a Raven-féle tesztek esetében például a legnehezebb feladatok általában eléggé másfajta képességeket igényelnek, mint a könnyűek).

Az adaptív tesztelés második problémájára ugyan nem ad közvetlen megoldást az, ha a teszt csupa Mondrian-rejtvényből áll, de a tanárok szubjektív tapasztalata az, hogy az emberek jelentős részénél flow-t tud létrehozni ez a játék, ami önmagában is csökkentheti a frusztráció érzését. De ezen az sem segít, hogy a legkiemelkedőbbek demotiválttá válnak, a leggyengébbek pedig szupermotiválttá. Ezen csak az segíthet, ha kicsit engedünk a pontosságból, és az 50%-os megoldási arányt is dinamikusan változtatjuk a tesztelés közben a jobbak esetében felfelé, a gyengébbek esetében lefelé. De matematikai szempontból egyszerűbb

lehet, ha univerzálisan felemeljük az 50%-ot mondjuk 70%-ra – könnyen lehet, hogy ennyi is elégnek bizonyul.

A Mondrian Blocks játékról kiderült, hogy nagyon könnyen eredményez flow-t a játékosoknál. A játék mint tesztanyag emellett a homogenitása révén is segíthet annak feltárásában, hogy mennyire javíthatja a teszt pontosságát az, ha az alanyok többsége flow-ban oldja meg a tesztet. Ismert, hogy a flow létrejöttének fő feltétele az, hogy a végzett feladat nehézsége megfelelően az alany képességei szintjének, azaz se túl könnyű, se túl nehéz ne legyen a feladat az alany számára. Ezt ez a bűvös 50%-tól elszakadó tesztelési eljárás maximálisan segíti. Kérdés, hogy amit nyerünk a vámon (a frusztráció csökkenése, a flow megjelenése), elensúlyozza-e a veszteséget a réven: a mérés optimális pontosságának csökkenését, mert matematikai tény, hogy azt viszont az 50%-os megoldási arány maximalizálja. Ezt a kérdést további kutatásokkal fogjuk tisztázni.

A Mondrian Blocks (avagy hamarosan: Rubik's Gridlock) játék az eddigi kutatások alapján sok szempontból ígéretesnek mutatkozik mind az iskolai alkalmazások, az edutainment számára, mind a kognitív tesztelés eszközeként. A formális és informális tanulási helyzetekben szerzett oktatói tapasztalatok, valamint a diákoktól és a szülőktől érkező visszajelzések többnyire kiemelik a játék mint tárgy esztétikus kivitelét, illetve a Piet Mondrian festményeire rájátszó vizuális megjelenésben rejlő lehetőségeket, ami a kreatív problémamegoldás tapasztalatát még a művészi alkotás élményével is kiegészítheti. A művészeti vonatkozású játékok használata a matematikai problémamegoldás fejlesztésében a matematikaoktatás szociális és érzelmi pedagógiai dimenzióit is gazdagíthatja (Fenyvesi–Yada, 2023). Finnországban, ahol a tanulás holisztikus megközelítése kiemelt tantervi cél, a Mondrian Blocks mind a hétköznapi oktatásban, mind pedig a tanárképzésben sikerrel debütált: egyre több tanteremben van jelen. Kínában a kognitív képességeket fejlesztő játékok évi több mint ötvenezer tanuló részvételével zajló versenyén a döntős diákok egyik versenyszámaként mutatkozott be. A New York-i Matematikai Múzeum Piet Mondrian, a festőművész születésének 100. évfordulóját ünnepelte egy, a Mondrian Blocksra épülő eseménysorozattal. Az interdiszciplinaritás esztétikájának (Lähdesmäki–Fenyvesi, 2017) pedagógiai kiaknázása sajátos lehetőség számos olyan játék esetében, amely STEAM-oktatási eszközként kerül „újrafelfedezésre”, és a segítségével tovább építhetők a hidak például a matematika és a művészet között, akár a szokásos iskolai tantárgyi felosztást is meghaladva. Ez utóbbi lesz az egyik célja a 2023 őszén elinduló COGNI-TeaCH nemzetközi Erasmus+ projektnek, amelyben magyar, finn, osztrák és romániai tanárok működnek majd közre a Mondrian Blocks kognitív fejlesztő rendszerének pedagógiai kidolgozásában.

IRODALOM

- Asakawa, Atsushi – Sugimura, Shinichiro (2022): Mediating Process between Fine Motor Skills, Finger Gnosis, and Calculation Abilities in Preschool Children. *Acta Psychologica*, 231, 103771. DOI: 10.1016/j.actpsy.2022.103771, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691822002864>
- Fenyvesi Kristóf – Yada, Takumi (2023): *A Whole-School Intervention Framework for Enhancing Social and Emotional Skills in Secondary Schools through Arts-Integrated Practices: Research Report from the REIMAGINED Project. (Koulutuksen tutkimuslaitos. Raportteja ja työpapereita 3)* DOI: 10.17011/ktl-rt/3, https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/88161/Fenyvesi_Yada_2023_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Fissler, Patrick – Küster, Olivia Caroline – Laptinskaya, Daria et al. (2018): Jigsaw Puzzling Taps Multiple Cognitive Abilities and Is a Potential Protective Factor for Cognitive Aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10, 299. DOI: 10.3389/fnagi.2018.00299, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2018.00299/full>
- Ginsburg, Kenneth R. – Committee on Communications of the American Academy of Pediatrics – Committee on Psychosocial Aspects of Child and Family Health (2007): The Importance of Play in Promoting Healthy Child Development and Maintaining Strong Parent-Child Bonds. *Pediatrics*, 119, 1, 182–191. DOI: 10.1542/peds.2006-2697, <https://publications.aap.org/pediatrics/article/119/1/182/70699/The-Importance-of-Play-in-Promoting-Healthy-Child?auto-logincheck=redirected>
- Gyarmathy Éva – Fenyvesi Kristóf – Kökényesi Imre et al. (2023): Kognitív alapozás matematikai-művészeti eszközökkel: Mondrian Blocks az iskolakezdés idején. In: *A művészet ereje – kifejezés, alkotás, gyógyítás, kognitív és érzelmi fejlesztés. Absztrakt kötet. 6. Művészetpedagógiai Konferencia. Budapest, 2023. június 14–16.* https://www.mke.hu/res/absztrakt_kotet.pdf
- Lähdesmäki, Tuuli – Fenyvesi Kristóf (2017): Bridging Art and Mathematics: Introduction. In: Fenyvesi K – Lähdesmäki, T. (eds.): *Aesthetics of Interdisciplinarity: Art and Mathematics*. Cham: Birkhäuser, DOI: 10.1007/978-3-319-57259-8_1, ISBN 9783319572574, <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/59720/final%20draft%20intro%20bridging%20art%20and%20mathematics.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mérő László (2017) *Nyolcrétű út*. Budapest: Tericum Kiadó, ISBN 9789634380252
- Norgate, Martin (2007): Cutting Borders: Dissected Maps and the Origins of the Jigsaw Puzzle. *The Cartographic Journal*, 44, 4, 342–350. DOI: 10.1179/000870407X241908
- Soylu, Firat – Lester, Frank K., Jr. – Newman, Sharlene D. (2018): You Can Count on Your Fingers: The Role of Fingers in Early Mathematical Development. *Journal of Numerical Cognition*, 4, 1, 107–135. DOI: 10.5964/jnc.v4i1.85, <https://jnc.psychopen.eu/index.php/jnc/article/view/5787/5787.pdf>
- Wainer, Howard – Dorans, Neil J. – Flaugher, Ronald et al. (eds.) (2000): *Computerized Adaptive Testing: A Primer*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, ISBN 9780805835113
- Whitebread, David – Basilio, Marisol – Kuvalja, Martina et al. (2012): *The Importance of Play*. Brussels: Toy Industries of Europe, <https://www.csap.cam.ac.uk/media/uploads/files/1/david-whitebread--importance-of-play-report.pdf>
- Wright, Benjamin D. – Stone, Mark H. (1979): *Best Test Design*. Chicago, IL: MESA Press, ISBN 9780941938006, [https://www.rasch.org/BTD_RSA/pdf%20\[reduced%20size\]/Best%20Test%20Design.pdf](https://www.rasch.org/BTD_RSA/pdf%20[reduced%20size]/Best%20Test%20Design.pdf)

URL: <https://tanulas-kutatas.hu/>

MAGYAR FEJLESZTÉSŰ OKTATÁST SEGÍTŐ ESZKÖZÖK ÁLTAL INSPIRÁLT DIGITÁLIS ÖTLETEK

DIGITAL IDEAS INSPIRED BY HUNGARIAN EDUCATIONAL TOOLS

Stettner Eleonóra

egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Matematika és Természettudományi Alapok Intézet Matematika
és Modellezés Tanszék, Kaposvári Campus, Kaposvár
stettner.eleonora@uni-mate.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban a megfogható eszközök tanulmányozása, készítése mellett nagyon fontos a számítógépes lehetőségek bekapcsolása is az oktatásba. A manipulatív eszközök számítógépes modellezés segítségével történő újragondolása lehetővé teszi az eszközök bizonyos sajátosságainak dinamikus változtatását, ami a statikus anyagi eszközzel nem lehetséges. Így valósulhat meg egy téma sokoldalú, komplex megközelítése. A cikk négy magyar fejlesztésű eszközhöz (Poliuniverzum, Logifaces, Jomili-kockák, Mondrian Blocks) kapcsolódóan mutat be néhány digitálisan megvalósítható gondolatot.

ABSTRACT

Nowadays, in addition to the study and creation of tangible tools, it is very important to incorporate computer options into education. The reimagining of manipulative devices through computer modelling allows for the dynamic modification of certain features of the devices, which is not possible with static material devices. In this way, a multi-faceted and complex approach to a topic can be achieved. The article presents some digitally feasible ideas related to four tools developed in Hungary (Polyuniverse, Logifaces, Jomili Cubes, Mondrian Blocks).

Kulcsszavak: GeoGebra, Poliuniverzum, Logifaces, Jomili-kockák, Mondrian Blocks

Keywords: GeoGebra, Poly-Universe, Logifaces, Jomili Cubes, Mondrian Blocks

BEVEZETŐ

Az eszközhasználatnak a tanulás-tanítás folyamatában több évezredes hagyománya van. Már az ókori kínaiaknál, sumeroknál, egyiptomiaknál vagy görögöknél is összekapcsolódik a matematikai absztrakció és a különböző tárgyakkal (botokkal, kavicsokkal) történő manipuláció.

Az eszközhasználat az oktatás javítására sok lehetőséget rejt magában, de nem elég az eszközöket csak a gyerekek kezébe adni, szükséges megfelelő módszerekkel, jól átgondolt módon a tanulási folyamatba beépíteni azokat (Swan–Marshall, 2010).

Varga Tamás komplex matematikatanítási kísérletének egyik fontos tanulásméleti vívmánya az volt, hogy a fejlődéslélektani kutatások eredményeinek megfelelően megvalósította a személyes tapasztalatszerzésből induló ismeretszerzést. Minden kisgyerek számára biztosítani kívánta az elegendően széles körű személyes tapasztalás lehetőségét – megfelelő tárgyi, manuális és gondolati tevékenységeket szervezve számukra –, hogy tanítói irányítással, segítséggel saját tapasztalataik általánosításából és absztrahálásából jussanak el az ismeretekig (Klein, 1980). Ez a tanulás eszközigenyes, lényegesen több és nehezebb szervezéssel, más jellegű tanításirányítással, más ellenőrzési módokkal jár, mint a közlő-befogadó út.

Fontos az is, hogy a gyakorlati és a digitális modellezést összekapcsoljuk a tanulási folyamatban, hogy ajánlásokat tegyünk a tanároknak arra vonatkozóan, hogy a STEAM-pedagógia hogyan támogathatja a tanítást az osztályteremben és azon kívül. A technológia integrálása a STEAM-projektekbe szinte elengedhetetlen, mivel megfigyelhető, hogy a technológia átalakítja a tanulási környezetet, és a 21. századi tanulás részévé válik (Prodromou–Lavicza, 2017).

ANALÓG VAGY DIGITÁLIS?

Ez a kérdés mindnyájunkban felvetődik, akik oktatással foglalkozunk. Ezt jelképezi a Logifaces módszertani könyv címe is: *Analóg játék digitális elméknek* (Analogue Game for Digital Minds) (URL1).

Azt gondolom, hogy mindkettőre szükség van, a legfontosabb a megfelelő arány megtalálása.

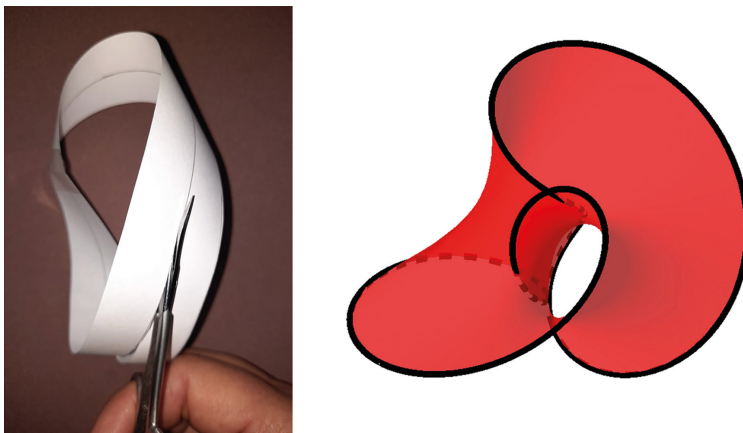
Az oktatás jelenleg számos új kihívással néz szembe. Az internet világa szinte minden tudást biztosít a mai gyerekek számára; a kapcsolatok korlátlan hálózatában élnek. Ez a folyamat alapvetően változtatja meg a tanár és az oktatás szerepét. Az egész nemzetközi oktatási rendszer megújulásra szorul, hogy megfeleljen a diákok és a tanárok igényeinek. A tanárokat motiválják, hogy olyan új módszereket keressenek és fedezzenek fel, amelyek segítenek kapcsolatot találni a gyerekekkel, és hogy megkönnyítsék a velük való együttműködést. Ezen új módszerek lehetnek, többek között, ha megfelelően megválasztott eszközöket adunk a gyerekek kezébe, kiegészítve az eszközök digitális változatával, továbbfejlesztésével.

Egyes feladatoknál hasznosabb a manipulatív eszköz, hogy kézbe fogva, megforgatva, mintákat rakjunk ki, építményeket hozunk létre. A látás, a tapintás mélyebb tapasztalati alapú tanulást eredményez. Különösen fontos ez a különböző

fogyatékosággal élők, például autista, látás- vagy hallássérült, illetve beszédhibás gyermekek számára. Más esetekben a digitális modellezés segítségével olyan változtatásait hozhatjuk létre a modellnek, amely fizikailag nagyon körülményes, vagy esetleg nem is lehetséges.

Nézzük például a Möbius-szalagot. Fontos tapasztalat egy papírcsíkból össze- ragasztott Möbius-szalagot megfesteni, és látni a felület egyoldalúságát. Középvonalán, majd harmadoló vonalán elválni, és csodálkozni a nem várt eredmény létrejöttén. De ha a szalagot létrehozó téglalap arányait megváltoztatjuk, egy bizonyos arányon túl már gyűrődés nélkül nem tudjuk elkészíteni a szalagot, főként, amikor már önátmetsző lesz, de ezt egy számítógépes modellel egyszerűen megvalósíthatjuk (URL2).

A digitalizálással, különböző szoftverek alkalmazásával sohasem a játékok változatlan digitális modelljét szerettem volna létrehozni, hanem arra voltam kíváncsi, hogy a számítógépes modellezés milyen új lehetőségeket rejt magában. Hogy tudjuk dinamikussá, megváltoztathatóvá tenni a modell egyes tulajdonságait? A tulajdonságok változtatása milyen új kérdéseket vet fel?



1. ábra. Möbius-szalag papírból és a GeoGebrában (a szerző fotója és rajza)

A FELHASZNÁLT SZOFTVEREK RÖVID ISMERTETÉSE

1. A GeoGebra

Digitális modellező eszközként leggyakrabban a GeoGebrát (URL3) használtam, mivel ez az egyik legszélesebb körben használt, dinamikus matematikai szoftver a világon, és a GeoGebra 3D modellező eszközei lehetővé teszik, hogy könnyen létrehozzuk a fizikai struktúrák modelljeit.

A GeoGebra Markus Hohenwarter diplomamunkája volt a Salzburgi Egyetemen 2002-ben, középiskolai oktatási segédletként készítette. A GeoGebrát az elmúlt évek során számos nemzetközi díjjal jutalmazták. A dinamikus matematikai szoftverek vezető szolgáltatójává vált, amely világszerte támogatja a természettudományos, technológiai, mérnöki és matematikai, művészeti (STEAM) oktatást, valamint a tanítás és tanulás innovációit.

A GeoGebrához kapcsolódik egy több millió felhasználóból álló közösség, amelynek tagjai szinte minden országban megtalálhatók.

A felhasználó két dimenzióban gyakorlatilag egy virtuális szerkesztőkészletet kap a kezébe. A papíron végzett szerkesztésektől eltérően itt a kiinduló objektumok (pontok, egyenesek stb.) szabadon mozgathatók, úgy hogy a tőlük függő objektumok velük együtt mozognak. Másrészt, egy számítógépes algebrai rendszer, amelyben az objektumok algebrai úton is megadhatók (pontok koordinátaikkal, egyenesek egyenleteikkel, függvények képletükkel stb.). A GeoGebra fontos tulajdonsága, hogy egy kifejezés az algebra-ablakban megfelel egy objektumnak a geometria-ablakban, és viszont. Függetlenül attól, hogy az objektumot milyen módon vettük fel (a geometria-ablakban szerkesztéssel vagy az algebra-ablakban paramétereinek megadásával) mindkét ablakban módosítható, és a változás a másik ablakban is látható (Papp-Varga, 2009). A GeoGebra 3D-ben már három ablak objektumai vannak „összekötve egymással” a 3D objektum, egy síkmetszete 2D-ben és az algebrai leírás.

A GeoGebra applikációk *online* és *offline* is használhatók. Ingyenesen letölthetők iOS-re, Androidra, Windowsra, Macre, Chromebookra és Linuxra. A GeoGebra Classroom nevű együttműködési platformon keresztül a tanárok a diákok előrehaladását valós időben követhetik nyomon.

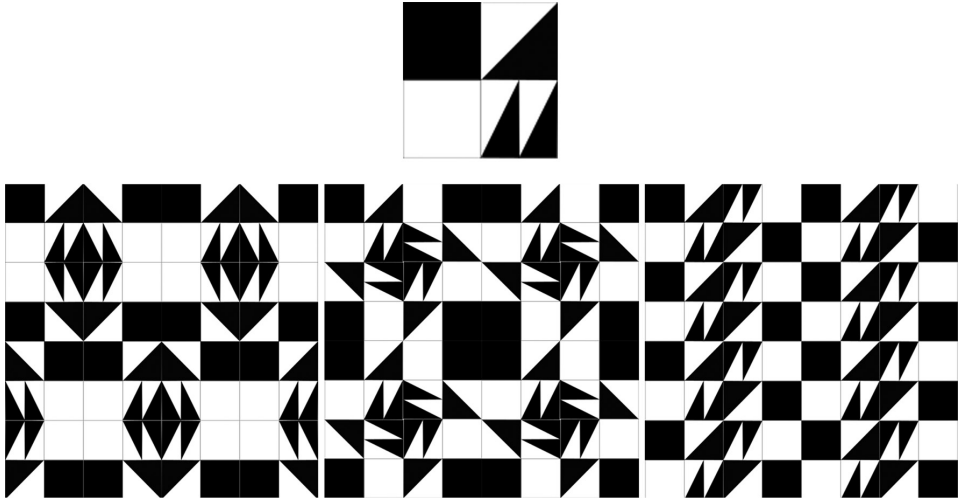
2. Az Inkscape program

Az Inkscape (URL4) ingyenesen beszerezhető, professzionális szemléletű vektorgrafikai program, amely alkalmas iskolai oktatásban való felhasználásra, kisebb példányszámú grafikai tervek kivitelezésére vagy webgrafikák készítésére. Magyar nyelven is elérhető, sőt a program megismerését segíti, hogy 2014-ben az FSF.hu Alapítvány létrehozta az inkscape.hu weboldalt, és kiadta az *Inkscape – vektorgrafika mindenkinek* című szakkönyvet. Ez utóbbi több mint 400 oldalon, 76 önálló tanulásra alkalmas feladattal igyekszik bevezetni az olvasót a vektorgrafikus tervezés gyakorlatába, emellett megismertetni a grafikai tervezés folyamatával is.

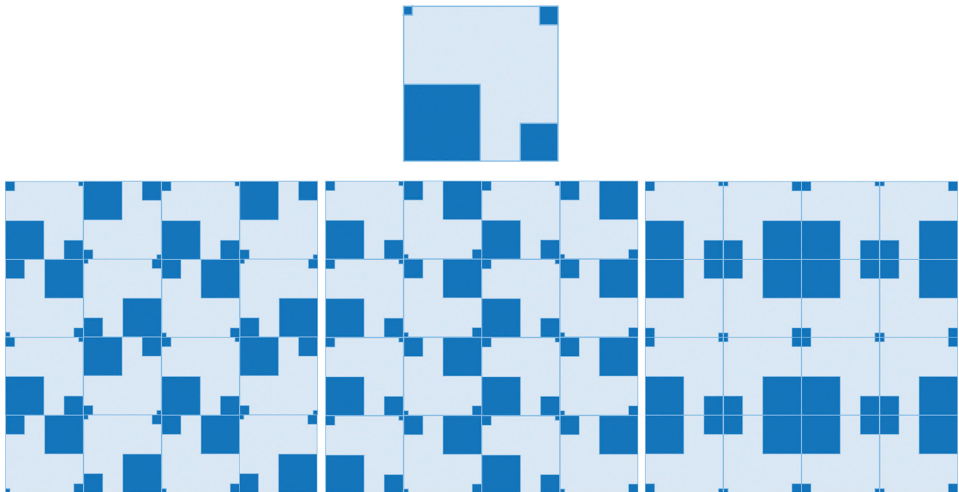
Számomra az Inkscape program azért különösen érdekes, mert a szokásos geometriai transzformációkon (tükrözések, eltolás, forgatás, nagyítás, kicsinyítés) kívül ismeri a sík tizenhét szimmetriacsoportját (angol nyelvterületen tapéta csoportok – *wallpaper groups*). Ezt a tizenhét szimmetriacsoportot használta

M. C. Escher is a síkot hézag- és átfedésmentesen lefedő állatokból, varázslatos lényekből álló mintáinak készítéséhez.

Ez azt jelenti, hogy ha egy mintának egy kis alapelemét megszerkesztjük Inkscape-ben, egy mozdulattal tetszőleges méretben hozhatunk létre bármely szimmetriacsoportnak megfelelő mintát.



2. ábra. A Jomili-kockákból kirakott alampinta és néhány szimmetriacsoportnak megfelelő variációja (a szerző saját szerkesztése)



3. ábra. A Poliuniverzum négyzet alapeleme és néhány szimmetriacsoportnak megfelelő variációja a tradicionális portugál csempék színeivel (a szerző saját szerkesztése)

3. A GoogleDraw program

A GoogleDraw a Google által fejlesztett ingyenes, webes alkalmazás. Lehetővé teszi képek importálását a számítógépről vagy a világhálóról. A beillesztett vagy megrajzolt alakzatokat, képeket meg lehet sokszorozni, forgatni, tükrözni, kicsinyíteni, nagyítani. Így a kézzel fogható eszközökből kiindulva érdekes alkotások születhetnek. A spanyol iskolások a Poliuniverzum-elemekből kiindulva egy kiállításnyi anyagot készítettek a PUSE 'Poly-Universe in School Education' Erasmus+ projekt keretében.

NÉHÁNY, MANIPULATÍV ESZKÖZÖK ÁLTAL INSPÍRÁLT ÖTLET SZÁMÍTÓGÉPES MEGVALÓSÍTÁSA

1. A Poliuniverzum-eszköz további lehetőségei a GeoGebrában

Oldalszámok változtatása 2D-ben

Az egyik kérdés, ami először felmerülhet, az hogy mi lenne, ha az oldalszámokat elkezdenénk növelni, ötszög, hatszög, ... n-szög esetében kezdenénk rajzolni $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, ... $\frac{1}{2^k}$ arányú csúcsalakzatokat? Első pillantásra meglepő eredményt kapunk. Hatszög esetében a két legnagyobb csúcsalakzat egy-egy oldala illeszkedik egymásra. Nagyobb oldalszámnál pedig ez a két sokszög egymásba is nyúlik. Azt, hogy hatszög esetében miért illeszkedik a két legnagyobb csúcsalakzat 1-1 oldala, elemi geometriai bizonyítással be lehet látni.

De további kérdések is felmerülhetnek. Ki tudnánk számítani a metszetek területét? Ha változtatnánk az arányt, milyen arány esetén nincs közös része a két legnagyobb csúcsalakzatnak? Erre készült egy GeoGebra applikáció is – itt az oldalszámokon kívül az arány is változtatható –, ezzel lehet kísérletezni, majd próbálkozni a bizonyítással. Mi lenne, ha más sorrendben helyeznénk el a csúcsalakzatokat, vagyis az $\frac{1}{2}$ arány után nem az $\frac{1}{4}$, hanem mondjuk az $\frac{1}{8}$ következne? Akkor is fennállna a fenti probléma?

Arányok változtatása

A Poliuniverzum feltalálója is kísérletezett az arányok változtatásával, sőt nemcsak befelé, hanem az alapformából kifelé, azaz negatív aránnyal is készülték alkotásai. A 4. ábra első sorában láthatjuk a háromszögforma hasonlósági, „b” arányának változásait négy lényegesen különböző esetben: $-2 \leq b < 0$, $0 < b < \phi$, $\phi < b < 1$, $1 < b \leq 2$, ahol $\phi = \frac{\sqrt{5} - 1}{2}$, az aranymetszés aránya. Az aranymetszés

aránya először akkor merült fel, amikor a Poliuniverzum-négyzet háromdimenziós kiterjesztésére gondoltunk. Egy kocka mind a nyolc csúcsába egy-egy kisebb kocka került rendre $\frac{1}{2}$ részére kicsinyítve. A 6. csúcstól kezdve már szinte láthatatlanok voltak a kockák. Felmerült az a kérdés, hogy meddig lehet növelni az arányt, hogy a legnagyobb két csúcsalakzat még ne nyúljon egymásba?

Ekkor az $a = \lambda \times a + \lambda^2 \times a$ egyenletet kell megoldanunk λ -ra, ahol λ a hasonlóság aránya, a pedig az alap kocka éle. A másodfokú egyenlet pozitív megoldása az aranymetszés aránya lesz.

Számtalan kitekintést, kapcsolódási pontot adhat a fenti szerkesztések elkészítése. Elsősorban matematikai kapcsolatok adódnak. Beszélhetünk a középpontos hasonlóság tulajdonságairól, különböző arányok esetén, hasonló sokszögek, síkidomok területéről, de az aranymetszés a matematika mellett a művészettel is összefügg. Az aranymetszés aránya számtalan képen, épületen, zeneműben megjelenik, de hétköznapi tárgyainkon (például a bankkártya is arany téglalap), ismert logókon is feltűnik.

Poliuniverzum 3D-ben

A háromszög alapelem 3D kiterjesztésére természetesen adódik a tetraéder, a négyzet elemre pedig a kocka. A centrális nyújtás a GeoGebrában térbeli alakzatokra is érvényes, így a szerkesztés könnyen, pár lépésben elvégezhető. A 4. ábrán látható tetraédernél az arány maradt a hagyományos $\frac{1}{2}$, de a kockánál a fent említett okok miatt az aranymetszés arányát használtuk. Természetesen az alapelem is kiszínezhető, de az ábrán a jobb láthatóság miatt az alapelem élvázis szerkezetű lett.

A csúszkán változtatható arányokkal a két poliéder alapú esetben is kísérletezhetünk. A 4. ábra második sorának jobb oldalán látható egy negatív, -1 -nél kisebb és egy pozitív, 1 -nél nagyobb aránnyal a tetraéder.

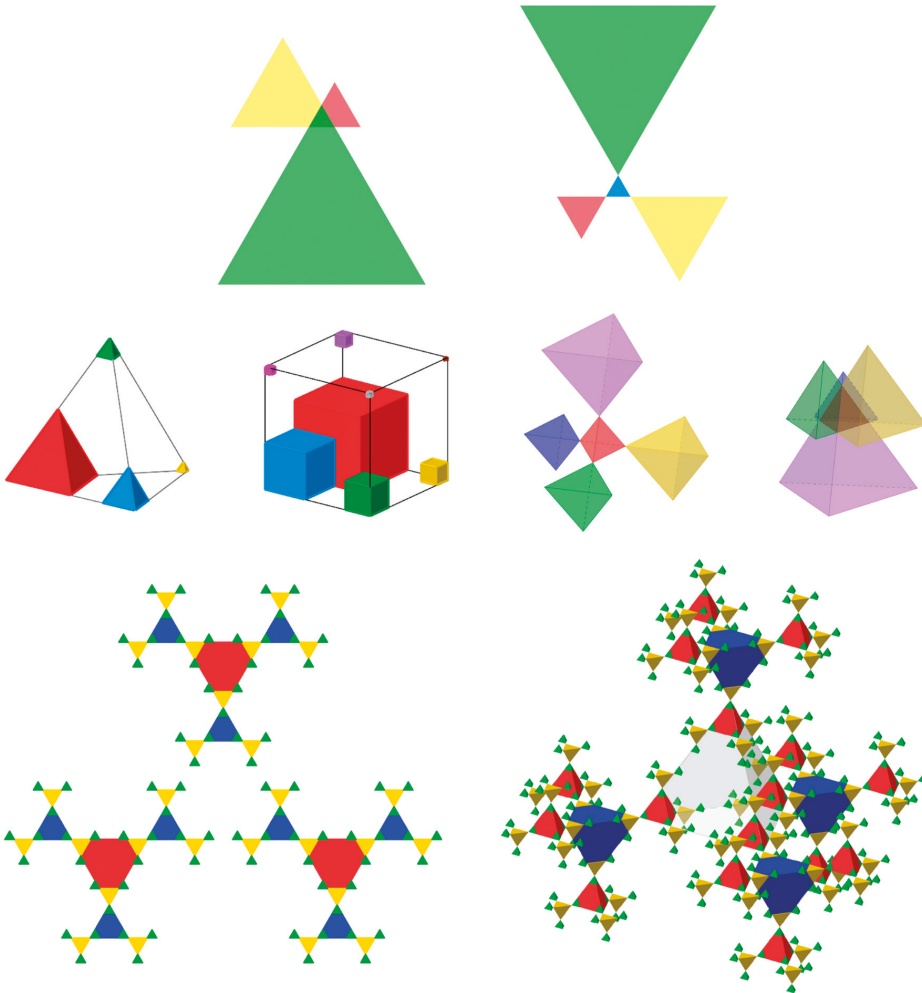
Poliuniverzum és a fraktálok

A GeoGebrában talán a fraktálok rajzolása, színezése az, ahol leginkább kiélhetjük alkotó hajlamainkat. Lehetnek ezek a fraktálok színesek – a Poliuniverzumnak megfelelő vagy attól eltérő színezésűek, egyszínűek, különböző árnyalatú részekkel, készülhetnek síkban háromszögből, négyzetből kiindulva, vagy térben tetraéderre, kockára alapozva. A térbeli fraktálok vetületei is nagyon érdekesek lehetnek.

A fraktálok rajzolása, tanulmányozása során minden egyes lépésben kiszámolhatjuk az összalakzat kerületét, területét. Megvizsgálhatjuk, hogy mi lesz a kerület, terület határértéke, ha a lépések száma a végtelenhez tart. Véges területen lehet végtelen hosszú törtvonal? Lehetőségünk van a dimenziók fogalmának

körüljárására, miért törtdimenziósak a fraktálok? Egy színes térbeli és síkbeli fraktál a 4. ábra 3. sorában található.

A Poliuniverzum elemeire építve természetesen még sok, további ötletet is felvethetünk, továbbgondolhatunk. Például a Poliuniverzum térbeli kiterjesztései a kristályrácsok felé is adhatnak továbblépési lehetőséget. Érdekes kérdés az is, hogy hogyan nézne ki a köralakzat a térben? Meg tudjuk-e szerkeszteni GeoGebrában? És a kérdések sora végtelen, egy-egy újabb kérdés egyre több további gondolatot ébreszt. A fent említett applikációk az alábbi linken találhatóak meg: URL5.



4. ábra. A Poliuniverzum eszköz továbbgondolása a GeoGebrában
(a szerző saját szerkesztése)

2. A Mondrian Blocks és a GeoGebra

A Mondrian Blocksból kiindulva is nagyon sok továbbgondolásra érdemes ötletünk támadhat. Ezek közül egyet mutatok be.

A Mondrian Blocksszal való játék során észrevehetjük, hogy az elemek között vannak azonos kerületű, különböző területű téglalapok, illetve négyzetek. De fordítva is találunk példát azonos területű, különböző kerületű játékelemekre. Az előbbire több példát is találunk, egyik ilyen az 1×5 -ös, 2×4 -es és 3×3 -as elem, mindegyik kerülete 12 hosszúságegység, területük azonban rendre 5, 8, 9 területegység. Felvetődik a kérdés, hogy azonos kerületű téglalapok közül melyeknek a területe maximális? Illetve fordítva, hogy azonos területű téglalapok közül melyeknek a kerülete minimális?

Az alábbi linken megnyitható GeoGebra applikáció az azonos területű téglalapok közül keresi a minimális kerületűt: [URL6](#).

A GeoGebra nagyszerűségét mutatja, hogy egy csúszkán változtatva a téglalap oldalait – megtartva az állandó területet – három ablakban egyszerre követhetjük a kerület változását. Az algebra-ablakban a számolások láthatók, az egyik rajzlapon a változó oldalú téglalap, a feladat geometriája, a másik rajzlapon pedig a kerületfüggvény.

Hasonlóan az azonos kerület, különböző terület is modellezhető GeoGebra-ban a téglalapok körében: [URL7](#).

A fenti kérdések kicsit színesebben gyerekek számára is megfogalmazhatók: 36 m^2 területű kertet szeretnénk bekeríteni. Milyen hosszú kerítést vásároljunk, ha nagyon takarékosak vagyunk? Van 12 m hosszú kerítésem, milyen alakú kertet érdemes bekerítenem, hogy a legtöbb zöldséget tudjam elvetni?

Természetesen ezek a kérdések még tovább általánosíthatók. Minél több oldalú egy sokszög annál nagyobb a területe azonos kerület mellett. Egy nyolcszögletű ház építéséhez kevesebb falazóanyagot kell felhasználni ugyanazon alapterület esetén, mint egy téglalap alakúhoz. (Gondolom, itt építészeti szempontból felmerülnek más problémák, de ezt most nem vizsgáljuk.) A legnagyobb területet a kör adja azonos kerület mellett, lásd izoperimetrikus problémák.

3. A Logifaces és a GeoGebra

A legkézenfekvőbb GeoGebra applikáció, ami a Logifaces módszertani könyvben is megjelenik az, hogyan ábrázoljuk az elemeket GeoGebra 3D-ben. Mivel minden elem azonos alapterületű szabályos háromszög, és csak az alaplapra mérőleges élek különböznek az egyes elemeknél, az ábrázolás dinamikusan egyetlen GeoGebra fájlban megvalósítható. Csúszkán beállítjuk a három változtatható élet, amelyek 1, 2, 3 egység hosszúak lehetnek.

Egy kevésbé kézenfekvő, fizikához kapcsolódó gondolat: Helyezzünk egymás mellé két Logifaces-elemet illeszkedő oldalélel. Tegyük egy kis golyót az illeszkedő élek közelébe. Mely elempárokból tudunk létrehozni így a golyók számára stabil, labilis és közömbös egyensúlyi helyzetet? Majd egy Logifaces-elemre helyezzünk egy másikat oldallapjára állítva. Érdeemes kísérletezni a különböző elemekkel. Mikor borul fel a lejtős oldallapra helyezett elem? Amíg a test súlypontjából húzott egyenes metszi az alátámasztási felületet, a test nem borul fel. Ezt láthatjuk az alábbi dinamikus GeoGebra fájlban a lejtő szögét változtatva: URL8.

KÖVETKEZTETÉSEK

Véleményem szerint mind a négy felsorolt eszköz és az említett szoftverek használata elősegíti és támogatja a kreativitást a tanulásban. A manipulatív és digitális eszközök használata szórakoztató és örömteli, a geometriai művészet egyfajta kreativitása arra ösztönözheti azokat a tanárokat, akik az oktatásban haszontalannak találják a játékokat, hogy megváltoztassák hiedelmeiket. Más tanárok a manipulatív és digitális eszközöket évek óta használják a tanulói aktivitás növelésére és a tanulási eredmények javítására az osztályteremben vagy tanórán kívüli foglalkozásokon, azonban még mindig problémákkal szembesülnek az eszközök kiválasztásával és alkalmazásával. Projektjeinkben ehhez is szeretnénk útmutatást, segítséget adni.

A játékok és eszközök használata egy lehetséges módja a motiváció, az élvezet fokozásának, ami pozitív hatással van a tanulásra, segítségünkkel összekapcsolhatjuk a tanulás analóg és digitális világát.

IRODALOM

- Colucci-Gray, Laura – Burnard, Pam – Coke, Carolyn et al. (2017): *Reviewing the Potential and Challenges of Developing Steam Education through Creative Pedagogies for 21st Learning: How Can School Curricula Be Broadened Towards a More Responsive, Dynamic, and Inclusive Form of Education?* London: British Educational Research Association, <https://www.bera.ac.uk/wp-content/uploads/2017/11/100-160-BERA-Research-Commission-Report-STEAM.pdf>
- Fenyvesi Kristóf (2016): Bridges: A World Community for Mathematical Art. *Mathematical Intelligencer*, 28, 35–45. DOI: 10.1007/s00283-016-9630-9, <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/50042/fenyvesibridges.pdf?sequence=1>
- Klein Sándor (1980): *A komplex matematikatanítási módszer pszichológiai hatásvizsgálata*. Budapest: Akadémiai Kiadó, ISBN 963051737X
- Lavicza Zsolt – Fenyvesi Kristóf – Lieban, Diego et al. (2018): Mathematics Learning through Arts, Technology and Robotics: Multi- and Transdisciplinary STEAM Approaches. In: *EARCOME*

- 8: 8th ICMI-East Asia Regional Conference on Mathematics Education. Volume 2. Taipei: National Taiwan Normal University, 28–29. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/63173/earcome%208%20paper.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Papp-Varga Zsuzsa (2009): Interaktív matematika mindenkinek GeoGebra módra. In: Berke József: *Multimédia az oktatásban, 1995–2010*. Konferenciakötet. Paper: 18. Budapest: Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, 2011, ISBN 9786155036040, https://www.mmo.njszt.hu/Kiadvanyok/2009/cikkek/Papp-Varga_Zs_GeoGebra.pdf
- Prodromou, Theodosia – Lavicza Zsolt (2017): Integrating Technology into Mathematics Education in an Entire Educational System – Reaching a Critical Mass of Teachers and Schools. *International Journal of Technology in Mathematics Education*, 24, 3, 129–135. DOI: 10.1564/tme_v24.3.04, <https://tinyurl.com/9upr8kwz>
- Swan, Paul – Marshall, Linda (2010): Revisiting Mathematics Manipulative Materials. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15, 2, 13–19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ891801.pdf>
- URL1: <https://experienceworkshop.org/fi/the-logifaces-book-is-out-analogue-game-for-digital-minds/>
- URL2: <https://www.geogebra.org/m/sNBUUBE1>
- URL3: <https://www.geogebra.org/>
- URL4: <https://inkscape.org/>
- URL5: <https://www.geogebra.org/m/ms8nznfym>
- URL6: <https://www.geogebra.org/classic/jxqyxbhx>
- URL7: <https://www.geogebra.org/classic/hwpmprem>
- URL8: <https://www.geogebra.org/classic/q3dpcphb>

ÓRIÁSOK VÁLLÁN ÁLLUNK A VASARELY-MŰVEK MINT OKTATÁSI ESZKÖZÖK

STANDING ON THE SHOULDERS OF GIANTS VASARELY'S ARTWORKS AS EDUCATIONAL TOOLS

Juhász Litza

múzeumpedagógus, Vasarely Múzeum Budapest
litza.juhasz@szepmuveszeti.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A budapesti Vasarely Múzeum gyűjteménye alapot és lehetőséget nyújt ahhoz, hogy felfedezzük és jobban megértsük, hogyan is érzékeljük a körülöttünk lévő világot. Az optikai csalódások, amelyeket Victor Vasarely műalkotásainak megtekintésekor észlelünk, nagyobb betekintést nyújtanak az emberi látórendszer működésébe. A műalkotások megtekintése az első lépés. A háttér-információk kontextust biztosítanak, és gyakran segítenek megválaszolni az adódó kérdéseket. Ha a műalkotásokról és a bennünk felmerülő gondolatokról beszélgetünk másokkal, valamint meghallgatjuk az ő gondolataikat, az kiszélesíti a megértésünket. Ezen túlmenően, a kézbe vehető készletek használatával még jobban felfoghatjuk azokat a fogalmakat, amelyeket Vasarely beépített művészi munkájába. Ez a tanulmány példákat mutat be az optikai illúziót tartalmazó Vasarely-művek oktatási eszközeire és stratégiáira, valamint azok előnyeire a pedagógiában.

ABSTRACT

The collection at the Vasarely Museum Budapest lays the foundation to explore and have a better understanding of how we perceive the world around us. The optical illusions we notice when viewing works of art by Victor Vasarely give us greater insight into how the human visual system works. Viewing artworks is the first step. Background information provides a context and often helps to answer questions that arise. Discussing the works of art and the ideas we have with others, as well as listening to their thoughts broadens our understanding. In addition, by using hands-on materials, we often have a firmer grasp of the concepts Vasarely incorporated into his oeuvre. This paper gives examples of educational tools, strategies, and their benefits for educators who present works of art by Vasarely that incorporate optical illusions.

Kulcsszavak: optikai illúziók, múzeum, kézbe vehető készletek, nyitott végű, észlelés, környezetbarát

Keywords: optical illusions, museum, hands-on materials, open-ended, perception, environmentally friendly

Minél jobban ismerjük az optikai csalódásokat, annál könnyebb felismerni azokat, amelyeket Victor Vasarely (1906–1997) használt műveiben. Bár írásai-ban külön nem nevezi meg őket, feltételezem, hogy éppúgy tisztában volt velük, mint ahogy én is tisztában vagyok azokkal a pedagógiai elméletekkel, amelyeket munkám során alkalmazok a felnőtteknek, tizenéveseknek és gyerekeknek tervezett és tartott interaktív vezetéseken. Mint minden kutató, Vasarely és én is óriások vállán állunk. Ő is profitált mindazoknak a művészeknek és tudósoknak a munkásságából, akik megelőzték őt, vagy kortársai voltak. Én pedig inspirációt találok a tanulással kapcsolatban saját tapasztalataikat megosztó pedagógusok gondolataiban, megközelítéseiben. Ebben a tanulmányban példákat mutatok be olyan oktatási eszközökre, stratégiákra, illetve azok előnyeire, amelyek segítségével a pedagógusok optikai illúziót tartalmazó Vasarely-művekkel dolgozhatnak.

Optikai illúziók és a mögöttük álló tudomány – ez a címe az egyik interaktív tárlatvezetésnek, amelyet felnőttek és iskolai csoportok egyaránt választhatnak. Amióta 2017-ben bevezettem a felnőtteknek szóló interaktív tárlatvezetéseket a budapesti Vasarely Múzeumban, egyetlen programszervező sem kért hagyományos tárlatvezetést, ahol csak elmondanék a résztvevőknek mindent, amit Vasarelyről és a kiállított művekről tudok. Jobban kedvelik az olyan tárlatvezetést, amelynek során időt hagyok nekik arra, hogy csendben szemléljék a műalkotásokat, kisebb csoportokban megbeszéljék az ötleteiket, majd ezeket az egész csoport előtt bemutassák, és olyan kézbe fogható tárgyakat használhatnak kellékként, amelyek segítenek mélyebben megérteni, hogy Vasarely milyen döntéseket hozott egy-egy kompozíció esetében. Iskolai csoportokkal sok múzeumpedagógus alkalmazza ezeket a stratégiákat, de felnőttekkel csak néhányan. A csendes szemlélődés, a közös megbeszélés és a kellékek használata mind hozzájárul ahhoz, hogy az embereknek saját elképzeléseik születhessenek a kiállított műalkotásokról. Az, hogy ők maguk találhatnak ki valamit, szabadon előállhatnak ötletekkel, és ezeket megoszthatják egymással, olyan „aha” élményekhez vezet, amelyek energiát adnak, és a résztvevők gyakran arra a következtetésre jutnak, hogy „de jó, most már értem”. Az aktív részvétel révén a látogatók nem csupán háttér-információkat hallgatnak, hanem olyan eszközöket kapnak az eszköztárukba a tárlatvezetés során, amelyek segítségével felfedezhetik és élvezhetik a műalkotásokat, ami gyakran önbizalom-építő hatású. És az előnyök itt még nem érnek véget. A tanulás kölcsönös: múzeumpedagógusként én is sokat kapok ezeken az alkalmakon. Nemcsak arról, hogy hogyan tanulnak az emberek, hanem a kiállított műalkotásokról is. Majdnem minden csoportban van legalább egy résztvevő, aki észrevesz valamit, ami még sosem jutott eszembe, vagy ami a korábbi alkalmakon senkitől nem hangzott még el. Azzal, hogy elmondom a résztvevőknek, hogy én is tanultam tőlük, partnerekké válunk egy élethosszig tartó tanulási úton. Mindenki szakértővé válik.

AMIKOR LÁTOD, ÉS AMIKOR NEM – A HERMANN-RÁCS ILLÚZIÓJA

Ha rendelkezésére áll egy darab kartonpapír (egy üres doboz is jó), vágjon ki belőle egy négyzetet. Világítson meg egy falat erős fényvel. Mozgassa a négyzetet a fény elé. Hány alakzatot tud létrehozni a négyzet árnyékával játszva? A négyzet és a rombusz között az a különbség, hogy az utóbbinak nincsenek derékszögei. Milyen helyzetben érdemes a fényforrás elé tartani a négyzetet, hogy inkább rombuszra hasonlító alakzatot kapjon? Most hívjon oda egy-két barátot, és adjon nekik is egy-egy négyzetet. Milyen más alakzatokat tudnak létrehozni két vagy három négyzetből?

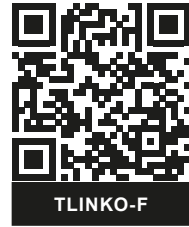


1. kép. © Szépművészeti Múzeum, Budapest, 2023

Miután mindenki kapott egy-egy négyzetet a kiállítóteremben, a látogatók a reflektorokkal megvilágított falakat vagy a padlót használják ehhez a feladathoz. Először megnézik, hogy milyen alakzatokat tudnak egyedül létrehozni, majd a közös munka következik: együtt próbálnak még több alakzatot találni. Egyesek megbeszélnek, hogy mit kell csinálni, mások csendben dolgoznak, követve valaki más irányítását. Ez a nyílt végű feladat sokféle megoldást tesz lehetővé. Tanulóközpontú tanítási stratégiát alkalmaz, mivel a résztvevők önállóan és egymástól is tanulnak. Emellett fejlesztik az együttműködésre való képességüket.

Ez a feladat Vasarely olyan műveit mutatja be, mint a *Tlinko-F* című festmény, amelyen négyzeteket, rombuszokat és paralelogrammákat láthatunk. Mielőtt a műalkotásról beszélgetnénk, megkérem a látogatókat, hogy tekintsék meg a festményt, majd pár perc után összegezzék a gondolataikat, készítsenek listát azokról a dolgokról, amelyeket a képen észrevettek.

Ha úgy érzem, hogy a csoport tagjai vonakodnak azonnal megosztani az ötleteiket mindenkivel, vagy szeretnék több embernek lehetőséget adni arra, hogy hozzájáruljanak a beszélgetéshez, megkérem őket, hogy először csak egy-két emberrel cseréljenek eszmét. Amikor aztán az egész csoportnak felsorolják, hogy miket vettek észre, általában valaki azt mondja, hogy úgy tűnik, mintha a metszéspontokban sűrű pontok jelennének meg, majd tűnnének el. Majdnem minden csoportban van legalább egy résztvevő, aki nem érzékeli a „pontokat”. Azok, akik igen, azonnal megpróbálnak „segíteni” a többieknek a pontok észlelésében azzal, hogy elmagyarázzák, mit *lát*nak, és hogyan kell *nézni* a képet. Ezután elmagyarázom, hogy ezt a jelenséget gyakran Hermann-rács illúzió néven emlegetik, mivel Ludimar Hermann német pszichológus definiálta 1870-ben, bár a skót tudós, Sir David Brewster írt róla először, 1844-ben. Brewster azt állította, hogy W. Selwyn tiszteletes már korábban megfigyelte ezt a hatást. Miközben beszélek, néha egy-egy résztvevő felkiált, hogy most már ő is látja. Vannak emberek, akik számára az észlelés akkor történik, amikor nem koncentrálnak aktívan arra, hogy lássák. Megkérdezem azokat, akik érzékelik, hogy megjelenik-e a terület közepén is, ahol a rombuszok és a paralelogrammák vannak. A legtöbben azt mondják, hogy eltűnik vagy elhalványul. Vasarely tehát nemcsak azt tudta, hogyan kell kompozíciót alkotni az illúzióval, hanem azt is, hogy mely alakzatokat kell beépíteni oda, hogy az illúzió ne legyen észlelhető. A tudósok feltételezik, hogy a rácsillúzió elterjedtsége az alakzatok szögétől függ. A derékszögű metszéspontoknál könnyebb észlelni. Amikor a látogatók arról számolnak be, hogy nem érzékelik a rácsillúziót, elmagyarázom nekik, hogy az emberi agy felépítése miatt nem ugyanúgy és nem ugyanolyan sebességgel érzékeljük a dolgokat. Arra bátorítom őket, hogy még aznap nézzenek meg egy hasonló kompozíciót. Néha az agynak többször kell ugyanazzal a jelenséggel találkoznia ahhoz, hogy a megértés megtörténjen.



Victor Vasarely:
Tlinko-F (URL1)

A VASARELY-ILLÚZIÓ

A tanulmányozók az optikai illúziókat típusok szerint szokták csoportosítani. A Hermann-rács illúzió és a gyakran Vasarely-illúzióknak nevezett optikai csalódás is fényesség illúzió. Nézze meg a három kisebb négyzetet a *Zilia* című festményen. Észrevesz egy-egy X-et? A múzeumban az eredeti festményt körülbelül

három méter távolságból szemlélő legtöbb látogató arról számol be, hogy két világos fehér X-et és egy sötétebb, fekete X-et lát. Ahogy közelebb mennek a festményhez, az X egyre halványabbá válik. A fényesség illúziót „az oldalirányú gátlásnak köszönhetően érzékeljük, amely a szem retinájához kapcsolódó gerjesztett neuronok azon képessége, hogy csökkentik vagy leállítják szomszédaiak jelküldését. A tudósok úgy vélik, hogy ez segít a látórendszernek észlelni a keresett dolgok széleit” (Juhász, 2023). Ha nagyon-nagyon közel állnak a vászonhoz, akkor látják, hogy ott nem festett X – csak tíz egymásba ágyazott négyzet van.

Nézzük meg ezt a tíz egymásba ágyazott négyzetet egy matematikus szemével. Ha a legkisebb négyzetet egy egységnek tekintjük, akkor azt látjuk, hogy az egymást követő négyzetek mindegyikének a száma szisztematikusan növekszik. A második 9 négyzetből áll, a harmadik 25 négyzetből, a negyedik pedig 49 négyzetből. Vasarely az 1-től 19-ig terjedő páratlan számokat négyzetekre osztotta. Vasarely valószínűleg minden egyes négyzetnél tíz százalékkal változtatta meg a festék tónusát. Minden egyes egymásba ágyazott négyzet mellé két paralelogrammát helyezett, amelyeket ebben az elrendezésben kockának érzékelhetünk. A négyzetek és a paralelogrammák uralják ezt a kompozíciót? Vagy inkább a trapézok és a hatszögek? Ez attól függ, hogyan érzékeljük a kompozíció rétegeit, ami az optikai illúziók egy egészen más csoportjába, a kétértelmű képek közé vezet át bennünket. Ezekben a kompozíciókban két vagy több értelmezés szerinti lehetséges kép van. Amikor a látogatók matematikai fogalmakkal írják le, amit érzékelnek, és meghallgatják a többi résztvevő leírását, mindenki rájön, hogy a *Ziliához* hasonló festmények többféleképpen is értelmezhetők. Ez a sokféle értelmezés befolyásolhatja azt, hogy a résztvevők hogyan látnak egy-egy kompozíciót. Következésképpen kezdik megérteni, hogy amit látnak, részben nemcsak azon alapul, amit korábban láttak, hanem azon is, hogy megértik és érzékelik, amit mások tapasztalnak. Sok művészetpedagógus úgy véli, hogy amit egy műalkotásban észreveszünk, az az összes olyan műalkotáson alapul, amelyet már láttunk, tanultunk, és amiről gondolkodtunk.



Victor Vasarely:
Zilia (URL2)

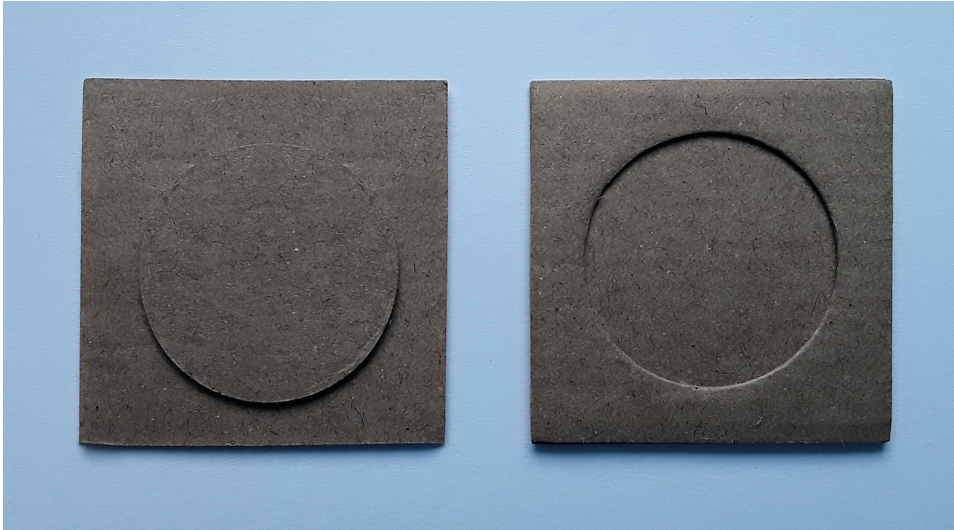
ÁTMENETEK A FELFEDEZÉSHEZ ÉS FELTÉRKPÉZÉSHEZ

Az interaktív tárlatvezetések a bevezetésből, az egyes műalkotásokhoz kapcsolódó feladatokból, a következő műalkotáshoz való átmenetből és az egészet lezáró befejezésből állnak. Az átvezetések ugyanolyan fontosak, mint a tárlatvezetés többi része. Mivel a felnőttek és a diákok egyaránt élvezik, hogy van idejük egyedül körülnézni, a tizenévesek pedig arról számoltak be, hogy áttekintést szeretnének kapni a kiállításról, az átmenet néha „üres”. Van, hogy a résztvevők csendben

elmélkedve vagy másokkal beszélgetve sétálnak egyik műalkotástól a másikig. És van, hogy az átmenetek ugyanúgy megtervezhetők, mint bármely más interaktív rész. Egy átmenetben új információ is bevezethető.

Az egyik interaktív megközelítés, amely lehetővé teszi a résztvevők számára, hogy saját maguk jöjjenek rá az új információkra, az hogy kézzel fogható kis tárgyakat osztunk ki, és megkérjük a látogatókat, hogy ezeket vizsgálják meg bizonyos jellemzők szempontjából. Az elmúlt évben egy új elemmel egészítettem ki a vizsgálatot igénylő feladatokat. Mielőtt kiosztom a tárgyakat a látogatóknak, megkérem őket, hogy csukják be a szemüket, és próbálják meg kitalálni, hogy mit adok nekik, pusztán az érintés alapján. Néha úgy bővíttem ki ezt a feladatot, hogy egy bizonyos információt két résztvevőnek együttesen kell megtalálnia. Ebben az esetben a párban a két személynek két különböző (de összetartozó) valamit adok. Például az *2. képen* látható, hogy a bal oldali négyzetben egy kör van, míg a jobb oldali az a keret, amely a kör kivágása után megmaradt. Miután megérintették, és eldöntötték, hogy mi a tárgy, a résztvevők a kezük közé zárják, hogy ne lehessen látni. Ha mindenki készen áll, megkérem őket, hogy nyissák ki a szemüket, és magyarázzák el a tárgyukat a párjuknak anélkül, hogy látnák. Ebben a feladatban mindenki lelkesen vesz részt, függetlenül attól, hogy milyen idős. A résztvevők aktívan megosztják a párjukkal, hogy mi van a kezükben, és a lelkesedésük átragad a következő néhány feladatra is, beleértve a saját kompozíciójuk elkészítését az interaktív tárlatvezetés után.

A műtárgyak közötti átmenetként minden párnak odaadom az *2. képen* látható két kartonlap egyikét. Nem kell semmit sem magyaráznom a kétféle tárgy egy-



2. kép. © Szépművészeti Múzeum, Budapest, 2023

ségéről. Tapintással a résztvevők azonnal tudják, hogy mik azok. A beszélgetés során megértik a kettő közötti kapcsolatot, és sokan még azt is tudni vélik, hogyan készítettem el a tárgyakat. Az ilyen átmenet fenntartja a lelkesedést, és lehetővé teszi a látogatók számára, hogy érintésen keresztül kerüljenek kapcsolatba a gyűjteménnyel.

Összegyűjtöm a kartonlapokat, és megkérem a látogatókat, hogy keressenek egy olyan tárgyat, amelyen hasonló kép van, mint az egyik kartonlapon. Az egyik tárgy, amelyet a gyűjteményben találnak, a *Sir-Ris* című fémdoboz. Megkérem a látogatókat, hogy álljanak pár méterre a műtárgytól, és döntsék el, hogy a felső és a jobb oldalt konkávnak (befelé görbültnek), míg az elülsőt konvexnek (kifelé görbültnek) érzik-e. Miután erről beszámolnak, utána megkérem, hogy menjenek közelebb a műtárgyhoz. Így ellenőrizhetik, hogy a fémdoboz oldalai laposak-e, vagy sem. Az, hogy mit érzékelünk, attól függ, hogy a vonalak milyen közel vannak egymáshoz, milyen irányú fény éri a műtárgyat, milyen közel vagyunk a tárgyhoz, és milyen szögből nézzük. Azt a jelenséget, hogy a *Sir-Ris* műalkotáson domború vagy homorú felületet érzékelünk, árnyékolási illúzióknak nevezik.



SIR-RIS

Victor Vasarely:
Sir-Ris (URL3)

KÖRNYEZETBARÁT MÚZEUMPEDAGÓGIA

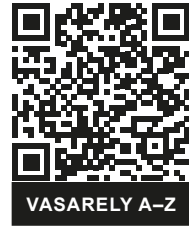
Vannak, akik úgy gondolják, nem számít, hogy környezettudatosan élnek-e, vagy sem. Mekkora változást hozhat egy ember? Múzeumpedagógusként az én döntéseim már nem csak egy személyre vonatkoznak. Minden száz csoport, amely évente interaktív vezetést kér, két-három ezer látogató fogyasztását befolyásolhatja. Az *1. képen* látható formákat újrahasznosított kartonból vágtam ki, a kartont pedig a házunk szelektív papírgyűjtő kukájából vettem ki. Elmondom a látogatóknak, hogy a kellékek újrahasznosított kartonból készültek. Tudatom velük azt is, amikor a saját kompozíciójuk elkészítéséhez újrahasznosított alapanyagokat használnak fel. Ez lehet bármi, az alumíniumdobozok nyitófületől kezdve a csokoládék csomagolására használt arany- vagy ezüstpapírig.

Mahatma Gandhit gyakran idézik, miszerint légy te a változás, amit látni szeretnél a világban. Bár sokan talán nem hiszik, hogy cselekedeteinknek van hatásuk a nagy egészre, egy munkahelyen az alkalmazottaknak alulról jövő hatásuk lehet a többi alkalmazottra. Néha reggel egy-egy olyan újrahasznosított tárggyal köszöntöm a kollégáimat, amelyikről már tudom, hogy majd egy interaktív tárlatvezetés vagy egy alkotás során felhasználható lesz. Pár héttel később találok egy hasonlót az íróasztalomon. Az egyik kollégám hozta be. Bármely csoport – legyen az egy baráti vagy egy munkatársi kör – minden tagjának lehetősége van arra, hogy hatással legyen mások döntéseire és mások cselekedeteire.

A mérnökök a tudományt és a matematikát alkalmazzák a problémák megoldására. Kitalálják, hogyan működnek a dolgok, és gyakorlati alkalmazásokat találnak a rendelkezésünkre álló tudományos és matematikai ismeretekre. Bizonyos értelemben Victor Vasarely is mérnökként tevékenykedett. Alkalmazta azt, amit mások felfedeztek, és beépítette a munkájába. Pedagógusként az a célom, hogy ötvözzem a STEM- és más pedagógiai szakemberek felfedezéseit, hogy lehetőséget biztosítsak a látogatóknak arra, hogy jobban megértsék Vasarely műalkotásait, és hogy mi inspirálta őt.

HIVATKOZÁSOK

Juhász Litza (2023): *Vasarely A–Z*. <https://indd.adobe.com/view/9f12ab8b-1ed3-4fe5-84d7-084c3f548915>



URL1: *Tlinko-F* <https://vasarely.hu/mutargyak/tlinko-f/>

URL2: *Zilia* <https://vasarely.hu/mutargyak/zilia/>

URL3: *Sir-Ris* <https://vasarely.hu/mutargyak/sir-ris/>

SPECIÁLIS SÍKGÖRBÉK RAJZOLÁSÁHOZ FEJLESZTETT OKTATÁSI ROBOTOK

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL ROBOTS FOR DRAWING SPECIAL PLANE CURVES

Szilágyi Szilvia¹, Körei Attila²

¹egyetemi docens, Miskolci Egyetem Matematikai Intézet Analízis Tanszék, Miskolc
szilvia.szilagyi@uni-miskolc.hu

²egyetemi docens, Miskolci Egyetem Matematikai Intézet Alkalmazott Matematikai Tanszék, Miskolc
attila.korei@uni-miskolc.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A különböző típusú síkgörbék paraméteres egyenletének levezetése általában összetett, több-lépéses eljárás eredménye, amelyhez a vizualizáció elengedhetetlen. Ezek a folyamatok csupán statikus eszközökkel általában nehezen magyarázhatók. A manapság közkedvelt mandalarajzok és -színezők, illetve a szintén nagy népszerűségnek örvendő oktatási robotika kombinálásával a STEAM-alapú oktatás előnyeire alapozva hoztuk létre azokat a rajzoló szerkezeteket, amelyek kreatív tevékenységhez kapcsolják a paraméteres megadású görbék megismerését, megértését és tanulmányozását. A LEGO Education SPIKE Prime oktatási robotkészletek lehetőségeit kiaknázva két saját konstrukciójú rajzoló robotot ismertetünk, amelyek képesek speciális síkgörbék megjelenítésére. Ezek a görbék körök egymáson való csúszásmentes gördítésével keletkeznek, ennek modellezésére mindkét robot esetén fogaskerekeket használtunk. A generálopont helyzetének megváltoztatásával és a beépített fogaskerekek variálásával változatos formavilágú geometriai alakzatokat hozhatunk létre, így kapcsolva össze a mérnöki és matematikai ismereteket a művészettel.

ABSTRACT

The derivation of parametric equations for different plane curves usually results from a complex, multi-step process for which visualization is essential. These processes are generally difficult to explain by static means alone. By combining the currently-popular mandala drawings and colouring books with the equally popular educational robotics, we have taken advantage of STEAM-based education to create drawing devices that link the learning, understanding, and study of parametric curves to creative activities. Through exploiting the potential of LEGO Education SPIKE Prime educational robot kits, we present two custom-built drawing robots capable of displaying unique plane curves. These curves are generated by rolling circles on each other without slipping, and gears are used to model this process for both robots. Different geometric shapes can be created by changing the position of the generating point and varying the built-in gears, thus we can combine engineering and mathematics with art.

Kulcsszavak: síkgörbék rajzolása, oktatási robotika, STEAM-alapú oktatás

Keywords: drawing plane curves, educational robotics, STEAM-based education

BEVEZETÉS

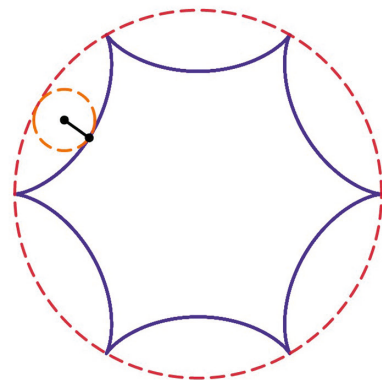
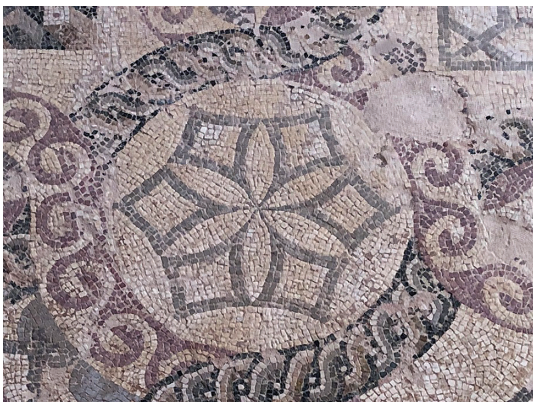
Napjainkban a játékalapú tanulás egyre nagyobb teret nyer a felsőoktatásban is, köszönhetően annak, hogy a Z generációs diákok számára a hagyományos oktatási módszerekhez és eszközökhöz képest a játékok ismerős, biztonságos környezetet nyújtanak, amelyek a tanulást nem stresszessé, hanem nyugodt környezetben megvalósuló aktív folyamattá teszik (Ding et al., 2017). Úgy a magyar, mint a nemzetközi felsőoktatásban a műszaki és informatikai alapszakokon tanulók a tapasztalatok szerint szívesen vesznek részt a játékos elemekkel tarkított kurzusokon (Tuparova et al., 2018; Reddy Narasareddygarri et al., 2018; Takács, 2023), illetve a játékalapú tanulást megvalósító projekteken (Körei–Szilágyi, 2022a). A játékalapú oktatás a legtöbb esetben eszközigenyes. A kereskedelmi forgalomban kapható játékok közül változtatás nélkül viszonylag kevés applikálható közvetlenül a játékalapú tanulás megvalósítására a műszaki és informatikai felsőoktatásban, de például a LEGO Technic-készletek felhasználására több jó gyakorlat ismert (Spitzer–Ebner, 2017; Körei–Szilágyi, 2022a). Az elmúlt évtized fejlesztéseinek köszönhetően számos különböző robotikai taneszköz is rendelkezésre áll, amelyek közös célja az innováció és a tanulók motivációjának elősegítése a tanulási folyamat során. Tekintettel arra, hogy a robotok egyre inkább elterjednek világunkban, fontos és kézenfekvő, hogy integráljuk őket az oktatásba (Mubin et al., 2013). Az oktatási robotok egyértelműen új lehetőségeket nyitottak meg a tanítás és a tanulás terén. Nyilvánvaló, hogy a legtöbb oktatási alkalmazásuk a robotikával, informatikával kapcsolatos tantárgyakra összpontosít, mint például a robotprogramozás, a robotépítés és a mesterséges intelligencia (Mitnik et al., 2009), azonban a STEAM-pedagógia sikerességét nem csak ezeken a területeken lehet kamatoztatni. Tény, hogy a STEAM-alapú oktatáshoz fejlesztett LEGO Education-robotkészletek célcsoportját elsősorban nem a felsőoktatásban tanulók jelentik, ugyanakkor ezeknek a készleteknek a változatossága, variabilitása lehetővé tette, hogy olyan designalapú holisztikus projekteket dolgozzunk ki, amelyekben a mérnöki ismeretek a matematikával és a művészzel is szinergiába lépnek. Az oktatási robotok felhasználásának lehetőségeit a klasszikus matematikai analízis keretein belül kerestük, és a síkgörbék témakörében találtuk meg a cikloidális görbék ábrázolása, paraméteres egyenletrendszerének levezetése és tulajdonságainak vizsgálata kapcsán. Cikkünkben a STEAM-alapú projektekhöz használt saját fejlesztésű oktatási robotjainkat mutatjuk be.

GEOMETRIAI MINTÁZATOK ÉS CIKLOIDÁLIS GÖRBÉK

A kétdimenziós sík görbéinek jelentős családját alkotják azok az alakzatok, amelyek úgy keletkeznek, hogy egy rögzített görbén csúszás nélkül mozgatunk egy másik görbét, és a mozgatott görbe valamely pontjának vagy a görbéhez mereven rögzített pontnak a pályáját vizsgáljuk. Ezeket a görbéket összefoglaló néven *rulettáknak* nevezzük. Ha a gördülő görbe kör, akkor *cikloidális görbe* keletkezik. A fix görbét alapgörbének, a csúszásmentesen gördülőt pedig generálogörbének – kör esetén generálókörnek – mondjuk. Különösen érdekesek azok a görbék, ahol mindkét görbe kör. Ekkor a körök egymáshoz viszonyított helyzetétől függően két nagy görbecsaládot különböztetünk meg. *Hipocikloisok* keletkeznek akkor, ha a rögzített kör belsejében gördítjük a mozgó kört, míg *epicikloisok* akkor jönnek létre, ha a rögzített körön kívül helyezkedik el a generálókör (Lawrence, 1972).

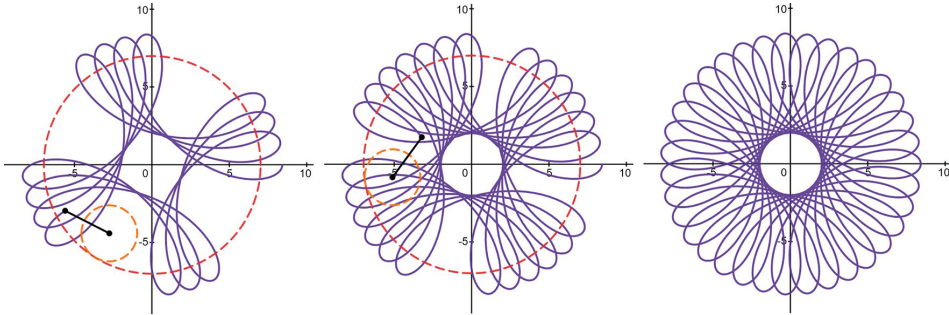
Mind a művészet, mind a matematika magába foglalja a rajzolást, ahol a vonalak, formák, mintázatok, arányok és a szimmetria jelentik azokat a kapcsolódási pontokat, amelyekkel e két terület összefonódik. A geometriai minták felhasználása a művészetben hosszú múltra tekint vissza. Bármilyen meglepő, már az ókori görögök által használt bonyolult geometriai mintázatokban is felfedezhetők a *cikloidális görbék* bizonyos típusai. Az *1. ábrán* látható, hatsúcsú *hipociklois* esetén a fix kört és a generálókört szaggatott vonal jelöli. Ez a görbe akkor keletkezik, amikor a belső kör csúszásmentesen gördül a külső körön és a generálpont a gördülő kör egy kerületi pontja. Ha a belső kör egyszer végiggördül a külső körön, akkor záródik a görbe.

Sok olyan *cikloidális görbe* van, ahol nem elegendő a gördülő kör egyetlen körbefordulása a görbe létrejöttéhez. Erre látunk egy illusztratív példát a *2. ábrán*,



1. ábra. Geometriai mintázatú mozaikpadló részlete hatsúcsú hipocikloissal (Ciprus, Páfosz, Kato-Páfosz; Kr. u. késő 2. vagy korai 3. század) (a szerzők saját készítésű képe)

ahol a görbe záródásához kilenc teljes körbefordulásra van szükség. Egy *hipo-* vagy *epiciklois* csak akkor lesz zárt görbe, ha alapköre és generálóköre sugarának aránya racionális szám. A területek aránya határozza meg, hogy hány körbefordulás után záródik a *hipo-* vagy *epiciklois* pályája.



2. ábra. Hipociklois, ahol a fix kör sugara 7, a mozgó kör sugara 1,8.

A generálopont távolsága a mozgó kör középpontjától 3,2. Szaggatott vonal jelöli a fix kört és a generálókört is (a szerzők saját szerkesztése)

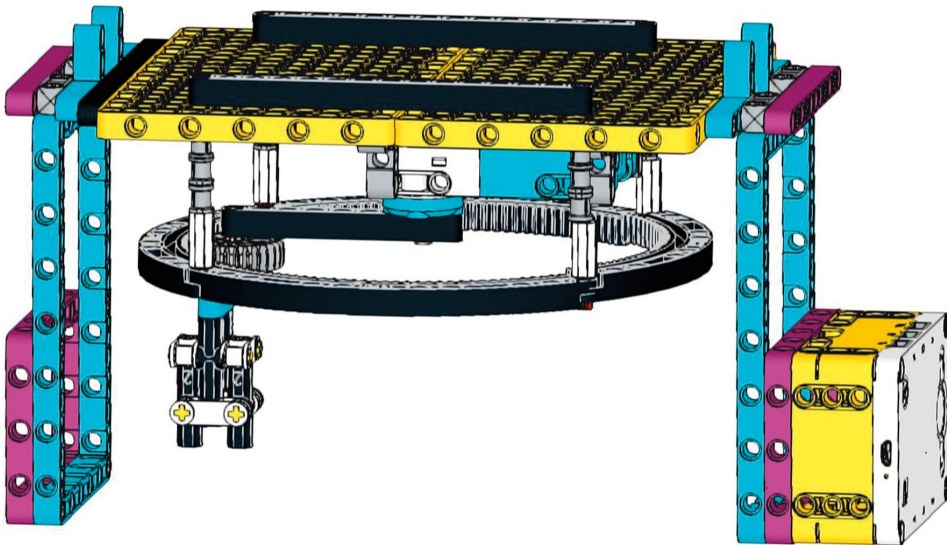
Figyelemre méltó tény és matematikatörténeti szempontból jelentős mérföldkő, hogy Albrecht Dürer, a nagy reneszánsz német művész egy 1525-ben megjelent geometriai témájú kéziratában részletesen foglalkozott a *cikloidális görbékkel*, és a műveiben látható díszítő alakzatokban fel is használta ezeket a változatos megjelenésű, attraktív síkgörbéket (Simoson, 2008). Gyakorlati felhasználhatóság szempontjából először a dán Ole Rømer tanulmányozta a *cikloidális görbék*et 1674-ben, amikor a fogaskerék fogzatának optimális formáját kereste (Yates, 1974). A 17–18. század híres matematikusai, például Christiaan Huygens, Gottfried Wilhelm Leibniz, Guillaume de L'Hospital, Jakob Bernoulli, Leonhard Euler, Edmund Halley és Isaac Newton egyaránt sokat foglalkoztak a *cikloidális görbékkel*, mert fizikai vonatkozásaik fontosak, tulajdonságaik érdekesek (Colerus, 1938; Whitman, 1943).

CIKLOIDÁLIS GÖRBÉK RAJZOLÁSA LEGO-ROBOTOKKAL – SPIKOGRÁF 1.0 ÉS SPIKOGRÁF 2.0

Évtizedek óta léteznek olyan rajzoló eszközök, amelyekkel különböző *hipo-* és *epicikloisok* készíthetők. Például a harmonográf egy archaikus, tudományos eszköz, amely egy ingarendszer segítségével geometriai alakzatokat hoz létre a matematikai harmónia szemléltetésére. A harmonográfokról Robert J. Whitaker egy nagyon érdekes, kétrészes történeti áttekintést írt, amelynek második része a körmozgásokon alapuló rajzgépeket ismerteti (Whitaker, 2001). Ez az írás és Whitaker 2010-es cikke egyaránt foglalkozik a Spirograph játékkal,

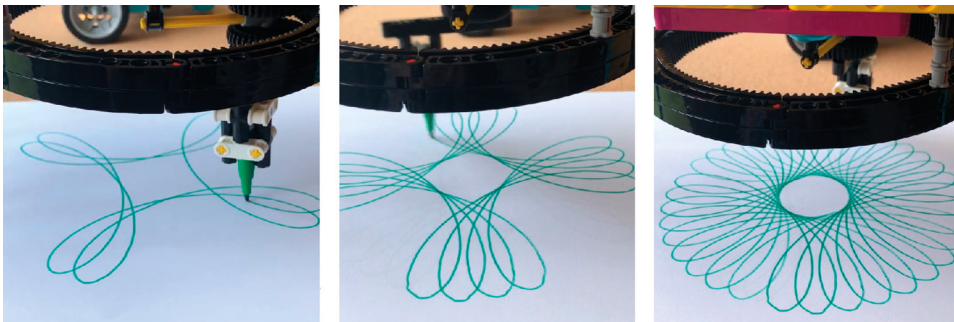
amely lényegét tekintve egy modern harmonográfnak tekinthető. A Spirographot egy brit mérnök, Denys Fisher találta fel 1965-ben. A készlet különböző méretű fogaskerekeket tartalmaz, amelyek a csúszásmentes gördítést biztosítják a rajzoláskor. A Spirograph elvét többen próbálták átültetni a robotika világába, azonban a legtöbb esetben az elérendő cél csupán az ismétlődő, szimmetrikus mintákat megvalósító szerkezet létrehozása volt. Ezzel szemben mi olyan rajzoló robotok megépítésére törekedtünk, amelyekkel matematikailag pontosan definiált görbék készíthetők. Éppen ezért a konstrukció kialakításánál végig szem előtt tartottuk, hogy a *cikloidális görbék* matematikai származtatásának elvén alapuljon a robot működése, és a lehető legegyszerűbb szerkezeteket alakítsuk ki. A robotokat a LEGO Education SPIKE Prime alap- és kiegészítő készletekből építettük.

A *Spikográf 1.0* robottal *hipocikloisok* rajzolhatók. A rögzített, 7 cm átmérőjű körhöz a kiegészítő készlet fogazott íves elemeit használtuk. A gördülő kört modellező fogaskereket a SPIKE-készlet nagymotorja forgatja. A generálopontot a rajzófejbe illesztett filctoll adja, amely a motor működésekor megrajzolja a fogaskerekek méreteinek megfelelő *hipocikloist*. A konstrukció lehetővé teszi, hogy a generálopontot ne csak a gördülő körlapon helyezzük el, hanem a sugár meghosszabbításán is rögzíthető legyen, így a *Spikográf 1.0* robottal olyan *hurkolt hipocikloisok* is elkészíthetők, amelyek a Spirograph-készletekkel nem rajzolhatók meg (Körei–Szilágyi, 2022b).



3. ábra. A Spikográf 1.0 robot, amellyel hipocikloisok rajzolhatók (a szerzők saját szerkesztése)

Természetesen a *Spikográf 1.0* robot nem képes bármilyen *hipocikloist* megrajzolni, mivel a rögzített kör sugara egy adott érték, 7 cm. A mozgó kör sugarában nagyobb szabadságunk van, de a lehetőségek száma korlátozott, függ a LEGO-készletekben kapható fogaskerekek méretétől. A fogaskerekek sugara arányos a fogak számával. A LEGO Education SPIKE Prime-alapkészlet négy különböző méretű fogaskereket tartalmaz: 12, 20, 28 és 36 foggal; a bővítő készletben pedig egy nagyobb, 60-as fogaskerék is található. A mozgó kör sugara ennek megfelelően 0,6; 1; 1,4; 1,8 és 3 cm lehet. A modellben a mozgó fogaskerekhez egy LEGO Technic-kart erősítettünk, amelyhez LEGO Technic-csatlakozóval (pin) rögzítettük a rajzolófejet, ami a körrel együtt mozgó generálopontnak felel meg. A LEGO Technic-karon lévő rögzítési pontok közötti távolság 0,8 cm. A karon lévő illesztési pontok száma, valamint a mozgatott fogaskerék mérete együtt határozza meg a *Spikográf 1.0* robottal megrajzolható *hipocikloisok* számát. Ha öt rögzítési pont van a Technic-karon, akkor huszonöt különböző *hipociklois* rajzolható, ha hét, akkor pedig harminöt. Ez a szám kevésnek tűnik, ha arra gondolunk, hogy milyen változatos a *hipocikloisok* világa, és megszámlálhatatlanul sok variáns lehetséges, azonban oktatási szempontból vizsgálva azt láthatjuk, hogy a *Spikográf 1.0* mindhárom alaptípusú *hipociklois* – amikor a generálopont a mozgó kör sugarán (nyújtott), a kör kerületén (csúcsos), illetve a sugár meghosszabbításán van (hurkolt) – létrehozására képes egyszerű átépítéssel, ezért egyaránt jól használható demonstrációs célokra, valamint a hallgatói projektekben is (Körei–Szilágyi, 2022b).

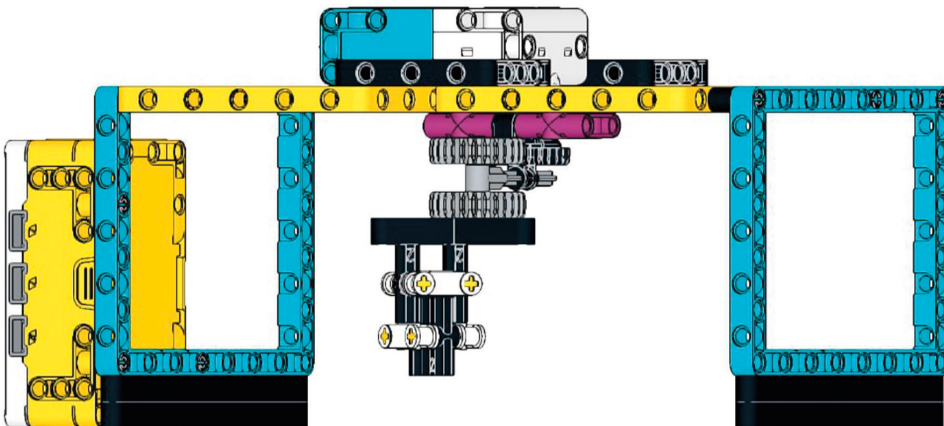


4. ábra. A Spikográf 1.0 robottal rajzolt hipociklois, ahol a fix kör sugara 7 cm, a mozgó kör sugara 1,8 cm. A generálopont távolsága a mozgó kör középpontjától 3,2 cm (a szerzők saját készítésű képe)

A *Spikográf 2.0* robotot *epicikloisok* rajzolására készítettük. A tervezés során hamar kiderült, hogy a rendelkezésre álló 36, 28, 20 és 12 foggal ellátott fogaskerekek csak a generálókör modellezésére alkalmasak. A másik körnek fixnek kell lennie, hogy a mozgó kör gördülni tudjon körülötte. A fogaskerék mozgatását

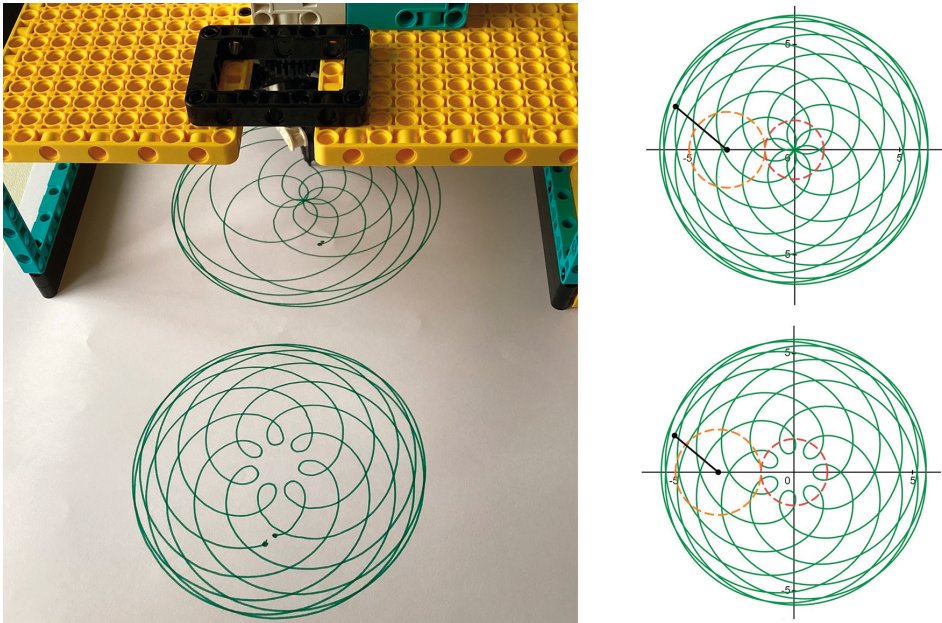
egy motorba szerelt forgó kar segítségével érjük el, a forgás középpontja emiatt szükségszerűen egybeesik a fix kör középpontjával. A LEGO Education SPIKE Prime-készletekben lévő fogaskerekek közepén azonban a szokásos túlyuk helyett tengelyfurat van. Ezzel a rögzítési móddal a fogaskerék nem mozoghat szabadon, mert nem engedné elfordulni a mozgó kört forgató kart. A fogaskerek helyett más megoldást kellett keresnünk a fix kör modellezésére. A LEGO Technic-elemek között forgólapok is vannak, amelyeknek fogazott a kerületük. A kisebbnek 28, a nagyobbban 60 foga van, és mindkettőnek elegendően nagy szerelésre alkalmas hely található a közepén, ahol a motor által forgatott tengely szabadon mozoghat. Találtunk tehát két olyan LEGO-elemet, amelyek alkalmasak a rögzített körhöz, és négy fogaskereket a mozgó kör modellezéséhez. Ez azt jelenti, hogy nyolc különböző változatban építhető a fentebb felsorolt elemekkel az *epicikloisokat* rajzoló robot.

Ahhoz, hogy a motor el tudja forgatni a mozgó fogaskereket, valamilyen módon össze kell kapcsolnunk őket. Mivel a fix és a mozgó kör középpontja közötti távolság a fogaskerek szerelésétől függően változik, olyan megoldást kellett találnunk, amely minden fogaskerék és forgólap párra alkalmazható. Végül egy fokozatmentesen állítható tengelyt használtunk a mozgó fogaskerék és a motor összekapcsolására. A gördülő fogaskerékhez egy vele szinkronban mozgó ikerpár tartozik, amelyhez a rajzolófejet tartó Technic-kar van rögzítve (5. ábra). A megépített rajzolófej elég stabil ahhoz, hogy a filctollat szilárdan és a helyén tartsa. A fej két csap (pin) segítségével biztonságosan rögzíthető a Technic-karhoz, és a toll hegye pontosan a két rögzítési pont között középen helyezkedik el. A rajzolófejet tartó kar a gördülő fogaskerék párjához a szabványos rögzítési pontokon könnyen illeszthető. Egyenes Technic-karok helyett más, például 53° -ban hajlított emelőkarok is használhatók.



5. ábra. A Spikográf 2.0 robot, amellyel epicikloisok rajzolhatók 28 fogas forgólappal és fogaskerekkel szerelve (a szerzők saját szerkesztése)

Egyenes Technic-kar használata esetén a toll helyzete egyszerű számolással azonosítható, mivel két szomszédos rögzítési pont távolsága 0,8 cm. Ha például egy kilenc lyukkal rendelkező egyenes kart csatlakoztatunk a mozgó körhöz, akkor hét lehetőség van a rajzolófej rögzítésére. Ez azt jelenti, hogy a pólustávolság 0,8 cm-től 5,6 cm-ig változtatható, így bármely fogaskerékpár esetén hét különböző görbe rajzolható meg. Ha tehát a kilenclyukú kart építjük be, akkor az összes lehetséges fogaskerék-párosítás és tollpozíció kipróbálásával ötvenhat különböző *epicikloist* rajzolhatunk a robottal. A 6. ábra két ilyen görbét mutat, amelyeket különböző előre beállított távolsággal (2,4 cm és 3,2 cm) rajzoltunk. A görbék elkészítéséhez kilenc teljes fordulat szükséges mindkét esetben. A *Spikográf 2.0* modell esetén is igaz, hogy mindhárom alaptípusú *epiciklois* – nyújtott, csúcsos és hurkolt – rajzolására képes a megfelelő átépítéssel.



6. ábra. A Spikográf 2.0 robottal rajzolt epicikloisok, ahol a fix kör sugara 1,4 cm, a mozgó kör sugara 1,8 cm. A generálopont távolsága a mozgó kör középpontjától a felső sorban 3,2 cm, az alsó sorban 2,4 cm (a szerzők saját készítésű képe)

A robotok által előállítható görbék száma tovább bővíthető mindkét konstrukció esetén. Növelhetjük például a generálopont távolságát hosszabb kar felszerelésével, de figyelembe kell vennünk, hogy minél nagyobb ez az érték, annál instabillabbá válik a szerkezet. Egy másik lehetőség a variációk számának növelésére, ha további megfelelő fogaskerekeket találunk és szerelünk be a robotba, hiszen a felhasználtakon kívül egyéb méretekben is léteznek LEGO Technic-fogaskerekek.

ÖSSZEZÉS

Látható, hogy az oktatási robotok kiválóan alkalmazhatók olyan síkbeli görbék pontos megrajzolására, melyeknél a hagyományos szerkesztési eljárás hosszadalmas, időigényes művelet. A *cikloidális görbék* robotokkal támogatott tanítása során a hallgatók kísérleti tapasztalatokat szerezhetnek; a görbék megrajzolása mellett levezethetők a megfelelő paraméteres egyenletrendszer, vizsgálhatók a görbék fontosabb tulajdonságai. Lehetőségük nyílik arra, hogy átépítsék, módosítsák a rajzoló szerkezeteket, tehát a matematikai vizsgálódás mellett a mérnöki szemlélet is teret nyer, valamint tagadhatatlan tény, hogy a keletkező görbék változatossága, a szimmetriában rejlő szépség, az egyetlen vonallal rajzolás egyszerűsége, ugyanakkor a görbék záródása miatt a végtelen fogalmának megjelenése a művészeti érzékre is erős hatást gyakorol.

A pozitív visszajelzések arra ösztönöznek bennünket, hogy további lehetőségeket keressünk a STEAM-alapú, robottal kiegészített oktatás megvalósítására a matematika területén. Továbbfejlesztjük, optimalizáljuk meglévő robotjainkat, további hallgatói projekteket hozunk létre, amelyek a valódi élethez kapcsolják az elsajátítandó kompetenciákat a robotokkal történő munka során, valamint új fejlesztésünkben a korábbi tapasztalatok felhasználásával olyan rajzoló szerkezet létrehozásán dolgozunk, amely képes a *cikloidális görbék* mindkét típusának előállítására.

IRODALOM

- Colerus, Egmont (1938): *Pythagorastól Hilbertig. A matematika történetének korszakai és mesterei: amit a matematika történetéről mindenkinek tudnia kell.* (ford. Winkler József Péter) Budapest: Franklin-Társulat, <https://mek.oszk.hu/05300/05378/05378.pdf>
- Ding, Ding – Guan, Chong – Yu, Yinghui (2017): Game-Based Learning in Tertiary Education: A New Learning Experience for the Generation Z. *International Journal of Information and Education Technology*, 7, 2, 148–152. DOI: 10.18178/ijiet.2017.7.2.857, <http://www.ijiet.org/vol7/857-T03.pdf>
- Körei Attila – Szilágyi Szilvia (2022a): Parametric Graph Project – Using LEGO Gears for Drawing Curves. In: *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability. ARTIIS 2022. Communications in Computer and Information Science*, 1675, Springer, Cham., 101–114. DOI: 10.1007/978-3-031-20319-0_8, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-20319-0_8
- Körei Attila – Szilágyi Szilvia (2022b): Displaying Parametric Curves with Virtual and Physical Tools. *The Teaching of Mathematics*, XXV, 2, 61–73, DOI: 10.57016/TM-EHGC7743, <http://www.teaching.math.rs/landing.php?p=latest.cap&name=tm2521>
- Lawrence, J. Dennis (1972): *A Catalog of Special Plane Curves*. Dover Publications, ISBN 9780486602882
- Mitnik, Rubén – Recabarren, Matías – Nussbaum, Miguel et al. (2009): Collaborative Robotic Instruction: A Graph Teaching Experience. *Computers Education*, 53, 2, 330–342. DOI: 10.1016/

- j.compedu.2009.02.010, https://www.researchgate.net/publication/222659149_Collaborative_robotic_instruction_A_graph_teaching_experience
- Mubin, Omar – Stevens, Catherine Joanna – Shahid, Suleman et al. (2013): A Review of the Applicability of Robots in Education. *Technology for Education and Learning*, 1, 1–7. DOI: 10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015, <https://roila.org/wp-content/uploads/2013/07/209-0015.pdf>
- Reddy Narasareddygari, Mourya – Walia, Gursimran Singh – Radermacher, Alex David (2018): Gamification in Computer Science Education: a Systematic Literature Review. Paper Presented at *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*, Salt Lake City, Utah, United States. DOI: 10.18260/1-2-30554, <https://peer.asee.org/gamification-in-computer-science-education-a-systematic-literature-review.pdf>
- Simoson, Andrew J. (2008): Albrecht Dürer's Trochoidal Woodcuts. *PRIMUS*, 18, 6, 489–499. DOI: 10.1080/10511970701625068
- Spitzer, Michael – Ebner, Martin (2017): Project Based Learning: From the Idea to a Finished LEGO® Technic Artifact, Assembled by Using Smart Glasses. In: *Proceedings of EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology, Association for the Advancement of Computing in Education*. Washington, United States, 20–23 June 2017, 196–209, <https://www.learnlib.org/p/178327>
- Takács Anna Mária (2023): Élmény – Gamifikáció – Matematika oktatás: Moodle. *Danubius Noster*, 9, 1, 49–58. DOI: 10.55072/DN.2023.1.49, https://ejf.hu/sites/default/files/DN/2023/01/04Takacs_Anna_Maria_ELMENY_GAMIFIKACIO_MATEMATIKA_OKTATAS.pdf
- Tuparova, Daniela et al. (2018): Educational Computer Games and Gamification in Informatics and Information Technology Education – Teachers' Points of View. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. Opatija, Croatia, 21–25 May 2018, 0766–0771. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400142, <https://tinyurl.com/yck5rzd7>
- Whitaker, Robert J. (2001): Harmonographs, II. Circular Design. *American Journal of Physics*, 69, 2, 174–183. DOI: 10.1119/1.1309522, <https://perso.lpsm.paris/~coudene/harmonograph.pdf>
- Whitaker, Robert J. (2010): Mathematics of the Spirograph. *School Science and Mathematics*, 88, 7, 554–564. DOI: 10.1111/j.1949-8594.1988.tb11854.x.14, https://www.researchgate.net/publication/227581902_Mathematics_of_the_Spirograph
- Whitman, Edwin A. (1943): Some Historical Notes on the Cycloid. *The American Mathematical Monthly*, 50, 5, 309–315. DOI: 10.2307/2302830
- Yates, Robert C. (1974): *Curves and Their Properties, Classics in Mathematics Education*. Washington DC: National Council of Teachers of Mathematics, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED100648.pdf>

A GÖMBSAKK MINT LEHETSÉGES OKTATÁSI SEGÉDESZKÖZ

GLOBE CHESS AS A POTENTIAL EDUCATIONAL TOOL

Bánkuti Gyöngyi

egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Matematika és Természettudományi Alapok Intézet
Matematika és Modellézés Tanszék, Kaposvári Campus, Kaposvár
bankuti.gyongyi@uni-mate.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A mágneses sakkgömböt Boholy János a felvidéki Bátkán élő magyar feltaláló szabadalmaztatta 1987-ben. Ez egy gömbfelületre helyezett 8×8 -as sakktábla, melynek az alsó és felső pólusoknál elkeskenyedő mezői egy sarokmezőhöz csatlakoznak. A gömb szerkezetéből adódó szélek és sarkak nélküli játékmezőn a bábok nemcsak a sakktábla jobb és bal szélén – mint a hengersakkban –, de a felső és alsó sarokmezőkön, pólusokon keresztül az első és az utolsó sorban is át tudnak lépni a szemben elhelyezkedő mezőre. Ez a struktúra lehetővé teszi a bábuk sokkal többfétű mozgását, ütési hatékonyságát, a több változatban történő játékot, amelyről a feltaláló könyvet is írt. Az eszköz az oktatásban nemcsak a földrajzi hosszúsági és szélességi fokok és a gömbi geometria területén alkalmazható; nemcsak szemléltető eszközként, de a játszva tanulás, az aktív megismerés eszközeként is. A síkból a görbült térbe történő kilépés a tudatosan irányított gondolkodás teljesítőképességének növelésére alkalmas.

ABSTRACT

The Magnetic Globe Chess Set was patented in 1987 by János Boholy, a Hungarian inventor from Bátka (Banská Bystrica region in Slovakia). It is an 8×8 chess board placed on a spherical surface with the fields tapering at the top and bottom poles connected to a corner field. Due to the structure of the sphere, without edges and corners, the figures can move not only along the right and left edges of the traditional chessboard—as in a chess cylinder—but also through the top and bottom corner squares, poles from the first and last row, reaching the opposite square. This structure allows for much more versatility in the movement of the figures, their attacking efficiency, the multiple variations of play, about which the inventor wrote a book. The Globe Chess can be used in education not only for teaching, visualizing longitude, latitude, and spherical geometry, not only as an illustrative tool, but also as a tool for learning through play and active cognition. Moving out of the plane into curved space can be used to increase the performance of this vision, of consciously guided thinking.

Kulcsszavak: gömbsakk, a találmány története, gömbsakkjáték-szabályok, STEAM-oktatás

Keywords: globe chess, history of the patent, rules for playing globe chess, STEAM education

BEVEZETÉS

Napjainkban nemcsak az oktatásban, de a mindennapi életben is nagy segítség a számítógép, illetve főként a fiataloknak az okostelefon. Ezek az esetek nagy többségében kétdimenziós ábrákkal, szemléltetéssel találkozhatunk. Ha van is háromdimenziós anyag, az sem olyan, mint egy valós, kézzel megfogható, körbejárható, nézhető fizikai eszköz. Ezen a területen hiánypótló a sík sakkjátékot kitágító sakkgömb, amely számos más területet is fejleszthet. A sakkjáték kétezer éves fejlődése is bizonyítja, hogy korábbi sakkozók is próbáltak kreatívabb változatokat kihozni a síkfelület zárt teréből. Az Angliában kiadott sakkenciklopédia szerint a sakknak több mint háromszáz változata ismert, melyekben az a közös, hogy megmaradt a zárt 2D síkfelület, ugyanakkor további kreatív változatok is születhetnek.

A gömb sakkjáték már eleve 3D. A rajta lejátszható sík sakkjáték viszont már körkörös, így a bolygónk és az ember kapcsolatát is szemlélteti. Visszacsatolás-ként, az általa elindított evolúciós folyamat tapasztalatai új tudásmintákat generálnak. Körkörös, illetve többszintes gondolkozással komplexebb feladatokat is megoldhatunk. Például érzékelhetjük, értékelhetjük, megérthetjük globális világunk, életterünk, problémáink, tanulmányaink, munkahelyünk eddig nehezen átlátható gondjait stb.

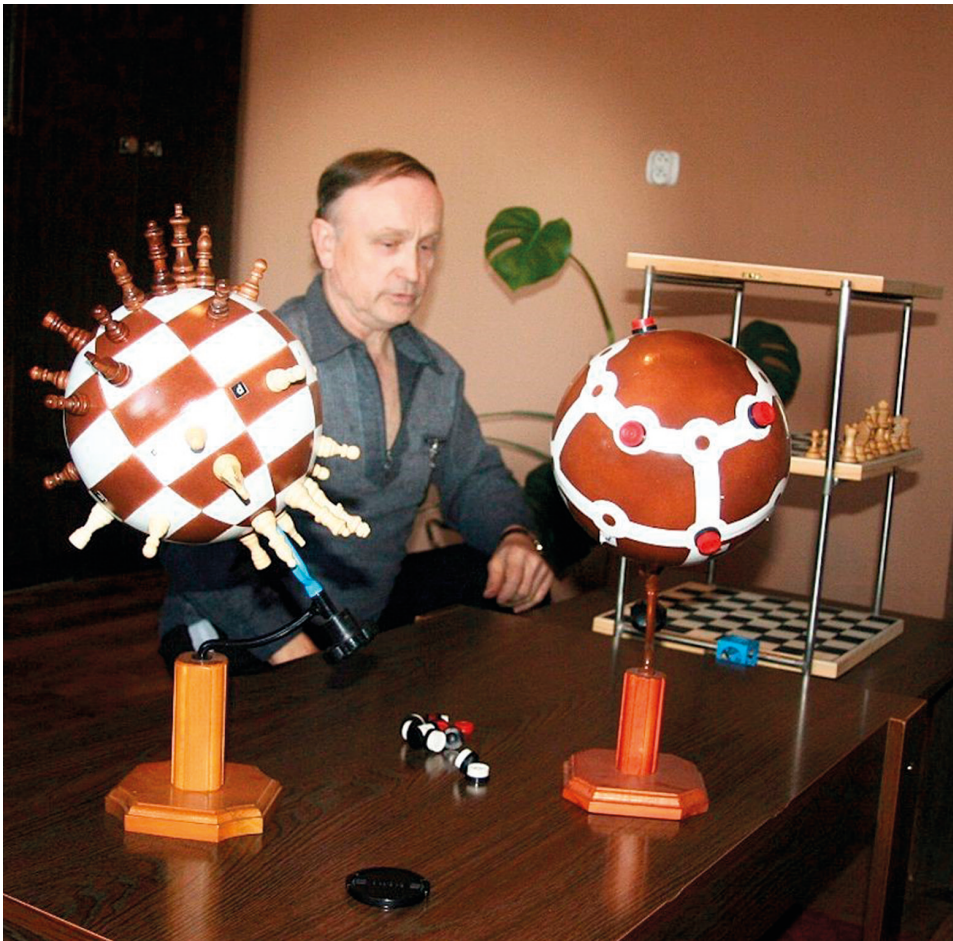
Mindkét játék elsajátítására legalkalmasabb az óvodáskor vége, illetve az általános iskola. Középkorúként már nehezebb, később már csak ritkán sikerül. Függetlenül az adott személy akaratától, kíváncsiságától is, hogy igényli-e új tudásminták elsajátítását.

Azonban sem a jelen publikációnak, sem a gömb sakkjátéknak az oktatásban történő használatakor nem azt érzi a szerző elsődleges céljának, hogy kiváló gömbsakkozókat képezzünk. Célja a talán méltatlanul kevésbé ismert eszköz, a szabadalom részletes bemutatása, illetve az oktatásban történő alkalmazási lehetőségek rövid felvázolása.

A SAKKGÖMB TÖRTÉNETE

A gömb sakkjáték feltalálója, Boholy János gyermekkorában és jelenleg is Bátán, egy Rimaszombat melletti kis faluban élt, él, Szlovákiában. Gyerekkorában egyszer, amikor barátjával játszott, aki a falu egyik legjobb sakkozója volt, sike-

rült döntetlent elérnie. Az ellenfele szerint ez csak véletlen volt. Boholy János, akit mindig is zavart, ha játszma közben „sarokba szorították”, azt mondta neki, ha a tábla szélei összeérnének, és körbe tudna menni a futója, akkor neked matod lenne, nem döntetlen. Mattod! Ellenfele nevetve emlékeztette, hogy a sakk-tábláról nem lehet kilépni, és ezzel vége lett a partinak. Őt viszont nem hagyta nyugodni az ötlet. Majd az iskolában látott földgömbre képzelte el a 64 mezőt, és jó kézügyességű emberként később ezt ki is próbálta. 1987-ben jegyezték be szabadalmát, és ahogy a fényképen is látható, más típusú (nem szabadalmaztatott) többdimenziós sakkjátékokkal is foglalkozik. Közben tagja lett a Magyar Feltalálók Egyesületének.



A feltaláló, Boholy János a sakkgömbbel, a malommal és a többszintes térsakkal (URLI, Boholy János engedélyével)

A SZABADALOM

A sakkgömb szabadalma 1987-ben az akkori Csehszlovákiában került bejegyzésre, de 1993-tól tovább él Szlovákiában. A neten szabadon elérhető angol nyelvű szabadalom (URL2) alapján a probléma, amelyet a feltaláló meg akart oldani, az, hogy a hagyományos sakktáblán a figurák hatásfoka a tábla szélein és főként a sarkok közelében egyre csökken. Ezt a kétdimenziós sakktáblákon lehetetlen kiküszöbölni. A sakkgömb felületén minden mező „egyenrangú”. Bármely tiszttel – ha ezt nem akadályozza más figura – ugyanannyi mező érhető el bármelyik mezőről, mivel nincs „széle” a körkörös felületnek. Sőt több esetben néhány „csomóponthoz” több út is vezethet. Létezik más gömbsakk szabadalom is, például egy az USA-ban (Tuveson–Saul, 2003), azonban az a szabadalom már lejárt.

A GÖMBSAKK ISMERTSÉGE

A feltaláló már a kezdetektől igyekezett nemcsak szlovák és magyar területen ismertséget biztosítani találmánya számára, így számos nemzetközi rendezvényen tartott előadást, bemutatót, írt cikkeket, vagy készült vele interjú, kapott elismeréseket. 2009-ben sakkjából egy példányt Schenker Tamás Budapesti Sakkműzeumának ajándékozott, korábban egyet-egyét a Hevesi Sakkműzeumnak és a putnoki Gömör Múzeumnak is.

2022 januárjában került be a sakkgömb a felvidéki értéktárba. Az értéktár elemei láthatók a CSEMADOK¹ honlapján. Itt – egészen a kezdetektől – megtalálható, hogy mikor milyen platformokon, rendezvényeken, hol jelent meg a szabadalom (URL3).

A GÖMB SAKKJÁTÉK LEHETSÉGES LÉPÉSEI A SAKKGÖMB OPTIMÁLIS JÁTÉKVÁLTOZATÁN

A mágneses gömb sakkjáték egy gömbfelületre helyezett 8×8 -as játékfelület, amelynek az alsó és felső pólusoknál elkeskenyedő mezői egy-egy semleges sarkmezőhöz csatlakoznak. A gömb körkörös szerkezetéből adódó szélek és sarkak nélküli játékmezőn a bábok nemcsak a sakktábla jobb és bal oldalán – mint a

¹ CSEMADOK: eredetileg Csehszlovákiai Magyar Dolgozók Kultúregyesülete, az 1993-as névváltoztatás óta a szervezet neve, megtartva a CSEMADOKot, Szlovákiai Magyar Társadalmi és Közművelődési Szövetség.

hengerekben –, de a felső és alsó sarokmezőkön, pólusokon keresztül az első és az utolsó sorban is át tudnak lépni a szemben elhelyezkedő mezőre. Ez a struktúra lehetővé teszi egyrészt a bábuk sokkal többrejtő mozgását (ami gazdagabb ütési hatékonyságot jelent), valamint a több változatban történő játékot. Ezekről a változatokról a feltaláló könyvet is írt. A gömb préselt acéllemez, amelyre a figurák mágnes segítségével vannak rögzítve. A soron következő játékos forgathatja az állványra rögzített sakkgömböt, hogy láthassa az állásnak a gömb másik oldalán lévő részét. De memorizálhatja is a tartalmát, amivel jelentősen növelheti győzelmi esélyeit.

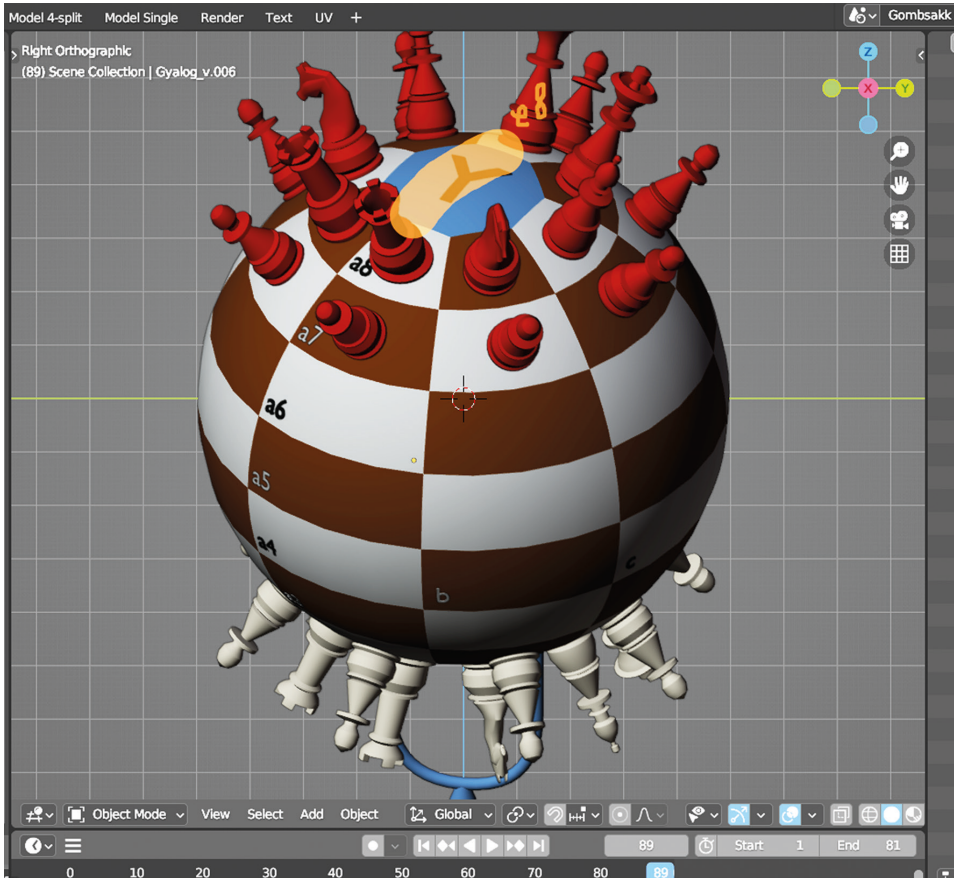
A feltaláló szerint a gömb sakkjátéknak három fő változata létezik. Ezek leírása nemcsak magyar, de szlovák nyelven is elérhető könyvében (Boholy, 2013), valamint a szabadon elérhető három (magyar, szlovák, angol) nyelvű honlapján (URL4) is szerepel.

A JÁTÉKFAJTÁK

1. Játék a körgyűrűs sorokon és a korlátozott hosszúságú oszlopokon. Ez a legyszerűbb és legkönnyebben elsajátítható változat 64 mező használatával. (A hengerek megfelelője.) (Boholy, 2013)
2. Játék a körgyűrűs sorokon, a körgyűrűs átlókon és a körgyűrűs oszlopokon. A 64 mező teljes használata és átlépesi lehetőség a csúcsmezőkön – de figurát oda nem helyezhetünk. Ezáltal, bármely mező a 64 közül, középmezőként viselkedik. (A gömbsakk optimális változata.) (Boholy, 2013)
3. Játék a körgyűrűs sorokon, a körgyűrűs átlókon, a körgyűrűs oszlopokon és a csúcsmezőn. Ez esetben figurát is helyezhetünk a csúcsmezőkre. Ezek mind a nyolc oszlopra vagy bármely átlóra teljes erejükkel hatnak, amit csak az adott mezőkön tartózkodó figurák korlátoznak. (A gömbsakk maximális változata.) (Boholy, 2013)

A feltaláló honlapján (URL4) szerepel egy 4., aszimmetrikus típus huszonegy változattal, illetve a feltaláló számos más többdimenziós logikai játékkal is foglalkozik.

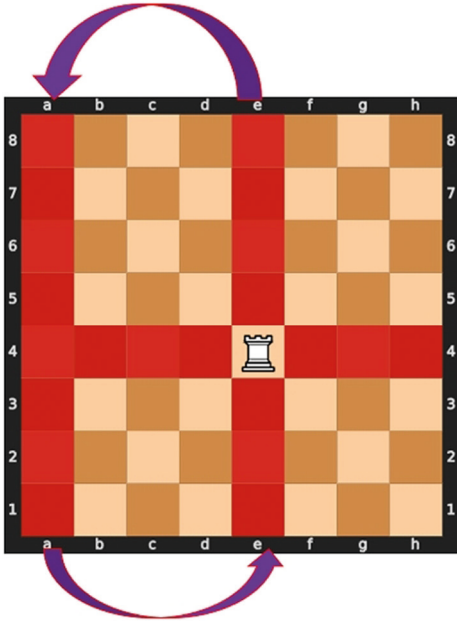
Szintén a honlapon érhető el a háromdimenziós sakkgömb kétdimenziós animációja (1. ábra). Az animációval könnyen megmutatható, hogy a pólusoknál, melyek a szemközti mezők, hol folytatják útjukat a különböző figurák. Ezeket a mozgásokat a hagyományos sík sakktáblára történő transzformálással is be lehet mutatni, melyekre a 2. ábrán láthatók példák.



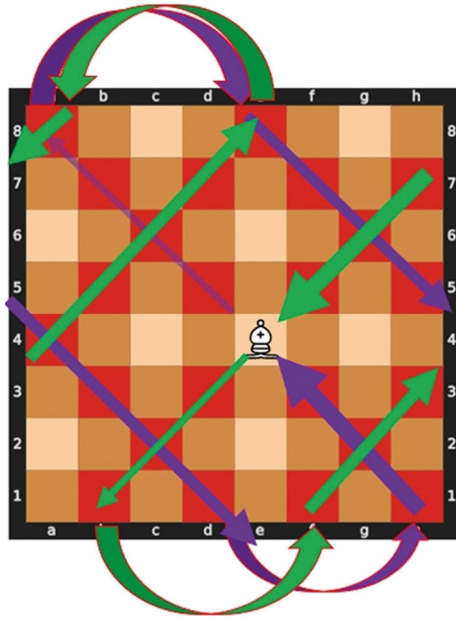
1. ábra. A feltaláló magyar, szlovák és angol nyelven elérhető honlapján (URL4) szereplő gömböskák animáció (Boholy János engedélyével)

A bástya lépései a legegyszerűbbek (2a ábra). Vízszintesen jobbra indulva a bástyaival, a tábla jobb szélét elérve a bástya ki tud lépni (a h4-es mezőn), és át tud lépni az a4-es mezőre. Ugyanazon mezőket használja, mint a hagyományos sík sakkasztáblán, csak körkörösén. Az oszlopon, ha felfelé indul a bástya, akkor az e8-as mezőről az a8-ra ugrik, és halad tovább a1 felé. Itt ismét átléphet a póluson, így visszajuthat az e vonalra – konkrétan a kiindulási e4-es mezőre. Vagyis a pólusok segítségével ér el több mezőt a bástya, egy helyett két függőleges oszlopot fed le. Ezáltal megduplázza hatékonyságát.

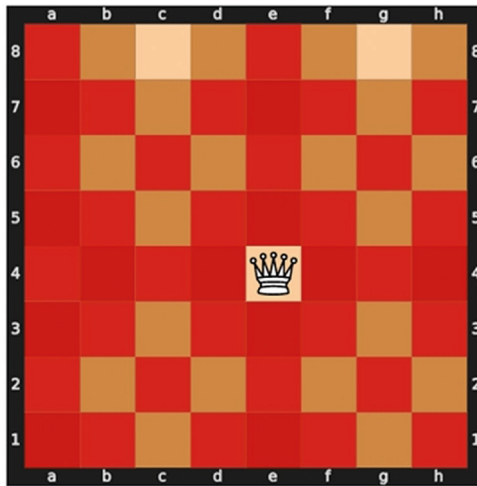
A 2b ábrán egy futó útját kísérhetjük végig. Az e4-en álló futó két kört ír le, úgy jut mindkét esetben vissza a kiindulási mezőre. Ha balra lefelé indul el, a b1-es mezőn kilép az alsó pólusra, melyen keresztül átugrik az f1 mezőre, ahol jobbra felfelé folytatja útját. A h3 mezőn kilépve az a4-en indulva halad tovább



2a ábra. A bástya lehetséges lépései a pólusugrások jelölésével



2b ábra. Az e4 futó lehetséges lépései. Az utak egyre vastagodó nyilakkal jelölve



2c ábra. A vezér által ellenőrzött mezők (lehetséges lépései, az út megadása nélkül)

2. ábra. A bástya, a futó és a vezér lehetséges lépései a sakkgömbön (a szerző saját szerkesztése)

jobbra felfelé egészen az e8-as mezőig. Az útját zöld vastagodó nyíl vizualizálja. Az e8-as mezőről a felső póluson keresztül ugrik át az a8-as mezőre, melyről azonnal átugrik a h7-re, és balra lefelé továbbhaladva visszaér a kiindulási e4-es mezőre. Ha balra felfelé indul a futó – a lila nyilakkal jelzetten –, akkor az a8-as mezőről ugrik át az e8-ra, és folytatja útját jobbra lefelé h5-ig. Innen a4-re kell átugrania, majd halad tovább jobbra le e1-ig. Erről h1-re ugrik a póluson keresztül, és balra felfelé halad tovább, míg ismét el nem éri a kiindulási e4-es mezőt.

A vezér útja a futó és a bástya mozgásának egymásra helyezéséből, szuperpozicionálásából adódik (*2c ábra*). A vezér – ha más figura nem akadályozza – a gömbsakk optimális változatában a lehetséges 64 mezőből 46-ot képes elérni. Azaz a vezér a táblának több mint 70%-át ellenőrzése alatt tarthatja. Természetesen a felületen lévő figurák ezt korlátozhatják. (A maximális játékváltozatban, ha a pólusra helyezük akár a futót, akár a bástyát, akár a vezért, minden mezőt elérnek.) Mivel jelen publikációnak nem célja a gömb sakkjáték minden részletének bemutatása, így mellőzi a huszár, a gyalogok és a király lépéseinek vizualizációját.

A SAKKGÖMB OKTATÁSBELI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A gömbsakk célja – a feltaláló szerint is – a tudatosan irányított gondolkodás fejlődésének elérése, a határtalan képzelőerő kibontakozási lehetőségének elősegítése. Használatával lehetőség nyílik a figurák határtalan (de elvileg véges) mozgására. Azt, hogy a hagyományos sakktáblán a figurák hatásfoka a tábla szélein és a sarkok közelében egyre csökken, a sakkozók természetes adottságnak tekintik, és mind a megnyitásokban, mint a játékban végig tekintetbe veszik. Ez jól modellezi az életet is, ahol legtöbb esetben korlátolt adottságok között kell a legjobb megoldást megtalálnunk. Azonban lehet, hogy az emberek, a gyermekek, de főként a tinédzserek vágyát a korlátlan gondolkozásra a sakkgömb valósíthatja meg. Megtanulhatják, hogy gondjukat-bajukat mindig több irányból lehet (kell) érzékelni, értelmezni, értékelni, leírni lehetőségeit, illetve megoldani.

A gömb körbejárhatósága miatt minden mező „értéke” azonos, mivel bármelyik mezőről ugyanolyan sok mező érhető el. A korlátlanág érzése eddig nem alkalmazott gondolatsorokat generálhat, illetve korábban nem ismert élményekkel gazdagíthatja használóját. Egyben lelki szabadságot is ad, mellyel átláthatóbbá válhatnak a csapdahelyzetek, illetve a győzelem felé vezető lehetőségek. De mivel az ellenfélnek is hasonló lehetőségei vannak, így a korábban megszerzett tudásminták, kreativitás, született adottság stb. dönthetik el a játék sorsát.

Egy lépés a gömb egyik oldalán már sakkot eredményezhet a másik oldalon. Akár a megnyitás elején is. A gömbfelületen nem szükségszerű a vezér/király előtti gyalognyitással kezdeni. Itt már tetszés szerint bárhol nyithatunk az egyenlítői övezetben, sőt a bástya előtti gyalogokkal is.

A gömb sakkjáték szabályai a hagyományos sík sakktábla mozgásszabályzatát képezik le. Ezért tanulásképpen egy hagyományos sakktáblát is használhatunk. Annyit kell tenni, hogy körkörös gondolkozásmódba kapcsoljunk át. Továbbra is látjuk a hagyományos sík sakktábla mezőit, miközben már kibővített lépéslehetőségeket alkalmazunk. A gömbi geometria „átérzését” vagy a korlátlanság érzését így lassan magunkévá tehetjük. Lehet, hogy a hagyományos sakktáblához szokott versenyzőket könnyebben befogadhatóvá tenné. (A szerző megjegyzése: gyermekkorában a feltaláló ezeket az elveket és módokat alkalmazta, mielőtt megalkotta volna első sakkgömbjét.)

A fiatalabb korosztály számára (ahogy az oktatásban is szokás), egyszerűbb játékok játszása lehet célszerű. Például a „nyúl és a vadászok” (vagy „rókák”) játék, amely a sakkgömbön nem a vadászok elméleti győzelmével zárul. (Megjegyezzük, hogy ez a tény nem jelenti a játék unalmas voltát kisgyerekek számára, mivel a technikája számukra nem azonnal átlátható.)

A gömbön a négy vadász kevés a nyulacska megállításához, hat már biztosan elégséges. A játékhoz szükséges a tábla szélein történő kilépések rutinszerű ismerete, mivel tekintettel kell lenni arra is, hogy nemcsak a nyulacska léphet ki a tábla szélén, hanem a vadászok is átugorhatnak rajta.

A fentiekből is látszik, hogy a gömb sakkjáték a hagyományos sík sakkjátékhoz viszonyítva nagyobb kihívást, összetettebb tudásmintákat, több gyakorlatot és kitartást kíván a játékosok részéről. Szándékos kilépést igényel az addig megszokott keretektől, a komfortzónából. Kreativitásra, nyitottságra, összetettebb dimenziókban való gondolkodásra, új minták tanulására van szükség, amelyek elérhetőek a játék segítségével. Kíváncsiságunk és az akaratunk által képesek lehetünk például életterünkön kívüli működési elveket kutatni... Jó lenne életterünkön belül is alkalmazni. Bármelyik játékot választják is a sakkgömb felületén, ezek a gyerekek biztosan könnyebben értik meg a gömbi geometriai fogalmakat, oldanak meg 3D feladatokat, illetve a szélességi és hosszúsági fokokkal sem lesz gondjuk majdan földrajzi tanulmányaikban.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen publikáció célja a (szerző szerint) méltatlanul kevés figyelmet kapott sakkgömb bemutatása volt, segítve ezáltal az oktatásban történő használatának elterjedését. A szabadalom története mellett a lehetséges játékmódok felvilágosítása, illetve a sakkgömb optimális változatában a hagyományostól jobban

eltérő mozgást végző figurák (bástya, futó, vezér) mozgásának vizualizálása volt a cél.

Az oktatásba történő integrálás technikájaként először egyszerűbb játékok gyakorlását javasolja, illetve az oktatóknak is illene megismerniük a játékot. A kisgyerekeknek a hagyományos sakkjáték megtanulása akkor nem okoz gondot, ha kellő segítséget kapnak a felnőttektől. Ezzel a tudással felvértezve már a sakkgömb körkörös felülete is problémamentesen használható. A feltalálónak a lakiteleki nyári sakkklubok bizonyították a játék pozitívumait, amikor is a gyerekek csak annyit kérdeztek tőle, hogy a szabály a régi? Igen. És már ment is a játék.

A szerző idősebb korban inkább a nehézségi szintek lassú növelését javasolja. Így könnyebben érthető meg a lépések összetettebbé váló szabályzata. Gondos gyakorlás által rutinszerűvé is válhat. Természetesen vannak kivételek, illetve rendkívüli kivételek is, akik azonnal átlátják a több mint 2D rendszereket. Ha valaki otthonossá válik a sakkgömb használatában, gondolkodásmódját más területen is kamatoztathatja. „Tanulni, gondolkodni az ember legfontosabb tulajdonsága, hiszen a tudatosan irányított gondolkodás teljesítőképességének növelése csakis általa lehetséges és szükséges!”, ahogy Boholy János a játék honlapján is írja (URL4).

A cikk az Erasmus+ „STEAM-BOX: Courses, Tools, Resources for Teachers” projekt, regisztrációs szám: 2020-1-HU01-KA201-078743 támogatásával készült.

IRODALOM

- Boholy János (2010a): A háromdimenziós sakkjáték és annak képességfejlesztési stratégiái. *Hadmérnök*, Különszám: Stratégiák és a sakk. Nemzetközi Tudományos Konferencia, 2010. március 24–25. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Budapest, http://hadmernok.hu/kulonszamok/sakk_2010/BOHOLY_EAHU.pdf
- Boholy János (2010b): The Three-Dimensional Chess Game and Its Strategies for Skill Development. *Military Engineer*, Special Issue: Strategies and Chess, International Scientific Conference, 24–25 March 2010. Lajos Kossuth Faculty of Military Science, Miklós Zrínyi University of National Defence, Budapest
- Boholy (Bátki) János (2013): *A gömbsakkjátékoktól a többszintes sakkjátékok játékuniverzumáig*. Rimaszombat: Linux nyomda
- Tuveson, Jared Matthew – Saul, Lukas Amadeo (2003): *Spherical Chess Board*. United States Patent Application Publication, Publication no.: US 2003/0020236 A1 Jan 30. 2003.
- Úřad pro vynálezy a objev – Praha (Találmányi és felfedezési hivatal – Prága), szabadalmi bejegyzés szám: 30. 04. 1987, (Gömbsakk) Šachovnica tr.21/01.1 č.18298 (Csehszlovákia 1987, Szlovákia 1993) (Az eredeti szlovák nyelvű szabadalom.) <https://www.invention-iffia.ch/suzhou/Hungary1/Boholy.htm>

- URL1: Jeles felvidéki személyiségek, Boholy János, CSEMADOK Szlovákiai magyar adatbank, Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet – Dunaszerdahely, A CSEMADOK szakmai háttérintézménye, <https://csemadok.sk/jeles-felvideki-szemelyisegek/boholy-janos/>
- URL2: Exhibitor: Association of Hungarian Inventors – MAFE Inventor and Invention: János Boholy: Globe Chess, <https://www.invention-iffia.ch/suzhou/Hungary1/Boholy.htm>
- URL3: Boholy János sakkgömbje (2022) mint a Felvidéki Értéktár része. Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet – Dunaszerdahely, A CSEMADOK szakmai háttérintézménye, <https://csemadok.sk/felvideki-ertektar/boholy-janos-sakkgombje/>
- URL4: A gömbsakk szlovák, magyar és angol nyelvű honlapja: http://www.globechess.sk/index_gb.html

Tanulmányok

UKRAJNA KÖZÉPKORI GYÖKEREI MEDIEVAL ROOTS OF UKRAINE

Font Márta

professor emeritus, Pécsi Tudományegyetem Bölcsész- és Társadalomtudományi Kar Történettudományi Intézet, Pécs
font.marta@pte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Ukrajna középkori története térben és időben több részre tagolható. Területén az első állam-szervezet a Rusz volt. A kijevei központban uralmat szervező népes Rurik dinasztia Kijev mellett más központokat is kiépített: közülük nyugaton Halics és Volhínia, keleten pedig Csernyigov vált Kijev riválisává. A 13. század közepi mongol hódítás nyomán Kijev és Csernyigov mongol fennhatóság alá került. A 13. század második felétől megindult intenzív litván és a 14. század eleji lengyel keleti terjeszkedés során Halics és Volhínia a lengyel–litván uralkodóké lett. A mongol–litván összeütközésekben a 14. század végére a litvánok megszerezték Kijevet és Csernyigovot. A földművelésre alkalmas Halics–Kijev–Csernyigov régiótól délre, a Fekete-tengerig terjedő sztyeppét lovasnomád népek uralták: besenyők, kunok, mongolok. A Mongol Birodalom utódállamai közül az Aranyhorda, majd a Krími Tatár Kánság játszott szerepet. A lengyel–litván Rzeczpospolita, a Krími Tatár Kánság és a terjeszkedő Moszkvai Fejedelemség ütközőzónának számító határvidékén (az ún. „senki földjén”) a 15. század végétől kezdett szerveződni a szabad kozákság (Zaporozssjai Szics). Az ütközőterület bonyolult dinasztikus-uralmi viszonyai mellett mindvégig tisztázatlan maradt a párhuzamosan működő római latin és a görög ortodox hagyományra épülő pravoszláv egyházszervezet joghatósága.

ABSTRACT

The medieval history of Ukraine can be divided into various periods regarding both space and time. The first state-like formation on its territory was the Rus'. Besides establishing itself in Kiev as the main centre, the populous Rurik dynasty established other important centres, some of which eventually became Kiev's rival: namely Galicia and Volhynia in the west, and Chernigov in the east. Kiev and Chernigov came under Mongol rule in the mid-13th century as a result of the Mongol conquest. Due to the intense expansion of the Lithuanians beginning from the second half of the 13th century, and that of the Poles in the east from the early 14th century, Galicia and Volhynia came under the suzerainty of Polish-Lithuanian rulers. In the clashes between the Lithuanians and the Mongols for the rule over Kiev and Chernigov, the former came out victorious by the end of the 14th century. The steppe zone south of the Gali-

cia-Kiev-Chernigov region (a region where the land was suitable for agriculture) down to the Black Sea was under the rule of various nomads: Pechenegs, Cumans, Mongols. Of the successor states of the Mongol Empire first the Golden Horde, and then the Crimean Tatar Khanate became an important political actor. The free Cossacks were emerging from the end of the 15th century onwards at the frontier, which comprised a buffer zone (a 'no man's land') lying at the intersection of the power ambitions of the Polish–Lithuanian Rzeczpospolita, the Crimean Tatar Khanate, and the Muscovite Principality. Besides the complicated dynastic-political conditions, the other characteristic feature of the territory of the former Rus' was that the respective jurisdictions of the Roman Latin Church and the Pravoslav Church (which followed the Greek Orthodox tradition) remained elusive.

Kulcsszavak: Kijevi Rusz, Halics–Volhínia, mongol hódítás, lengyel–litván uralom, egyházszervezet kettőssége

Keywords: Kievan Rus', Galicia-Volhynia, Mongol invasion, Polish-Lithuanian power, duality of ecclesiastical structure

Ha egy mai ország történetének előzményeit keressük, többnyire területi változások sorával találkozunk. Nincs ez másképp Ukrajna esetében sem. Ukrajna középkori gyökereit kutatva a Rusz (Kijevi Rusz) az első kelet-európai államalakulat, amely a középkori keresztény világ részévé vált. Kijev azonos a mai Ukrajna fővárosával (lásd *1. térkép*).

Az itt hatalomra került Rurik dinasztia uralmának folytonossága a 13. század közepi mongol invázió következtében megszakadt. A mongolokkal szemben önállósulni csak a vlagyimir–szuzdali (moszkvai) fejedelmeknek sikerült a 15. század végén. Az egykori Rusz nyugati részén a Rurik-leszármazottak a lengyel és litván dinasztia rokonságába – és területi uralma alá – kerülve nem jutottak vezető szerephez. A középkori Rusz a mai kelet-európai országok mindegyikének (Oroszország, Ukrajna, Belorusz) történeti előzménye. Másutt is megfigyelhető, hogy a kora középkori, nagy területet átfogó keresztény államszerveződés több későbbi ország (fejedelemség, birodalom stb.) alapját képezte (például Nagy Károly birodalma).

Kelet-Európa szláv népessége a Visztula felső és a Dnyeper középső folyása közti területről több irányba elmozdulva jutott el ma ismert lakóhelyére. Ez a népességmozgás többirányú volt, ott telepedtek meg, ahol a földművelés számára alkalmas körülményeket találtak. Az erdős vidék és a sztyeppe között húzódó ún. erdős sztyeppe térségében e szláv csoportok találkoztak – és ütköztek – a Fekete-tenger mellékén élő lovas nomádokkal, az erdős zónában a Balti-tenger és az Ural között élő finnugor törzsekkel. A 9. században megjelentek Skandinávia felől a *varégek* (a vikingek kelet felé „kalandozó” ága), akik gyors hajóikkal bejárták a Baltikum és a Fekete-tenger közötti térséget, eljutottak Konstantinápolyig, és találkoztak a sztyeppe-i nomádok világával is. Az akkoriban még kevésbé



1. térkép. A mai Ukrajna és a Rusz régiói

Tervezte: Font Márta, rajzolta: Fonyódi Valéria (Font-Varga, 2006, 242.)

Jelmagyarázat

- 1: a mai Ukrajna területe; 2: a Rusz lehetséges határvonala; 3: a Rusz fejedelemségeinek határa; 4: a Rusz regionális központjai; 5: írott forrásokból ismert települések

differenciálódott szlávok mellett a felsorolt etnikai elemek is hozzájárultak a Rusz létrejöttéhez. A kereskedelem legfontosabb csomópontjain alakultak ki hatalmas központok, amelyeket a hatalmat megszerző – vegyes etnikai összetételű – elit védhető erődítménnyé (*gyetyinyec* = vár) alakított. A fejedelmek jövedelmei a kereskedelem megadóztatásából és zsákmányból álltak.

Jelentős változást hozott Vlagyimir¹ megkeresztelkedése (988/989), amely a görög ortodox típusú egyházszervezet létrehozását, a rá vonatkozó rendelkezések rögzítését és a keresztény misszió támogatását eredményezte. Vlagyimir utódai közül a legismertebb Jaroszlav (1019–1054), aki az utókortól a „Bölcs” melléknevet kapta. Jaroszlav alatt foglalták először írásba a szokásjogot (*Pravda*), és bővítették az egyházi szabályzatot (*Uosztav*). Kimutatható egyfajta *imitatio imperii*, azaz Konstantinápoly utánzása: például az Aranykapu és a Szent Szófia Székesegyház építése, valamint a független egyházszervezet kialakítására tett kísérlet (1051). Vlagyimir és Jaroszlav idején a Rusz területe jelentősen megnőtt, de nem alakult ki erős belső kohézió. Mind Kijev, mind a periférián kialakuló központok jelentős küzdelmet folytattak szomszédságuk hatalmi tényezőivel. A legjelentősebb kihívást a 11. század közepétől a sztyepei szomszéd, a kunok törzsei jelentették. Az utolsó kijevi nagyfejedelem, aki a kunokkal szemben jelentős sikert ért el, és maga mögött tudhatta az „egész Rusz” seregét, Vlagyimir Monomah² (1113–1125) volt.

A 12. század a régiók megerősödésének, Kijevtől való függetlenedésének kedvezett. Gazdasági szempontól kiemelkedett Novgorod, a Baltikum felé irányuló kereskedelem központja, amely 1136-tól kibújt Kijev fennhatósága alól. A dnyeperi víziút előnye megszűnt. Novgorodból a Volga felső folyása felé és onnan a Volgai Bulgária, valamint a Kaszpi-tengerig vezető út felértékelődött, ami Rosztov, Szuzdal és a Kljazma-parti Vlagyimir (a majdani Moszkvai fejedelemség területe) jelentőségét növelte. A Rurikok itt uralkodó ága az 1170-es évektől a nagyfejedelemi címet magára vonatkoztatva tartotta jogosnak. A Fekete-tengertől a Dnyeszteren és mellékfolyóin át elérhető volt a Balti-tengerbe ömlő Visztula; ami a halicsi és volhíniai központok fontosabb szerepéhez vezetett. Nem véletlen a nyugati részek integrációja: előbb a Halicsi Fejedelemség szerveződött meg (1141), majd Halics–Volhínia került egy kézbe (1199). Egészen a 13. század közepéig fontos volt a Rusz legkeletibb központja, Csernyigov (a mai Csernyihiv), amely leginkább ki volt téve a sztyepei népek támadásának. Nem véletlen, hogy fejedelmei a Rusz más régióiban is szeretnék volna megvetni lábukat, de törekvé-

¹ A név formája a mai keleti szláv nyelvekben különböző. A déli szláv típusú egyházi szláv forma rögzült az orosz nyelvű Vlagyimir (Владимир) hangalakban; középkori nyelvjárási formát őriz az ukrán Vologyimer (Володимир) és a belorusz Uladzimir (Уладзімір) névváltozat. Jelen írásban a magyar nyelvben ismertebb nyelvi formát használjuk.

² A Monomah megkülönböztető név arra utal, hogy Vlagyimir anyai ágon a bizánci Monomakhosz dinasztia leszármazottja.

sük nem járt sikerrel. 1239/1240-tól Csernyigov területe Kijevvel együtt közvetlen mongol uralom alá került.

Halics–Volhínia, a mai Ukrajna nyugati része, kezdettől fogva számos szállal kötődött nyugati szomszédaihoz, a Magyar Királysághoz, a lengyel fejedelemségek közül Krakkóhoz és Mazóviához. Ez fordítva is igaz: mind lengyel, mind magyar részről a 12. század végétől (1188) a 13. század közepéig adatolható az expanzió igénye, amelyet dinasztikus kapcsolatokat támogató hadjáratokon keresztül próbáltak elérni (lásd 2. térkép).

A krakkói lengyel és a magyar expanzió gyakran keresztezte egymást. A konfliktusokat kiküszöbölendő 1214-ben a Szepességben találkozott egymással II. András király (1205–1235) és Fehér Leszek krakkói fejedelem (1202–1228). Megállapodtak a halics–volhíniai terület feletti közös uralomról, amelynek záloga két kiskorú gyermekük – András hatéves, Kálmán nevű, másodszületett fia és Leszek négy év körüli leánya, Szalomea – eljegyzése, illetve később megkötött házassága lett volna. Kálmánt a pápa engedélyével és jóváhagyásával Halics királyává koronázták, és kiskorúsága ellenére „uralkodása” helyszínén tartózkodott a magyar csapatokkal együtt. Szalomea évekkel később, pontosan nem ismert időpontban, került Halicsba. Mindenesetre 1221 augusztusában, amikor a kunokkal megtámogatott ruszbeli csapatok győzelmet arattak, a két fiatal együtt esett fogságba. Ezt követően Kálmán Magyarországon maradt, Szlavónia élére került, de korábbi királyi címét megtartotta. Később testvérének, IV. Béla királynak (1235–1270) szilárd támaszává vált, mígnem a muhi csatában szerzett sérüléseibe 1241-ben belehalt. Felesége visszatért Krakkóba. Az utolsó magyar–lengyel hadjárat 1245-ben indult a Halicsi Fejedelemség ellen. IV. Béla király egyik veje, a mongolok elől Csernyigovból Magyarországra menekült Rosztyiszlav akart Halicsban uralomhoz jutni. A magyar sereget (amelyben a király személyesen nem vett részt) támogatta a király másik veje, a krakkói fejedelem, Szemérmes Boleszlav (1243–1279). Az 1245. augusztus 17-én bekövetkezett vereség hosszabb időre véget vetett e próbálkozásoknak.

Visszatérve a Ruszt ért mongol invázióhoz, meg kell említenünk az első összecsapást, amely az Azovi-tengerbe ömlő kis folyó, a Kalka mentén zajlott le 1223. május 31-én. A mongolok ekkor a kunok sztyeppeit szállásterületét támadták, a kunok pedig a déli Rusz fejedelmeihez fordultak segítségért. A kijevi, csernyigovi és halicsi fejedelmek a segítséget kérő kun csoport (a kunok törzsekbe szervezetten éltek, nem alakult ki egy jelentős törzsszövetségük) támogatásáról döntöttek. Az egyesült sereg megsemmisítő vereséget szenvedett, emiatt a Rusz említett fejedelemségeiben jelentős személycserékre került sor. A kunok a Kárpátokhoz közelebb húzódtak, és nagy hajlandóságot mutattak a kereszténység felvételére, ami az Erdélyből kiinduló misszió sikerét magyarázza. A Rusz déli fejedelemségeiben kemény pozícióharc dúlt, amelynek célja a Kijev feletti fennhatóság megszerzése volt. Előbb a csernyigovi Mihail, majd a halicsi Danyiil járt sikerrel, de eredmé-

nyeket az 1239. évi és az 1240 őszen indult nagyszabású mongol támadás elsöpörte. Mindkét fejedelem a magyar királyi udvarba menekült, majd a mazóviai lengyel területen és Volhínián keresztül visszatértek a feldúlt Ruszba.

A mongol támadás a Rusz északi régióját, Vlagyimir–Szuzdalt néhány évvel korábban elérte (1237/1238), egyedül Novgorod területére nem tudtak behatolni. Vlagyimir–Szuzdal élére a mongolok találtak olyan személyt a Rurik dinasztia fejedelmei közül, aki az uralmukat elfogadta, és támogatta a mongol adószedők tevékenységét. Az 1240-es években a novgorodi hadak sikerrel visszaverték mind a svédek, mind a német lovagok terjeszkedési kísérleteit. A Rusz nyugati szomszédságában a 13. század második felében megtörtént a litván törzsek egyesítése egy nagyfejedelem irányítása alatt. A sikeres dinasztikus házasságpolitikával kombinált folyamatos terjeszkedés kezdetben a Rusz kisebb központjait vette célba: Polock (a majdani Belorusz egyik központja) és Szmolenszk került litván uralom alá. A Halics–Volhínia feletti uralomért versengés alakult ki a lengyelek és litvánok között; Kijev irányában előretörve egy mongol–litván konfliktus érlelődött. A 14. század végére Kijev és Csernyigov is a litvánoké lett; Volhínián megosztottak a lengyelekkel, míg Halicsban a helyi dinasztia kihalásával egyre inkább a lengyel befolyás érvényesült. III. (Nagy) Kázmér lengyel király (1333–1370) Halicsot koronája részévé tette, sőt déli irányban tovább is terjeszkedett (Podólia). A halicsi királyi cím II. Andrástól kezdve szerepelt a magyar királyok titulussai között, ami – ha nem is jelentett tényleges hatalmat – a jogcímet folyamatosan jelezte. Ennek jelentőségét a III. Kázmér és Nagy Lajos (1342–1382) közötti tárgyalások mutatják, ahol a lengyel trón öröklése mellett a Halics feletti tényleges uralom és a jogcím közötti ellentmondás is szóba került. A címről való lemondás komoly tétel volt Lajos király érvei között. Végül Lajos leányával, Hedvig királynővel (a lengyeleknél Jadwiga) Lengyelországhoz került.

A lengyel–litván perszonaluniót megalapozó krewói unió (1385) a Rusz nyugati területein számos változással járt. A lengyelekhez tartozó részeken olyan vajdasági rendszerű igazgatást vezettek be, mint Lengyelországban mindenütt. A Litván Nagyfejedelemséghez tartozó részeken a vajdasági szervezet jóval később, és nem is mindenütt valósult meg. A peremvidék elsősorban katonai feladatokat látott el, és határa is bizonytalan volt. Több helyen működtek a Rusz igazgatási hagyományai, különösebb litván kontroll nélkül. Az ukrán történetírás a 14. századtól kezdődő időszakot „Ukrajna litván korszakának” nevezi. A bizonytalan litván keleti határvidék a másik oldalról hasonló elmosódott határt jelentett, előbb az Aranyhorda, majd a Krími Tatár Kánság területének végvidékét. Nem csoda, hogy a korabeli forrásokban „vad mezőként” említették (lásd *3. térkép*).

A 15. század végén ebben a térségben alakult ki a kozákság, az első említésük 1492-ből adatolható. A köztudatban elterjedt vélekedéssel ellentétben a ’kozák’ szó eredeti jelentése ’határőrszolgálatot teljesítő szabad ember’; azaz a kozákság nem etnikumot, hanem egy életformát jelölt. A kozákság korántsem volt egysé-

ges. A 16. századi adatok alapján megkülönböztethetünk ún. lajstromozott kozákokat, akik a lengyel uralkodó szolgálatába álltak, és ezért juttatásban részesültek; és találunk kozákokat a lengyel nagybirtokosok magánhadseregeiben is. Harmadik csoportjukat alkották a bizonytalan határvidéken („senki földjén”) élő szabad kozákok. A szabad kozákok közösségét (*Zaporizsszja Szics*) az Általános Gyűlésen (Hadsereg Rada) megválasztott testület (starejsina rada) irányította, élén a hetmannal.³ A szabad kozákok közössége szemben állt mind a Lengyel–Litván Királysággal, mind a krími tatárokkal, mind a 15. század végétől feltörekvő és terjeszkedő Moszkvai Fejedelemséggel. E három szomszédos szereplő egymással konfliktusban állt, e hármasszorításban merült fel a döntés kényszere: valamelyik félben támogatót kellett szerezni. A kérdés 1654-ben a vallási szempont alapján dőlt el.

A Rusz népessége a kereszténység ortodox ágához tartozott.⁴ A 13. századi hatalmi viszonyok változása következtében az ortodox keresztény népesség egy része keleten a pogány mongolok, más része nyugaton a pogány litvánok, illetve a római egyházhoz tartozó lengyelek uralma alá került. Litvániát illetően sokszor elhangzik, hogy Európa utolsóinak megkeresztelkedett népe, de ez csak részben igaz. A 13. század közepétől a litván előkelők között több keresztényt is találunk. A Rusz fejedelemségeibe benősült (és uralomhoz jutott) előkelők a Rusz szokásait és vallását követték. A Német Lovagrenddel harcoló és vereséget szenvedett fejedelmek a békekötés alkalmával szintén megkeresztelkedtek. A felsorolt esetek azonban egyediek voltak, és nem jártak missziós következményekkel. Ez változott meg a krewói unió után, amikor a lengyel királlyá választott Jogaila (lengyelül Jagiełło, magyarul Jagelló) a litván népet a kereszténység római ágához vezette, megkezdte a római egyházszervezet kiépítését, és támogatta a térítés munkáját. De ez nem érintette a Litván nagyfejedelemség ortodox lakosságát. A mongol hódítást követően a Rusz egyházának feje, a kijevi metropolita előbb a Kljazma-parti Vlagyimirba, majd 1328-tól Moszkvába helyezte székhelyét. Korábbi címét megőrizte, és igénye szerint joghatósága az egykori Rusz minden ortodox keresztényére kiterjedt. A litván nagyfejedelmek pedig a konstantinápolyi pátriárkánál elérték, hogy a litván alattvalónak számító keleti szláv ortodox lakosság számára egy új metropolíát hozzon létre. Ez két alkalommal sikerült, 1372-ben és 1415-ben; de mindkét alkalom átmenetinek bizonyult. A Moszkvában székelő kijevi metropolita a moszkvai fejedelem támogatásával sikerrel akadályozta meg a litván metropolia működését.

³ A 'hetman' elnevezés a német 'Hauptman'-ból (a szó régi jelentése 'kapitány') eredeztethető. Hetmanok működtek a lajstromozott kozákok között is, politikai szerephez a szabad kozákok által választott hetman jutott.

⁴ A kora középkorban görögnek vagy bizáncinak is nevezett kereszténység jelölésére a keleti szláv területen az 'ortodox' elnevezés szláv megfelelője, a 'pravoszlav' szó honosodott meg.

Más volt a helyzet a lengyel fennhatóság alatti Halicsban. A római és görög egyház közti unió kérdése itt már a 13. században felmerült, legelőször II. András expanziós törekvéseivel párhuzamosan. Később a mongol függésen lazítani akaró és nyugat felől támogatásra számító Danyiil fejedelem elfogadta az egyházi uniót, Danyiil a pápától koronát kapott (1253). Számításaiban mindkét fél csatlakozott. A lengyel uralom alá került Halicsban elindult a római egyházszervezet kiépítése. 1367-ben Halicsban püspökség létesült, amelyet rövidesen érseki rangra emeltek (1375). Az érsekség központja 1412-től Lvivbe⁵ került. Ezzel párhuzamosan Halicsban működött ortodox püspökség, amelynek metropólia rangja körül ma is tudományos viták zajlanak.

A két egyházszervezet párhuzamossága lengyel és litván területen megteremtette az unió lehetőségét, de a hozzá kapcsolódó hatalmi, társadalmi, kulturális és nyelvi tartalmak a kérdés problémás voltára világítanak rá. Például a két egyházszervezet alá-fölé rendeltségi viszonya, a különböző egyházakhoz tartozó személyek jogállása, a liturgia nyelve stb. 1439-ben az unióról megállapodás jött létre Firenzében a legfelső egyházi szinten, amelynek helyi következményei nagyon sajátosan alakultak. Az uniót elfogadó Izidor metropolitát Moszkvában bebörtönözték, ahonnan sikerült megszöknie, és elhagyta az országot. A moszkvai fejedelmek a helyzetet úgy oldották meg, hogy 1448-ban Iona püspököt a helyi zsinaton metropolitának választották, amivel a moszkvai egyház *de facto* autokefállá vált. Litvániában Geraszim szmolenszki püspök kezdetben az unió támogatója volt, de Moszkvába tett útjáról nem tért vissza. Lengyel–litván területen egyrészt társadalmi szinten próbálták megoldani a problémát. Egy 1434. évi rendelkezés azonos jogállást biztosított mindkét egyház tagjai számára, de a társadalmi felemelkedésnek továbbra is a római katolikus egyházhoz tartozás volt a záloga. A 15. század folyamán az ortodox egyházszervezet háttérbe szorult.

A középkor végére kialakult helyzet magában hordott számos olyan problémát, amelyek a kora újkorban (16–17. század) váltak érzékelhetővé. A litván római egyház tagjai számára megnyílt a lehetőség az egyetemjárásra. A könyvnyomtatás pozitív hatása mindkét egyházban érvényre jutott. A reformáció közvetett hatása nyelvi téren jelentkezett: a szláv nyelvű liturgiában az archaikus egyházi szláv helyett előtérbe kerültek a helyi dialektusok, ami az ukrán és orosz nyelv önállósodását erősítette. A lengyel–litván uralom alatti területen a római katolikus és az ortodox pravoszláv egyházszervezet kettősségére egyfajta kompromisszumnak kínálkozott 1596-ban a breszti unió, amely megteremtette a görögkatolikus egyházat. Ezzel valójában nem a probléma oldódott meg, hanem egy harmadik szereplő jelent meg a színen. A vallási hovatartozás döntötte el azt a

⁵ A települést az említett Danyiil fia, Lev alapította a 13. század utóján, innét a neve: Lvov, azaz 'Lev városa'. A lengyel uralom alatt magdeburgi városi jogot kapott település neve a betelepülő német lakosság szóhasználatára nyomán lett Lemberg. Mai ukrán neve Lviv.

kérdést, hogy a kozákok 1654-ben Moszkvához csatlakoztak. Tették ezt abban a reményben, hogy autonómiájukat a cári uralom alatt is megőrizhetik. Ennek lehetetlen voltára utalt, hogy az uralkodó képviselőjében megjelent Vaszilij Buturlin bojár kijelentette, hogy a cár sohasem tesz esküt alattvalóinak, mert szava megkérdőjelezhetetlen. A helyzetet a kozák vezetők átmenetinek tekintették, és elfogadták.

IRODALOM

- Fedinec Csilla – Csernicskó István (szerk.) (2019): „*Ruszin voltam, vagyok, leszek...*” Budapest: Charta XXI Egyesület–Gondolat Kiadó, ISBN 9789636937928, http://real.mtak.hu/93585/1/Ruszinolvasokonyv2019_final.pdf
- Fedinec Csilla – Font Márta – Szakál Imre et al. (2021): *Ukrajna története: régiók, identitás, állami-ság*. Budapest: Társadalomtudományi Kutatóközpont–Gondolat Kiadó, ISBN 9789635561957, <http://real.mtak.hu/134693/1/FedinecUkrajna2021konyv.pdf>
- Font Márta (1998): *Oroszország, Ukrajna, Rusz*. Budapest: Balassi Kiadó, ISBN 9635061688
- Font Márta (2018): *Dinasztikus érdekek nyomában: Árpádok, Piastok, Rurikok az európai politikában*. Pécs: Kronosz Kiadó, ISBN 9789634670254
- Font Márta (2020): A magyar–lengyel kelet-európai expanzió és az uniós törekvések. In: Pósnán László – Veszprémy László – Isaszegi János (szerk.): *Vallásháborúk és felekezeti konfliktusok*. Budapest: Zrínyi Kiadó, 142–163. ISBN 9789633275597
- Font Márta (2020): Nyelv, kultúra, gondolkodásmód: keleti szlávok és nyugati szomszédaiak az írásbeliség tükrében. In: Bóhm Gábor – Czeferner Dóra – Fedeles Tamás (szerk.): *PTE Bölcsészakadémia 4*. Pécs: PTE, 263–294. https://btk.pte.hu/sites/btk.pte.hu/files/Kari_tud_diak_kori_tanacs/ba_4_beliv_2020_ebook_978-963-429-528-0_0.pdf
- Font Márta (2021): Galics u szisztemi rus’ko-ugors’kih vidnosin XI–XIII. szt. (*Galics*, szerija 2, vipuszk 7) Ivano-Frankivszk: Lileja-NV, ISBN 9789666685482
- Font Márta (2021): *Kijevszkaja Rusz – Galickaja Rusz: Zapadnije reginal’nije kontakti*. Moszkva: Akvilon, ISBN 9785906578792
- Font Márta (2022): *Árpád-házi királyok és Rurikida fejedelmek: Érdekek találkozása és ütközése*. Budapest: Balassi Kiadó, ISBN 9789634561149; angolul: *The Kings of the House of Árpád and the Rurikid Princes*. (tr. by Vincz, Jason) Budapest: ELKH Research Centre for the Humanities, 2021, ISBN 9789634162780
- Font Márta (2022): A Halics királya cím megjelenése és változó tartalma a 13–14. században. In: *Magyar Tudomány*, 183, 3. 368–378. DOI: 10.1556/2065.183.2022.3.11, https://mersh.hu/hivatkozas/matud202203_f72644/#matud202203_f72644
- Font Márta – Barabás Gábor (2017): *Kálmán (1208–1241), Halics királya, Szlavónia hercege*. Pécs: Kronosz Kiadó, ISBN 9789634670001, angolul: *Coloman, King of Galicia and Duke of Slavonia (1208–1241)*. Amsterdam: ARC Humanities Press, 2019, DOI: 10.1017/9781641890250, ISBN 9781641890250
- Font Márta – Varga Beáta (2006): *Ukrajna története*. Szeged: a Bölcsész Konzorcium, ISBN 9639704105, <https://mek.oszk.hu/04800/04809/> (2013² Szeged: JATEPress)

A 2023. FEBRUÁR 6-I TRAGIKUS TÖRÖKORSZÁGI–SZÍRIAI FÖLDRENGÉSEK ÉS A TÖRTÉNETI SZEIZMOLÓGIAI ESEMÉNYEK KUTATÁSÁNAK FONTOSSÁGA

THE TRAGIC TURKISH–SYRIAN EARTHQUAKES OF 6 FEBRUARY 2023 AND THE IMPORTANCE OF RESEARCH OF HISTORICAL SEISMOLOGICAL EVENTS

Varga Péter¹, Györi Erzsébet², Fodor Csilla³, Timár Gábor⁴

¹az MTA doktora, geofizikus, Magyar Kutatási Hálózat Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest
varga@seismology.hu

²PhD, geofizikus, Magyar Kutatási Hálózat Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest

³doktorandusz, geofizikus, Magyar Kutatási Hálózat Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest; Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
Földrajz- és Földtudományi Intézete Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Budapest

⁴az MTA doktora, geofizikus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
Földrajz- és Földtudományi Intézete Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

A műszeres mérések kezdete óta Törökországban és Szíriában a Gazianteptől északnyugatra lévő epicentrumú, 2023. február 6-án kipattant földrengés volt a legnagyobb megfigyelt momentum magnitúdójú szeizmológiai esemény ($M_W = 7,8$), amelyet kilenc órával később egy második ($M_W = 7,6$) követett. Ebben a térségben napjainkig ezek voltak a legtöbb áldozatot követelő, és a legnagyobb károkkal járó földrengések. Ugyanakkor még a szakemberek számára is váratlan volt ezen a helyen ilyen méretű és ilyen pusztító szeizmológiai esemény az utóbbi évtizedek rengéseinek ismerete alapján. Írásunk egyik célja rámutatni arra, milyen fontos a régmúlt földrengéseinek kutatása, mert ezeket megismerve látható, hogy a történelmi múltban a térséget igen erős földrengések sújtották. Ezért ilyen méretű eseményre számítani kellett volna. Másik célunk – a török–szír határvidéket sújtó tragédiára is gondolva – rámutatni a Pannon-medencében a régmúltban történt földrengések megismerésének fontosságára.

ABSTRACT

Since the start of instrumental measurements in Türkiye and Syria, the earthquake that struck on 6 February 2023 with an epicenter northwest of Gaziantep was the largest moment magnitude event observed ($M_W = 7.8$), followed nine hours later by a second one ($M_W = 7.6$). To date, these were deadliest and most damaging earthquakes in the region. Nevertheless, even for experts,

a seismological event of this magnitude and destructive nature was unexpected in this place, based on the knowledge of the last decades of earthquakes. One of the aims of this paper is to highlight the importance of studying the earthquakes of the past because it shows that the region has been hit by very strong earthquakes in historical times. Therefore, an event of this magnitude should have been expected. Another goal, bearing in mind the tragedy that struck the Turkish-Syrian border region, is to highlight the importance of understanding the earthquakes that occurred in the Pannonian Basin in the past.

Kulcsszavak: momentum magnitúdó (M_W), Anatóliai-lemez, Észak-anatóliai és Kelet-anatóliai törésvonalak, történelmi földrengések, potenciálisan aktív terület

Keywords: moment magnitude (M_W), Anatolian plate, North Anatolian and East Anatolian faults, historical earthquakes, potentially active area

BEVEZETÉS

A földrengések időbeli eloszlása még nem ismert. Jelenlegi tudásunk szerint sporadikus, nem mutat szabályosságot. Éppen ezért a várható földrengés bekövetkeztének időpontja rendkívül nehezen becsülhető. Még nehezebben határozható meg egy ilyen esemény várható hatása az emberi társadalomra. Hiszen nem mindegy, hogy a földrengés lakott helyek közelében vagy azoktól távol következik be. Jelentős szerepet játszik továbbá a földrengés fészekmélysége és az, hogy az milyen földtani szerkezetben található. Az említettek mellett lényeges, sőt talán ezeknél is fontosabb lehet a földrengésfészek környezetében élő társadalom felkészültsége és az épített környezet milyensége. Utóbbiak megfelelő volta lényeges mértékben határozza meg a földrengés áldozatainak számát és a keletkező károk mértékét.

A földrengés áldozatainak száma és a földrengés mérete (magnitúdója) között nincs egyértelmű kapcsolat. A tíz legerősebb földrengés közül (1. táblázat) csak kettő szerepel a tíz legtöbb áldozatot követelő között (2. táblázat). Hasonlóan hiányzik az egyértelmű kapcsolat a tíz legerősebb és a tíz legnagyobb kárt okozó földrengés között (1. és 3. táblázat).

Ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a 2023. február 6-án Törökországot és Szíriát sújtó földrengés szerepel a legtöbb áldozatot (2. táblázat) és legnagyobb anyagi kárt okozók (3. táblázat) között, de nincs a legnagyobb események jegyzékében (1. táblázat). Továbbá, a 21. században a 2023. február 6-ig terjedő időszakban huszonzét $M_W \geq 7,9$, azaz a török–szíriai eseménynél nagyobb rengésről tudunk (4. táblázat).

Ezek alapján a Gaziantep környezetében 2023. február 6-án történt földrengés áldozatainak száma és a keletkezett károk mértéke szokatlanul nagynak tekinthető. Ennek okai lehetnek elvileg a kedvezőtlen földtani viszonyok, de sokkal

inkább az, hogy a régmúlt földrengéseinek alapján várható szeizmológiai veszélyeztetettséget figyelmen kívül hagyva épültek a térség mérnöki létesítményei, és ezek aránytalan mértékben sérültek. Valószínűleg az épületek nem megfelelő földrengés-állékonysága Törökország más térségeiben is jellemző. Erre lehet példa a Márvány-tenger mentén, Izmitben kipattant földrengés (1999, $M_W = 7,6$) okozta károk nagysága.

1. táblázat. A 21. század 2023. február 6. előtti, tíz legnagyobb földrengése (az USA National Earthquake Information Center [NEIC] adatbázisából kigyűjtött adatok alapján)

Dátum	Hely	Magnitúdó
2004. 12. 26.	Indiai-óceán, Indonézia	9,1–9,3
2011. 03. 11.	Tóhoku, Japán	9,0–9,1
2010. 02. 27.	Maule, Chile	8,8
2005. 03. 28.	Nias–Simeulue, Indonézia	8,6
2007. 09. 12.	Dél-Szumátra, Indonézia	8,6
2012. 04. 11.	Szumátra	8,6
2001. 06. 23.	Dél-Peru	8,4
2015. 09. 16.	Ilapel, Chile	8,3–8,4
2013. 05. 24.	Ohotszki-tenger	8,3
2015. 11. 15.	Kuril-szigetek	8,3

2. táblázat. A 21. század 2023. július 1. előtti, tíz legtöbb áldozatot követelő földrengése (az USA National Earthquake Information Center [NEIC] adatbázisából kigyűjtött adatok alapján)

Dátum	Hely	Magnitúdó	Áldozatok száma
2004. 12. 26.	Indiai-óceán, Indonézia	9,1–9,3	227 898
2010. 01. 12.	Haiti	7,0	160 000
2008. 05. 12.	Szecsuan, Kína	7,6	87 587
2005. 10. 08.	Kasmír, Pakisztán	7,6	87 354
2023. 02. 06.	Törökország, Szíria	7,8	59 259
2003. 12. 26.	Bam, Irán	6,6	34 000
2001. 01. 26.	Gudzsarát, India	7,7	20 085
2011. 03. 11.	Tóhoku, Japán	9,0–9,1	19 759
2015. 04. 25.	Nepál	7,8	8 964
2006. 05. 26.	Yogyakarta, Indonézia	6,4	5 782

3. táblázat. A 21. század 2023. július 1. előtti, tíz legnagyobb kárt okozó földrengése

A valószínűleg hatalmas pusztítással járó indonéziai földrengésre (2004. 12. 26.) vonatkozó kár elsősorban nem a földrengéssel, hanem az általa keltett cunamival kapcsolatos, ezért a táblázatban ez az esemény nem szerepel.

(USA National Earthquake Information Center [NEIC])

Dátum	Hely	Magnitúdó	Kár (milliárd USD)
2011. 03. 11.	Tóhoku, Japán	9,0–9,1	360
2008. 05. 12.	Szecsuan, Kína	7,6	150
2023. 02. 06.	Törökország, Szíria	7,8	105
2011. 02. 22.	Christchurch, Új-Zéland	6,1	40
2010. 09. 04.	Canterbury, Új-Zéland	7,0	40
2004. 10. 23.	Csúecu (Chuestu), Japán	6,8	28
2011. 09. 18.	Szikkim, India	6,9	22
2016. 04. 16.	Kumamoto, Japán	7,0	20
2009. 04. 06.	L'Aquila, Olaszország	6,3	16
2012. 05. 20.	Emilia, Olaszország	5,8	15,8

4. táblázat. A 21. században kipattant $M_W \geq 7,9$ földrengések (URL1)

Dátum	$M_W \geq 7,9$	Hely
2002. 11. 03.	7,9	Alaszka
2003. 09. 25.	8,3	Hokkaidó
2004. 12. 23.	8,1	Macquarie-sziget
2004. 12. 26.	9,2	Szumátra
2005. 03. 28.	8,6	Szumátra
2006. 05. 03.	8,0	Tonga
2006. 11. 15.	8,3	Kuril-szigetek
2008. 05. 12.	7,9	Szecsuan
2009. 09. 29.	8,1	Szamoá
2010. 02. 27.	8,8	Chile
2011. 03. 11.	9,1	Tóhoku
2012. 04. 11.	8,6 és 8,2	Szumátra
2013. 05. 24.	8,3	Ohotszki-tenger (nagyon mély)
2014. 04. 01.	8,2	Chile
2014. 06. 23.	7,9	Aleut-szigetek
2015. 09. 16.	8,3	Chile

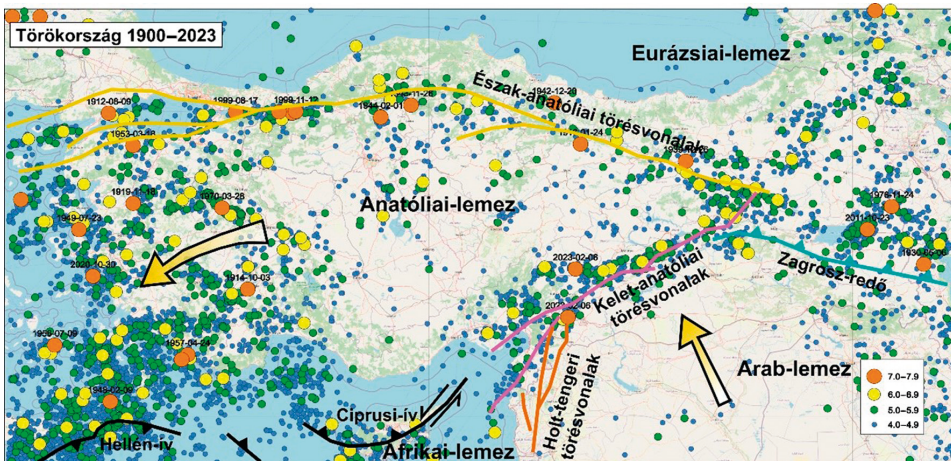
4. táblázat folytatása

Dátum	$M_W \geq 7,9$	Hely
2016. 12. 17.	7,9	Pápua Új-Guinea
2017. 01. 23.	7,9	Pápua Új-Guinea
2017. 09. 07.	8,2	Mexikó
2018. 08. 18.	8,2	Fidzsi
2018. 09. 06.	7,9	Fidzsi
2018. 01. 23.	7,9	Alaszka
2019. 05. 26.	8,0	Peru
2021. 07. 29.	8,2	Aleut-szigetek
2021. 03. 04.	8,1	Kermadec-szigetek (Új-Zéland)
2021. 08. 12.	8,1	Dél-Szendvics-szigetek

AZ ANATÓLIAI TÉRSÉG SZEIZMICITÁSA

Jelen írás célja megvitatni, hogy váratlanak tekinthetőek-e a 2023. február 6-án Törökország dél-keleti részében Gaziantep ($M_W = 7,8$) és Kahramanmaraş ($M_W = 7,6$) tartományokban kipattant pusztító földrengések. A cél elérése érdekében szükséges, hogy röviden bemutassuk Törökország szeizmicitását.

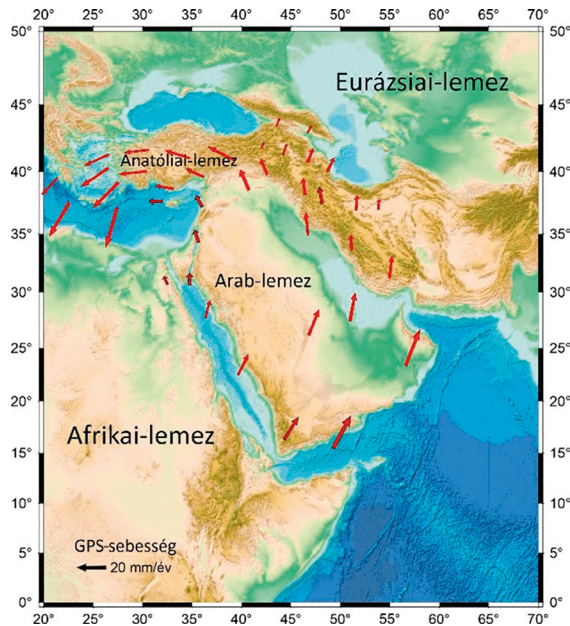
Törökország az Eurázsiai-, valamint az Afrikai- és az Arab-lemezek közötti összetett ütközési zónában, az Anatóliai-lemezen fekszik, szinte egész területe szeizmikusan aktív (1. ábra).



1. ábra. Törökország földrengései 1900 és 2023 között (URL2) és fő tektonikai vonalai (Phoenix7777: *Map of Earthquakes in Turkey 1900–2023* alapján, Wikipedia, CC BY-SA 4.0 licenc)

Észak és kelet felől két nagy, oldaleltolódással járó törésvonal határolja: az Eurázsiai-lemezzel határos Észak-anatóliai, valamint a Kelet-anatóliai törésvonal, amelytől délre az Arab-lemez található (1. ábra). A Kelet-anatóliai törésvonal a Földközi-tenger alatt nem folytatódik. Itt az Anatóliai-lemez már az Afrikai-lemezzel határos a Ciprusi- és a Hellén-ívek mentén. Ezen a helyen Afrika lassú északi irányú mozgása szubdukcióhoz (alábukáshoz) vezet, de ez nem befolyásolja érdemben a szeizmicitást, mivel Anatólia sokkal gyorsabban mozog nyugat felé. A Ciprusi-ív mentén keletkező rengések jellegükben lényegében nem különböznek a Kelet-anatóliai törés mentiektől. Az utóbbi időben kipattantak közül a két legerősebb Páfosznál történt (1996, M6,8 és 2022, M6,6). Az ország nyugati, szeizmológiai szempontból jelentősen aktív részét az Égei-tengerben található extenziós (tágulási) tektonikai zóna jelenti, amelyet a Hellén-ív déli-délnyugati irányú elmozdulása okoz (Sayil–Osmanşahin, 2008). Törökország legkeletibb része egy kompressziós zóna, a Zagrosz-redő nyugati végén fekszik (Karasözen et al., 2019).

A lemezmozgás jellegét és a mozgás sebességét szemlélteti a 2. ábra GPS-adatokból számított térképe. A sebességekkel arányos nyilak egy nagyobb területnek – beleértve az arab, anatóliai és Égei-tengeri területeket, valamint a Zagrosz és Közép-Irán szomszédos részeit – az óramutató járásával ellentétes irányú forgását jelzik. Az ezzel a forgással összefüggő mozgási sebességek a Hellén-ív és a Földközi-tengeri hátság felé haladva növekednek.



2. ábra. GPS-adatokból adódó elmozdulási sebességek az Anatóliai-tábla térségében (a szerzők saját szerkesztése)

Az említett földrengészónák aktivitása bizonyos mértékben a kipattant jelentős földrengések számával is jellemezhető. Nicholas Neocles Ambraseys és Caroline F. Finkel (1995) Törökországra és környezetére, az 1500–1800 közötti időszakra vonatkozó katalógusában 377 esemény szerepel. Ezek 60%-a az észak-anatóliai törésvonalhoz kötődik, ez a térség legaktívabb szeizmológiai szerkezete. Itt pattant ki Anatólia korábban ismert legnagyobb földrengése 1939-ben (Erzincan, M7,8). Ezt a földrengést kilenc $M \geq 7$ földrengés követte (1942, 1943, 1944, 1951, 1957, 1967, 1992 és két esemény 1999-ben) az észak-anatóliai törésvonal mentén, amelyek epicentrumai időben keletről nyugatra vándoroltak. Jelenleg a Márvány-tenger az egyetlen nagyobb „rés” (gap) az észak-anatóliai törés mentén. Az Égei-tengerben található tágulási tektonikai övezethez (Hellén-ív) a katalógus eseményeinek 12%-a, a Ciprusi-ívhez 5%, az Anatóliai-táblától keletre található Kaukázusi térséghez 2% kötődik. A Kelet-anatóliai törésvonalhoz az események 18%-a tartozik. Ez utóbbi szerkezet, különösen annak nyugati szakasza, szeizmológiai szempontból viszonylag csendes volt az 1500-zal kezdődő és napjainkig tartó időszakban. A törésvonal keleti szakaszán 1970 óta csak három $M \geq 6$ esemény történt, amelyek közül a legnagyobb a 2020. évi volt ($M = 6,7$). Ezért a Kelet-anatóliai törésvonal eddig „csendes” nyugati részében 2023. február 6-án kipattant $M = 7,8$ erősségű földrengés váratlannak tekinthető.

A KELET-ANATÓLIAI TÖRÉSVONAL AKTIVITÁSA A RÉGMŰLT FÖLDRENGÉSEINEK TÜKRÉBEN

Az az állítás, hogy a Kelet-anatóliai törés nyugati szektorának szeizmikus tevékenysége a térség más részeihez viszonyítva alacsonynak mondható, 2023. február 6-án megdőlt. A korábbi vélemény a térséget sújtó, 16. század előtti történeti rengések figyelembevétele esetén nem merülhetett volna fel. Erre példák az Antiochiát (mai nevén Antakyát), a római császárság 300 ezer körüli lakossággal bíró harmadik legnagyobb városát sújtó földrengések. Az ókori, ókor végi antiochiai földrengések listája hosszú. Jean Lassus (1966) a következő fontosabbakat sorolja fel: Kr. e. 148, Kr. u. 37, Kr. u. 115, Kr. u. 215, Kr. u. 341, Kr. u. 365, Kr. u. 369, Kr. u. 458, Kr. u. 525, Kr. u. 528, Kr. u. 531, Kr. u. 551, Kr. u. 577 és Kr. u. 588. Említésre méltó, hogy az Antiochiát Kr. e. 148-ban sújtó földrengés a legrégebbi olyan ismert szeizmológiai esemény, amelyről épületkárokra vonatkozó ismertetés maradt ránk.

A várost sújtó Kr. u. 115. évi földrengésről a kortárs görög történétíró, Cassius Dio a következőket írja: „...az épületek a levegőbe szökkenek; egyesek a magasba emelkedtek, hogy aztán összeomoljanak, és darabokra törjenek, míg másokat mintha a tenger hullámai ide-oda dobáltak volna, felborultak, és a romok még a nyílt terepen is nagy területre szóródtak szét... Ami az embereket illeti, még a házakon kívül tartózkodók közül is sokan megsérültek. [...] A házakban rekedt

és elpusztult emberek számát nem lehetett megállapítani; mert sokakat megölt a lezuhanó törmelék ereje, és rengetegen fulladtak meg a romok alatt.” (Cassius Dio: *Historia Romana*, 68, in Lassus, 1966).

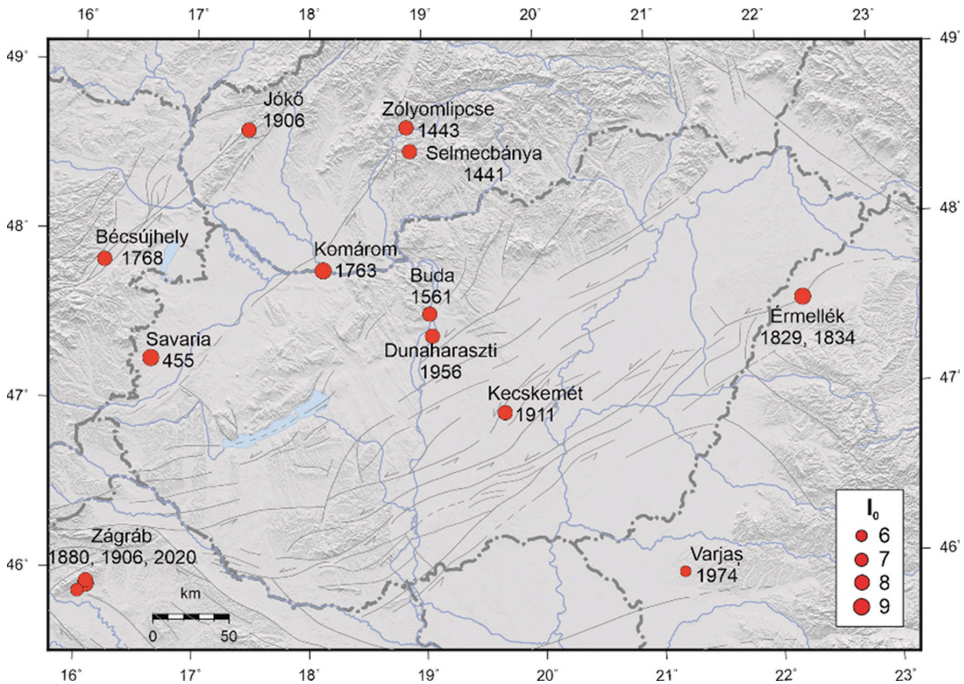
A városban a seregével éppen ott tartózkodó Traianus császár és utóda, Hadrianus a földrengés következtében kisebb sérüléseket szenvedtek, a szintén velük lévő Marcus Peto Vergilianus konzul meghalt. Az *On the Historical Seismicity of the Arab Region* (Alsinawi–Issa, 1985) 260 ezer áldozatról ír a 115. évi földrengéssel kapcsolatban. Evagrius (536–594) bizánci történész több 5–6. századi antiochiai földrengésről tudósít (Kr. u. 458, Kr. u. 528, Kr. u. 531, Kr. u. 551) (Bidez–Parmentier, 1898). Ugyanitt 1544-ben, 1726-ban, 1738-ban és 1743-ban szintén erős földrengések voltak, áldozatokkal és jelentős épületkárokkal. Kise távolabbról (Latakia) szintén jelentős rengésekről maradtak fenn tudósítások (Ambraseys–Finkel, 1995). Az 1822. évi nagyon erős rengés becsült értéke $M_W = 7,4$ (Sbeinati et al., 2005).

A PANNON-MEDENCE TÖRTÉNELMI FÖLDRENGÉSEI

Természetesen a Pannon-medence földrengés-tevékenysége sokszorosan kisebb az anatóliainál. Az itt előforduló, erősnek tekinthető földrengések száma messze elmarad a Törökország térségében tapasztalttól. Néhány nagy ($M_W \approx 6,2$ – $6,7$) erősségű földrengésről azért van tudomásunk (Savaria-Szombathely, 455, $M_W \approx 6,2$; Zólyomlipcse, 1443, $M_W \approx 6,7$; Komárom, 1763, $M_W \approx 6,5$; Érmellék, 1834, $M_W \approx 6,5$). A tizenhárom ismert, jelentős károk okozására képes $M_W \geq 5,5$ földrengés területi eloszlása a 3. ábrán látható (Varga et al., 2023).

A 2023. február 6-i török földrengés amiatt tanulságos a Pannon-medence szeizmitásának vizsgálata során, mert azt jelzi, hogy egy forrásterület hosszú ideig (évszázadokig) tartó nyugalma esetén is potenciális veszélyforrás lehet. Térségünk régmúlt földrengéseire vonatkozó ismereteink természetesen hiányosak. Nagyon fontos volna pedig, hogy a szeizmikus események területi és időbeli eloszlását az elmúlt évszázadokra vonatkozóan megismerjük, mert ezzel hozzájárulhatunk a földrengésekkel kapcsolatos veszélyeztetettség meghatározásához. Az emberek által érezhető földrengések teljességét csak a Magyar Földregési Bizottság megalakulása (1881) óta ismerjük, az épületekben kárt okozó rengések egészét pedig hozzávetőleg csak a 18. század közepétől. Ha abból indulunk ki, hogy átlagosan minden második évben fordul elő nálunk kisebb-nagyobb kárt okozó földrengés, akkor a magyar államiság ezeregyszáz éve alatt ötszázötven ilyen eseménnyel kell számolnunk. Ezzel szemben az 1000-tól 1750-ig terjedő időszakból az egész Kárpát-medencéből jóval kevesebb mint kétszáz, jelentős részben alig értelmezhető eseményt ismerünk, és ezek közül is csak 70–80 esik a Pannon-medence területére. Tehát a múlt szeizmológiai eseményeinek többsé-

géről nincs is tudomásunk. Így hasonló természetű bizonytalanság adódik, mint a Kelet-anatóliai törésvonal esetében, amikor a gaziantepi földrengés (2023. február 6.) előtt a földrengés-veszélyeztettség megállapításához nem használták a római és bizánci forrásokat.



3. ábra. $M_W \geq 5,5$ földrengések 455-től 2020-ig a Pannon-medencében (a szerzők saját szerkesztése)

Ha abból indulunk ki, hogy a földrengések előfordulási hajlama egyes helyeken nagyobbak tekinthető, ha ott több földrengés fordult már elő a múltban, akkor a Pannon-medence átlagánál veszélyeztetettebb:

- Szlovákia középső része (Selmecbánya 1441; Zólyomlipcse 1443);
- Komárom (1599?, 1763, 1783, 1806, 1822 [4,7], 1851);
- Budapest térsége (1384?, 1541, 1561, 1578, 1641, 1956);
- Érmellék (1829, 1834).

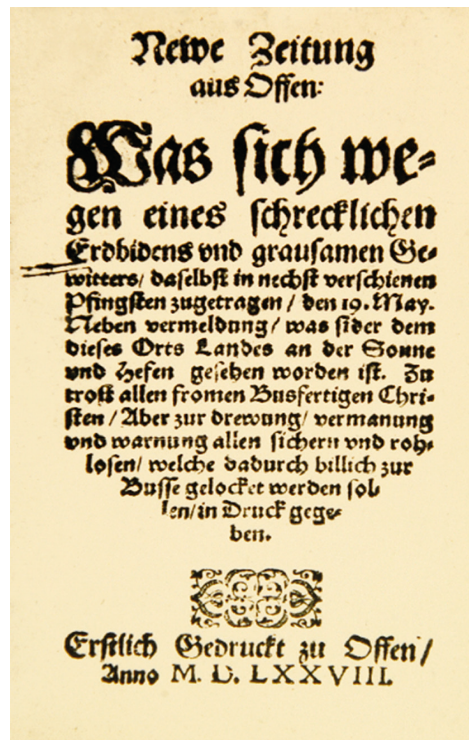
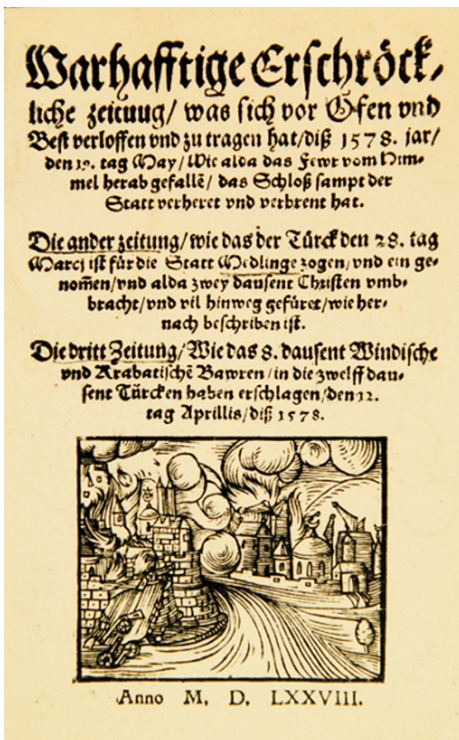
Természetesen önmagában az, hogy egy helyen több földrengésről van tudomásunk, még nem elegendő a veszélyeztettség mértékének megállapításához. Fontos a források megbízhatóságának vizsgálata is, és emellett becslést kell végezni a forrásban említett rengés erősségére és epicentrumának helyére is. Például a Budapest térségére bemutatott adatok közül az 1384. évi esemény egyik forrása

Antonio Bonfini (1427/1434–1502): „1383. Abban az évben Magyarországot sás-kák pusztították és földrengés sújtotta” (Bonfini, 1744).

Eberhard Windecke (1380 k. – 1440/1441) krónikás művében olvasható, hogy „...a jelről, amely Budán, a Boldogasszony templomban történt, ahol leomlott a templomtorony, mialatt sok ember bent volt és egyetlen ember sem halt meg...” (Windecke, 2008). De Windecke ezt az eseményt – Bonfinitól eltérően – 1384-re teszi, és nem említi, hogy a torony leomlása földrengéssel lett volna kapcsolatban.

Az 1541. évi földrengés Bornemisza Péter (1535–1584) tudósítása alapján megtörténtnek, de gyengének tekinthető. Az 1561. és az 1641. évi események minden bizonnyal erősebbek voltak, és megtörténtükről megbízható források tudósítanak (Verancsics, 1981; Podhradczky, 1833).

Egymással ellentmondóak az 1578. évi eseménnyel kapcsolatos források. Hüt-tel Simontól (1530–1601) a következő olvasható Zolnay László könyvében (1978): „Pünkösöd hétfőjén (azaz május 19-én) éjjel 10 órakor az égen borzalmas dörgés és villámlás volt [...] majd földrengés is volt.” Ennél is részletesebb leírást közöl



4. ábra. Az 1578. évi budai földrengésről tudósító korabeli német újságok (röplapok) (Réthly Antalnak a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár archívumában őrzött hagyatéka; Varga, 2017)

erről az eseményről Szamosközy István (1570–1612). Az ő hatalmas viharra és a várban tárolt lőpor felrobbanására vonatkozó feljegyzéséből (amelyet nyilvánvalóan mások emlékezéseiből állított össze) kiderül, hogy az áldozatok száma nem ismert, és beszámolójában nem említi, hogy földindulás történt volna ezen a napon (Szamosközy, 1880). Erről az eseményről mint földrengésről a korabeli német újságok (röplapok) is tudósítanak (4. ábra). A második röplap budai nyomtatására utaló „Erstlich Gedruckt zu Offen” („Első nyomtatás Budán”) szöveg valótlant állít, és nyilvánvalóan azért került a kiadványba, hogy annak hitelességét erősítse. Budán ekkor egyáltalán nem volt nyomda, a röplap Magdeburgban jelent meg (V. Ecsedy, 1996; Varga, 2017).

Budapest térségében a régmúltban történt földrengésekre vonatkozó források alátámasztják azt a jelenlegi álláspontot, hogy itt egy szeizmológiai értelemben potenciálisan aktív terület található, melynek földrengései, mint azt az 1956. január 12-én Dunaharaszti térségében kipattant $M_W = 5,6$ esemény is igazolta, komoly károk okozói lehetnek. Természetesen, hasonlóan lehetséges veszélyek forrásai a Pannon-medencében előfordult történeti földrengések fentebb felsorolt forrásterületei is.

IRODALOM

- Alsınawi, Sahil – Issa, Al Shumaimri (1985): *On the Historical Seismicity of the Arab Region. IASPEI/UNESCO Working Group on Historical Seismograms and Earthquakes of the World, August 27–28, 1985, Tokyo. Preliminary Proceedings.* 59–84.
- Ambraseys, Nicholas Neocles – Finkel, Caroline F. (1995): *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas; A Historical Review, 1500–1800.* Istanbul: Eren, ISBN 975622389
- Bidez, Joseph – Parmentier, Léon (eds.) (1898): *Evagrius Scholasticus, Ecclesiastical History, with the Scholia.* London, Methuen, <https://archive.org/details/ecclesiasticalhi00evag>
- Bonfini, Antonio (1744): *Rerum Hungaricarum decades. X., 275;* Posonii: Typis Royerianis, anno 1744. In: Bonfini, Antonio: *A magyar történelem tizedei.* (ford. Kulcsár Péter) Budapest: Balassi Kiadó, 1995
- Karasözen, Ezgi – Nissen, Edwin – Bergman, Eric A. et al. (2019): Seismotectonics of the Zagros (Iran) from Orogen-Wide, Calibrated Earthquake Relocations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 8, 9109–9129. DOI: 10.1029/2019JB017336, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019JB017336>
- Lassus, Jean (1966): *The Early Christian and Byzantine World (Landmarks of the World's Art).* London: Paul Hamlyn
- Podhradczky József (1833): *Buda és Pest szabad királyi városok volt régi állapotáról.* Pesten: Esztergami K. Beimel Josef tulajdona, https://adt.arcanum.com/hu/view/CsaladHely_MonografiaVaros_BudaEsPestSzabadKiralyiVarosoknak/?pg=0&layout=s
- Sayil, Nilgün – Osmaşahin, İlhan (2008): An Investigation of Seismicity for Western Anatolia. *Natural Hazards*, 44, 51–64. DOI: 10.1007/s11069-007-9141-2, https://www.researchgate.net/publication/225719631_An_investigation_of_seismicity_for_western_Anatolia
- Sbeinati, Mohamed Reda – Darawcheh, Ryad – Mouty, Mikhail (2005): *The Historical Earthquakes of Syria: An Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 BC to 1900 AD.*

- Annals of Geophysics*, 48, 3, 347–435. <https://pdfs.semanticscholar.org/da54/5bfd49b5ddd-3c52317f5d795ec15c6fe741f.pdf>
- Szamosközy István (1876–1877): *Szamosközy István történeti maradványai 1566–1603. Az erdélyi fejedelmek birtokában volt eredeti példányról kiadta Szilágyi Sándor.* I–III. kötet. Budapest: Tud. Akadémia Könyvkiadó-Hivatala, <http://real-eod.mtak.hu/1857/>
- Varga Péter (2017): Régi hazai földrengések, különös tekintettel Budapestre. *Magyar Geofizika*, 58, 2, 76–87. https://epa.oszk.hu/03400/03436/00234/pdf/EPA03436_magyar_geofizika_2017_02_076-087.pdf
- Varga Péter – Győri Erzsébet – Fodor Csilla et al. (2023): An Attempt to Determine the Magnitudes and Epicenters of Significant Historical Earthquakes in the Pannonian Basin. *Seismological Research*, <https://tinyurl.com/5n6w44hk>
- V. Ecsedy Judit (1996): *Titkos nyomdahegyű régi magyar könyvek 1539–1800.* Budapest: Borda Antikvárium, ISBN 2399982146850
- Verancsics Antal (1981): *1504–1566 Memoria Rerum; A Magyarországon legutóbbi László király fiának, legutóbbi Lajos királynak születése óta esett dolgok emlékezete. Verancsics Évkönyv.* Békéscsaba: Magyar Helikon, ISBN 9632075617
- Windecke Eberhard (2008): *Emlékirat Zsigmond királyról és koráról.* h. n.: História Alapítvány, ISBN 9639627222
- Zolnay L. (1978): *Kincses Magyarország. Középkori művelődésünk történetéből.* Budapest: Magvető Kiadó, ISBN 9632707907

URL1: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php>

URL2: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_Turkey

Megemlékezés

MÁLYUSZ ELEMÉR, A MAGYARORSZÁGI ZSIGMOND-KUTATÁS KIEMELKEDŐ KÉPVISELŐJE¹

ELEMÉR MÁLYUSZ, THE OUTSTANDING REPRESENTATIVE OF THE HUNGARIAN SIGISMUND RESEARCH

Erős Vilmos

az MTA doktora, PhD, habil., Debreceni Egyetem Történelmi Intézet, Debrecen
eros.vilmos@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben az évben emlékezünk meg a kiemelkedő történész, Mályusz Elemér születésének 125. évfordulójáról. E sorok szerzője ennek kapcsán (is) több tanulmányt szentel a történész életművének, de jelen alkalommal egy kisebb lélegzetű írást kíván közzétenni, amely azonban Mályusz munkáinak jelentős aspektusát járja körül. A tanulmány alapja egy 1998-ban tartott előadás, amelyet Luxemburgi Zsigmond király uralkodásának emlékére rendeztek, s amely Mályusz Zsigmonddal összefüggő kutatásainak eredményeit foglalta össze. A tanulmány azt bizonyítja, hogy Mályusz Elemér történészi életművében kiemelkedő szerepet játszott a Zsigmond-kor kutatása, főként az 1945 utáni időszakban, de részben már a két világháború közötti korszakban is. Mályusz felfogásának veleje, hogy megközelítése, mint történetírásának túlnyomó része, társadalomtörténeti alapú, s ezzel lényegesen modernebb szemléletet képvisel, mint az őt megelőző politikai eseménytörténet-centrikus történettudomány. E társadalomtörténet középpontjában a köznemesség története áll, amely Mályusz szerint a társadalmi reformok hordozója az egész magyar történelem folyamán. Zsigmondot abból a szempontból értékeli, hogy teret enged a köznemesség és az arisztokrácia fokozatos előtérbe kerülésének. Gyengesége viszont, hogy az utóbbi – az arisztokrácia – uralma az ország területi integritását veszélyezteti, sőt annak szétesésével fenyeget, ezért is szükséges a köznemesség további hatalmának megerősítése, s végső soron a rendiség kialakulása, de mindez már Mátyás király idején történik. Mályusz értelmezésének egyik fő újdonsága, hogy a társadalmi fejlődés e menetét a német szociológia fogalmainak segítségével elemzi, s kialakítja a középkori magyar társadalmi fejlődés „három egységére” (karizmatikus királyság, hűbériség, rendiség) vonatkozó tézisét.

¹ A cikk egy lényegesen korábbi német nyelvű változatára lásd Erős, 2000. A német nyelvű tanulmány a fentebb említett, 1998-as konferencián elhangzott, szintén német nyelvű előadás alapján készült. A konferenciát a Debreceni Egyetem Történelmi Intézete rendezte.

ABSTRACT

This year we commemorate the 125th anniversary of the birth of the eminent historian Elemér Mályusz. The author of these lines has dedicated several studies to the historian's oeuvre in relation to the anniversary (too), but on this particular occasion, he wishes to publish a smaller-scale article, which nevertheless deals with a significant aspect of Mályusz's works. The present paper is based on a lecture given at a conference in 1998 organized to commemorate the reign of King Sigismund of Luxembourg, which summarized the results of Mályusz's research on Sigismund. The paper demonstrates that research on Sigismund's reign played a prominent role in Mályusz's oeuvre, especially in the period after 1945, and to some extent also in the interwar years. The essence of Mályusz's interpretation is that his approach, like the vast majority of his historiography, is based on social history, and thus represents a significantly more modern approach than the political event-based historiography that preceded him. At the heart of this social history is the history of the nobility, which, according to Mályusz, is the vehicle of social reform throughout Hungarian history. His assessment of Sigismund departs from the king's gradual empowering of the nobility and the aristocracy. The weakness of his reign, however, is that the rule of the aristocracy threatens the territorial integrity of the country, and even its disintegration, which is why it is necessary to strengthen further the power of the nobility and ultimately establish the estates of the realm, though that would take place later, under Matthias I. One of the main novelties of Mályusz's interpretation is that he analyses the course of social development with the help of concepts from German sociology, and develops his thesis on the 'triple unity' of medieval Hungarian social development (charismatic kingdom – feudalism – estates of the realm).

Kulcsszavak: Zsigmond-kutatás, társadalomtörténet, karizmatikus királyság, hűbériség, köznevelés

Keywords: Sigismund-research, social history, charismatic rule, feudalism, nobility

Mályusz Elemér (1898–1989) kétségkívül a hazai Zsigmond-kutatás legkiemelkedőbb képviselője volt, s a Zsigmond-korszak problémáival való szembesülés Mályusz egész történetírói pályafutását végigkísérte. Már első történetírói szárnypróbálgatásai közben a Toldi Miklós személyét, a Toldi-monda keletkezésének társadalmi hátterét boncolgató tanulmányai során felvetődött a 14–15. századi társadalmi viszonyok elemzésének szükségessége (Mályusz, 1924). Döntő lökést mindehhez 1934-es egyetemi tanári kinevezése adott, amikor is, lényegében Hóman Bálint katedróját átvéve, a Pázmány Péter Tudományegyetemen több kollégium keretén belül kísérelte meg az 1526 előtti magyar társadalmi, népiségi és népesedési, szellemi, kormányzati és közigazgatási viszonyok analízisét és szintézisét. Kiemelkedő eredményei e periódusnak *A gótika Magyarországon* (összefoglalva az *Árpádházi Boldog Margit* című tanulmányban [Mályusz, 1933a]), és a szintén 1934-ben megkezdett, a középkori magyar egyházi társadalom felépítéséről, fejlődéséről szóló előadásai vagy például *A Toldi monda* című tanulmánya, melynek okán szakmai polémiába is keveredett korának egyik német

szempontból elfogult nyelvészével, Moór Elemérrel.² Nélkülözhetetlen volt a Zsigmond-kor társadalmi viszonyainak alaposabb vizsgálata a harmincas évek elején megkezdett társadalomtörténeti tanulmányaiban (*A patrimoniális királyság*, 1933 [1933b]; *A karizmatikus királyság*, 1934; *Herrschaftsformen im mittelalterlichen Ungarn*, 1933), melyek a harmincas évek végén a Berzeviczy-jutalommal díjazott és a rendes akadémiai tagságot eredményező nagy ívű tablóban (*A magyar társadalom a Hunyadiak korában. A hűbériség és a rendiség problémája*, 1940) csúcspontot értek el. A második világháború alatt látott napvilágot a *Magyar Művelődéstörténetben* a reneszánsz társadalmi viszonyait megfestő tanulmány (lényegében megismételve 1940-es munkájának téziseit), valamint a Zsigmond és a főkegyúri jog problémáját először megpendítő cikk is (Mályusz, 1943).



Mályusz Elemér időskori portréja
MTA KIK Kézirattár és Régi Könyvek
Gyűjteménye, Ms 6408/588

² Mályusz Moór Elemér felfogásával a harmincas évek elején folytatott éles polémiát. Moór már több korábbi tanulmányában kifejtette, hogy a Toldi-monda szerinte német bábjátékosok közvetítésével került Magyarországra. Mályusz már egyetemi tanulmányai óta foglalkozott a Toldi-monda keletkezésének hátterével (egy Domanovszky Sándorhoz írt levelének tanúsága szerint már első szemináriumi dolgozata is e témakörből készült). Felfogásának veleje, hogy a különböző oklevelekben szereplő adatok egy és ugyanazon személyre vonatkoznak, Toldi tehát valóban élő személy volt. Így a róla készült monda is magyar alkotás, s nincs szükség német közvetítők feltételezésére. Mályusz kézíratos hagyatékában található egy Moór Elemér kritikájára szánt választervezet, amelyben a következőképpen foglalja össze koncepcióját: „A magyarországi oklevelekben szereplő Toldi Miklóst is tehát Megyesi Simon, egy tiszántúli származású főispán elviszi magával Pozsony megyébe vicecomesének [...] Ezekután a szabad egyezség alapján kilépve szolgálatából, a leghatalmasabb egyházi úr, az esztergomi érsek szolgálatába lép, mint udvarában tartózkodó miles. Utána Olaszországba megy, hol egy nagyobb magyar csapat vezetője. Hazatérve még feljebb, a király familiájába jut be s királyi miles lesz. Állandóan az uralkodó környezetében tartózkodik, akitől különböző megyék főispáni méltóságát nyeri el azok jóvedelmével együtt, úgy hogy belőle, a szegény familiárisból hatalmas főúr lesz, aki most már megyéje vezetését rábízza saját familiárisai egyikére, vicecomesére. Semmi belső ellentmondás sincs tehát az adatok között s az évek során feltűnő okleveles adatok önként egy szakadatlan láncca kapcsolódnak. Kombinációm akkor nem nyugodna biztos alapon, ha valamely oklevél korábban nevezné királyi milesnek s azután érseki milesnek vagy ha korábban lett volna főispán s azután alispán. Ebben az esetben valóban kétkedéssel kellene fogadnunk, hogy a különböző oklevelek Toldi Miklósa valóban egy és ugyanazon személy-e.” MTA KIK Kt. (Növedéknapló száma 3/2020. Mályusz Elemér hagyatéka). A kérdésről lásd még Mályusz, 2002, 90–117.

Mályusz, mint közismert, a háború után kiszorult a történettudomány vezető pozícióiból. Az ötvenes–hatvanas években azonban visszakapja a publikálási lehetőséget, és Zsigmond-kutatásai szemszögéből az ötvenes évektől kezdődő periódus – természetesen bizonyos törésekkel – egyfajta „aranykort” is jelent. Joggal mondhatjuk, hogy a háborút megelőző évek alapozásai, kísérletei után, ebben az időszakban a Zsigmond-kor kutatása Mályusz történetírói működésének centrumába került. Ekkor kezdte meg ugyanis monumentális vállalkozását, a *Zsigmond-kori Oklevéltár* közzétételét (első kötete 1951-ben jelent meg, amely a 1399-ig tartó periódus okleveleit, illetve azok regesztáit adja közre) (Mályusz, 1951), 1958-ban jelent meg a háború alatti kezdeményeket nagyobb formátumban végiggondoló, *A konstanzi zsinat és a magyar főkegyúri jog* című könyve, s meg kell említeni az 1960-ban készült *Zsigmond király központosítási törekvései Magyarországon* című tanulmányt, amely először kísérli meg tisztázni a központosítási törekvések, illetve az ezek alapjául szolgáló társadalmi fejlődés, valamint Zsigmond egyéniségének kapcsolatait (Mályusz, 1960). Lényegében ezt bővíti ki, és világítja meg több oldalról az életmű utolsó nagy alkotása, az 1984-ben kiadott *Zsigmond király uralma Magyarországon* című könyv is, amely egyúttal Mályusz korábbi tanulmányai, sőt szinte az egész középkorral kapcsolatos kutatásai szintéziseként is tekinthető (Mályusz, 1984). E példaértékűen alapos elemzéshez kapcsolhatók az 1930-as évekbeli egyháztörténeti előadások, valamint a későbbi, például a főkegyúri joggal vagy a rendtörténettel kapcsolatos tanulmányait összegző, az *Egyházi társadalom a középkori Magyarországon* (Mályusz, 1971) és több kisebb tanulmány, például *A négy Tallóci fivér, a Középkori egyházi értelmiségünk társadalmi alapjai*, s nem utolsósorban a *Zsigmond kori Oklevéltár* későbbi kötetei is (Mályusz, 1956, 1958).

Milyen kép bontakozik ki, a fentiek alapján, Mályusz Zsigmond felfogására vonatkozóan?

Mindenekelőtt szembetűnő, de ez kiderül a korábban említett tanulmányok címéből is, hogy Mályusz – szemben a korábbi történetírás túlnyomóan politika- és eseménytörténet-centrikus beállítottságával – Zsigmondot alapvetően társadalmi háttéréből, *társadalomtörténeti* szempontból igyekezett megközelíteni. Már a harmincas évek elején megkezdett társadalomtörténeti tanulmányaiban kirajzolódik ennek döntő vonása, miszerint a magyar társadalom fejlődése 1848-ig alapvetően három periódusra tagolódik: a karizmatikus királyság (a 13. századig, szemben például Szekfű Gyulával és Hóman Bálinttal, akik szerint ez a patrimoniális királyság, illetve a hűbériség időszaka); a hűbériség (14–15. század), illetve a rendiség kialakulása a 15. század közepétől. (Ezeket az ideáltípusokat Mályusz természetesen Max Webertől kölcsönözte.) A fejlődés alapvető jellemvonása, hogy a korai időszak keleties jellegű, az uralkodónak tulajdonított emberfeletti képességeken alapuló despotikus berendezkedéséhez képest, egyre újabb és újabb társadalmi rétegek emancipálódnak, és vesznek részt a hatalom gyakorlásában. Ennek meg-

felelően a 14–15. század, a hűbériség időszakának háttere a nagybirtokos arisztokrácia társadalmi vezető szerepe, amely az államhatalom (főként királyi tanácson keresztül történő) kisajátításával a 15. század második felétől az ország területi integritását is veszélyezteti. Éppen ezért szükségszerű ettől az időszaktól kezdődően egy szélesebb társadalmi rétegnek, a köznemességnek a hatalomba történő bevonása, mely már számarányánál fogva is ellensúlya az oligarchikus törekvéseknek.

Mindebből már világosan kirajzolódik e társadalomtörténeti tabló egyik leginkább szembetűnő vonása – alapjában elfogult az arisztokráciával szemben és a köznemesség mellett, ami abból következik, hogy – a polgárság gyengesége (vagy idegen, német eredete miatt) – alapvetően a köznemességet, főleg annak vagyonosabb, művelt, szerinte sokszor európai látókörrrel is rendelkező (ma úgy mondanánk, elit) rétegét tekinti a társadalmi demokratizálódás legfőbb letéteményesének.³ Innen ered, hogy Mályusz történetírói működése során oly megkülönböztetett figyelmet szentel a köznemesség történetének, s ennek fejlődését, társadalmi szerepét kialakulásától kezdve szinte egész történelmünkben

³ Mindezekből persze az a kérdés adódik: mi volt az oka annak, hogy Mályusz a köznemesség szerepét ilyen mértékben előtérbe helyezte?

Felfogásom szerint Mályusz mindezzel a magyar kultúra, a magyar művelődés önállóságát igyekezett bizonyítani, s nézeteinek nem utolsósorban németellenes tartalma is volt. Már társadalomtörténeti tablójából kiderül, hogy szerinte a magyar társadalom az államalapítás után is hosszabb időn keresztül megtartotta keleties jellegét (lásd a karizmatikus királyságról elmondottakat), s úgy tűnik, hogy – felfogása szerint – ebből később is sok megmaradt. Mindennek hordozója pedig a köznemesség volt, mely sokat megőrzött keleties vonásaiból (harciaság) ugyanakkor – polgárság híján, illetve annak idegen eredete miatt – a nyugati művelődés egyetlen letéteményese volt. Mindezt alátámasztja Mályusznak egy 1941-ben készült tanulmánya (*Magyarország Nyugat és Kelet között*), mely a köznemességgel kapcsolatos egész állásfoglalását összefoglalja, s melynek legfontosabb gondolatait a tanulmány megírása előtt így summázta: „A dolgot azzal kezdeném, hogy megkísérelném komolyan feltenni a kérdést: mit jelent »Nyugat és Kelet«. Azután azt próbálnám megállapítani, hogy »Nyugat« szempontjából miben áll a magyar teljesítmény. Végül azt a proceszust vázolnám nagy vonalakban, hogy a magyar nemzet, amely különböző okokból, társadalmi szerkezet és nemzeti egyéniség dolgában túlnyomóan »Kelet népe« maradt – s csak ezért beszélhet történelmi identitásról, vagy helyesebben kontinuitásról – hogyan lett mégis nyugati szellemi attitűdök és ideológiák fáradhatatlan átvívője s ezzel valódi »határ-nép«, amelynek szimbólumát legjobban úgy gondolnám ábrázolni, mint keleti lovas vitézt, aki »a cheval« a római limesen, vagyis a Dunán lovagol – helyesebben »nyergel«. (Nem »nyargal«, noha azt gyanítom, hogy ez ugyanazon szó. A filológusok majd megmondják.) Nézetem szerint ebből a dialektikából kell és lehet megérteni a magyar társadalmi és politikai élet összes megoldatlan és részben megoldhatatlan problémáit. De ehhez nem elég az olyan Joó Tibor-féle – ha mindjárt »nomád« – vesszőparipára felkapni és annak magasából ítélni egész korszakok felett. Ami történt, azt mindenekelőtt meg kell érteni: »Eine jede Periode ist unmittelbar zu Gott.«”

Lásd MTA KIK Kt, Balogh József levelei Mályusz Elemérnek. Benne Mályusz fogalmazványa. A levél minden bizonnyal az 1940-es évek elejéről származik. Mályusz középiskolai tanároknak tartott előadásai a magyar társadalom kora újkori fejlődéséről lásd MTA KIK Kt, Ms 6547/155-160. Jelen sorok szerzője ezt külön tanulmányban kívánja feldolgozni.

végigkíséri. (Lásd *A magyar köznemesség kialakulása* [Mályusz, 1942a]; a már említett *A magyar társadalom a Hunyadiak korában* [Mályusz, 1940] vagy *A magyar rendi állam Hunyadi korában* [Mályusz, 1957], illetve a 18–19. századra vonatkozóan *A reformkor nemzedéke* [Mályusz, 1923–1924], *Sándor Lipót főherceg nádor iratai* [Mályusz, 1926] című írásokat.)

Milyen következményei vannak mindennek Mályusz Zsigmond felfogására vonatkozóan?

Mint a tanulmányokból kiderül, Mályusz a háború előtt inkább az egyes uralmi formák meghatározására és elkülönítésére helyezte a hangsúlyt, és ideális uralkodója Mátyás volt, aki a nemzeti és centralizációs törekvéseket a köznemesség segítségével kívánta megvalósítani. Kutatásai során azonban egyre nyilvánvalóbbá vált számára (és ebben véleményem szerint a Zsigmond-kori okmánytár elkészítése alapvető szerepet játszott), hogy Zsigmond a maga egyházpolitikai, társadalomreformeri, művelődési törekvéseivel előkészítette Mátyás programját. Zsigmond és kora ennek megfelelően egy átmeneti jelenség a nagybirtokos arisztokrácia hatalmát jelentő hűbériség és a köznemesség hatalomba való beépülését eredményező rendiség között. Az ezzel a kérdéssel kapcsolatos tanulmányaiban Mályusz – először rendszeresen a *Zsigmond király központosítási törekvései Magyarországon* című tanulmányban fejtette ki, de a Zsigmond életművét és a kort összegző monográfiának (Mályusz, 1984) is ez a végső kicsengése – ugyanis Zsigmond legfőbb érdemének az általános európai fejlődésnek megfelelő, a nemzetállamok kialakulását megalapozó állami centralizációt, a nagybirtokosok uralmának háttérbe szorítását, a modern, szakszerű bürokratikus apparátus kialakítására való törekvést tartotta. Ennek azonban a megerősödő köznemesség alkotta a társadalmi bázisát, amit Zsigmond több intézkedése is bizonyít, például a titkos kancellária előtérbe állítása, ahol a polgári értékeket képviselő köznemeseket alkalmazott, vagy az a törekvése, hogy a kúriai bíróságok munkájába a köznemeseket is bevonja.

Míndez azonban párhuzamos Zsigmond egyházpolitikai törekvéseivel is, amelyeknek fő célja a gallikán módra kialakított nemzeti egyház kiépítése volt. Mint erről szó esett, Mályusz a középkori egyházi társadalom fejlődéséről kialakított nézeteit már 1934-es egyetemi előadásaiban is felvázolta. E fejlődés legnagyobb hozadéka, az alsópapság mellett működő világiak, káplánok, prebendáriusok, oltárosok szerepének megvilágításán kívül (akik egyébként az egyház elvilágiasodásának fő tényezői közé számítanak) az egyházi középréteg, a klerikusokkal szembeni „világi értelmiség”, a deák-literátus réteg kialakulása, amely később a reformáció gyors elterjedésének társadalmi bázisa lesz. N. B.: Mályusz e munkájának – mint ahogy erre a kötetet 1974-ben ismertető Fügedi Erik is utal – szubjektív indítéka is volt: Szekfű Gyulával szemben, aki szerint a reformáció csak a vallási egységet megbontó mozzanat volt, s a főurak terjesztették felülről, Mályusz azt kívánta bizonyítani, hogy ezt a középkori egyházi társadalom elvilágias-

sodása, például a világi értelmiségi réteg kialakulásával már előkészítette. Ennek megfelelően belső társadalmi igényből keletkezett, s mély társadalmi gyökerei voltak – ezzel magyarázható gyors elterjedése is.

Ennek az egyházi középrétegnek, amely szoros összefüggésben áll a köznemességgel, a felemelkedése biztosítja a társadalmi háttérrel Zsigmond legnevezetesebb egyházpolitikai törekvéséhez, a főkegyúri jog elismertetéséhez, melyet a konstanzi zsinaton meg is tudott valósítani. (Ennek okleveles bizonyítékát Iványi Béla fedezte fel, de Mályusz érdeme a mögötte meghúzódó társadalomfejlődés felvázolása.)



Mályusz Elemér időskori fényképe

MTA KIK Kézirattár és Régi Könyvek Gyűjteménye, Ms 6408/587

De a köznemesség felemelkedésével és társadalmi vezető szerepének előtérbe kerülésével magyarázza Mályusz Zsigmond korának művelődési viszonyait is. Ennek lényege – mint ezt a Toldi-mondával vagy a Thuróczy Jánossal kapcsolatos tanulmányai (Mályusz, 1967), melyek 1984-es szintézisében is visszacsengenek, bizonyítják –, hogy ezt az időszakot a gótikus műveltség magyarországi korszakának tartja. Mályusz szerint – mint ezt az *Árpádházi Boldog Margit* című tanulmánya alátámasztja – ez Magyarországon is szinte a nyugat-európaival egy időben terjedt el. Ennek megfelelően a Toldi-monda sem német közvetítéssel került Magyarországra, hanem valamely magyar származású klerikus a szerzője.

Magyarra fordítása, szélesebb körökben való elterjedése pedig a 16. században a köznemesség társadalmi vezető szerepének idején válik szükségessé.⁴

Mindebből azonban nem következik, hogy Mályusz egyértelműen pozitívan gondolkodott Zsigmondról és koráról, hiszen ennek központosítási törekvései csak átmenetiek voltak, s halála után ismét az anarchiával fenyegető nagybirtokos uralom került előtérbe. Zsigmond legfőbb hibájának azonban azt tartja, hogy birodalmi törekvései miatt (lásd a husziták) nem tudott azonosulni a nemzeti problémákkal, amit a magyar fejlődés számára később tragikussá váló külpolitikai kudarcai bizonyítanak.

Hozzá kell tenni a fentiekhez, hogy Mályusznak a köznemességre vonatkozó vázolt nézetei nem jelentik azt, hogy egy, a dualizmus korában uralkodó (de saját korában is jelentős pozíciókkal rendelkező) „nemesi romantikus” történet-szemlélet képviselője lett volna. Világosan bizonyítja ezt az ún. „Eckhart-vitában” elfoglalt álláspontja, melynek során egyértelműen szögezi le, hogy a Szent Korona tana (Timón Ákos felfogásával szöges ellentétben) nem a magyar nemzeti génusz veleszületett alkotása/kifejeződése, hanem történetileg csak a 15. század folyamán alakult ki, a magyar alkotmányos fejlődés tehát nem megelőzi a nyugat-európaiat, hanem attól elmarad, és Közép-Európa egyéb területeivel, így a cseh és a lengyel fejlődéssel mutat párhuzamokat (Mályusz, 1931, 406–419.).

IRODALOM

- Erős Vilmos (2000): Die Rolle von Elemér Mályusz in der ungarischen Sigismund-Forschung. In: Gunst Péter – Schmidt, Tilmann (Hrsg.): *Das Zeitalter König Sigmunds in Ungarn und im Deutschen Reich*. Debrecen: Debrecen University Press, 39–43. ISBN 9789634724513
- Mályusz Elemér (1923–1924): A reformkor nemzedéke. *Századok*, 57–58, 17–75. http://real-j.mtak.hu/13678/1/Szazadok_1923-1924.pdf (Újból megjelent In: Mályusz Elemér: *Klió szolgálatá-*

⁴ Hogy a köznemességnek a lovagi életideál kialakításában (amely például a Toldi-monda elterjedésének és kialakulásának alapja) alapvető szerepe van koncepciójában, azt Mályusz önéletírása is bizonyítja. Az ezzel kapcsolatos fejtegetései azt is alátámasztják, hogy a köznemesség kutatása egész életében jelen volt. „A köznemesség mint rend élete régóta foglalkoztatott. Kialakulásának alapvető tényezőjét már turóci adataim elem tárták, amidőn felvilágosítottak a fejenként felkelők és a többedmagukkal egy társukat hadba küldők időrendben egymás után következéséről, vallomásukat azonban akkor még nem értettem meg. További az egész ország területére kiterjedő vizsgálatokra volt szükségem. Mielőtt ezekre sort kerítettem volna, megkísértem kimutatni, hogy a köznemességnek volt felső rétege, amely elválasztható egyrészt a tömegtől, másrészt a nagybirtokos főuraktól. A problémát a rétegnek a művelődési elemek recipiálásában és magyarrá hasonlításában játszott szerepe felől próbáltam megközelíteni. Azt sikerült elfogadhatóvá tennem, hogy a XIV. és a XV. század fordulóján élt egy nemesi réteg, amely a lovagi élet külsőségeinek átvétele után, annak eszményeit is oly mértékben magáévá tudta tenni, hogy soraiból támadt hős alakja köré fonódtak a lovagi éretnyeket magasztaló költői epizódok.” (Mályusz, 2021, 391.)

- ban. Válogatott történelmi tanulmányok.* (Soós I. szerk.) Budapest: MTA Történettudományi Intézete, 2003, 425–463.
- Mályusz Elemér (1924): A Toldi-monda történeti alapja. *Hadtörténeti Közlemények*, 25, 1–2, 3–32. https://epa.oszk.hu/00000/00018/00183/pdf/EPA00018_hadtortenelmi_1924.pdf
- Mályusz Elemér (1926): *Sándor Lipót főherceg nádor iratai 1790–1795.* Budapest: Magyar Történelmi Társulat
- Mályusz Elemér (1931): Az Eckhart-vita. *Századok*, 65, 406–419. http://real-j.mtak.hu/13682/1/Szazadok_1931.pdf
- Mályusz Elemér (1933a): Árpádházi Boldog Margit. A magyar egyházi műveltség problémája. In: *Emlékkönyv Károlyi Árpád születése nyolcvanadik fordulójának ünnepére.* Budapest: Magyar Történelmi Társulat, 341–384.
- Mályusz Elemér (1933b): A patrimoniális királyság. *Társadalomtudomány*, 1–2, 37–49. (Újból megjelent In: *Klió szolgálatában. Válogatott történelmi tanulmányok.* (Soós István szerk.) Budapest: MTA Történettudományi Intézete, 2003, 11–21.)
- Mályusz Elemér (1934): A karizmatikus királyság. *Társadalomtudomány*, 3, 153–178. (Újból megjelent In: Mályusz Elemér: *Klió szolgálatában. Válogatott történelmi tanulmányok.* (Soós István szerk.) Budapest: MTA Történettudományi Intézete, 2003, 22–44.)
- Mályusz Elemér (1940): A magyar társadalom a Hunyadiak korában. A hűbériség és rendiség problémája. In: Lukinich Imre – Balogh Jolán – Elekes Lajos et al. (szerk.): *Mátyás király emlékkönyv születésének ötszázéves évfordulójára I.* Budapest: Magyar Történelmi Társulat, 309–433. <http://real-eod.mtak.hu/9197/>
- Mályusz Elemér (1942a): A magyar köznemesség kialakulása. *Századok*, 76, 7–8. 272–305.; 9–10, 407–434. https://adt.arcanum.com/hu/view/Szazadok_1942/?pg=289&layout=s
- Mályusz Elemér (1942b): *A magyar történettudomány.* Budapest: Bolyai Akadémia (Újból megjelent Gödöllő: Attraktor Kiadó, 2008)
- Mályusz Elemér (1943): A konstanzi zsinat és a magyar főkegyúri jog. *Budapesti Szemle*, 782, 65–71. <http://real-j.mtak.hu/2551/>
- Mályusz Elemér (összeáll.) (1951): *Zsigmond-kori Oklevéltár I.* (1387–1399.) (*A Magyar Országos Levéltár Kiadványai 2 Forráskiadványok 1*) Budapest: Akadémiai Kiadó, https://library.hungaricana.hu/hu/view/MolDigiLib_MOLkiadv2_01/?pg=2&layout=s
- Mályusz Elemér (összeáll.) (1956): *Zsigmond-kori Oklevéltár II.* (1400–1410.) 1. rész (1400–1406.) Budapest: Akadémiai Kiadó (*A Magyar Országos Levéltár Kiadványai 2 Forráskiadványok 3*) https://library.hungaricana.hu/hu/view/MolDigiLib_MOLkiadv2_03/?pg=0&layout=s
- Mályusz Elemér (1957): A magyar rendi állam a Hunyadiak korában. *Századok*, 91, 1–4, 46–123.; 5–6, 529–602. <http://real-eod.mtak.hu/14078/>
- Mályusz Elemér (összeáll.) (1958): *Zsigmond-kori Oklevéltár II.* (1400–1410.) 2. rész (1407–1410.) (*A Magyar Országos Levéltár Kiadványai 2 Forráskiadványok 4*) Budapest: Akadémiai Kiadó, https://library.hungaricana.hu/hu/view/MolDigiLib_MOLkiadv2_04/?pg=0&layout=s
- Mályusz Elemér (1958): *A konstanzi zsinat és a magyar főkegyúri jog. (Értekezések a történelmi tudományok köréből. Új sorozat 9)* Budapest: Akadémiai Kiadó, <http://real-eod.mtak.hu/11829/>
- Mályusz Elemér (1960): Zsigmond király központosítási törekvései Magyarországon. *Történelmi Szemle*, 3, 2–3, 162–192. https://tti.abtk.hu/images/kiadvanyok/folyoiratok/tsz/tsz1960_2-3/malyusz.pdf
- Mályusz Elemér (1967): *A Thuróczy-krónika és forrásai.* Budapest: Akadémiai Kiadó, <http://real-eod.mtak.hu/11086/>
- Mályusz Elemér (1971): *Egyházi társadalom a középkori Magyarországon.* Budapest: Akadémiai Kiadó

- Mályusz Elemér (1984): *Zsigmond király uralma Magyarországon 1387–1437*. Budapest: Gondolat Kiadó, ISBN 9632814142
- Mályusz Elemér (2002): *A középkori magyarság település- és nemzetiségi politikája*. (Soós István – Cholnoky Győző szerk.) (*Kisebbségkutatás könyvek*) Budapest: Lucidus Kiadó
- Mályusz Elemér (2021): *Visszaemlékezések*. (Soós István szerk. s. a. r.). Budapest: MTA BTK Történettudományi Intézet, ISBN 9789634162490, <http://real.mtak.hu/125936/>
- Soós István (ed.) (2021): *Mályusz Elemér visszaemlékezések*. Budapest: Bölcsészettudományi Kutatóközpont Történettudományi Intézet, ISBN 9789634162490, <http://real.mtak.hu/125936/>
Szöveg: http://real.mtak.hu/125936/1/MTA-BTK_Malyusz_.pdf Képmelléklet: http://real.mtak.hu/125936/2/MTA-BTK_Malyusz_KEPMELLEKLET.pdf

Kéziratok források

- MTA KIK Kt, Ms 6547/155-160. Mályusz Elemér előadásai középiskolai tanárok részére az újkori magyar történelemről
- MTA KIK Kt, 6398/221-270. Balogh József levelei Mályusz Elemérnek
- (MTA KIK Kt: Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ Kézirattára)

Könyvszemle

DIETRICH VON ENGELHARDT: MEDIZIN IN ROMANTIK UND IDEALISMUS Orvoslás a romantika és az idealizmus korában

Dietrich von Engelhardt 2023-ban a fromman-holzboog Verlagnál (egyidejűleg nyomtatott és digitális formában) megjelent négykötetes, mindösszesen 2378 oldalas művében a már az eddigiekben is minden 18–19. századdal foglalkozó tudománytörténész számára megkerülhetetlen, több mint ötvenéves munkásságának legfontosabb eredményeit összegezte. A magyar tudománytörténészek, és elődlegesen az orvostörténészek számára a kézikönyv jelentőségét tovább növeleli, hogy az – a kötetekben található magyar vonatkozások mellett – teljes képet ad a romantikus orvoslásnak a hazai szakirodalomban sokáig alulreprezentált jelenségegyütteséről, illetve más tudományokkal és a korabeli filozófiával való kölcsönhatásairól, megadva a kutatási terület teljes szakirodalmát is. (Von Engelhardt közelebbről is ismeri a magyar orvostörténet-írás tematikáit, lévén hosszú évekig az *Orvostörténeti Közlemények* szerkesztőbizottságának tagja, 2009 és 2017 között pedig a budapesti és hamburgi együttműködés eredményeképpen létrejött Asklepios Medical School munkájában is részt vett.)

A hat főfejezetből álló 1. kötet egy – önálló nagymonográfiaként is olvasható – összegzés, amely a 18. század végétől a 19. század közepéig terjedő időszaknak minden fontosabb német orvosiskoláját, illetve a medicinával (akárcsak részlegesen) foglalkozó életművét elhelyezi a romantikus tudományok kontextusában. A nyolc fejezetre tagolt 2. kötet egy olyan szöveggyűjtemény, amely az irányzat legfontosabb írásait, illetve szövegrészleteit közli. A 3. könyv negyvenhárom életrajzot tartalmazó lexikon formájában ad képet a tárgyalt időszak legkiemelkedőbb orvosainak munkásságáról. A zárókötet pedig bibliográfia, amely 1800-tól kezdődően teljeskörűen vonultatja fel a vonatkozó szakirodalmat.

Az első kötet előszavának megállapítása, miszerint a romantika a német kultúrában nem csupán a művészet, a történelem, a teológia és a filozófia területén érvényesült, hanem éppen úgy a természettudományokban és medicinában is (1/VII.), akár mottója is lehetne ennek a nagyívű vállalkozásnak. S a hangsúly az „éppen úgy” kitévelen van: míg a Dieter Henrich és Manfred Frank nevével fémjelzett konstellációkutatás, mindamelllett hogy részletesen feltárta a német idea-

lizmus keletkezéstörténetét, viszonylag kevés figyelmet szentelt a természettudományos vonatkozásoknak, a romantikus tudományok cambridge-i műhelyének kiadványaiban pedig a filozófiatörténeti vonatkozásoknak jutott kevesebb figyelem, addig az orvostudományi habilitációval és filozófusi doktorátussal egyaránt rendelkező Dietrich von Engelhardt szintézise éppen e kettős szempont szimultán érvényesítését valósította meg.

Von Engelhardt professzor a lübecki tudománytörténeti intézet (Institut für Medizin- und Wissenschaftsgeschichte) létrehozójaként kezdettől fogva sokat tett azért, hogy a különböző diszciplínák múltjának feltárására irányuló kutatások ne különüljenek el egymástól. A kötet II. főfejezete ennek a szemléletnek jegyében ad átfogó képet a filozófia orvostudományra gyakorolt hatásáról, beleértve az ókori előzményeket is. E fejezet átfogó összefoglalást nyújt Immanuel Kant, Friedrich Schelling és Georg Hegel – egymásra vonatkoztatva tárgyalt – természetfilozófiájáról, a Gottfried Leibniz, illetve a populárfilozófia hatásáról szóló részek pedig a szakirodalomban kevésbé exponált momentumokra irányítják rá a figyelmet.

A kötet sokoldalúan tárja fel a diszciplináris és az instrumentalizációs momentumokat (lásd a patológiáról, nozológiáról vagy az orvosi folyóiratokról szóló fejezeteket). Von Engelhardt Göttingen, Halle, Pavia, Edinburgh és Leiden mellett Bécsset is a 18–19. századi orvoslásnak impulzust adó oktatási centrumok közé sorolja, s kiemeli II. József orvosi reformjainak jelentőségét is (1/14.). Ugyanakkor, nemcsak a nem szaktudományos, azaz külső hatáselemeket tekinti át, hanem a korabeli orvosi elméletek és gyakorlatok azon specifikus belső szemléleti összetevőit is, amelyek a betegség jelenségének romantikus értelmezésében kulmináltak. Carl Gustav Carus felfogása – aki az egészség és az egészséges betegség (Gesundheit – gesundes Krankheit) fogalompárt használta, s Johann Wolfgang von Goethe életrajzát is e felől, „Lebenkunst”-ként közelítette meg (1/201.) – pregnáns példája annak, hogy az ipari korszak előtt az egészség és a betegség még nem voltak diametrális fogalmak (1/14.). Paralel jelenségek Hegel (1/67.) vagy Novalis (1/235.) betegségfogalmai, s ennek a nem pusztán fiziológiai megközelítésnek a folyományai a tudattalan fogalmát előkészítő törekvések is, Carus vagy Johann Christian Reil esetében. Ezek a példák azt nyomatékosítják, hogy tévedés lenne a romantika korát egyfajta zavaros periódusnak tekinteni, hiszen a spekulatív mozzanatok mellett az empiria is jelentős szerepet kapott a különféle diszciplínákban, s így e periódus a pozitívizmus utáni korszakok megújulásának egyik fontos előzményét képezte.

A IV. rész 17. fejezetének címválasztása (*Goethe im Gespräch mit romantischen Naturforschern*) aligha lehet véletlen, egybecseng ugyanis Wolf von Engelhardt *Goethe im Gespräch mit der Erde* című kötetének (Weimar: Böhlau, 2003) címével. A szerző lényegében az édesapja által a mineralógiatörténeti könyveiben – így a *Goethes Weltansichten* (Weimar: Böhlau, 2007) című

monográfiában is – alkalmazott komplex szemléletet és módszert viszi és fejleszt tovább a medicina történetének vonatkozásában, és neki szól az 1. kötet elején található ajánlás is.

A 2. kötet nyolc tematikus fejezetbe rendezve közli a romantika és a német idealizmus legfontosabb szerzőinek az 1. kötet tematikáihoz kapcsolódó szövegeit. A Kanttól Schellingen, Caruson, Andreas Röschlaubon át Gotthilf Heinrich von Schubertig terjedő vonulat filozófiai és orvostörténeti írásain túl olyan tárgykörök dokumentumai is helyet kaptak e kötetben, mint az orvos és beteg közötti kapcsolat vagy a szakmai célzatú utazások.

Az orvosi pályaképeket bemutató 3. kötet szintén hiánypótló, a korábbiakban ugyanis csupán a Susanne Zimmermann és Horst Neuper jénai orvosportrékat tartalmazó hasonló tematikájú, ám kisebb terjedelmű kötete (*Professoren und Dozenten der Medizinischen Fakultät Jena und ihre Lehrveranstaltungen zwischen 1770–1820*. Jena: Jenzig, 2008) állt a romantikus korszak kutatóinak rendelkezésére. A néhány oldalas biográfiai összefoglalók nemcsak a kor legjelentősebb orvosainak pályáját, műveit, illetve a rájuk vonatkozó szakirodalmat adatolják, hanem az adott szerzőt is elhelyezik a romantikus orvoslás hatás- és recepciótörténetében, hangsúlyt helyezve a természetfilozófiai momentumokra – elsődlegesen a schellingi és hegeli konnotációkra – is. Ezen orvoséletrajzok specifikuma, hogy von Engelhardt saját összefoglalóinak kiegészítéseként, s mintegy folytatásaként az adott szerző műveinek legjellemzőbb megállapításait idézi. Az irányzat legpregnansabb életműveinek – mint például Carl Gustav Carus, Adolf Carl August von Eschenmayer, Andreas Röschlaub, Gotthilf Heinrich von Schubert munkásságának – ismertetésén túl számot ad a romantikus orvoslás jénai, bambergi vagy landshuti centrumaitól távolabb élt természettudósok munkásságáról is. Bécs például Joseph Ennemoser és Johann Adam Schmidt munkássága révén kerül képbe.

A tárgyalt területek 1800-tól kezdődő teljes bibliográfiáját egybefoglaló 4. kötet – 3000 szerző 6500 művének adatait megadva, beleértve az angol, francia, olasz, orosz, lengyel, sőt magyar nyelven megjelent könyveket és cikkeket is – bőséges kiegészítését jelenti az előző három kötet lábjegyzeteiben található hivatkozásoknak.

„Ahol a filozófus véget ér, ott kezdődik az orvos” („Ubi philosophus desinit, ibi incipit medicus”) – idézi von Engelhard könyvének elején a romantika előtti korszak álláspontját egy 1704-ben megjelent disszertáció tézise kapcsán (1/13.). A négykötetes kézikönyv általános tanulsága talán éppen az lehetne, hogy a filozófia és a medicina a 18. és 19. század fordulóján egymástól elválaszthatatlanul és tartós kölcsönhatásban lévő területek voltak.

A *Medizin und Philosophie* könyvsorozat 17/1–4. részeként megjelent vaskos kötetek formai kvalitásait a frommann-holzboog Verlag tradíciói már önmagukban is garantálják, de a vászonkötésről, a savmentes papírról, a kötéstáblákba be-

ragasztott miniatűr reprodukciókról vagy a címfeliratok aranyozott betűiről mégis fontos említést tenni, hiszen a kiadói és nyomdai minőségnek ez a legmagasabb szintje már-már a jó nevű kiadók esetében is egyre ritkábban tapasztalható.

(Dietrich von Engelhardt: Medizin in Romantik und Idealismus. Gesundheit und Krankheit in Leib und Seele, Natur und Kultur. Stuttgart-Bad Cannstatt: frommann-holzboog Verlag, 2023. 1.: Darstellung und Interpretation, 696 p.; 2.: Anthologie historischer Texte, 544 p.; 3.: Mediziner der Romantik, 576 p.; 4.: Forschungsbibliographie, 512 p.)

Gurka Dezső

PhD, habil., Gál Ferenc Egyetem, Szeged

GELENCSÉR ANDRÁS: ÁBRÁNDOK BŰVÖLETÉBEN A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS KORLÁTAI

Manapság a vízcsapból is szén-dioxid-kibocsátás-csökkentés és „dekarbonizációs” tervek folynak, elfeledkezve arról a tényről, hogy az ember által okozott üvegházhatásnak csak kb. feléért felelős a szén-dioxid. Tulajdonképpen ábrándok bűvöletében élünk, abban a hitben, hogy a kibocsátás csökkentésével fejlődésünk fenntartható, és elkerülhető a globális összeomlás. Azonban a csökkentésre való törekvés, az intézkedések, hogy a globális átlaghőmérséklet ne haladja túl a másfél fokot, csak rózsaszín álom.

A globális éghajlatváltozás csak egy kis szelete azoknak a problémáknak, amelyekkel szembe kell néznie az emberiségnek, és sajnos a szembenézésnél többet nem is tudunk tenni. Gelencsér András részletesen, szakszerűen, humoros címszavakkal és a fizikai jelenségek személetes példáival teletűzdelt, minden előképzettség nélkül megérthető – ám csak erős idegzetűeknek ajánlott – remek könyvében felfedi a valóságot, hogy a klímaváltozáshoz képest sokkal mélyebbek a problémák. A kulcsmondat már az előszóban előkerül: „véges rendszerben nem lehetséges végtelen növekedés”, és az erőforrások közeli jövőben várható kimerülése miatt a jelen állapot még akkor sem lenne fenntartható, ha korlátlan, zöld energiaforrások állnának rendelkezésünkre. Azonban a megújuló energia – ami valójában nem megújuló, ahogy azt a későbbiekben kifejti – is zsákutca. A második fejezetben említi, hogy ha a fosszilis energiahordozóktól való függőséget meg akarjuk szüntetni, akkor azt egy másik függőséggel helyettesítjük, mivel a nem fosszilis energia termeléséhez korlátozott mértékben hozzáférhető nyersanyagokra van szükség (lásd például a napelemek, akkumulátorok, szélerőművek igényeit).

A harmadik, „jól befűtöttünk” fejezetben részletesen beszél az üvegházhatásról és az éghajlatváltozásról. Ennek a fejezetnek a fő üzenete, hogy a szellemet már kiengedtük a palackból, és ha meg is szűnne az üvegházhatású gázok emberi kibocsátása, a felmelegedés akkor sem állna meg feltétlenül, több pozitív visszacsatolási folyamat hatása miatt. Az éghajlatot szabályozó fizikai rendszer ugyanis rendkívül bonyolult, sok bizonytalanság van ezek megismerésében, ami melegágya a – „gazdasági lobbicsoportok érdekei mentén” – létrejövő, ideológiát is termelő klímaszkeptícizmusnak. „Minek kell történnie ahhoz, hogy az éghajlatváltozást tagadókkal szembejöjjön a valóság?” – teszi fel a kérdést a szerző, jogosan.

A negyedik „végtelen energia mítosza” fejezetben sorba veszi az alternatív, nem fosszilis alapú, megújulónak nevezett energiaforrásokat. Sajnos ezekkel is csak baj van. A napelemes energiatermelés erősen évszak- és időjárásfüggő, nagyobb léptékben csak energiátárolással oldható meg. Egy napelemes energiátároló rendszer előállítása viszont összességében több energiát emészt fel, mint amennyit a teljes életciklusa alatt megtermelni és tárolni képes. Ez tehát nem megoldás. Mi a helyzet a szélenergiával? Sajnos a napelemekhez hasonlóan itt is tárolási gondok adódnak, nem is beszélve az életciklusukra számított negatív energiamérlegről és a rendkívül nagy nyersanyagigényükről. A geotermikus energia sem kiút, mivel ahogy a szerző megjegyzi: a világ geotermikus áramtermelésének elméleti határa a jelenlegi globális villamosenergia-termelési kapacitás 3%-a. A vízi- és atomenergia-termelés terén már jobb a helyzet, bár a környezeti károk és veszélyek itt sem elhanyagolhatók. A következő évtizedekben a világ jelenlegi vízi erőművi kapacitása megháromszorozható lenne, de a kapacitás további jelentős növelése előtt akadályok tornyosulnak. A Föld ismert uránérckészlete pedig még száz évre sem lenne elegendő. A fúziós reaktorok, amelyek az 1950-es évektől kezdve állandóan fix negyven évre vannak a megvalósulástól, egyrészt tríciumigényesek, amiből nem sok van. „Egy 3 gigawattos fúziós erőmű évi 150 kg tríciumot »eszik«, ami több száz nehézvízes atomreaktorban állítható csak elő.” Másrészt, a fúziós reaktorok rendelkezésre állás és energiahatékonyság tekintetében nem sokban különböznek a naperőművektől, viszont sokkal költségesebbek.

Az ötödik, *Teremtett anyag* című fejezetben leírja, hogy anyag nem teremődik, és nem is fogy el, csupán a nyersanyagok egyre korlátozottabb hozzáférhetőségének terén vannak gondok. 2010-ben a rendelkezésre álló erőforráskészletek szempontjából már tizenhét kritikus kémiai elemet azonosítottak. Kritikus elemeknek számítanak például a tellúr, a lítium, a platina, a terbium, az európium, a neodímium, a ritka földfémek, a nikkel, a kobalt, és a növénytermesztéshez szükséges foszforkészletek is egy évszázadon belül kimerülhetnek, lehetetlenné téve a több milliárd ember számára szükséges élelmiszer előállítását. Az elemek közül számos olyan van, amelyek a megújuló energiaforrások előállításához szükségesek, így például a napelemek, a szélerőművek és tárolókapacitásuk gyártásához. A viszonylag könnyen kitermelhető nyersanyagforrások, ásványok kimerülőfélben vannak, és egyre nagyobb energia-, víz-, anyag- és költségráfordítással termelhetők ki, mint például a rézérc. Ráadásul, a még ki nem használt források kritikus helyeken lelhetők fel, sarkvidékeken, trópusokon, óceánok mélyén. Még az olyan hétköznapi anyagból is, mint a homok, előbb-utóbb hiány mutatkozik, ugyanis a sivatagi homok nem alkalmas beton készítéséhez.

Az emberiségnek hamarosan szembe kell néznie a „Hamupipőke-effektussal”, miután a koncentrált forrásokból kinyert anyagok felhasználás után szétszóród-

nak, azaz nő az entrópia. Az újrakoncentráció, a hamuból a lencse kiválogatása csak Hamupipókének sikerült, neki is csak hatékony segítséggel. Számunkra viszont gyakorlatilag lehetetlen. Az újrahasonosításnak is gyakorlati korlátai vannak. A millió, sőt akár milliárd évekként elzöngélt létrejött, könnyen hozzáférhető források nem termelődnek újra, „a természet ajándékkonzervjeinek nincs alternatívája”.

A megújuló energia felhasználásával egyre több energiát használunk fel kevésbé energiahatékony berendezések gyártására, emiatt a megújuló források hatékonysága negatív lesz, azaz több befektetett energiát igényelnek, mint amit életciklusuk során termelnek, ami a „róka fogta csuka” típusú esete.

Az űrbányászattal mint alternatívával kapcsolatos sommás és tényekkel is alátámasztott véleménye pedig: „az űrbányászat témája csupán arra jó, hogy idelelt a Földön elterelje a figyelmet a fenyegető kritikus nyersanyaghiányról, és hamis illúziót tápláljon a végtelen növekedés fenntarthatóságát illetően”.

Az *Ábrándos szép napok* című hatodik fejezetben említi, hogy „megújuló energiaforrások” nincsenek, mivel energia nem újulhat meg, nem keletkezhet, tulajdonképpen csak energiaátalakításról van szó. Ráadásul, a megújulóknak tekintett energiaátalakítók és tárolók jelentős mennyiségű fosszilis energia felhasználását igénylik. „Egy szélturbina tehát akár a gyártásához felhasznált fosszilis energia-hordozók emlékművének is tekinthető.” A „megújuló” ráadásul alacsony energiasűrűségűek, szétszórtak, nem koncentráltak, tárolást igényelnek, időjárásfüggők, és nagy földterületeket igényelnek.

Az erőforrások felélésének következményeire volt már példa, igaz, kicsiben. A szerző egy Húsvét-szigeteki példát idéz. A valaha dús erdővel rendelkező szigeten az őslakosok minden fát kivágtak, végül nem volt mivel fűteni, főzni, az erózió elhordta a termőtalajt, a népesség majdnem kihalt. „Cook kapitány a sziget felfedezésekor a megmaradt szigetlakókat sovány, félfél és nyomorult teremtményeknek írta le naplójában. Vajon hasonló sors vár-e a modern civilizáció ernyője alatt élő emberekre, azaz ránk is?” Most, hogy nagyban játszunk, milyen következményei lehetnek, hogy magunk alatt vágjuk a fát?

A 20. századra a fogyasztói társadalmak a *homo sapiens*ből fogyasztógépet, „homo shopienst” csináltak a fejlett országokban élő emberekből. Rohamosan éljük fel a természeti erőforrásainkat, a nyersanyagokat, az évmilliók során keletkezett és tárolt fosszilis energiát. Ezek gazdaságos kiváltására nincs remény. Ezzel párhuzamosan, illetve ennek hatására rohamosan rongáljuk a környezet és a természet állapotát. A korlátlan fogyasztásnak azonban van egy korlátja, mégpedig egy „betonfal a globálissá terebélyesedett túlfogyasztói társadalom száguldozó vonata előtt”. Mivel ezen a vonaton nincs fék, úgy tűnik, hogy az eddig sikeres „turbókapitalizmus” veri be az utolsó szöveget a modern civilizáció koporsójába. Ahogy a szerző az epilógusban megfogalmazza: „a globális energiafelhasználás drasztikus csökkentése elkerülhetetlen” (lenne). Kérdés, hogy ez a globális tár-

sadalom és gazdaság jelenlegi működési modellje mellett egyáltalán megvalósítható-e. Nem valószínű. A fenntartható fejlődés vagy akár a fejlődés nélküli fenntarthatóság is csak ábránd, amelynek bűvöletében élünk. Az viszont több mint valószínű, hogy az elkövetkező időszak nem lesz lakodalmas menet az emberiség számára.

(Gelencsér András: Ábrándok bűvöletében. A fenntartható fejlődés korlátai. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2023, 119 o. ISBN 9789634548997)

Horváth László

az MTA doktora
meteorológia, légkörkémi

BENE SÁNDOR, DOBOS ISTVÁN (SZERKESZTŐK): FOLYTONOSSÁG ÉS MEGSZAKÍTOTTSÁG A MAGYAR KULTÚRÁBAN

Aki ma érteni akarja a nemzeti vagy regionális kultúratudományként értett hungarológia helyzetét, aligha kerülheti meg az eredet kérdését: miben áll az a létesítő összefüggés, amely töretlenül tartja fenn e szokatlan, különös státuszú diszciplína folytonosságát. Konstitutív jelentősége van ugyanis annak, hogy e tudományág születése egy olyan történelmi fordulat következménye volt, amikor egy eladdig középhatalmi tudatú, de hirtelen elhallgattatott helyzetű közösség szellemi elitjének választ kellett keresnie annak kérdéseire, hogy a dualista állami lét megszűntével mi számít vagy bizonyul egyáltalán magyarnak. Ha a válaszok keresésének abból a tapasztalatából indulunk ki, amely a legjobbaknál Kemény Zsigmond európai távlatú *Forradalom utánjának* (1850) traumatikus felismeréseit hívta az emlékezetbe, aligha véletlen, hogy amit az 1920-as évek óta hungarológiának nevezünk, még ha a „nemzeti ön- és helyzetismeret” (Németh László, *Tanú*, 1932) tudománya volt is, az eleve nemzetközi összefüggésekbe ágyazott kultúrregionális diszciplína gyanánt született meg. Úgy is mondhatnánk, a hungarológia alapiratainak éppenséggel az a modern kori hagyományértés képezte a közös elemét, hogy a tradíciót soha nem tapasztaljuk meg annak megtörése nélkül. Kiemelkedő művelői ebben az összefüggésben fogalmazták újra a hungarológiai kutatások irányait.

Az az impozáns, 660 oldalas tanulmánygyűjtemény, amely Bene Sándor és Dobos István példás szerkesztésében a doktoriskolák 2019-es bécsi konferenciájának anyagát adja közre, minden bizonnyal különleges helyet foglal el, ha nem éppen fordulópontot képez a Nemzetközi Magyarstudományi Társaság történetében. Nemcsak azért, mert ezúttal a közvetlen szakmai utánpótlás kutatásainak ad teret, hanem elsősorban azért, mert úgyszólván kettős határhelyzetben ad számot a hungarológiai gondolkodás alakulásáról. Szélesebb összefüggésben nézve, ezek az írások egy olyan átfogó fordulat utáni helyzetnek a szövegei, amelyben a hungarológia fő kulturális támasztékát képező interdiszciplínák, köztük különösen a komparatiztika volt kénytelen feladni a korábbi pozícióit. Gayatri Chakravorty Spivak 2002-es *Death of a Discipline*-jének „peremnézetű” látletele nyomán ugyanis épp az a vizsgálódási forma szorult fokozatosan háttérbe, amely az ún. eurocentrikus territoriális tudományok (a mi régiókban elsősorban: a germanisztika és a nyugati, illetve délszláv filológiák) felől keretezte a kapcsolattörténeti indíttatású hungarológiai vizsgálódásokat. A java-rész egyirányú hatástörténet filológiáját olyan kölcsönösségi hatásértelmezések

kezdték felváltani, amelyek immár nem zárták ki a korábban csupán befogadóként értett kisebb kultúrák visszahatásainak lehetőségét a kibocsátókra, illetve olyan kutatások, amelyek a saját kultúrán kívülről megnyíló távlatok jelentőségét hangsúlyozták a mindenkori saját régió önmegértésében: ebben a távlatban ugyanis már az idegenként fölismert sajátuk az új láthatósága is termékenynek bizonyulhatott.

E kötet legjobb írásai új fázisát jelenítik meg ennek a helyzetértelmezésnek. Amikor a kötet szerkesztői abban ismerik föl az új hungarológiai kutatások közös sajátosságát, hogy „amit ma magyarnak tudunk, az a különböző nyelvek és kultúrák egymást értelmező, olykor törések és traumák által megszakított párbeszédében születik” (*Előszó*), akkor már magát a hungarológia tárgyának a *létmódját* helyezik új összefüggések közé. Legalábbis amennyiben eredendően *előállítottként*, nem pedig valamely retrospektív felderítés pozitívizmusának eredményeként határozzák meg azt. Ami lehetővé teszi, hogy a kutatásban a máságok és a másik *nyelve* ne territoriális, hanem a nem evidensen *sajátuk a nyelveként* lépjen be a megértés kölcsönösségébe. Az új hungarológiának alighanem ebben a mozzanatban figyelhető meg a legfeltűnőbb innovatív jellegzetessége.

Az eddigiek alapján talán nem is meglepő, hogy a kötet írásainak többsége az elválasztottság distantív hagyományértésének viszonylagosításával és megoszló kérdésirányok jegyében közelít a hungarológia tárgyterületeihez. Minthogy egy diszciplína szemléleti és módszertani fordulata még a legkritikább esetekben sem a szakmai utánpótlás kezén megy végbe, ezért eltekintenek a tanulmányok részletező tartalmi csoportosításának műveleteitől. Ki kell azonban emelnünk, hogy a változatos tematikai kínálaton túl a szakmai tudatosság és az elmélyült anyagismeret tekintetében ezúttal főként a történész és az irodalmár diszkurzus mutatkozik a legelevenebbnek. Ami nem jelenti azt, hogy a zenei, nyelvészeti vagy a néprajzi területeken ne találunk kiemelkedő írásokat. A megoszló kérdésirányok gazdagsága ellenére is megfigyelhetők ugyanakkor olyan témacsoportok, amelyeknek a nyomatékosabb jelenléte a kutatás új csomópontok szerinti átrendeződésére utal (hatalmi reprezentációk, traumatapasztalat, kisebbségi identitásformák, régiókutatás, nőtörténeti összefüggések, irodalmi századelő, színháztudomány, pártállami időszak stb.). Azzal a szerkesztői tapasztalattal szemközt, hogy a hungarológiában „a törések és traumák okozta folyamatos megszakítottság, a múlt állandó újakezdése és újírása maga is hagyománynak tekinthető”, meglehetősen csekély azoknak az írásoknak a száma, amelyek a hungarológiai mibenlét elméleti kérdéseinek szentelnének figyelmet. Magyarázható mindez a még csak kialakulófélben levő szakmai orientálódás korai készségi fokával. De talán inkább arról lehet szó, hogy a jelenkori hungarológiai kutatásformákra is jelentős hatással van az a tágabb filológiai környezet, amelyet jelenleg egy elméleti hegemoniák nélküli, laterális szerveződésű tudó-

mányos kultúra ural. Vagyis annak pusztán számszaki ténye, hogy a diszciplína megnevezése maga alig fordul elő a szövegekben, nem az ágazat elbizonytalanodását jelzi, hanem ellenkezőleg, olyan átrendeződésre utal, amelynek diszkurzív terében egy, a hagyományostól nagyon sokban eltérő, *nem fókuszálható hungarológia* gyakorlata kezd körvonalazódni.

(Bene Sándor – Dobos István szerkesztők: Folytonosság és megszakítottság a magyar kultúrában. A doktoriskolák VI. nemzetközi magyarságtudományi konferenciája, Bécs, 2019. szeptember 5–6. Budapest: Nemzetközi Magyarságtudományi Társaság, 2022, ISBN 9786155309106)

Kulcsár Szabó Ernő

irodalomtörténész

Kitekintés

MALACBAN NÖVESZTETT EMBERI VESE

Emberi és sertéssejtek kombinációját tartalmazó kiméra embriókat hoztak létre kínai kutatók. Az embriókat sertés anyákba ültették, és maximum 28 napig hagyták fejlődni. Az állatokban – a kutatók céljainak megfelelően – humanizált vesekezdemények alakultak ki. Ez az első olyan eset, hogy egy másik fajon belül emberi szervecske fejlődött.

A sertésembriók genetikai anyagában génszerkesztéssel olyan módosításokat hajtottak végre, amelyek eredményeképpen hiányoztak belőlük a vese kifejlődéséhez szükséges kulcsfontosságú gének. Ezekbe az embriókba vittek be emberi őssejteket, és trükkök egész sorozatával biztosították, hogy a malacsejtek kvázi befogadják az emberi sejteket. A kutatók 1820 embriót tizenhárom malac „béra-nyába” ültettek be, majd ötöt 25, illetve 28 nap elteltével részletesen elemeztek. Megállapították, hogy a differenciálódásnak indult embriókban olyan vesekezdemények fejlődtek ki, amelyek többségükben emberi sejteket tartalmaztak, hiszen a vese fejlődéséhez szükséges fontos gének csak az emberi őssejtekben voltak jelen. A vesék egészséges, az embriók korának megfelelő szerkezetűek voltak.

Bár a kutatók azt remélik, hogy ezzel a bonyolult technológiával a szervhiány megoldása érdekében emberi veséket és más szerveket is lehet a jövőben sertésekkel termeltetni, ez egyelőre igen messze van.

Az embriók tesztelése során ugyanis nemcsak a vesében, hanem egyebek között az idegrendszerben is találtak emberi sejteket, ami komoly etikai kérdéseket vet fel. Igaz ugyan, hogy az ivarszervekben nem voltak emberi sejtek, tehát a „kiméraság” öröklődésétől egyelőre nem kell tartani.

Wang, Jiaowei – Wenguang, Xie, – Li, Nan et al.: Generation of a Humanized Mesonephros in Pigs from Induced Pluripotent Stem Cells via Embryo Complementation. *Cell Stem Cell*, 2023. 30, 9, 1235. DOI: 10.1016/j.stem.2023.08.003

VENDÉGMUNKÁS SEJTEK

Az inzulinra szoruló cukorbetegeknek az állandó injekciózás okozta szenvedéseit szüntetné meg az a beültethető eszköz, amelyet a Massachusetts Institute of Technology (MIT) szakemberei fejlesztettek ki. A pici készülékben több százezer inzulintermelő hasnyálmirigysejt van, melyeket a saját maga által termelt oxigénnel tart életben. Az oxigént rafinált módon, a szervezetben lévő vízgőz bontásával állítja elő. A kutatók kimutatták, hogy a cukorbeteg egerekbe ültetett eszköz legalább egy hónapig képes stabilan tartani az egerek vércukorszintjét.

Az 1-es típusú cukorbetegségben szenvedőknek gondosan figyelemmel kell kísérniük vércukorszintjüket, és a naponta egyszer vagy többször beadott inzulin mennyiségét ehhez kell igazítaniuk. Így azonban szinte soha nem érhető el az a tökéletes vércukorszint, amelyet egészséges cukoranyagcsere esetén az inzulin igény szerinti termelésével, a vércukorszint szabályozásával a szervezet maga biztosít.

Jobb alternatíva, amikor a betegekbe inzulintermelő hasnyálmirigy sejteket ültetnek be, ám ha ezek őssejtekből vagy halott donorokból származnak, a szervtranszplantációknál alkalmazott eljáráshoz hasonlóan, ilyenkor is immunrendszert gátló kezelésre van szükség. Ezt teszi feleslegessé az a technológia, amikor a beültetett sejteket „becsomagolják”, hogy elrejtse az immunrendszer elől. A kapszulázott sejtek megbízható oxigénellátásának biztosítása azonban mostanáig nem volt igazán sikeres.

Az MIT kutatói most olyan új megközelítést alkalmaznak, amellyel – vízbontással – potenciálisan korlátlan ideig lehet oxigént termelni. Ehhez egy eredetileg a tüzelőanyag-elemek hidrogénjének előállítására alkalmazott protoncserélő membránt használnak. A membrán képes a vízgőzt (amely bőségesen megtalálható a szervezetben) hidrogénre és oxigénre bontani. Ez utóbbi egy vékony membránon keresztül egy tárolókamrába kerül, és a szigetsejtek oxigénnel történő ellátása onnan történik.

Miután a kutatók megépítették a körülbelül százforintos méretű eszközt, cukorbeteg egereken tesztelték. Az egerek egyik csoportja az oxigéntermelő, vízbontó membránnal ellátott eszközt kapta, míg a másik csoport tagjainak készüléke csak szigetsejteket tartalmazott. Az eszközöket egészséges immunrendszerrel rendelkező egerekbe, közvetlenül a bőr alá ültették be.

A kutatók megállapították, hogy az oxigéntermelő eszközzel rendelkező egerek képesek voltak az egészséges állatokéhoz hasonló, normális vércukorszintet fenntartani. Azoknál az egereknél azonban, amelyek az oxigént nem termelő eszközt kapták, körülbelül két héten belül vércukorszint-emelkedést tapasztaltak.

Ezt a technológiát olyan sejtek bejuttatására is fel lehetne használni, amelyek más típusú terápiás fehérjéket termelnek. Ebben a tanulmányban a kutatók ki-

mutatták, hogy az eszköz képes életben tartani az eritropoetint, a vörösvértestek termelődését serkentő fehérjét termelő sejteket is.

A kutatók most azt remélik, hogy megalkotják az eszköz nagyobb, körülbelül rágógumi méretű változatát, amelyet 1-es típusú cukorbetegségben szenvedő embereken szeretnének tesztelni.

Krishnan, Siddharth R. – Liu, Claudia – Bochenek, Matthew A. et al.: A Wireless, Battery-Free Device Enables Oxygen Generation and Immune Protection of Therapeutic Xenotransplants in Vivo. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2023. 120, 40, e2311707120. DOI: 10.1073/pnas.2311707120

AHOL A FOLYÓK ELÉRIK A TENGERT?

A tudományos kutatások egyre nagyobb hányada egyre intenzívebben foglalkozik az energiatermelés, -átalakítás és -tárolás kérdésével. Az erre szakosodott folyóiratok hatástényezője a csillagos eget ostromolja, és a látszólag képtelen ötletek tömege a tudomány működésének egyik alapvető sajátosságát mutatja: a kutatók nagyszerű ötleteinek csak igen kis töredéke hasznosítható, azonban előre nem látható, hogy mi az, ami majd ebbe a csoportba kerül.

A University of Illinois Urbana-Champ munkatársai a tengervíz és az édesvíz közötti sótartalom különbségéből kívánnak energiát kinyerni. Az egyelőre csak papíron létező nanofluidikai eszköz az ionok áramlását kívánja elektromos energiává alakítani. A kutatók szerint szabadalmaztatás előtt álló eszközzel a nap-elemek teljesítménysűrűségét is elérhetik. Arról azonban nem esik szó, hogy a várható energiahiánynál talán csak a várható ivóvízhiány lesz nagyobb, és hogy a tengervízzel elszennyezett édesvíznek mi lenne a sorsa.

Xong, Mingye – Song, Kewei – Leburton, Jean-Pierre: Ionic Coulomb Drag in Nanofluidic Semiconductor Channels for Energy Harvest. *Nano Energy*, 1 December 2023. 117, 108860. DOI: 10.1016/j.nanoen.2023.108860, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211285523006973>

EGY MÉRGES ENTELLEKTÜEL

A Koppenhágai Egyetem kutatóinak tanulmánya azt bizonyítja, hogy az agy nélküli, mindössze ezer idegsejttel rendelkező dobozmedúza sokkal összetettebb módon képes tanulni, mint azt korábban feltételezték.

A Földön eltöltött ötszáz millió év bizonyítja a medúzák evolúciós sikerét, a korábban általánosan elfogadott vélemény szerint azonban ezek az egyszerű te-

remtmények korlátozott tanulási képességekkel rendelkeznek. A tanulásnak csak a legegyszerűbb formáit tudják kezelni, például a habituációt, vagyis azt a képességet, hogy hozzászokjanak egy konkrét ingerhez. Ez lehet egyebek között egy állandó hang vagy érintés.

Most azonban kiderült, hogy a medúzák sokkal kifinomultabb tanulási képességgel rendelkeznek, és valóban képesek okulni a hibáikból. Az idegrendszer működésének legmagasabb szintje az a képesség, hogy a tanult tapasztalatok hatására megváltoztatja a viselkedést.

A medúzák az egyik legősibb állatfaj. A dobozmedúzák eddig csak arról voltak nevezetesek, hogy őket tartották a legmérgezőbb élőlényeknek. Azon túl, hogy most már az intellektusukról is tudunk ezt-azt, az új ismeretek módosíthatják az emberi agyról alkotott elképzeléseket is.

Bielecki, Jan – Nielsen, Sofie Katrine Dam – Nachman, Gösta et al.: Associative Learning in the Box Jellyfish *Tripelia Cystophora*. *Current Biology*, 22 September 2023. DOI: 10.1016/j.cub.2023.08.056

TÜZELŐANYAG-ELEM VEZÉRLÉSE

A tüzelőanyag-elemek mint tiszta energiaforrás-technológiák, egyre nagyobb figyelmet kapnak. Az elméleti alapok megvannak, a technológiai kérdések megoldása azonban ugyanilyen fontos, hisz a folyamatos, megbízható, jó hatásfokkal működő celláknak lehet csak jövőjük.

A protoncsere-membrán tüzelőanyag-elemek üzemanyaga hidrogén és levegő. Az elemek kimenő teljesítménye természetesen függ ezek betáplálásától, de még optimális betáplálás esetén is ingadozhat a teljesítmény. A hidrogén oxidációjakor keletkező vizet megfelelő tempóban kell eltávolítani, ugyanis mind az elárasztás, mind a kiszáradás rontja a hatásfokot. Ennek elkerülésére az elemekben érzékelők vannak, és a működést a belőlük érkező adatok alapján szabályozzák.

Japán kutatók az elemek olyan vezérlését dolgozták ki, amely a szokásos feszültségen alapuló szabályozás helyett mágneses szenzorok segítségével az árameloszlást szabályozta. Tapasztalataik szerint, amelyeket az *Applied Energy* című folyóiratban írnak le, ez az elemek stabilabb működését eredményezte.

Akimoto, Yutaro – Shibata, Masumi – Tsuzuki, Yuto et al.: In-Situ On-Board Evaluation and Control of Proton Exchange Membrane Fuel Cells Using Magnetic Sensors. *Applied Energy*, 1 December 2023. 351, 121873. DOI: 10.1016/j.apenergy.2023.121873, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261923012370>

Gelencsér András

Ábrándok bűvöletében

A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS KORLÁTAI

Nyomtatott kiadás

-15%

kedvezményel:
www.akademiai.hu



~~2990 Ft~~
helyett
2542 Ft



MeRSZ.hu

Digitális kiadás a MeRSZ-en



AKADÉMIAI KIADÓ

A következő szám tartalmából

- Karikó Katalin és Krausz Ferenc Nobel-díjasok
- Freund Tamás, Tulassay Tivadar és Erdei Anna beszéde a Bolyai-napon
- Hetényi György tanulmánya a szarvasi földrengésekről

2

0

2

3

Útmutató a cikkek megírásához:

www.magartudomany.hu/utmutato

A folyóírra vonatkozó, szerzőknek szóló közlési elvek a fenti hivatkozásra kattintva találhatóak.



AKADÉMIAI KIADÓ

Tartalom

- **TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS:**
STEAM (Science–Technology–Engineering–Art–Mathematics)
MAGYAR INNOVÁCIÓK ÉS MÓDSZEREK A STEAM-ALAPÚ OKTATÁSBAN

VENDÉGSZERKESZTŐ: *Saxon Szász János*

Saxon Szász János: **Bevezető**

Dárdai Zsuzsa: **Poly-Universe + PUSE + PUNTE**

Lakos Dániel: **Analogue Game for Digital Minds – A Logifaces játék alkalmazása a közoktatásban**

Gyarmathy Éva, Mérő László, Kovács Kristóf, Kökényesi Imre, Petró Panna, Póka Tünde, Fenyvesi Kristóf:
A Mondrian Blocks játék alkalmazása az oktatásban és a kognitív tesztelésben

Stettner Eleonóra: **Magyar fejlesztésű oktatást segítő eszközök által inspirált digitális ötletek**

Juhász Lítza: **Óriások vállán állunk. A Vasarely-művek mint oktatási eszközök**

Szilágyi Szilvia, Körei Attila: **Speciális síkgörbék rajzolásához fejlesztett oktatási robotok**

Bánkúti Gyöngyi: **A gömbsakk mint lehetséges oktatási segédeszköz**

- **TANULMÁNYOK**

Font Márta: **Ukrajna középkori gyökerei**

Varga Péter, Győri Erzsébet, Fodor Csilla, Timár Gábor: **A 2023. február 6-i tragikus törökországi–szíriai földrengések és a történeti szeizmológiai események kutatásának fontossága**

- **MEGEMLEKEZÉS**

Erős Vilmos: **Mályusz Elemér, a magyarországi Zsigmond-kutatás kiemelkedő képviselője**

- **KÖNYVSZEMLE**

Dietrich von Engelhardt: Medizin in Romantik und Idealismus

Orvoslás a romantika és az idealizmus korában – *Gurka Dezső*

Gelencsér András: Ábrándok bűvöletében. A fenntartható fejlődés korlátai – *Horváth László*

Bene Sándor, Dobos István (szerkesztők): Folytonosság és megszakítottság a magyar kultúrában – *Kulcsár Szabó Ernő*

- **KITEKINTÉS**

Ára: 1068 Ft



2

0

2

3