

# FORMATÍV ÉRTÉKELÉSI ESZKÖZÖK A POLIUNIVERZUM JÁTÉKRA ALAPOZOTT MATEMATIKAI FELADATOKHOZ

Ladislav JARUSKA<sup>1</sup> – Zoltán FEHÉR<sup>2</sup>

## ABSTRACT

### FORMATIVE ASSESSMENT TOOLS FOR MATHEMATICAL TASKS USING THE POLY-UNIVERSE GAME

*Changes in the economy and society have led to a rethinking of the knowledge, skills, and competences that are key in the 21st century. One of the main aims of teaching mathematics is to develop student's mathematical thinking, which can be supported by using different methodological tools. In this paper we present selected mathematics tasks based on using the Poly-Universe game and methodological proposal for the formative assessment tools developed for them. The presented tasks are related to spatial geometry, combinatorics, physics and logical rule. Given that assessment is an essential part of the learning process, it is important that even when using non-traditional teaching methods, it is possible for the teacher to diagnose the student's learning outputs at least through formative assessment and at the same time for students to receive feedback on the achievement of the learning objectives.*

## KEYWORDS

*Poly-Universe game, formative assessment, geometric skill*

## BEVEZETŐ

A matematikaoktatás egyik legfontosabb prioritása a matematikai készségek fejlesztése. A cél a kreatív gondolkodás és a problémamegoldó képesség fejlesztése, a tanulók ösztönzése a már megszerzett tudás alkalmazására, hogy saját maguk fedezhessék fel az összefüggéseket, valamint a logikus, kritikus és divergens gondolkodás és érvelés elősegítése. Fontos feladat továbbá a nyílt végű feladatok felfedezése, amelyknél többféle kérdést lehet feltenni, és a problémákat különböző nézőpontokból lehet megközelíteni. Lényeges továbbá a tankönyvekben nem szereplő könnyebb és nehezebb, életszerűbb és elvontabb problémák megtalálása, átfogalmazása és olykor konkretizálása, hogy kézzelfoghatóbbá tegyünk azokat, ezáltal közelebb kerüljenek a tanulókhoz, és a megoldásuk valódi örömet okozzon. Minél több módszert alkalmazunk, annál több tanulót érünk el, és minél több módszerrel érjük el a tanulókat, annál mélyebben rögzülnek ezek a készségek (Kagan & Kagan, 2009).

## SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A gondolkodási folyamatokat érzékletessé, megfoghatóvá tevő segédeszközök nemcsak egy bizonyos tantárgy, például a matematika tanulását teszik élményszerűvé. A legkülönbözőbb eszközök segítségével a tantárgyi keretek is kitágíthatók. Átjárók nyílnak, új kap-

---

<sup>1</sup> Jaruska Ladislav, Selye János Egyetem, Tanárképző Kar, Óvó- és Tanítóképző Tanszék, jaruskal@uj.s.sk

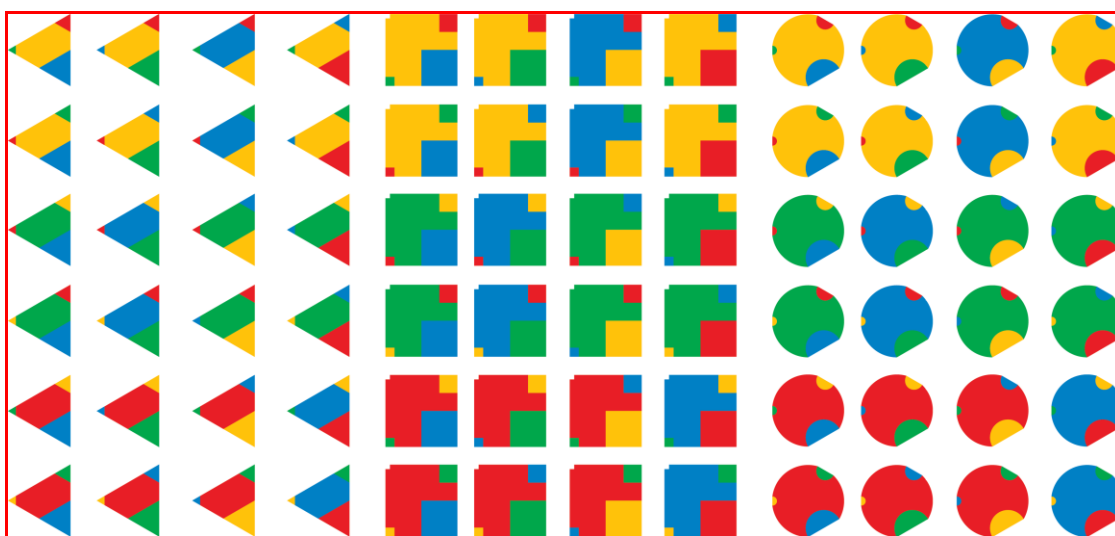
<sup>2</sup> Fehér Zoltán, Selye János Egyetem, Gazdaságtudományi és Informatikai Kar, Matematika Tanszék, feherz@uj.s.sk

csolatok jönnek létre a különféle szakterületek között, ezzel lehetővé válik a játékos elmozdulás a tanulás multidiszciplináris és jelenségközpontú formái felé.

### A Poliuniverzum geometriai készségfejlesztő játék

A tanulók matematikai gondolkodásának fejlesztésére a magyar Saxon-Szász János által megalkotott Poliuniverzum geometriai készségfejlesztő készlet kínál lehetőséget. Konstruktivista geometriai művészetében fontos szerepet játszanak az arányok, az önhasonló alakzatok és az affin transzformációk. Az ilyen típusú struktúrákat „polidimenzionálisnak” nevezi (Darvas, 2020). A játékot eredetileg matematikaórákon való felhasználásra tervezték, azzal a céllal, hogy elősegítse a geometria és kombinatorika megértését, de más kontextusban is alkalmazható (mint például szórakoztatás, formális és informális oktatás) (Schmidthaler et al., 2023).

A játék újdonságértéke a három alapformában (kör, háromszög, négyzet) rejlő léptékváltásos szimmetriában, 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 színek kombinációjából és mindezek kapcsolódásaiból gyakorlatilag végtelen lehetőség adódik. A részek aránya az egyes alakzatokon 1:2:4:8. Az egyes elemeknek minden alakzatból 24 variációja van - ebből áll a teljes, 72 darabból álló játékkészlet (1. ábra). Ez a játék sokoldalúan fejleszti a gyermekek készségeit és képességeit, mint például a problémamegoldás, kreativitás, térlátás, algoritmikus gondolkodás, induktív és deduktív gondolkodás, elemzés (Anđić et al, 2022; Téglási, 2022).



1. ábra: A Poliuniverzum geometriai készségfejlesztő játék összes eleme  
Forrás: PUNTE, 2022

A Poliuniverzum készlet használata során szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy sikeresen használható a különböző korú tanulók matematikai készségeinek fejlesztésére és kreativitásuk kibontakoztatására. Stettner & György (2016) szerint a Poliuniverzum készlet alkalmazására épülő órák tapasztalatai azt mutatják, hogy a manipulatív eszközök használata a középiskolás diákok számára is hasznos. A Poliuniverzum készlet néhány feladatban lehetőséget ad az általánosításra, de több esetben a szabályok nem alkalmazhatók automatikusan, és a feladatok nem oldhatók meg mechanikusan, ami fejleszti az önálló gondolkodást és a kreativitást. A szerzők tapasztalatai szerint fontos a kombinatorika és a geometria kombinálásának

lehetősége is. A Poliuniverzum játék a különböző iskolai tantárgyakban való alkalmazása mellett ráadásul különböző korosztályok esetében is használható: az óvodától (De Vasconcelos Martins et al., 2022) egészen a középiskoláig (Saxon, 2018; Saxon & Stettner, 2019). Egy 2022-es kutatásban a Poliuniverzum elemeit még egy bentlakásos intézményben is alkalmazták a matematika órákon. A kutatásban résztvevő gyermekek óvodás és általános iskolás tanulók voltak (3 éves kortól). A készletet használó gyermekeknek tetszett a játék a színes elemek, az egyszerűség és az univerzalitás miatt. A szerzők véleménye szerint a Poliuniverzum képes a szociális és szenzomotoros készségek, a térlátás és az algoritmikus gondolkodás fejlesztésére (De Vasconcelos Martins et al., 2022). Schmidthaler és munkatársai (2023) a Poliuniverzum segítségével végzett, a számítógépes gondolkodással kapcsolatos kutatásukban azt tapasztalták, hogy a vizsgálatban részt vevő valamennyi tanulócsoporthoz képes volt olyan számítógépes gondolkodási készségeket használni, mint az absztrakció, az általánosítás, a problémamegoldás és az összetett problémák részproblémákra való lebontásának képessége, valamint a játékelemeket a Poliuniverzum készlettel való barkácsolásra, játékokra vagy kísérletezésre használni. Ezenkívül minden tanuló képes volt a hasonlóságok és különbségek azonosítására, valamint az összetett problémák megoldása során a minták felismerésére. A készlet használata fontos szerepet játszhat a tanulók problémamegoldó készségének fejlesztésében. A Poliuniverzum készlet használata során a tanulók számos olyan kihívással szembesülnek, amelyek logikus gondolkodást, térérzékelést és rendszerszemléletet igényelnek. A geometriai formák változatossága lehetőséget nyújt a kombinatorikus és analitikus gondolkodás fejlesztésére, mivel a tanulók folyamatosan új mintákat és rendszereket építenek.

A készlet használata során a tanulók összekapcsolhatják a különböző formákat és színeket, és felfedezhetik a játékban elrejtett matematikai, művészeti és tudományos összefüggéseket. Fontos szerepet játszhat a tanulók vizuális képességeinek fejlesztésében is. A készlet formái és színei olyan vizuális ingereket nyújtanak, amelyek fejlesztik a térbeli tájékozódást és a vizuális analitikus készségeket. Mivel a készlet absztrakt és geometriai elemekkel dolgozik, segít felismerni a formák, színek és arányok közötti kapcsolatot. A Poliuniverzum ötvözi a művészetet, a matematikát, a logikát és a kreatív gondolkodást, hogy interdiszciplináris módon fejlessze a résztvevőket. Segít a tanulóknak felismerni és alkalmazni a különböző tantárgyak közötti kapcsolatokat. A Poliuniverzum használata illeszkedik a mai játékos és élményszerű matematikaoktatáshoz. A játékos környezet segít fenntartani az érdeklődést, így a megszerzett tudás mélyebben és hosszabb távon rögzül (Debrenti, 2024).

### **A formatív értékelés szerepe**

Még a matematikai gondolkodás fejlesztésének innovatív és játékos módszerei esetében is szükségük van a tanároknak visszajelzésre és munkájuk értékelésére, és erre számos eszköz áll rendelkezésükre. A hatékony visszajelzés segíthet abban, hogy a tanulókat produktív matematikai munkára ösztönözzük, és hogy sikeresebben oldjanak meg problémákat (Carpenter et al., 2003; Sfard, 2007). A tanulók matematika terén történő értékelésének számos módja létezik, a teljesítményfeladatoktól kezdve az osztálytermi beszélgetésekig.

A formatív értékelés olyan értékelési módszer, amely során a tanulók azonnali visszajelzést és ötleteket kapnak arra vonatkozóan, hogyan javíthatják a teljesítményüket. A visszajelzésnek mind a tanár, mind a tanuló számára hasznosnak kell lennie, és Jenkins (2010) szerint „specifikusnak, pontosnak, időszerűnek, világosnak, az elérhetőre összpontosítónak, és olyan módon kell megfogalmazni, amely gondolkodásra ösztönzi az embereket”, hogy azok módosíthassák, amit csinálnak, korrigálhassanak, és javíthassanak a tanuláson. Volante &

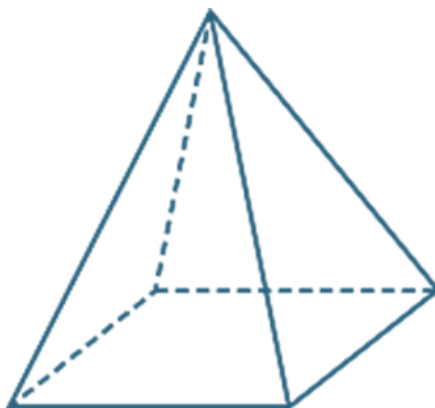
Beckett (2011) kutatásukban megállapították, hogy „az olyan formatív stratégiák, mint a kérdéses technikák, az osztályzat nélküli visszajelzés, az önértékelés, a társak általi értékelés és az összegző értékelés formatív használata megduplázza a tanulók tanulási ütemét”. A matematikaoktatásban alkalmazott formatív értékelések új információkkal szolgálhatnak a tanárok számára a tanulók problémamegoldó készségeiről és képességeiről, és ennek következtében tájékoztathatja a tanárokat az oktatási tevékenységük eredményességéről (Bryant & Maddox, 1996). A formatív értékelési módszerek lehetőséget biztosítanak arra is, hogy a tanulók kevésbé hagyományos módon mutassák be készségeiket és képességeiket (Szarka, 2017). Ganajova és társai (2021) kutatásukban kiemelték a formatív értékelés hatását az általános iskolai matematikatanításban.

### **EREDMÉNYEK – MÓDSZERTANI JAVASLAT**

A matematikai feladatok értékelési eszközeinek példaként a Poliuniverzum geometriai építőelem használatán alapuló feladat formatív értékelésére adunk néhány példát. Az önértékelő kártyán a közlekedési lámpa színei helyett a Poliuniverzum építőelemkészlet elemeit használtuk. (1. ábra) Annak érdekében, hogy a készlet összes színét kihasználjuk, kék színű visszajelzési lehetőséggel bővítettük ki az eszköz három klasszikus színét annak jelzésére, hogy a tanulónak kérdése van a feladattal kapcsolatban. Második eszközként egy Frayer-modellt készítettünk (4. ábra).

#### 1. Feladat: Gúla

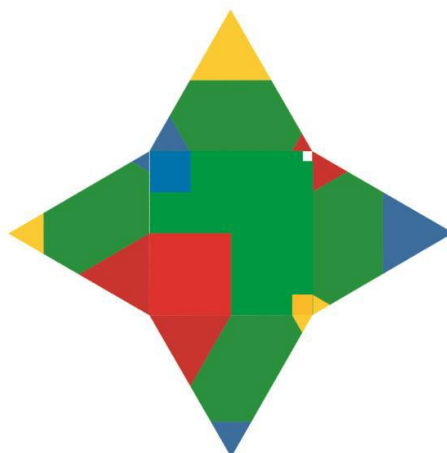
Melyik test látható a következő képen? (2. ábra)



2. ábra: Az 1. Feladatban szereplő test  
Forrás: PUNTE, 2022

a) Készítsd el a test hálóját egyforma alapszínű alakzatokból.

Megoldás: ...



3. ábra: A gúla hálója  
Forrás: PUNTE, 2022

b) Határozd meg a test felszínét és térfogatát, ha a négyzet oldala 8cm!  
Megoldás: A gúla alaplapja egy  $a$  oldalú négyzet, ezért ...

*Megjegyzés: Mivel ennek a problémának a megoldása hosszadalmas, és ebben a tanulmányban nem kívánjuk bemutatni, terjedelmi okokból itt nem ismertetjük.*

A matematikai feladatok értékelési eszközeinek példaként a Poliuniverzum geometriai építő készlet használatán alapuló feladat formatív értékelésére adunk egy példát. Az önértékelő kártyán a közlekedési lámpa színei helyett a Poliuniverzum készlet elemeit használtuk. (1. táblázat) Az egyes színek jelentése a következő: zöld - értem és nem kérek segítséget, sárga - egy kis segítségre van szükségem, de meg tudok próbálkozni a feladattal, piros - nehézségeim vannak vagy nem értem a feladatot. És annak érdekében, hogy a készletben lévő összes színt felhasználjuk, kék színű visszajelzési lehetőséggel bővítettük ezt a módszert, amellyel a tanuló azt jelezheti, hogy kérdése van a feladattal kapcsolatban. Második eszközként egy Frayer-modellt készítettünk (4. ábra).

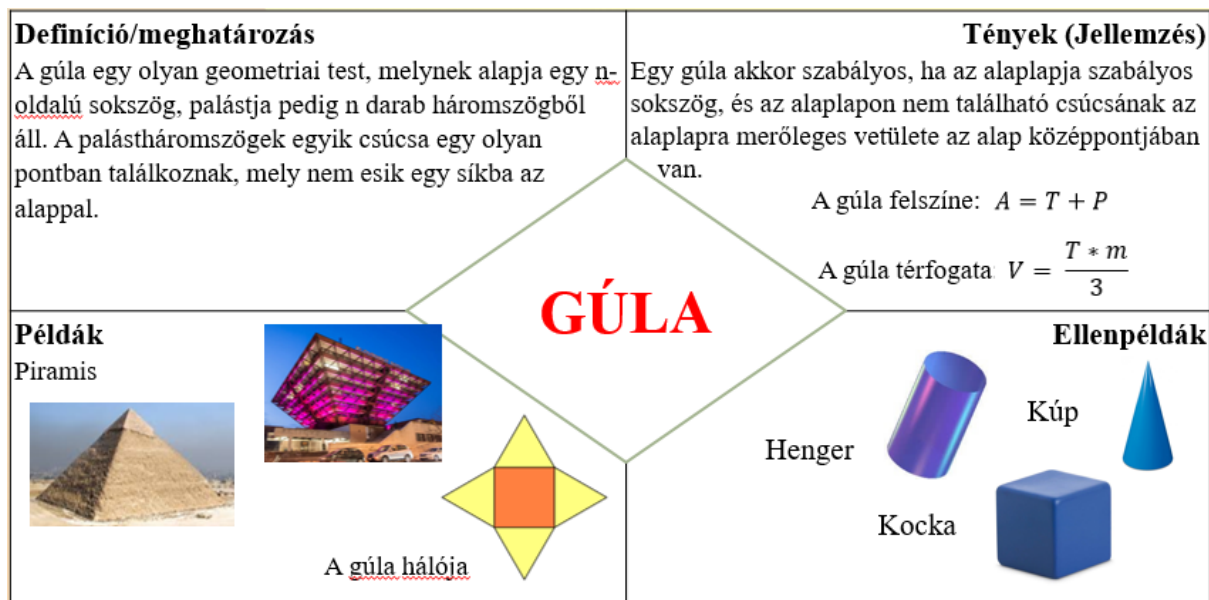
1. táblázat: Önértékelő kártya az 1. Feladathoz

Önértékelő kártya	
Felismertem a képen látható testet.	
Megrajzoltam a test hálóját.	
Kiválasztottam a készlet megfelelő elemeit, amelyek a test hálójának megépítéséhez szükségesek.	
A feladatnak megfelelően összeillesztettem a készlet elemeit.	
Elkészítettem a test hálóját.	
A feladat több megoldását is megtaláltam.	
Azonosítottam az ábrázolt test részeit.	
Kiszámoltam a tárgy felszínét.	

Kiszámítottam a tárgy térfogatát.

*Forrás: Saját forrás*

Második eszközként az 1. Feladathoz egy Frayer-modellt készítettünk.



4. ábra: Frayer-modell az 1. Feladathoz

*Forrás: Saját forrás*

A második feladat egy fizikával kapcsolatos feladat. Célunk, hogy szemléltessük és bemutassuk, hogyan lehet a geometriai elemeket használó Poliuniverzum játékot más tantárgyi kontextusban alkalmazni. Az ilyen és ehhez hasonló feladatok nagyban hozzájárulhatnak az interdiszciplináris kapcsolatok felismeréséhez és fejlesztéséhez.

## 2. Feladat: Hajó

A következő kép (5. ábra) egy kétárbocos hajót ábrázol, amelynek mindkét árbocán 2 háromszög alakú vitorla van. A vitorlák különböző alapszínei különböző sebességeket jelentenek. A színeknek megfelelő sebességek összege adja a hajó végső sebességét. A sárga 1 km/h, a piros 2 km/h, a zöld 3 km/h és a kék 4 km/h sebességgel mozgatja előre a hajót (PUNTE, 2022).

a) Készítsd el a hajót háromszög elemek segítségével. Milyen sebességgel mozog a képen látható hajó?



5. ábra: Kétárbocos hajó a 2. Feladatban  
Forrás: PUNTE, 2022

Megoldás: A baloldali árbocon egy piros és egy zöld alapszínű vitorla van, a jobboldali árbocon pedig egy sárga és egy kék alapszínű vitorla. Tehát mindegyik alapszínből pontosan egy darab. Ebben az esetben a hajó sebessége  $1+2+3+4=10$  km/h.

b) Változtasd meg a vitorlák színét úgy, hogy a hajó pontosan 13 km/h sebességgel haladjon.

Megoldás: A feladat lényege, hogy az 1, 2, 3, 4 számok felhasználásával alkossunk adott számjegyösszeget. A feladatnak több megoldása van és az egyik ezek közül pl. 3 zöld és 1 kék vitorla, azaz  $3 \cdot 3 + 1 \cdot 4 = 13$  km/h.




6. ábra: A 2. Feladat megoldása  
Forrás: PUNTE, 2022

*Megjegyzés: Természetesen a feladat megoldható úgy is, hogy a tanulók keressék meg a lehető legtöbb, vagy az összes megoldást. A megoldások és ezzel a gondolkodás magasabb szintjét jelenti, ha a feladatban figyelembe vesszük a vitorlák sorrendjét, helyzetét – tehát, hogy melyik árbocon és melyik szinten vannak.*

A 2. Feladat formatív értékelési eszközeinek példaként bemutatunk két eszközt. Az önértékelő kártyán a közlekedési lámpa színei helyett a Poliuniverzum készlet elemeit használtuk.

(2. táblázat) Az egyes színek jelentése a következő: zöld - értem és nem kérek segítséget, sárga - egy kis segítségre van szükségem, de meg tudok próbálkozni a feladattal, piros - nehézségeim vannak vagy nem értem a feladatot. És annak érdekében, hogy a készletben lévő összes színt felhasználjuk, kék színű visszajelzési lehetőséggel bővítettük ezt a módszert, amellyel a tanuló azt jelezheti, hogy kérdése van a feladattal kapcsolatban. Második eszközként egy kilépő kártyát készítettünk (3. táblázat).

*2. táblázat. Önértékelő kártya a 2. Feladathoz.*

<i>Önértékelő kártya</i>	
Kiválasztottam a készlet megfelelő elemeit, amelyek képen látható hajó megépítéséhez szükségesek.	
Kiraktam a képen látható hajót.	
A feladatnak megfelelően összeillesztettem a készlet elemeit.	
Kiszámoltam a hajó sebességét.	
Megtaláltam a megoldást.	
Több megoldást is találtam.	
Megtaláltam az összes megoldást.	
Egy megoldáson belül megtaláltam a vitorlák összes kombinációját.	
Ismertem a sebesség fogalmát.	
Ismertem a sebesség mértékegységét.	

*Forrás: Saját forrás*

Kilépő kártya a 2. Feladathoz (3. táblázat)

*3. táblázat: Kilépő kártya a 2. Feladathoz*

**Téma:** *Sebességek összegzése*

3 dolog, amit megtanultam:	..... ..... .....
2 dolog, amit érdekesnek találtam:	..... .....
1 kérdés, ami eszembe jutott:	.....

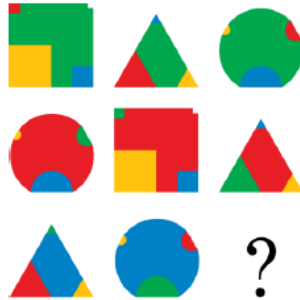
*Forrás: Saját forrás*

A következő feladat a logika és a logikus gondolkodás témakörébe tartozik. Egy logikai szabály szerint létrehozott elemsorozatnak különböző változatai vannak. A feladat fejleszti a problémamegoldó készséget, a logikus gondolkodást és az induktív gondolkodást. A kreativitás fejlesztésének lehetősége: A tanulók párokban vagy csoportokban dolgoznak, hogy egymás számára elemsorozatokat hozzanak létre. Felhasznált alapelemek: háromszög, kör, négyzet.



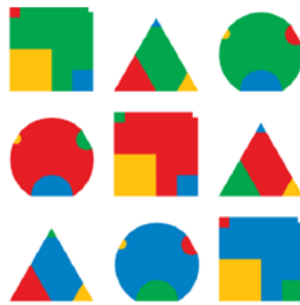
### 3. Feladat: Sorozat

Ismerd fel a szabályt és folytasd a sorozatot egy elemmel/alapelemmel (7. ábra).  
Egészítsd ki az alábbi 3×3-as elrendezést a hiányzó elemmel.



7. ábra: 3×3-as elrendezés a 3. Feladatban  
Forrás: PUNTE, 2022

Megoldás:




8. ábra: A 3. Feladat megoldása  
Forrás: PUNTE, 2022

A feladat lényege:

- minden alapelem minden sorban más-más alakú.
- minden sorban minden alapelemnek ugyanaz az alapszíne.
- a nagy, közepes, kis részeknek különböző színe van ugyanabban a sorban.

A 3. Feladat formatív értékelési eszközeinek példaként bemutatunk két eszközt. Az ön-értékelő kártyán a közlekedési lámpa színei helyett a Poliuniverzum készlet elemeit használtuk. (4. táblázat) Az egyes színek jelentése a következő: zöld - értem és nem kérek segítséget, sárga - egy kis segítségre van szükségem, de meg tudok próbálkozni a feladattal, piros - nehézségeim vannak vagy nem értem a feladatot. És annak érdekében, hogy a készletben lévő összes színt felhasználjuk, kék színű visszajelzési lehetőséggel bővítettük ezt a módszert, amellyel a tanuló azt jelezheti, hogy kérdése van a feladattal kapcsolatban. Második eszközként egy egyperces lapot készítettünk (5. táblázat).

4. táblázat: Önértékelő kártya a 3. Feladathoz

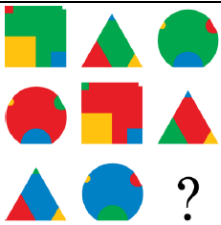
<b>Önértékelő kártya</b>	
Kiválasztottam készletből a képen látható sorozat befejezéséhez szükséges a megfelelő elemeket.	
Megállapítottam, hogy minden egyes sorban minden alapelemnek más-más alakja van.	
Megállapítottam, hogy az egyes sorokban minden alapelemnek ugyanaz az alapszíne.	
Megállapítottam, hogy a nagy, közepes és kis részeknek különböző színe van ugyanabban a sorban.	
Felismertem, hogy az azonos méretű kis elemek mind ugyanabban a pozícióban vannak.	
Felismertem a sorozat rendezési szabályát.	
Megtaláltam az utolsó sor hiányzó elemét.	

*Forrás: Saját forrás*

Egyperces kártya, mint a 3. Feladat értékelési eszköze.

5. táblázat: Egyperces kártya a 3. Feladathoz

Feladat: Ismerd fel a szabályt és folytasd a sorozatot egy elemmel/alapelemmel. Egészítsd ki az alábbi 3×3-as elrendezést a hiányzó elemmel.

	<p>Megoldás:</p> <p>Indoklás: .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
A megoldás értékelése:	Helyes	Részben helyes	Helytelen
Az indoklás értékelése:			

*Forrás: Saját forrás*

## ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban a matematikai gondolkodás fejlesztését támogató feladatokat és a kapcsolódó formatív értékelési eszközöket mutattunk be. A feladatok a Poliuniverzum geometriai készségfejlesztő készlet különböző területeken való alkalmazásán alapultak. Célunk az volt, hogy olyan feladatokat mutassunk be, amelyek támogatják a játékos és élményszerű matematikatanítást és a kreatív játékoságot. A matematikai gondolkodás szempontjából fontos, hogy a bemutatott feladatokban a tanulók megtalálják az összes lehetséges megoldást. A bemutatott formatív értékelési eszközök célja a tanulók aktivizálása, saját tudásuk és képességeik tudatosítása, ezzel lehetőséget adva az önfejlesztésre.

A Poliuniverzum készlet használatával a tanulók folyamatosan új mintákat hozhatnak létre és különböző stratégiákat próbálhatnak ki. A formatív értékelés lehetőséget ad a tanu-

lóknak arra, hogy visszajelzést kapjanak teljesítményükről. A játékos feladatok eredményei és megoldásai azonnal rámutatnak a tanulók gondolkodására, amelyek alapján a pedagógus és maga a tanuló is hasznos visszajelzéseket kaphat. Fontos a problémamegoldó készség fejlesztése is, hiszen a Poliuniverzum geometriai játéokra épülő feladatokban a tanulóknak összetett mintákat kell felismerniük és létrehozniuk.

A formatív értékelés révén a pedagógusok folyamatosan nyomon követhetik, hogyan közelítik meg a tanulók a problémákat, és segíthetnek nekik hatékonyabb stratégiák kidolgozásában. Ez a fajta értékelés abban is támogatja a tanulókat, hogy tanuljanak hibáikból, és új módszereket próbáljanak ki a siker érdekében.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

This paper includes research results gained as a part of the project KEGA no. 001UPJŠ-4/2023 "Implementation of formative assessment in primary school teaching with the focus on the digital form".

Príspevok vznikol s podporou projektu KEGA 001UPJŠ-4/2023: „Implementácia formatívneho hodnotenia do výučby na základnej škole so zameraním na digitálnu formu“.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Anđić, B. (2022). PUNTE methodological study Poly-Universe in Teacher Training Education, Líceum Press-Eszterházy Károly Catholic University, Eger. Editor: Anđić, B., Bordás, A., Fenyvesi, K., Hoffmann, M., Szász Saxon, J., Téglási, I. (eds.), 2022. ISBN: 978-963-496-231-1
- [2] Bryant, B.R., & Maddox, T. (1996). Using alternative assessment techniques to plan and evaluate mathematics instruction. *LD Forum*, 21(2), 24-33.
- [3] Carpenter, T. P., Franke, M. L., & Levi, L. (2003). *Thinking mathematically: Integrating arithmetic and algebra in elementary schools*. Portsmouth, N.H.: Heinemann.
- [4] Darvas G (Ed.) (2020). Poly-Universe in school education. *Symmetry: Culture and Science* 31(1), 1–112.
- [5] Debrenti, E. (2024). Game-Based Learning experiences in primary mathematics education. *Frontiers in Education*, vol. 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1331312>
- [6] De Vasconcelos Martins, I., Bidarra, G. & Rebelo, B. V. (2022). Looking for the good shape in the poly-universe material. *International Journal of Developmental and Educational Psychology Revista INFAD de psicología* 1, pp. 341–350. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2022.n1.v1.2390>
- [7] Ganajová, M. a kol. (2021). *Formatívne hodnotenie vo výučbe prírodných vied, matematiky a informatiky*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.
- [8] Jenkins, J. (2010). A multi-faced formative assessment approach: Better recognizing the learning needs of students. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(5), 565-576. <https://doi.org/10.1080/02602930903243059>
- [9] Kagan, S. & Kagan, M. (2009). *Kagan Cooperative Learning*. San Clemente, CA: Kagan Publishing.
- [10] Saxon, J. S. (2018). *Poly-Universe in school education*. PUSE, Available at: <http://www.poly-universe.com/>

- [11] Saxon, J. S. & Stettner, E. (2019). *Poly-Universe in School Education METHODOLOGY–Visual Experience Based Mathematics Education*. Szokolya: Poly-Universe Ltd.
- [12] Schmidthaler, E., Schalk, M., Schmollmüller, M., Hinterplattner, S., Hörmann, C., Anđić, B., Rottenhofer, M., Lavicza, Z. & Sabitzer, B. (2023). The interdisciplinary implementation of poly-universe to promote computational thinking: Teaching examples from biological, physical, and digital education in Austrian secondary schools. *Frontiers in Psychology*, vol. 14, no. 3, pp. 1-16. <https://10.3389/fpsyg.2023.1139884>
- [13] Sfard, A. (2007). When the rules of discourse change but nobody tells you: Making sense of mathematics learning from a commognitive standpoint. *Journal of the Learning Sciences*, 16(4), 565–613. <https://doi.org/10.1080/10508400701525253>
- [14] Stettner, E. & György, E. (2016). Teaching Combinatorics with Poly-Universe. In: Torrence, E., Torrence, B., Séquin, C. H., McKenna, D., Fenyvesi, K. & Sarhangi, R. (eds.) *Bridges Finland: Mathematics, Music, Art, Architecture, Education, Culture : Conference Proceedings*, pp. 553-556. Phoenix (AZ), USA: Tessellations Publishing.
- [15] Szarka, K. (2017). *Súčasný trendy školského hodnotenia: Koncepcia rozvíjajúceho hodnotenia*. (1. vyd.) Komárno: Kompres
- [16] Téglási, I. (2022). Motivation and Development – Using Poly-Universe Game in Teaching Mathematics and Other School Subjects. *Athens Journal of Sciences*, vol. 9, issue 3, pp. 177-192. <http://dx.doi.org/10.30958/ajs.9-3-2>
- [17] Volante, L., & Beckett, D. (2011). Formative assessment and the contemporary classroom: Synergies and tensions between research and practice. *Canadian Journal of Education*, 34(2), 239-255.