

# Elementi STEM kreativnosti<sup>1</sup>

DUBRAVKA GLASNOVIĆ GRACIN<sup>2</sup> I JOSIP BURUŠIĆ<sup>3</sup>

**Sažetak:** Kreativnost se obično opisuje kao sposobnost generiranja ideja, pronalazjenja rješenja ili proizvoda koji su novina i koji su korisni. U literaturi se pri opisu kreativnosti također kombiniraju dva ili više aspekata kreativnosti: kreativan proces, kreativan proizvod i kreativna osoba. U ovom radu osvrnut ćemo se na kreativnost u STEM području, s naglaskom na matematičku kreativnost, te testove STEM i matematičke kreativnosti s primjerima zadataka i zanimljivim učeničkim odgovorima.

**Ključni pojmovi:** kreativnost, matematička kreativnost, STEM kreativnost

## Uvod

Akronim STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) formulirala je Američka Nacionalna zaklada za znanost kako bi njime ukazala na opći trend smanjenja interesa učenika za obrazovna područja i zanimanja vezana uz ova četiri područja. Upravo se interesima učenika prema STEM području, između ostalog, bavi i JOBSTEM projekt – „Profesionalne aspiracije prema STEM zanimanjima tijekom osnovne škole: longitudinalno istraživanje odnosa postignuća, vjerovanja o vlastitim kompetencijama i interesa za zanimanja” ([www.jobstem.eu](http://www.jobstem.eu)) te njemu srodan projekt o identifikaciji i radu s darovitim učenicima ”Budi STEMpatičan”.

U sklopu projekata za učenike je pripremljen i proveden čitav niz različitih testova, poput upitnika motivacije prema STEM zanimanjima, testa inteligencije, testa specijalnih sposobnosti, testa mehaničkih sposobnosti, testa školskog STEM znanja te testa STEM kreativnosti. Upravo ovaj posljednji, test STEM kreativnosti, tema je našeg rada, s naglaskom na matematičku kreativnost.

## Što je to kreativnost?

Traganje za opisom što je zapravo kreativnost dovodi nas do spoznaje da su se mnogi autori suočavali s dvojabama u shvaćanju i definiranju ovog pojma te da postoje različite definicije kreativnosti. Uvid u literaturu pokazuje da se kreativnost ili

<sup>1</sup>Predavanje održano na 8. kongresu nastavnika matematike RH, 2018. godine u Zagrebu

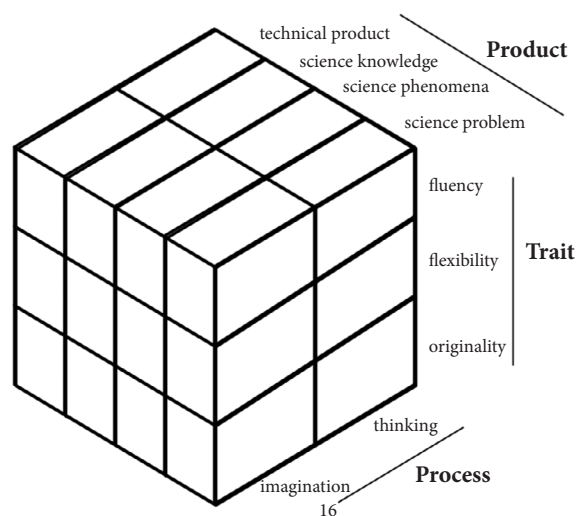
<sup>2</sup>Dubravka Glasnović Gracin, Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

<sup>3</sup>Josip Burušić, Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb

stvaralaštvo obično opisuje kao sposobnost generiranja ideja ili proizvoda koji su novina i koji su korisni (Aiken, 1973.). Radi se o vještini pronalaženja novih rješenja korištenjem različitih strategija u skladu s mogućnostima i iskustvima osobe koja se bavi određenim problemom (Wakefield, 1992.). Pritom autori obično pri opisu ili definiciji kreativnosti kombiniraju dva ili više aspekata kreativnosti: kreativan proces, kreativan proizvod, kreativnu osobu te kreativnu okolinu (Hu i Adey, 2002.).

## Matematička i prirodoslovna kreativnost

Od navedena četiri aspekta, za prirodoslovnu i matematičku kreativnost uzimaju se prva tri: kreativan proizvod, kreativan proces i kreativna osoba (Hu i Adey, 2002.). Ove tri dimenzije čine osnovu za tzv. Scientific Structure Creativity Model (SSCM) koji se zbog svoje trodimenzionalnosti obično prikazuje u obliku kocke (Slika 1.).



Slika 1. Scientific Structure Creativity Model (SSCM). Izvor: Hu i Adey, 2002.

Kreativan proces odnosi se na maštu i mišljenje kao važne komponente kreativnosti. Tu se misli na poticanje kreativne imaginacije i kreativnog mišljenja. Stoga je preporuka da se u nastavi matematike i ostalih STEM predmeta što više koriste pitanja tipa „Zamisli da...“ i „Što bi bilo kad...“ (usp. Trupčević i Glasnović Gracin, 2014.). Kod dimenzije produkata na Slici 1. razlikujemo tehničke proizvode, napredak u znanosti, razumijevanje znanstvenih fenomena te rješavanje problema (problem solving). *Problem solving* je vrlo važan zahtjev u suvremenoj metodici matematike i ne znači rješavanje rutinskih problema koristeći „recepte“, već traženje odgovora na učenicima nove probleme (Polya, 1957.). On je važna komponenta jer se smatra da *problem solving* vodi kreativnosti (Lee, Hwang i Seo, 2003.). Paralelno uz poticanje rješavanja problema, smatra se da je vrlo vrijedno i za kreativnost važno i poticanje postavljanja

problema (*problem posing*) jer u nastavi rješavanje nekog zadatka često može biti pitanje matematičkih ili eksperimentalnih vještina. Treći aspekt važan za kreativnost su tzv. karakteristike kreativne osobe. Tu se ubrajaju njena produktivnost, fleksibilnost i originalnost, i smatra se da ove tri osobine čine osnovu za ispitivanje kreativnosti. O njima će biti riječi u sljedećem poglavlju.

## Testovi kreativnosti

Različiti pristupi u opisu kreativnosti impliciraju i različite testove za mjerenje kreativnosti. Uvid u literaturu pokazuje da postoji više od 100 testova kreativnosti (Hu i Adey, 2002.). Najpoznatiji test opće kreativnosti je Torrance Test of Creative Thinking (Torrance, 1990.) u kojem se boduju produktivnost, fleksibilnost i originalnost ispitanika. Produktivnost (fluentnost) se odnosi na broj produciranih originalnih ideja neke osobe. Fleksibilnost je sposobnost promjene pristupa ili kategorije pri rješavanju nekog problema, dok se originalnost interpretira statistički kada npr. učenik daje rijedak odgovor u odnosu na ostale ispitanike. Na ovom se testu baziraju i mnogi postojeći testovi prirodoslovne te matematičke kreativnosti (Hu i Adey, 2002.; Lee, Hwang i Seo, 2003.). Testovi matematičke kreativnosti uglavnom obuhvaćaju *problem solving* uz već spomenute komponente produktivnosti, fleksibilnosti i originalnosti.

## Primjeri zadataka

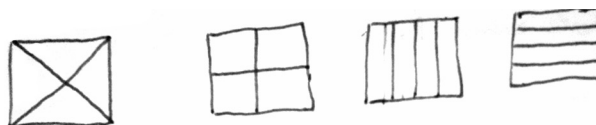
Iako su testovi STEM kreativnosti koje smo modificirali iz postojećih svjetskih testova sadržavali zadatke iz šireg STEM područja, u nastavku navodimo dva primjera zadataka iz testova matematičke kreativnosti, uz neka zanimljiva rješenja hrvatskih učenika koja su prikupljena u sklopu projekata.

### Primjer 1: Podjela kvadrata (prema: Hu i Adey, 2002.)

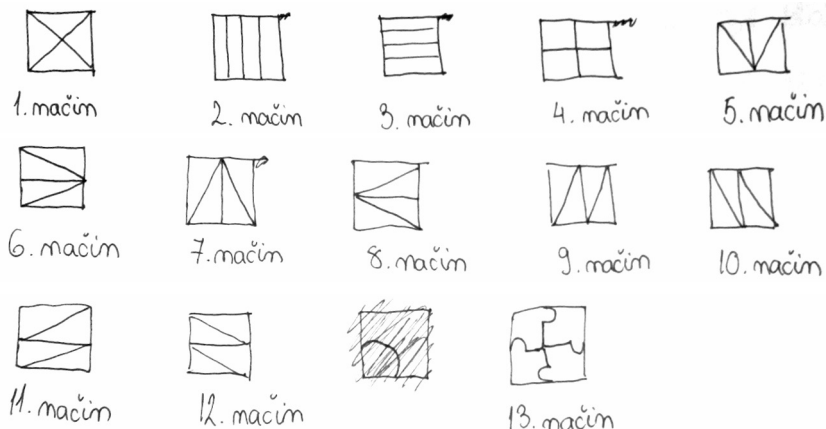
Nađi što više načina kako podijeliti kvadrat na četiri jednaka dijela (jednakih oblika). Nacrtaj što više rješenja.

Učenička rješenja:

Na ovom ćemo primjeru objasniti bodovanje zadatka. Oni su se bodovali s obzirom na dimenzije produktivnosti, fleksibilnosti i originalnosti. Primjerice, jedan učenik riješio je ovaj zadatak tako što je naveo četiri rješenja:



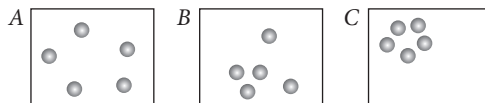
Drugi učenik je pak ovaj zadatak riješio navodeći 13 rješenja:



Očito je da je drugi učenik bio produktivniji u idejama od prvoga te je za dimenziju *produktivnosti* dobio više bodova. Sljedeća dimenzija unutar kreativnosti je *fleksibilnost*, a odnosi se na bodovanje samo različitih kategorija unutar rješenja. Primjerice, iako je prvi učenik nacrtao četiri slike, zapravo se radi o samo tri različite kategorije jer se posljednje dvije slike odnose na istu kategoriju. Slično je i s rješenjima drugog učenika – od 13 danih rješenja zapravo se radi o pet kategorija jer je, primjerice, kvadrat podijeljen četirima sukladnim trokutima u rješenjima br. 5-12 i ta se rješenja ubrajaju u samo jednu kategoriju. Treća dimenzija kreativnosti je *originalnost*: tu se gledala relativna frekvencija svake pojedine kategorije unutar svih kategorija koje su nacrtali svi sudionici. Ako je učenik nacrtao rješenje koje je nacrtalo manje od 5 % ispitanika, dobio je bodove za originalnost. Primjerice, prvi učenik iz ovog primjera nije dobio bodove za originalnost jer je njegove ideje nacrtala i većina ostalih učenika. Drugi učenik dobio je bodove za originalnost za posljednji crtež na svojoj slici (13. način) jer se toga rješenja nije sjetio gotovo nitko. Ukupni bodovi za kreativnost činili su zbroj bodova dobivenih iz svih triju kategorija. Više o bodovanju testova prirodoslovne i matematičke kreativnosti čitatelj može naći u Hu i Adey (2002.) te u Lee, Kwang i Seo (2003.).

**Primjer 2:** Numeričko izražavanje raspršenja (prema: Lee, Kwang i Seo, 2003.)

Tri učenika, A, B i C, igraju igru bacanja pet kuglica. Na slikama je prikazan položaj kuglica kod igrača A, B i C nakon bacanja.



Pobjednik je onaj učenik koji nakon bacanja ima najmanje raspršenje kuglica. Sa slike je vidljivo da se ovdje raspršenje smanjuje od A prema C. Smisli i napiši što više načina i ideja kako bi *numerički* izrazio/izrazila stupanj raspršenja kuglica.

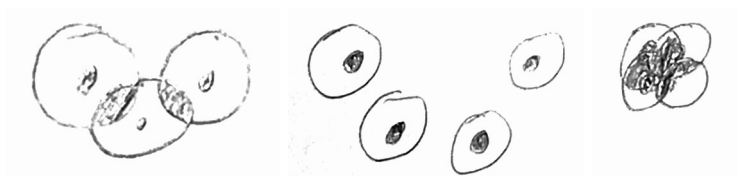
Učenička rješenja:

Učenici koji su dobili bodove za ovaj zadatak uglavnom su se fokusirali na jednu od sljedećih ideja kako bi numerički izrazili raspršenost kuglica:

- Model opsega: Kuglice shvatiti kao vrhove mnogokuta te izračunati opseg toga mnogokuta. Igrač s najmanjim opsegom je pobjednik.
- Model površine: Kuglice shvatiti kao vrhove mnogokuta te izračunati površinu toga mnogokuta. Igrač s najmanjom površinom je pobjednik. (Pritom treba biti oprezan jer ako su teoretski sve kuglice kolinearne, površina će biti 0, a raspršenje može biti veliko!)
- Model duljine: a) Izmjeriti sve udaljenosti između svih kuglica i uzeti najveće dvije kod svakog igrača. Naći aritmetičku sredinu tih dviju najvećih udaljenosti. Igrač s najmanjom aritmetičkom sredinom je pobjednik.  
b) Izmjeriti sve udaljenosti između svih kuglica i uzeti najveću. Igrač s najmanjom od tih udaljenosti je pobjednik.  
c) Izmjeriti sve udaljenosti između svih kuglica i naći aritmetičku sredinu svih udaljenosti. Igrač s najmanjom aritmetičkom sredinom je pobjednik.

Iako su mnogi srednjoškolci ovaj zadatak preskakali, među učeničkim rješenjima onih koji su ga ipak pokušali riješiti prevladavali su model površine, opsega i duljine. Originalne odgovore dala je nekolicina učenika koji su, uz uobičajene, ponudili i dva drugačija rješenja: pomoću težišta i pomoću okoline:

- Model središnje točke: Kuglice shvatiti kao vrhove mnogokuta. Pronaći težište toga mnogokuta i odrediti sve udaljenosti kuglica od težišta. Zatim ih zbrojiti i pobjednik je onaj tko ima najmanji zbroj.
- Model okoline: Napravio bih zamišljeni radijus oko svakog kamena. Preklapajuće dijelove radijusa (osjenčano) ne bih zbrajao u ukupnu površinu. Tako tijelo koje ima više preklapanja dobije manju površinu. Tijelo s najmanjom površinom pobjeđuje:



## Zadaci otvorenog tipa

Kao što je vidljivo iz danih primjera, zadaci za testiranje kreativnosti mahom su otvorenog tipa. To su zadaci koji nemaju jedno rješenje, već ih učenik može riješiti na više načina dajući svoje ideje. Pritom je često naglasak više na procesu kako doći do rješenja nego na samom rješenju, kao što je vidljivo u Primjeru 2. Stoga je preporuka da se u nastavi matematike što više koriste aktivnosti istraživanja, učenja

postavljanja problema, promatranja problema iz stvarnog života, projekti te otvorena pitanja tipa „što-ako” kao aktivnosti otvorenih pitanja. Na taj način pred učenike se stavljaju zanimljivi problemi jer *Otvorenost potiče kreativnost* (Yoshihiko, 1997.).

## Zaključak

Kreativnost je teško definirati i mjeriti, ali uvid u postojeću literaturu daje opis te neka iskustva u mjerenju kreativnosti. Ovi nalazi ukazuju i na preporuke kako u nastavi možemo poticati kreativnost kod učenika. U STEM području iznimno je važno poticati *problem solving* i *problem posing*: aktivnosti rješavanja i postavljanja problema. S jedne strane, učenicima treba ponuditi izazovne zadatke koji će ih potaknuti na razvijanje različitih načina mišljenja, uz korištenje više metoda i strategija. S druge strane, poticanje učenika da sami postavljaju probleme danas se također smatra kreativnim procesom i čini ključ za izradu kreativnih proizvoda.

*Ovaj rad izrađen je u okviru projekta „Profesionalne aspiracije prema STEM zanimanjima tijekom osnovne škole: longitudinalno istraživanje odnosa postignuća, vjerovanja o vlastitim kompetencijama i interesa za zanimanja (JOBSTEM)” koji u potpunosti financira Hrvatska zaklada za znanost, a projekt se vodi se pod brojem IP-2014-09-9250.*

## Literatura:

- Aiken, L. R. (1973.): Ability and Creativity in Mathematics. *Mathematics Education Reports in Guilford College*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED077730).
- Wakefield, J. F. (1992.). *Creative Thinking, Problem Solving Skills and The Arts Orientation*. Ablex Publishing Corporation Norwood, New Jersey.
- Hu, W. i Adey, Ph. (2002.) A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Trupčević, G. i Glasnović Gracin, D. (2014.). „Što bi bilo kad bi...?” Metodički razlozi ZA upotrebu pogodbenih rečenica u matematičkim zadacima. *Matematika i škola*, 74, 147-154.
- Pólya, G. (1957.). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Lee, K. S., Hwang, D. J., i Seo, J. J. (2003.). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series: Research in Mathematical Education*, 7(3), 163-189.
- Torrance, E. P. (1990.). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Beaconville, IL: Scholastic Testing Services.
- Yoshihiko, H. (1997.): The methods of fostering creativity through mathematical problem solving. *ZDM, Zentralbl. Didakt. Math.* 29(3), 86–87.