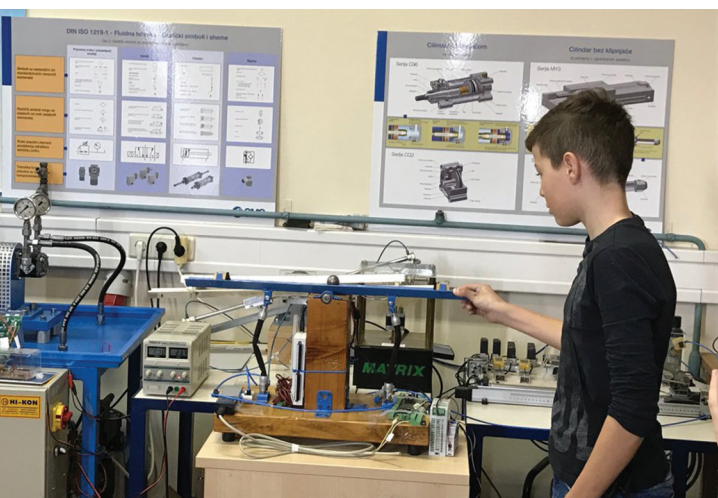


Rasprave o STEM obrazovanju



*Dubravka Glasnović Gracin i
Josip Burušić, Zagreb*

“Preko 50 % najbrže rastućih poslova u SAD-u povezano je s matematikom, prirodnim znanostima ili tehnologijom”.

(National Maths+Science Initiative)

Interes mladih ljudi za tehnološki sofisticirana, inovativna zanimanja predstavlja važno pitanje za razvijena društva današnjice. Već u samim počecima bavljenja pitanjem interesa za zanimanja, značajan je broj istraživača doveo u vezu pitanje interesa za zanimanja s pitanjem interesa za školsko STEM područje. U kojoj je mjeri moguće tijekom obrazovanja nastavnom praksom povećavati ili smanjivati interes učenika? Pored toga, jedno od pitanja koje zaokuplja sve značajniju pozornost jest kako pristupiti predmetima koji spadaju u STEM područje u okviru školske nastave. Što nosi sa sobom praksa integriranja tih predmeta, a kojim se izazovima i prijetnjama takvom praksom izlažemo?

U ovom tekstu donosimo sadržaje nedavnih diskusija i promišljanja o općem pitanju kako implementirati STEM obrazovanje u školskom okruženju.

Što znači STEM?

Kraticu STEM (engl. *science, technology, engineering and mathematics*) formilirala je američka Nacionalna zaklada za znanost kako bi njome ukazala na opći trend smanjenja interesa za zanimanja vezana uz inženjerstvo, prirodoslovlje, matematiku i srodna područja. *Science* (S), tj. znanost se od-

nosi na izučavanje prirodnog svijeta, u što ulaze zakoni i ideje fizike, kemije, biologije, geologije te srodnih znanosti (Honey, Pearson i Schweingruber, 2014.; Dugger, 2010.). Neki od procesa koji se pritom koriste su istraživanje, otkrivanje, ispitivanje te korištenje znanstvene metode. *Technology* (T), tj. tehnologija se odnosi na modifikaciju prirodnog svijeta kako bi se zadovoljile potrebe čovjeka, a procesi kojima se koristi obuhvaćaju inventivnost,

doc. dr. sc. Dubravka Glasnović Gracin, Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, dubravka.glasnovic@ufzg.hr
prof. dr. sc. Josip Burušić, Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb, josip.burusic@pilar.hr

inovacije, praktično rješavanje problema i dizajn. Moderna tehnologija obuhvaća čitav sustav znanja, ljudi, organizacija, procesa i uređaja koji sudjeluju u kreiranju i operiranju s artefaktima koje je čovjek stvorio kako bi zadovoljio svoje potrebe, a nastala je kao produkt prirodnih znanosti i inženjerstva. Termin inženjerstvo, *Engeneering* (E), odnosi se na zanimanja u kojima se primjenjuju znanja, iskustvo i praksa iz matematike i prirodnih znanosti s ciljem razvoja načina kako ekonomično primijeniti materijale te prirodne sile i resurse za dobrobit čovječanstva. U to se ubraja i znanje o kreiranju artefakata, kao i procesi dizajniranja i rješavanja raznih problema. Jedna grana inženjerstva odnosi se na prirodne zakonitosti, dok druge obuhvaćaju regulacije okoliša, vrijeme, novac, dostupne materijale i sl. Slovo M u kratici STEM odnosi se na matematiku (*Mathematics*) kao znanost o uzorcima i odnosima među količinama, brojevima i prostornim objektima (Honey i sur., 2014.). Matematika omogućuje egzaktni jezik za tehnologiju, prirodne znanosti i inženjerstvo. Tehnološki razvoji i dostignuća usko su povezani s matematikom, a nova matematička dostignuća često omogućavaju inovacije u tehnologiji i drugim područjima.

STEM obrazovanje

Paralelno uz aktivnosti i projekte vezane uz promicanje STEM područja među mladima (npr. ASPIRES, 2013.), u svijetu se pojavila i problematika vezana uz STEM obrazovanje u školama te kako uključiti STEM područja u škole. U proteklih nekoliko godina vodile su se rasprave o imperativu smislene integracije prirodoslovja, tehnologije, inženjerstva i matematike u školsko obrazovanje (Europska komisija, 2012.). Prema jednoj struji, time bi se dobio novi interdisciplinarni školski predmet u kojem bi se radije bavilo integriranim pogledom na svijet u kojem živimo, nego da se uče fragmenti unutar svakog od četiriju STEM područja (Honey i sur., 2014.; Kelley i Knowles, 2016.). S druge strane, stihijska i brzinska integracija STEM predmeta može biti opasna ako se o njoj dobro ne promisli. UNESCO (2015.) naglašava realnu potrebu smislene integracije STEM predmeta unutar



školskih sustava, ali i ukazuje na trenutačne probleme vezane uz ovu inicijativu. Problemi se odnose na nepripremljene nastavnike za ovakav interdisciplinarni pristup te tradicionalno snažne granice između zasebnih predmeta. Uz to, STEM sadržaji i zahtjevi brzo zastarijevaju i mijenjaju se brže nego neki tradicionalni predmeti pa je pitanje kako bi tromi školski sustavi reagirali na ovakvu stalnu dinamiku. Za to bi trebalo naći primjerena rješenja. Također, tu je plan za cjeloživotno obrazovanje nastavnika, jednako važan kao i njihovo inicijalno obrazovanje. Stoga je veliki izazov definirati sadržajne i druge osnove unutar STEM obrazovanja.

Integracija ili izolacija STEM disciplina u školi?

U nastavku donosimo dijelove rasprave o zanimljivim mogućnostima integracije i separacije pojedinih STEM područja koje su u svojim radovima predstavili Dugger (2010.) te Kennedy i Odel (2014.).

Prvi prijedlog rješenja za STEM obrazovanje je da se sve četiri STEM discipline poučavaju individualno u školama kao četiri neovisna školska predmeta. Neki od njih bi bili tradicionalni poput matematike, a neki bi bili novi poput inženjerstva. Predmeti su malo sadržajno povezani, a ponekad uopće nisu. Pritom različite zemlje tradicionalno imaju drukčije pristupe prirodoslovju, neki kao jedinstveni predmet (engl. *Science*), a neki kao skup odvojenih prirodnih predmeta. Ova ideja separiranog poučavanja STEM predmeta grafički bi se mogla prikazati kao:

S-T-E-M

Drugi je način poučavanje svake od četiriju STEM disciplina s više naglasaka na jednu ili dvije od njih. Ovaj je pristup prisutan u mnogim zemljama pa tako i u Hrvatskoj. Pritom je naglasak tradicionalno stavljen na matematiku i prirodoslovje ili pojedine segmente prirodoslovja, a tehnologija i inženjerstvo se u fragmentima protežu kroz ove dvije naglašene discipline. Ovaj način poučavanja bi se mogao grafički prikazati kao:

Stem

Treći se način odnosi na integraciju jedne od STEM disciplina unutar preostale tri. Primjerice, sadržaji i problematika inženjerstva mogu biti integrirani u predmete vezane uz tehnologiju, prirodne predmete i matematiku. Taj se način može grafički prikazati kao:



Četvrti se način odnosi na ideju integracije tehnologije i inženjerstva u tradicionalne predmete, tj. u nastavu matematike i prirodnih predmeta. Kennedy i Odel (2014.) podupiru ovaj model i smatraju da će se time promovirati znanstveni pristup i proces inženjerskog dizajna. Takav pristup zahtijeva određeni stupanj kurikularne i pedagoške usklađenosti kroz sva STEM područja, a pripadajući bi grafički prikaz izgledao ovako:



Peti način zagovara složenu ideju prave integracije svih četiriju disciplina ili u sklopu posve novog školskog predmeta ili u sklopu postojećih predmeta. Ako se radi o novom predmetu, u njemu bi se poučavali pomno promišljeni integrirani sadržaji. Dosadašnji prijedlozi nude parcijalne integracije, ali ne i one matematike i prirodoslovja. Ako se radi o zadržavanju postojećih predmeta, ovdje bi trebalo promisliti koji bi to bili tehnološki, inženjerski, prirodoslovni i matematički sadržaji koje bi nastavnici npr. prirode mogao stvarno integrirati u svoj predmet. U svakom slučaju, ova bi se ideja grafički mogla prikazati jednostavno kao:

STEM

Ovdje je prikazano više prijedloga, strategija i modela koji bi se mogli razmotriti prilikom poučavanja STEM sadržaja. No, Dugger (2010.) naglašava da treba još promisliti o svakoj i napraviti pilot-istraživanja kako bi se saznalo koji model ili strategija su najbolji i optimalni za određenu sredinu.

Problem integracije matematike u druga područja

Nema mnogo istraživanja vezanih uz efekte integracije STEM sadržaja u obrazovanje, stoga mnoge trenutačne ideje ostaju samo na razini prijedloga. Veći broj istraživanja o ovoj temi bio bi od velike koristi jer rezultati mogu pokazati u kojem bi se smjeru ideje i rasprave trebale voditi.

Primjerice, u ovom trenutku literatura pokazuje oprečne stavove prema integraciji matematike u ostala STEM područja. Kelley i Knowles (2016.) navode da učenici pokazuju bolje rezultate na testovima iz matematike i da su bolje motivirani ako se nastavnik koristi integriranim pristupom STEM obrazovanju. S druge strane, prema metaanalizi koju je provela Hurley (2001.) o istraživanjima i projektima vezanima uz integraciju nastave matematike i prirodnih predmeta, pokazalo se da je dobitak takve integracije za ishode u matematici mnogo manji u usporedbi s ishodima u drugim prirodnim predmetima. Rezultati pokazuju da kod jednostavnog

spajanja nastave matematike s drugim predmetima učenici pokazuju slabije rezultate u matematičkim postignućima u odnosu na situaciju kad je matematika organizirana kao zasebni predmet (Honey i sur., 2014.).

Stoga zaključujemo da je problem integriranja STEM predmeta u školskoj praksi vrlo kompleksno i osjetljivo pitanje koje otvara brojna nova pitanja i nedoumice (Kelley i Knowles, 2016.) i ne može se samo stihijski integrirati. Projekti i istraživanja o ovoj problematici koji se trenutačno provode diljem svijeta doprinijet će novim znanjima i zaključcima. Jedno od rješenja za matematiku je možda da jedan njen dio bude svakako integriran s drugim STEM predmetima, ali da i uz to matematika ostane zasebni školski predmet.

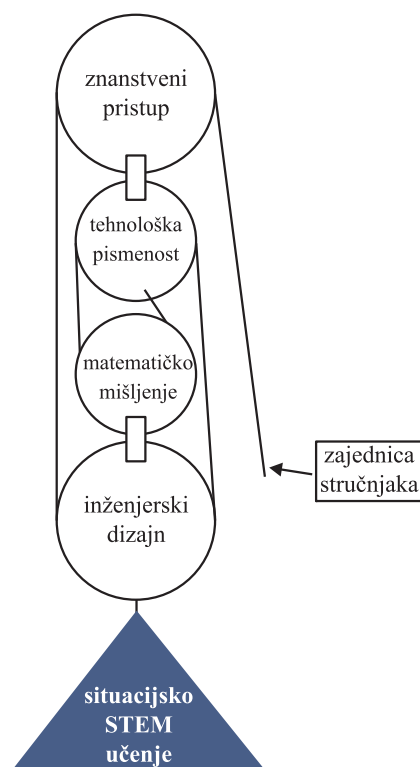
Jedan teorijski model integriranog STEM obrazovanja

U posljednje tri godine doneseni su vrijedni prijedlozi okvira za integrirano STEM obrazovanje kao prvi koraci koji se zatim trebaju primijeniti u praksi i eventualno modificirati. Primjerice, Honey i sur. (2014.) su razvili istraživački okvir s ciljem proučavanja pozitivnih ishoda integriranog STEM obrazovanja. Još jedan zanimljiv konceptualni okvir za integrirano STEM obrazovanje prikazan je u radu autora Kelley i Knowles (2016.). Tu autori prikazuju STEM obrazovanje kao sustav međusobno povezanih kolotura koje prikazuju povezanost matematičkog mišljenja, znanstvenog pristupa, inženjerskog dizajna, tehnološke pismenosti i situacijskog učenja (slika 1).

Situacijsko STEM učenje na slici predstavlja "teret" koji se treba podići. Ono se odnosi na razumijevanje kako znanje i vještine mogu biti implementirani u raznim situacijama jer su konteksti od ključne važnosti za proces učenja. Takvo učenje u autentičnom okruženju se upravo događa u STEM-u. Prva kolotura na slici odnosi se na inženjerski dizajn. S pomoću njega učenici uče sistematični pristup kako rješavati probleme koji se prirodno javljaju unutar STEM područja. Inženjerski dizajn omo-



gućuje pronalaženje veza između STEM disciplina, a to je ključno za integraciju. Analitički element unutar inženjerskog dizajna potiče učenike da se koriste matematikom i znanstvenom metodom u kreiranju i provođenju eksperimenata. Druga kolotura predstavlja znanstveni pristup kojim se učenici potiču razmišljati kao pravi znanstvenici, postavljati pitanja i hipoteze te provoditi istraživanja. Znanstveni pristup zahtijeva od nastavnika da u nastavi potiču



Slika 1. Grafički prikaz konceptualnog okvira za STEM učenje (Izvor: Kelley i Knowles, 2016, str. 4).



znatiželju, otvorenost novim idejama i skepticizmu koji su tipični za prirodne znanosti. Treća kolotura se odnosi na tehnološku pismenost. Učenike treba poticati da upoznaju tehnologiju kao fizičke artefakte te da kritički promišljaju o tehnologiji. Također, učenici tehnologiju trebaju shvatiti i kao sredstva za provođenje promjena u kulturi, društvu, politici, ekonomiji i okolišu. Četvrta kolotura predstavlja matematičko mišljenje na kojem se bazira rješavanje problema. S druge strane, rješavanje zadataka stavljenih u STEM kontekst može matematičari dati smisao jer učenici žele znati ne samo kako riješiti zadatak, već i zašto uopće trebaju učiti matematiku i gdje će im to trebati. Konačno, uže na slici prikazuje zajednicu stručnjaka. Naime, shvaćanje učenja kao aktivnosti za sobom povlači i socijalni aspekt učenja jer zajednica STEM stručnjaka pomaže da se učenik pomakne od lika do osobe koja ima kvalitetno znanje i vještine u STEM predmetima.

Ovaj model koji su predložili Kelley i Knowles (2016.) operacionalizira osnovne koncepte STEM obrazovanja i daje okvir za daljnja istraživanja u



ovom području. Sami autori navode da su za donošenje odluka u praksi potrebne dodatne studije o ovom području.

Novi trendovi u praktičnom radu s učenicima u STEM području

Temeljeno na spomenutim teorijskim osnovama, primjeri dobre prakse poučavanja sadržaja iz STEM područja karakteriziraju: nastava usmjerena na učenika, primjena tehnologije, projektni rad, nastava temeljena na produkciji, fakultativna nastava te suradnja s poslovnim i znanstvenim sektorom.

Nastava usmjerena na učenika potiče autonomiju i samostalnost učenika u rješavanju problema iz STEM područja, pri čemu se sadržaji, aktivnosti i ritam učenja pojedinačno prilagođavaju učenicima. Aktivnosti su prožete problemskim zadacima koji u velikoj mjeri potiču kritičko mišljenje. Ti problemski zadatci su pomno odabrani tako da učenik do novih znanja dolazi kroz traženje odgovora na zadani problem, u velikom dijelu kroz praktičan rad i kroz povezivanje sadržaja iz više STEM disciplina. U ovakvom obliku nastave nastavnik treba imati znanje i kapacitet osmisliti inovativne zadatke kroz koje se potiče primjena znanja u novom, često neočekivanom kontekstu.

Suvremeno poučavanje STEM predmeta koristi se tehnologijom i e-učenjem u svim elementima nastavnog procesa: učenici preko e-learning mrežnih portala mogu pristupiti nastavnim materijalima te zajedno surađivati na projektnim zadacima. U predmetima kao što su matematika i fizika koriste se specifični programi koji olakšavaju usvajanje novih sadržaja, poput softvera dinamične geometrije i sl.

Projektni rad obogaćuje klasične metode poučavanja i učenja te kroz projekt potiče timski rad i suradnju među učenicima, ali i samostalnost u rješavanju problema. STEM projekti su interdisciplinarni jer povezuju različita STEM područja, a projektni rad

može uključivati i izlaganja na različitim stručnim i znanstvenim sajmovima i skupovima.

Suvremeni trendovi u STEM području naglašavaju poučavanje u kojem učenici sami izrađuju makete, modele, minirobote, strujne krugove i sl. te pritom uče nove sadržaje često i metodom pokušaja i pogrešaka. Ovakav pristup poučavanju potiče visoku samostalnost učenika te uvodi elemente igre u učenje.

Sve više osnovnih i srednjih škola u svoje programe uvode neki oblik fakultativne ili izborne nastave vezane uz STEM područje. Osim robotike, astronomije i programiranja, škole u sklopu takve nastave dodaju nove sadržaje nedovoljno zastupljene u redovnoj nastavi kao što su znanost o okolišu, energetici, održivom razvoju i sl.

Suvremena STEM nastava uključuje suradnju s poslovnim i znanstvenim sektorom. U to se ubrajaju posjeti visokoobrazovnim i znanstvenim ustanovama kao što su fakulteti i istraživački instituti, suradnja s različitim industrijama, laboratorijima te postrojenjima gdje rade stručnjaci najrazličitijih STEM profila. Ovakvi posjeti imaju za cilj potaknuti interes učenika za STEM područje, ali i odabir STEM zanimanja u budućnosti te im pružiti dodatne informacije o primjeni STEM znanja u širokim područjima ljudske djelatnosti.

Zaključak

Rasprave vezane uz integraciju STEM predmeta iznijele su zanimljive prijedloge i mogućnosti o smislenom povezivanju STEM sadržaja i aktivnosti. Pritom, s jedne strane, suvremeni život zahtijeva što hitnije uključivanje STEM obrazovanja u nastavu, ali, s druge strane, za implementaciju treba vremena kako bi se napravili smisleni kurikuli i kvalitetno educirali nastavnici. U svakom slučaju, stručnjaci se slažu da se na STEM fenomen treba gledati kao na priliku da se pametno integriraju pojedini sadržaji četiriju spomenutih STEM disciplina: kroz projektnu nastavu, poticanje znanstvenog pristupa, inženjerskog dizajna, matematičke strogoće, implementacije prikladnih tehnologija za unapređenje

učenja te povezivanja učenika i nastavnika s ekspertima unutar STEM-a (Kennedy i Odel, 2014).

Zaključno možemo reći da suvremena nastavna praksa u području STEM-a treba biti inovativna, usmjerena na učenika, interdisciplinarna, počivati na projektnom i timskom radu, koristiti se prednostima e-učenja te postavljati probleme koji se mogu povezati sa svakodnevnim životom. Učitelj pritom ima ulogu posrednika, a učenik je taj koji aktivno stvara, dizajnira, propitkuje, rješava probleme i donosi zaključke. Ove aktivnosti dodatno usmjeravaju učenike koji pokazuju afinitet prema STEM području te služe kao priprema za pristup višem obrazovanju u području STEM-a, no mogu potaknuti razvoj aspiracija i kod učenika koji pokazuju manje interesa za STEM.

LITERATURA

- 1/ ASPIRES (2013.): *Young people's science and career aspirations, age 10–14*, Department of Education and Professional Studies, London: King's.
- 2/ E. W. Dugger (2010.): *Evolution of STEM in the United States*, Paper presented at the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research in Australia. Preuzeto 24.1.2017., <http://citeseerx.ist.psu.edu/>
- 3/ European Commission (2012.): *Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes*, Brussels: European Commission. Preuzeto 24.1.2015., http://www.cedefop.europa.eu/files/com669_en.pdf
- 4/ M. Honey, G. Pearson & H. Schweingruber (2014.): *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*, Washington, DC: The National Academic Press.
- 5/ M. M. Hurley (2001.): *Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions from New Perspectives*, School Science and Mathematics, 101(5), 259–268.
- 6/ T. R. Kelley, J. G. Knowles (2016.): *A conceptual framework for integrated STEM education*, International Journal of STEM Education, 3(11), 1–11.
- 7/ T. Kennedy & M. Odell (2014.): *Engaging students in STEM education*, Science Education International, 25(3), 246–258.
- 8/ UNESCO (2015.): *STEM education and the curriculum: Issues, tensions and challenges*, International STEM High-level Policy Forum on "Evidence-based Science Education in Developing Countries", Kuala Lumpur, 26–27 May 2015, Paris: UNESCO.