

časopis edukacije biologije

BROJ: 7

Prosinac 2021.



Osnivač i nakladnik:
Hrvatsko biološko društvo
Societas biologorum croatica
Rooseveltov trg 6
10000 Zagreb

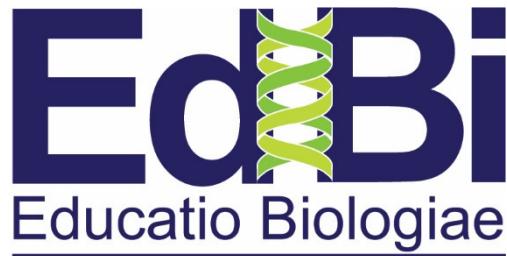


Pokrovitelj:
Biološki odsjek
Prirodoslovno matematički fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Rooseveltov trg 6
10000 Zagreb



PMF

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Biološki odsjek



časopis edukacije biologije

Izdavač / Publisher
Hrvatsko biološko društvo
Rooseveltov trg 6 , 10000 Zagreb
URL: <http://www.hbd-sbc.hr/>
E-mail: info@hbd-sbc.hr

SOCIETAS BIOLOGORUM CROATICA



Hrvatsko biološko društvo

ISSN 1849-6520
DOI 10.32633/eb

**Uredništvo časopisa EdBi /
Editorial Board of the Journal EdBi**

Glavni urednik / Editor-in-Chief
Ines Radanović, ines.radanovic@biol.pmf.hr

Operativni urednici / Deputy Editors
Mirela Sertić Perić, mirela.sertic.peric@biol.pmf.hr
Žaklin Lukša, zaklinluksa@gmail.com

Uredništvo / Editors
Mladen Kučinić (predsjednik HBD), Diana Garašić, Irena Labak, Damir Sirovina

Web urednik
Renata Horvat, renata.horvat@biol.pmf.hr

EdBi je elektronički časopis na web stranici HBD-a
i izlazi najmanje jednom godišnje

Znanstveni rad	Stranice
<p>1. <i>Marina Balažinec, Ines Radanović, Mirela Sertić Perić</i> Izvori učenja učenika petih razreda osnovne škole u nastavi Prirode Sources of learning eleven years old elementary school students in Science class https://hrcak.srce.hr/281156 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.1</p>	1 - 12 13 - 16
Stručni rad	
<p>2. <i>Dorotea Urbanović, Slavica Šimić Šašić, Ines Radanović</i> Procjena potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području kao alat za unaprjeđenje pristupa poučavanja darovitih učenika Assessing potential giftedness in the natural field as a tool to improve teaching of gifted students https://hrcak.srce.hr/281113 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.2</p>	17 – 23 24
<p>3. <i>Melita Sambolek, Karmena Vadlja Rešetar</i> Učimo iz iskustva - online nastava u STEM području Online teaching in the STEM group of courses https://hrcak.srce.hr/281120 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.3</p>	25 – 35 36
<p>4. <i>Jelena Barbarić - Gaćina</i> Mogućnosti muzeja kao učionice u nastavi biologije Possibilities of the museum as a classroom in teaching biology https://hrcak.srce.hr/281121 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.4</p>	37 – 48 49
Primjer nastavne prakse	
<p>5. <i>Leo Šamanić</i> Ribarstvena biologija - interdisciplinarni pristup u poučavanju biologije i ekologije Jadranskog mora te održivo upravljanje živim bogatstvima mora Fisheries biology - an interdisciplinary approach to teaching biology and ecology of the Adriatic Sea and sustainable management of living marine resources https://hrcak.srce.hr/281157 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.5</p>	50 – 54 55
<p>6. <i>Jelena Barbarić - Gaćina</i> Primjer obrade nastavne teme Dišni sustav u strogim epidemiološkim uvjetima Teaching topic Respiratory system in strict epidemiological conditions https://hrcak.srce.hr/281158 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.6</p>	56 – 63 64
<p>7. <i>Denis Horvat</i> Upotreba klasičnih društvenih igara pri usvajanju gradiva nastave biologije The use of classical social games for teaching of biology basic concepts https://hrcak.srce.hr/281159 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.7</p>	65 – 68 69
Prikaz biološkog područja ili metode pogodne za poučavanje i učenje	
<p>8. <i>Nikolina Sabo</i> Primjena spektrofotometrije u učenju Biologije i ostalih predmeta prirodoslovnog područja Application of spectrophotometry in the teaching of biology and other subjects of the natural sciences https://hrcak.srce.hr/281160 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.8</p>	70 – 81 82
<p>9. <i>Anita Tarandek</i> Invazivni beskraltežnjaci u hrvatskim slatkovodnim ekosustavima kao kontekst poučavanja Invasive invertebrates in Croatian freshwater ecosystems https://hrcak.srce.hr/281161 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.7.9</p>	83 – 91 92

Izvori učenja učenika petih razreda osnovne škole u nastavi Prirode

Balažinec M.¹, Radanović I.², Sertić Perić M.²

ORCID: 0000-0001-9762-0668; ORCID: 0000-0003-3239-0536; ORCID: 0000-0002-4744-7884

¹ III. osnovna škola Varaždin, Trg Ivana Perkovca 35, Varaždin;

marina.barisic13@gmail.com

²Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je dobiti uvid u navike upotrebe različitih dodatnih izvora znanja/informacija prilikom učenja nastavnih sadržaja iz predmeta Priroda učenika petog razreda osnovne škole obzirom na spol, veličinu mesta stanovanja, zaključnu ocjenu iz predmeta Priroda i društva u 4. razredu osnovne škole te korištene nastavne metode i strategije na satu Prirode. U istraživanju je sudjelovalo 930 učenika petih razreda iz 28 škola iz cijele Hrvatske. Učenici su putem online ankete trebali odabrati dodatni izvor znanja koji najčešće koriste kada im nešto nije jasno prilikom učenja nastavnih sadržaja iz predmeta Priroda. Prilikom obrade nastavnih tema učenici su učili kolaborativnim istraživačkim učenjem, istraživačkim učenjem ili tradicionalnim oblikom učenja. Rezultati su pokazali kako je odabrani način učenja utječe na učenički odabir izvora učenja uz obrnuto proporcionalan odnos i povećanje korištenja komunikacijskih izvora (učitelj, prijatelji, roditelj) u odnosu na individualne izvore (udžbenik, bilježnica, Internet), u skladu s povećanjem neposrednog učenja, a time i neovisnosti učenja. Udžbenik i dalje glavni izvor informacija prilikom učenja, ali kolaborativno istraživačko učenje potiče uz korištenje Interneta i raznovrsnije korištenje ostalih izvora učenja. Rezultati upućuju na to kako je izuzetno važno prilikom planiranja poučavanja odabrati način učenja koji će učenicima alfa generacije omogućiti dinamičnost prilikom učenja i slobodu odabira strategija učenja i rješavanja problema.

Ključne riječi: kolaborativno istraživačko učenje; alfa generacija; Internet; udžbenik; razgovor

UVOD

Nastava je odgojno-obrazovni proces prožet specifičnim odnosima nastavnika i učenika s ciljem razvoj učenikove samostalnosti, osobnosti, individualnosti i originalnosti odnosno samoreguliranog učenja (Tot, 2010). Hoće li se i na koji način ciljevi nastave ostvariti ovisi o nastavniku, učeniku, njihovoj motiviranosti, razrednoj klimi, odabranim nastavnim metodama, strategijama i izvorima učenja.

Izvori učenja su nosioci i posrednici informacija koji mogu unaprijediti i obogatiti nastavu, pomoći u stvaranju poticajne atmosferu za učenje, pobuditi zainteresiranost, povećati motivaciju i doprinijeti pozitivnim stavovima učenika prema pojedinim predmetima i učenju te pomoći u konstrukciji znanja i razumijevanju sadržaja (Koren, 2014). Koren dijeli izvore učenja na: ljudske resurse, izvornu stvarnost i nastavna sredstva. „Izvorna stvarnost jest najširi i najegzaktniji izvor znanja i ujedno najpogodnije mjesto za razvijanje radnih sposobnosti učenika“ (Poljak, 1985). U izvornu stvarnost ubrajamo biljke, životinje, zbirke, preparate, građevine, kipove i za razliku od drugih izvora učenja, izvorna stvarnost stimulira sva osjetila i zbog toga djeluje izuzetno motivirajuće na učenike (Koren, 2014). Kada izvorna stvarnost nije dostupna, kao izvori učenja služe nastavna sredstva. Bognar i Matijević (2005) klasificiraju nastavna sredstva prema osjetilima koja su relevantna za njihovo korištenje i to na: vizualna nastavna sredstva, auditivna nastavna sredstva i audiovizualna nastavna sredstva, a Koren ovdje dodaje još i interaktivna nastavna sredstva. Jedan od temeljnih vizualnih nastavnih sredstava koji se koristi u nastavi za motiviranje i razumijevanje tema ili problema još od vremena Komenskog je udžbenik (Borić i Škugor, 2011). Postoje razne definicije udžbenika. Neke od njih su da je udžbenik: „najstariji izvor znanja u procesu edukacije“ (Malić, 1986), „glavni izvor znanja“ (Mikk, 2000). Antić

(2013) za udžbenik kaže da je sociološko-kulturno konstruirano nastavno sredstvo (ili kombinacija nastavnih sredstava), koje sadrži sistematizirana znanja iz nekog područja, koja su didaktički oblikovana za određeni nivo obrazovanja i određeni uzrast učenika, tako da imaju razvojno-formativnu ulogu, učestvuju kao medijator u izgradnji učeničkih znanja i načina mišljenja. Da su glavni izvor znanja potkrepljuju i brojna istraživanja koja se bave pitanjima kvalitete i uloge udžbenika u nastavnom procesu (Antić, 2013; Borić i Škugor, 2011; Matijević i sur., 2013), kako i zašto učenici koriste udžbenik (Antić, 2013; Jukić Matić i Glasnović Gracin, 2020; Matijević i sur., 2013.; Novota i sur., 2012) i stavovima učitelja o udžbenicima (Domović i sur., 2012; Glasnović Gracin i Domović, 2009). Tako Borić i Škugor (2011) u istraživanju provedenom na 12 udžbenika iz Prirode i društva od 1. do 4. razreda odobrenih od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta za školsku godinu 2010/11. utvrđuju kako pitanja iz udžbenika većinom ispituju znanja nižih kognitivnih razina, a Matijević i sur. (2013) da su udžbenici osnovnih škola bolje didaktički oblikovani od udžbenika srednjih škola. Što se tiče istraživanja vezanih za stavove učenika o udžbenicima, istraživanje koje je provela Antić (2013) je pokazalo da u ustaljenim obrascima ponašanja učenika postoji očekivanje da je udžbenik samo prenosilac informacija od nastavnika do učenika te da se udžbenici koriste uglavnom van škole, u situaciji samostalnog učenja, pri čemu je dominantna strategija učenja svedena na pamćenje. Novota i sur. (2012) svojim su istraživanjem na uzorku od 421 učenika srednjih strukovnih škola utvrđili kako svega 5% ispitanika misli da su udžbenici tehničkih predmeta dobro napisani i da većinom uče iz bilježnice. Matijević i sur. (2013) također su došli do rezultata da većina srednjoškolskih učenika uglavnom uči iz bilježnica, ali i kako učestalost korištenja udžbenika za učenje ovisi o predmetu, a udžbenike većinom percipiraju kao monotone i dosadne, dok najpozitivnije ocjenjuju njihovu temeljitost, korisnost i preglednost. S druge strane, Jukić Matić i Gracin (2020) svojim su istraživanjem na učenicima osnovnih škola (N=192) utvrđili kako učenici redovito koriste udžbenike iz matematike prilikom rješavanja zadataka i domaćih zadaća. Istraživanja koja su se bavila učiteljskim stavovima o udžbenicima otkrivaju kako učitelji matematike za udžbenik iz matematike navode njegovo svakodnevno korištenje u nastavi i materijal za domaću zadaću. Učitelji ga najviše koriste za pripremu nastave, a čak 80% učitelja zadovoljno je kvalitetom udžbenika (Glasnović Gracin i Domović, 2009). Bežen i Munk (2003) navode kako učitelji smatraju da su najveći problemi vezani uz visoke cijene i nedovoljnu kritičnost stručnih povjerenstava pri prosudbi udžbenika i slabu kvalitetu kao najveće probleme. Uz udžbenike, jedan od čestih izvora učenja za učenike je i bilježnica, što više istraživanja su pokazala da srednjoškolski učenici prilikom učenja češće posežu za bilježnicom nego udžbenikom (Ljeljak Pavleković, 2001; Novota i sur., 2012; Matijević i sur., 2013). Osim udžbenika i bilježnice, učenicima za učenje su dostupni i digitalni izvori za učenje koji obuhvaćaju širok spektar - od informacija koje su lako dostupne svima na Internetu do onih dizajniranih od strane nastavnika za potrebe konkretne nastave, odnosno od onih koji su dostupni nastavi u školskom kontekstu do onih koji su osnova učenja na daljinu i/ili učenju u online okruženju (Koren, 2014). Internet je dostupan većini učenika i oni ga svakodnevno koriste za komunikaciju i zabavu ali vrlo malo za učenje (Golijanin i sur., 2014; Novak, 2016). Osim udžbenika, bilježnice i Interneta, bitni izvori učenja su i ljudski resursi. U ljudske resurse ubrajamo sve one osobe koje svojim znanjem mogu doprinijeti procesu učenja (nastavnici, roditelji, predstavnici medija, gostujući predavači, drugi učenici) (Koren, 2014). Iako učitelj više nije jedini izvor informacija, ipak je njegova uloga u procesu učenja učenika neupitna kroz stvaranje pozitivnog razrednog ozračja, organizacije i vođenja odgojno-obrazovnog procesa (Koren, 2014). Roditelji također sudjeluju u učenju i njihova uključenost u djetetovo učenje predstavlja važan faktor koji doprinosi bolje školskom postignuću (Jeynes, 2012). Što se tiče učenja od vršnjaka, brojna istraživanja pokazuju kako razni oblici zajedničkog učenja poput suradničkog učenja, kolaborativnog

učenja izuzetno pozitivno djeluju na učeničku motivaciju (Slavin, 1999), ali i na bolje usvajanje znanja i vještina (Cota-Bekavac, 2002).

Arbunić i Kostović-Vranješ (2007) kao i Matijević i sur. (2013) spominju da upotreba izvora učenja ovisi i o metodama i strategijama koje se koriste na satu. Pa tako Arbunić i Kostović-Vranješ (2007) zaključuju kako korištenje udžbenika upućuje na tradicionalan i frontalni oblik nastave, a Matijević i sur. (2013) kako vrlo maleni broj učenika koristi Internet kao izvor učenja, što ukazuje na to da se digitalni izvori ne primjenjuju na nastavi.

Ovim istraživanjem htjeli smo ispitati za kojim dodatnim izvorima znanja/informacija posežu učenici kada im nisu jasni biološki sadržaji. Odnosno, cilj je steći uvid u navike upotrebe različitih dodatnih izvora znanja/informacija prilikom učenja nastavnih sadržaja iz predmeta Priroda učenika petog razreda osnovne škole.

Specifični ciljevi ovog istraživanja bili su istražiti:

- ◤ koriste li djevojčice i dječaci iste dodatne izvore znanja/informacija
- ◤ razlikuju li se navike upotrebe različitih dodatnih izvora informacija između učenika različite uspješnosti u predmetu Priroda
- ◤ razlikuju li se navike upotrebe različitih izvora informacija između učenika obzirom na veličinu škole koju pohađaju odnosno mjesta u kojem žive
- ◤ razlikuju li se navike upotrebe različitih izvora informacija između učenika koji su nastavne sadržaje iz predmeta Priroda na satu savladavali pomoću različitih nastavnih strategija i metoda poučavanja
- ◤ koriste li učenici kao osnovni izvor informacija školski udžbenik
- ◤ koriste li učenici alfa generacije Internet u svom učenju.

METODE

U istraživanju je sudjelovalo 930 (457 dječaka i 473 djevojčice) učenika petih razreda iz 28 škola iz cijele Hrvatske. U istraživanje su bile uključene škole iz velikih gradova iznad 35 000 stanovnika (Osijek, Pula, Šibenik, Zagreb), manjih gradova koji imaju manje od 35 000 stanovnika (Belišće, Čakovec, Čepin, Ivanec, Križevci, Koprivnica, Omiš, Pazin, Rab) i sela/mjesta s manje od 5 000 stanovnika (Breznički Hum, Brodarica, Cres, Cista Velika, Donja Voća, Draškovec, Gola, Karojba, Klenovnik, Kloštar Podravski, Oreboveč, Sviboveč, Štrigova, Trviž, Visoko). Učenici su ispitani na satovima Prirode putem online ankete izrađene u aplikaciji *Google forms*, gdje su trebali zaokružiti dodatni izvor znanja koji najčešće koriste kada im nešto nije jasno prilikom učenja nastavnih sadržaja iz predmeta Priroda. Pitanje je glasilo: *Za učenje Prirode kada mi nešto nije jasno najčešće koristim: a) udžbenik, b) bilježnicu, c) Internet, d) pitam učitelja, e) pitam roditelje, f) pitam prijatelja.* Pitanje je testirano na uzorku od 80 učenika, kako bi se procijenila pouzdanost, valjanost i objektivnost upitnika (Cronbach Alpha 0,77). Nastavne metode i strategije koje su se prilikom obrade nastavnih tema koristile bile su (termin učitelj i učenik se koristi bez rodne i spolne označke):

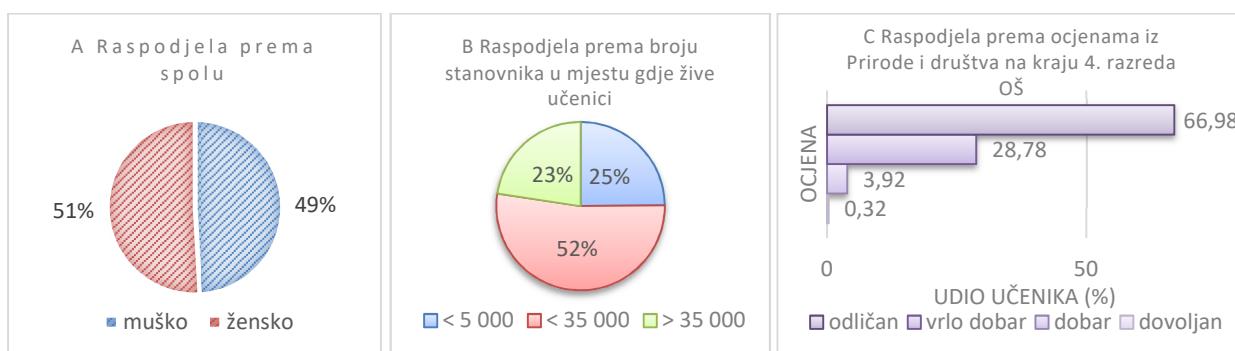
- I) kolaborativno istraživačko učenje (nastava temeljena na zajedničkom rješavanju problema i zajedničkom učenju u zajedničkom učenju učenika različitih odjeljenja na teritoriju Hrvatske, tijekom koje su učenici samostalno individualnim digitalnim izvorima poput Interneta, uz minimalnu pomoć učitelja rješavali problemske zadatke i gdje su se komunikacijski izvori učenja najčešće temeljili na razgovoru između učenika koji su pomagali jedni drugima u učenju);
- II) istraživačko učenje (nastava temeljena na grupnom radu i pokusima gdje su od izvora učenja korištene izvorna stvarnost i udžbenik kao individualni izvor učenja te učitelj kao komunikacijski izvor učenja uz neposrednu komunikaciju razgovorom između učitelja i učenika);

III) tradicionalno učenje (nastava uz heuristički razgovor s učenicima uz frontalni oblik rada, gdje je najčešći individualni tekstualni izvor učenja na satu bio je udžbenik, a dominantni komunikacijski izvor učenja učitelj, tijekom neposredne komunikacije razgovorom učitelja i učenika te uz učiteljeve predavačke sekvence).

ANOVA je primijenjena za utvrđivanje značajnosti razlika odabira izvora učenja s obzirom na karakteristiku učenika (spol, veličina mjesta, ocjena i način učenja), uz Post Hoc Tukey test za utvrđivanja signifikantnih srednjih razlika između parova izvora učenja te Kolmogorov-Smirnov test za testiranje ima li varijabla identične distribucije u 2 populacije za detaljniju interpretaciju utjecaja ocjene na izbor izvora učenja. Linearni regresijski model korišten je za utvrđivanje povezanosti komunikacijskih, odnosno individualnih izvora učenja. Za identifikaciju interakcije varijabli i utvrđivanje varijabli karakteristika učenika koje imaju najveći utjecaj na izbor izvora učenja izrađen je klasifikacijski model stabla odlučivanja s tipom razvrstavanja CHAID (Chi-square Automatic Interaction Detector) tehnike (alphasplit = 0,05; alphamerge = 0,05; Bonferroni). Statistički proračuni izrađeni su uz pomoć SPSS programskog paketa (IBM, 2013).

REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 930 učenika petih razreda iz 28 škola iz cijele Hrvatske. Prema spolnoj strukturi (slika 1A) u uzorku su neznatno dominirale djevojčice (457 dječaka i 473 djevojčice).



Slika 1 Struktura uzorka učenika 5. razreda osnovne škole; A: Spolna raspodjela ispitanika; B: Raspodjela ispitanika prema veličini mjesta; C: Raspodjela ispitanika prema zaključnoj ocjeni iz Prirode i društva u 4. razredu osnovne škole

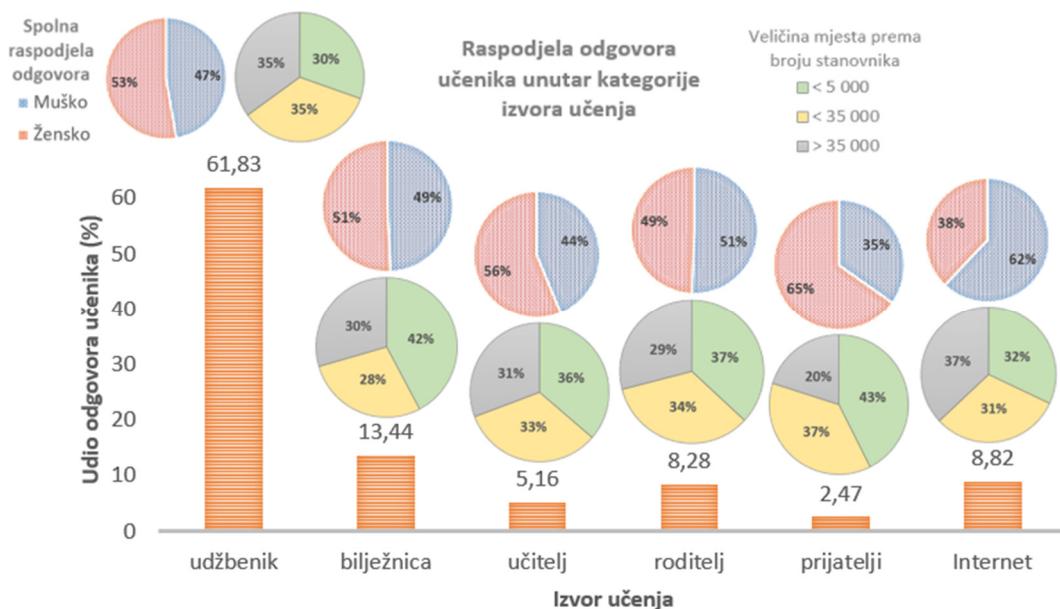
S obzirom na veličinsku strukturu mjesta (slika 1B) u istraživanje je bilo uključeno 214 učenika iz gradova iznad 35 000 stanovnika, 483 učenika iz gradova i općina koji imaju manje od 35 000 stanovnika i 233 učenika iz gradova, naselja i općina s manje od 5000 stanovnika. Od 930 učenika, većina (66,98 %) je iz Prirode i društva u 4. razredu osnovne škole imala zaključeno ocjenu odličan (slika 1C), nešto manje od trećine učenika imalo je ocjenu vrlo dobar (28,78 %), dok su druge ocjene zastupljene u malom postotku (3,92 % dobar i 0,32 % dovoljan).

Analiza korištenja izvora učenja (slika 2) ukazuje da više od polovice ispitanih učenika (61,38 %), koristi udžbenik kao osnovni izvor informacija. Na drugom mjestu korištenja pri učenju je bilježnica koju koristi 13,44 % učenika, zatim Internet kojeg koristi 8,82 % učenika. Vrlo malo učenika za pomoć pri učenju koristi komunikaciju za dodatno pojašnjenje tijekom učenja (15,87 %). Ako pitaju za pomoć, većina njih će prvo pitati roditelja (8,36 %) a tek onda učitelja (5,08 %) ili prijatelja (2,43 %). Rezultati su pokazali kako je odabir izvora učenja ujednačen s obzirom na spol (slika 2). Djevojčice su za pojašnjenje prilikom učenja (slika 2) sklonije pitati prijatelje (65 %) ili učitelja (56 %). Internet kao izvor znanja dječaci (62 %) više koriste u odnosu na djevojčice (38 %). Vrlo mali broj djevojčica (4,09 %) i dječaka (4,20 %) pita

roditelje za objašnjenja, a još manji broj traži pomoć učitelja (2,83 % djevojčica i 2,20 % dječaka) ili prijatelja (1,57 % djevojčica i 0,86 % dječaka).

ANOVA ukazuje na značajne razlike karakteristika učenika vezanih uz odabir izvora učenja s obzirom na ocjenu ($F = 3,185$; $p < 0,05$) i način učenja ($F = 4,603$; $p < 0,001$) te na izostanak značajnih razlika s obzirom na spol ($F = 1,957$; $p > 0,05$) i veličinu mjesta ($F = 1,161$; $p > 0,05$). Post Hoc Tukey HSD analiza utjecaja zaključne ocjene na odabir izbora učenja pokazuje samo manje signifikantne razlike korištenja između udžbenika i bilježnice (srednja razlika = 0,171; $p < 0,05$). Uz način učenja, osim u odnosu korištenja udžbenika prema bilježnici (srednja razlika = 0,248; $p < 0,05$) uočene su nešto veće signifikantne razlike i uz korištenje udžbenika u odnosu na Internet (srednja razlika = 0,302; $p < 0,05$).

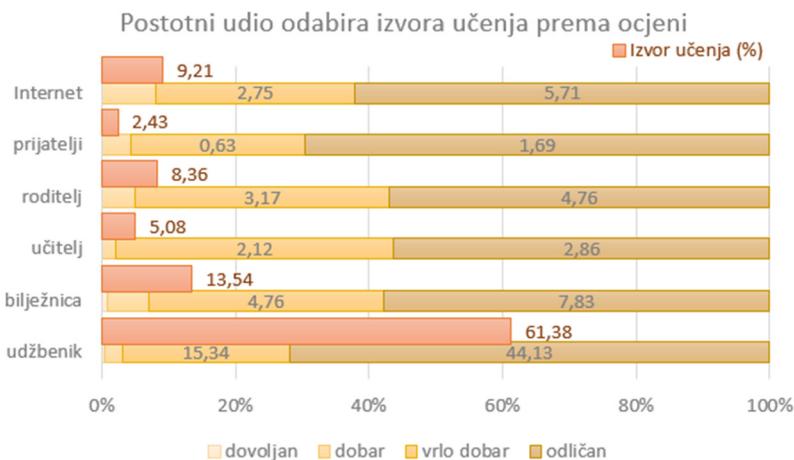
Učenici podjednako često, bez obzira na spol, posežu za bilježnicom i pojašnjenjem roditelja prilikom učenja (slika 2). Ipak je uočljiva razlika (slika 2) u korištenju Interneta kod dječaka (62 %), odnosno udžbenika (53 %) kao i razgovora s prijateljima (65 %) kod djevojčica. U korištenju izvora učenja s obzirom na veličinu mjesta u kojem se nalazi škola može se uočiti da učenici koji žive u velikim gradovima s više od 35 000 stanovnika više koriste Internet (37 %) i manje se oslanjaju na razgovor s prijateljima kada se susretnu s problemom u učenju. Za razliku od ostale dvije skupine učenika, učenici koji žive u manjim mjestima s brojem stanovnika manjim od 5 000, više se oslanjaju na komunikacijske izvore (prijatelji 43 %, roditelji 37 % i učitelj 37 %) te bilježnicu (42 %).



Slika 2 Prikaz učestalosti odabira izvora učenja kod učenika petih razreda uz pitanje: *Što koristiš za učenje Prirode i gdje tražiš pomoć kada ti nešto nije jasno?*

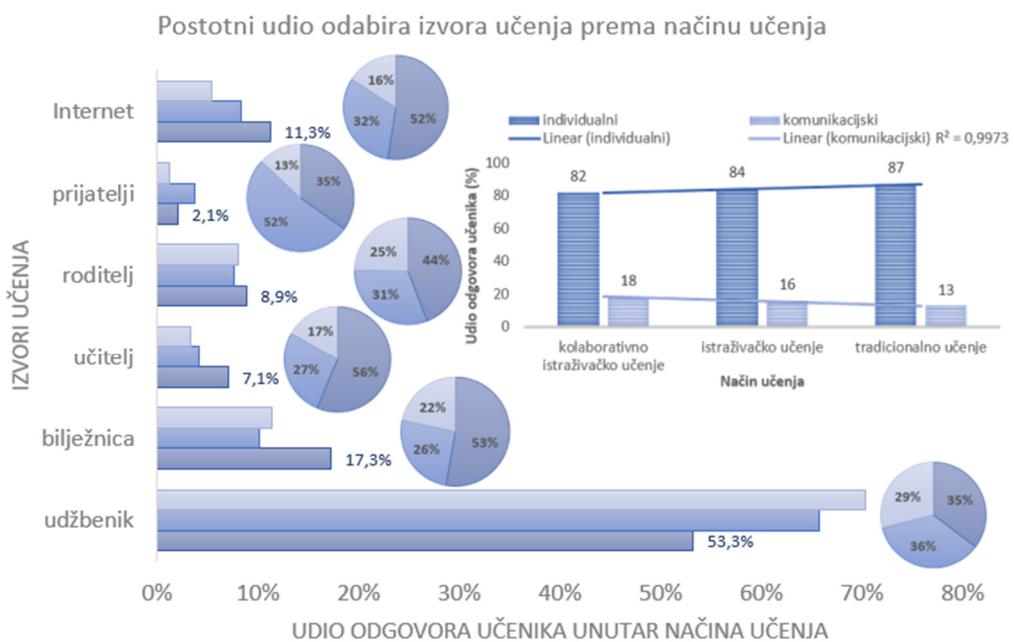
U odabiru izvora učenja ovisno o zaključnoj ocjeni iz Prirode i društva u 4. razredu osnovne škole može se uočiti da su učenici s višim ocjenama skloniji tražiti pomoć na različitim mjestima (slika 3). Odlični učenici dominantno koriste udžbenik (66 %) kako bi si razjasnili nedoumice u znanju. Znatno manje koriste bilježnicu (12 %) i Internet (8 %) te pitaju za pomoć roditelje (7 %) ili učitelja (5 %), dok se prijateljima (3 %) jako rijetko obraćaju za pomoć. Slično pomoći u prikupljanju informacija za učenje traže i vrlo dobri učenici, osim što oni prije traže pomoći od roditelja (11 %) nego da informacije potraže na Internetu (9 %). Kolmogorov-Smirnov test između ocjena potvrđuje signifikantne razlike distribucije populacije samo za korištenje izvora učenja između vrlo dobrih i odličnih učenika ($Z = 1,507$; $p > 0,05$), odnosno ustanovljeno je da vrlo dobri učenici značajno više koriste bilježnicu u odnosu na udžbenik

nego što to čine odlični učenici (slika 3). Za dobre i dovoljne učenike ne može se sa sigurnosti zaključiti odabir udžbenika zbog malog broja učenika u uzorku te se zbog toga dobiveni rezultati tumače kao sklonost. Dobri učenici su skloni pomoći potražiti u udžbeniku (42 %), u bilježnici (22 %) ili na Internetu (20 %) te se rjeđe obraćaju roditeljima (11 %), a vrlo rijetko učitelju i prijateljima (3 %). Učenici koji imaju dovoljan u učenju su skloni orientiranosti samo na udžbenik (67 %) i na bilježnicu (33 %).



Slika 3 Odabir izvora učenja prema zaključnim ocjenama u 4. razredu iz Prirode i društva

Način učenja značajno utječe na korištene izvore znanja (slika 4) te se pokazalo da su učenici koji su učili na tradicionalan način puno više koristili udžbenik (70 %) nego učenici koji su koristili istraživačko učenje (66 %) i kolaborativno istraživačko učenje (53 %). Učenici koji su u svom učenju primjenjivali kolaborativni istraživački pristup koristili su Internet više (11 %) od učenika koji su učili na tradicionalan način (6 %) i nešto više od učenika koji su primjenjivali istraživačko učenje (8 %).



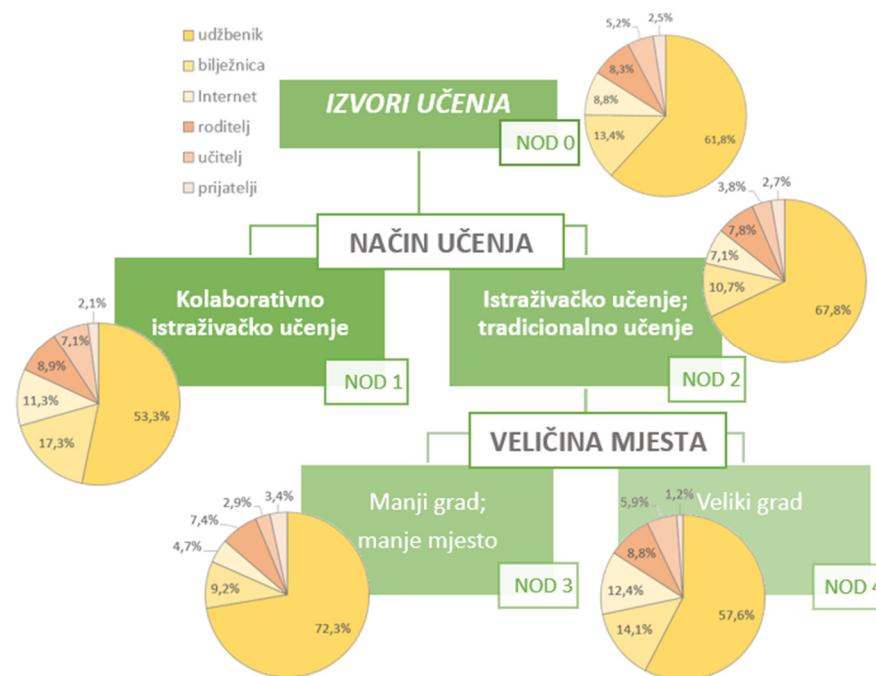
Slika 4 Odabir izvora učenja prema načinu učenja

Također se pokazalo kako od svih tipova učenja kolaborativno istraživačko učenje najviše potiče učenike da komuniciraju s učiteljima (7 %), dok su učenici koji su učili na tradicionalan način najmanje za pomoć pitali učitelja (3 %). Od svih tipova učenja, učenici koji su sudjelovali u kolaborativnom

istraživačkom učenju su najviše koristili bilježnicu kao izvor informacija (17 %) dok su učenici koji su sudjelovali u istraživakom učenju najviše od svih ostalih pitali prijatelja kada im nešto nije bilo jasno (4 %). Roditelje su svi podjednako koristili kao izvor informacija, bez obzira na način učenja.

U kolaborativnom istraživačkom učenju se znatnije koriste (slika 4) drugi izvori učenja osim samo udžbenika (od 35% do 56 %), u istraživačkom je učenju ostvarena izraženija suradnja između učenika uz oslanjanje na pomoć prijatelja (52 %), dok su u tradicionalnom učenju osim u udžbeniku (29 %) učenici veliku pomoć tražili od roditelja (25 %) uz učenje na osnovu bilježaka u bilježnici (22 %). Linearni regresijski model (slika 4) jasno odjeljuje u jednakoj snazi ($R^2 = 0,997$; $p < 0,05$) uz dominantne individualne izvore učenja (tekstualni izvori znanja udžbenik i bilježnica ta Internet kao multimedijski izvor) od komunikacijskih izvora učenja (razgovor s učiteljem, drugim učenicima i roditeljima). Pri tome je uočljiv obrnuto proporcionalan odnos individualnih i komunikacijskih izvora učenja uz povećanje komunikacijskih izvora povećanjem neposrednog učenja (istraživanje i kolaboracijsko istraživanje), a time i neovisnosti učenja.

Testiranje učinaka između odabira izvora učenja i karakteristika učenika opisanih spolom, veličinom mjesta, zaključnom ocjenom i načinom učenja provedeno je uz vizualizaciju klasifikacijskim modelom stabla odlučivanja s tipom razvrstavanja CHAID tehnike ($\text{alphasplit} = 0,05$; $\text{alphamerge} = 0,05$; Bonferroni). U rezultatima se javljaju 5 noda, jer su uz izvore učenja izdvojene kao važne nezavisne varijable način učenja ($\chi^2 = 24,647$; $p < 0,001$) i veličina mjesta ($\chi^2 = 21,086$; $p < 0,005$), koje se javljaju u dvije dubine čvorišta s 3 terminalna noda (slika 5).



Slika 5 Klasifikacijski model (CHAID) utjecaja karakteristika učenika (spol, veličina mjesta, ocjena i način učenja) na odabir izvora učenja

Potvrđen je utjecaj učitelja načinom poučavanja i učenja najizrazitiji ne izbor izvora učenja kod učenika, posebno u situacijama kada im nešto uz učenje nije jasno. S obzirom da se izdvaja kao terminalni nod (slika 5, nod 1), kolaborativno učenje je značajno drugačije u odnosu na druge načine učenja (istraživačko i tradicionalno). Kolaborativnim istraživačkim učenjem se potiče kod učenika veća otvorenost u izboru izvora učenja uz veći udio i drugih izvora znanja (slika 5, nod 1) u odnosu na ukupan

projek korištenja izvora učenja (slika 5, nod 0). Izuzetak je orijentiranost na upite priateljima, čemu su kao rješavanje nejasnoća pri učenju više orientirani učenici koji uče uz pomoć istraživanja kao i oni koji uče na tradicionalan način, koji su grupirani zajedno s obzirom na izbor izvora učenja (slika 5, nod 2). Osim načina učenja i veličina mesta se pokazala kao značajan utjecaj za izbor izvora učenja kod učenika kod tradicionalnog i istraživačkog učenja (slika 5, nod 2). U manjem gradu i manjem mjestu, koji su grupirani zajedno kao terminalni nod (slika 5, nod 3), učenici su skloniji za pomoć pitati prijatelje u odnosu na učitelja te je njihova otvorenost prema razgovoru s prijateljima za potrebe razrješavanja nedoumica u učenju najizraženija, dok je najmanje izražena sklonost traženja pomoći od učitelja (slika 5, nod 3). U velikom gradu, kao posljednjem terminalnom nodu (slika 5, nod 4), učenici kao izvor informacija za učenje više koriste Internet te su znatno manje usmjereni tražiti pomoć od prijatelja. Roditelje za pomoć pitaju podjednako s nešto većim udjelom kod kolaborativnog istraživačkog učenja (slika 5, nod 1) i u velikom gradu (slika 5, nod 4). U svakom za odabir izvora učenja značajnom nodu je vidljivo da su učenici više usmjereni na individualne izvore (udžbenik, bilježnica, Internet) u odnosu na manji izbor komunikacijskih izvora učenja (roditelj, učitelj, prijatelji) koje učenici kad im je potrebno pojašnjenje ili pomoć u učenju koriste u prosjeku samo 16 % (slika 5).

RASPRAVA

Istraživanje je pokazalo kako većina učenika za učenje bioloških sadržaja koji im nisu jasni koriste udžbenik. Slične rezultate dobili su i Jukić Matić i Gracin (2019) u svojem istraživanju na učenicima osnovnih škola, u kojem su utvrdili kako učenici redovito koriste udžbenike iz matematike prilikom rješavanja zadataka i domaćih zadaća. Moguće da je udžbenik za njih prvi odabir, jer se u njemu nalaze provjerene informacije i jer učitelji najčešće traže informacije koje su u njemu prilikom provjere znanja. Srednjoškolci, s druge strane, za učenje češće odabiru bilježnicu (Ljeljak Pavleković, 2001; Novota i sur., 2012; Matijević i sur., 2013) te tvrde kako im za učenje Biologije nije potreban udžbenik (Matijević i sur., 2013), no isto tako pokazalo se da učenici prvih razreda srednjih škola pozitivnije percipiraju udžbenik u odnosu na učenike četvrtih razreda srednjih škola (Matijević i sur., 2013), vjerojatno pod utjecajem poučavanja i učenje u osnovnoj školi. Takvi rezultati mogu se objasniti i rezultatima da su osnovnoškolski udžbenici bolje didaktički oblikovani (Matijević i sur., 2013) pa samim time i privlačniji učenicima za učenje, ali i nedostatkom kvalitetnih udžbenika koji bi zadovoljili nastavu stručnih predmeta u srednjim strukovnim školama (Novota i sur., 2012). Internet kao izvor učenja nalazi se tek na trećem mjestu i njegovo rijetko korištenje kao izvora učenja može ukazivati i na zastarjele metode poučavanja (Arbunić i Kostović-Vranješ, 2007; Matijević i sur., 2013). Rezultati se podudaraju sa istraživanjem Matijević i sur. (2013), gdje su srednjoškolski učenici također naveli da vrlo malo uče iz digitalnih izvora. Zanimljiv je i podatak da kada se radi o komunikacijskim izvorima učenja, učenici će za pomoć prvo pitati roditelja, a tek onda učitelja. Uzrok tome može biti taj što roditelje bolje poznaju i što se osjećaju slobodniji u komunikaciji s osobama s kojima provode svaki dan. Istraživanja pokazuju kako je uključenost roditelja u učenje učenika dobra za učenika te kako učenici čiji su roditelji uključeni u učenje postižu bolje rezultate (Jeynes, 2012). Osim što se učiteljeva uloga kao prenosioca informacija smanjila u odnosu na druge izvore informacija (Koren, 2014), rezultat da učenici učitelja pitaju vrlo rijetko (Dilon, 1981) za pomoć i pojašnjenje upućuje da vjerojatno zbog intenzivnog i dobro strukturiranog rada orientirano na uvijek novo učenje tijekom poučavanja i učenja u školi, učenici ne smatraju da se mogu vraćati na prethodne sadržaje ili pitati učitelja ako im nešto nije jasno. Zbog toga bi trebalo detaljnije provjeriti ovaj problem i pokušati povremeno, u nastavi uklopiti aktivnost u kojoj bi se učenike kontinuirano poticalo na razjašnjavanje problema u učenju. Zbog toga bi bilo posebno važno, tijekom nastavnih sati ponavljanja koji su većim dijelom usmjereni na različite oblike provjera

znanja, uklopliti i aktivnosti u kojima se učenici neće osjećati neugodno ako postave pitanja i traže pomoć u razjašnjavanju prethodnog učenja (Chu, 2007). Učenici se vrlo malo oslanjaju na svoje kolege iz razreda kada je u pitanju učenje, što bi se definitivno trebalo mijenjati u smjeru povećanja takvih aktivnosti, jer nastava treba poticati suradničko i kolaborativno učenje i zajedničko rješavanje problema (Slavin, 1999), što je u manjoj mjeri u rezultatima istraživanja podržano neznatno većom orijentacijom učenika na komunikaciju s prijateljima tijekom istraživačkog učenja.

Istraživanja poput Batarelo i Marušić (2006) pokazuju digitalnu podijeljenost prema veličini mjesta stanovanja te kako učenici iz većih mjesta češće koriste Internet za učenje, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Iako veličina mjesta utječe na njihov odabir Interneta kao izvora učenja, odnosno učenici iz velikih gradova češće koriste Internet prilikom učenja u odnosu na učenike manjih gradova i manjih mjesta, važno je osvestiti da način učenja koji potiču učitelji, kao što je kolaborativno istraživačko učenje, ima veći utjecaj na odabir Interneta kao izvora učenja nego sama veličina mjesta (Arbunić i Kostović-Vranješ, 2007). Takvo opažanje ohrabruje i ukazuje da je tehnologija u današnje vrijeme sve više podjednako dostupna u svim prostorima (Stamenković, 2014).

I dječaci i djevojčice podjednako često za učenje koriste udžbenik i bilježnicu, uz što dječaci češće koriste Internet, a djevojčice pitaju za pomoć. I istraživanje Matijević i sur. (2013) pokazalo je kako nema razlike u percepciji udžbenika po spolu te da ga podjednako koriste i djevojčice i dječaci. Što se tiče korištenja Interneta, razlike u spolu mogu imati veze i s dobi učenika. Istraživanja pokazuju kako nema razlike između osnovnoškolskih učenika u korištenju informacijsko-komunikacijske tehnologije, ali u srednjoškolaca se javljaju spolne razlike u nekim aspektima njezina korištenja kao što je korištenje u svrhu razonode i traženja informacija (Sølvberg, 2002). Takva se naznaka može uočiti i u ovom istraživanju zbog veće sklonosti dječaka za traženjem informacija na Internetu u odnosu na djevojčice, na što može utjecati i rana izloženost tehnologiji učenika sadašnjih petih razreda (Amrit, 2020; McCrindle i Fell, 2020).

Rezultati su pokazali kako odlični učenici znatno više koriste udžbenik u odnosu na bilježnicu od vrlo dobrih učenika. Takvi rezultati ukazuju na to da će odlični učenici prije odabrati udžbenik kao izvor učenja u kojem postoji i više informacija, što se u konačnici odražava i na njihovu zaključnu ocjenu, dok više vrlo dobrih učenika koristi bilježnicu prilikom učenja u odnosu na odlične učenike gdje su uglavnom sadržane one osnovne informacije bez proširenih objašnjenja koja bi utjecala na njihovo razumijevanje i usvajanje sadržaja (Matijević i sur. 2013). Takav je zaključak najviše vezan uz tradicionalne načine poučavanja i učenja (Arbunić i Kostović-Vranješ, 2007), jer istraživačko učenje, a posebno kolaborativno istraživačko učenje kao zapis koristi informacije zapažanja i mjerena kao i zaključke uz istraživanje, koje postaju vrlo važan poticaj učenicima u učenju uz ostvarivanje konceptualnog razumijevanja (MacDonald i Miell, 2000).

Također rezultati pokazuju kako odabrani način učenja utječe na odabir izvora učenja na što ukazuju i Arbunić i Kostović-Vranješ (2007) te Matijević i sur. (2013). Ovo istraživanje je pokazalo kako su učenici koji primjenjuju kolaborativno istraživačko učenje samostalniji i slobodniji u potrazi za informacijama i puno se više koriste Internetom od učenika koji uče na tradicionalan način i kod kojih se vidi najčešća upotreba udžbenika kao izvora informacija. Ovakvi rezultati imaju veze sa primjenom izvora informacija i učenja na samoj nastavi. Učenici koji su sudjelovali u nastavi temeljenoj na kolaborativnom istraživačkom učenju imali su pripremljene radne listiće i zadatke koji su tražili visoki stupanj samostalnosti. Učenici kako bi rješili zadatak bili su primorani uz zapažanje i njihovu usporedbu

s rezultatima drugih učenika koristiti različite izvore informacija, dok su učenici koji su učili na tradicionalan način na satu najčešće koristili udžbenik. Usmjerenošć tradicionalne nastave na tradicionalne izvore učenja, koje u ovom istraživanju predstavlja udžbenik, nije ovisna o dobi učenika, što u svom istraživanju potvrđuju Arbunić i Kostović-Vranješ (2007) koji raspravljaju kako su srednjoškolci u nastavi biologije najčešće izloženi tradicionalnoj nastavi te zbog toga najčešće koriste udžbenike kao izvore informacija. Također se pokazalo kako učenici izloženi kolaborativnom istraživačkom učenju ostvaruju bolju komunikaciju s učiteljima te ih puno više pitaju ako im nešto nije jasno u odnosu na učenike koji su učili istraživačkim i tradicionalnim načinom (MacDonald i Miell, 2000), te tako aktivno sudjeluju u kolaborativnom istraživačkom učenju, što potkrepljuju rezultati i drugih istraživanja (Slavin, 1999). Ovakvi rezultati mogu se objasniti pozitivnom atmosferom koja se javlja na satovima gdje su učenici manje strukturirano vođeni u učenju i time imaju više slobode odabratи pristup učenju i rješavanju problema (Johnson i sur. 1983). Također je značajno da u skladu s manje čvrstim vodstvom učitelja tijekom provođenja aktivnosti, njegova je uloga usmjerena na znatniju uključenosti u kontrolu i pomoći pri donošenju zaključaka, a time i samo učenje, a ne samo prenošenje znanja (MacDonald i Miell, 2000). Aktivnosti poučavanja i učenja kojima se nastavni sadržaji nadovezuju na promatranja i istraživanja učenika, a koje, kao što je karakteristično za kolaborativno istraživačko učenje, prepostavljaju značajniji obim uključivanja učenika u raspravu uz rezultate ne samo svojih promatranja, već i promatranja drugih učenika te njihove usporedbe i kritičkog prosuđivanja, znatno doprinose učenju i konceptualnom razumijevanju (Bargh i Schul, 1980).

Ono što svakako moramo uzeti u obzir prilikom odabira metoda i strategija poučavanja je činjenica da su učenici sadašnjih petih razreda pripadnici alfa generacije koju predstavljaju djeca rođena od 2010. godine i koja su od najranijeg djetinjstva izložena tehnologiji, informacijama, putovanjima (Amrit, 2020) te provode mnogo vremena za ekranima, a puno manje u socijalnim interakcijama sa svojim vršnjacima, nedostaje im koncentracije i pažnje te medijske pismenosti (McCrindle i Fell, 2020). Istraživanja pokazuju kako je za stjecanje vještina i kompetencija učenika alfa generacije najbolje koristiti metode i strategije poučavanja koje će biti orientirane na socijalne oblike rada i dovoljno dinamične da zadrže učeničku koncentraciju te koje će im omogućiti da sami kreiraju put do stjecanja znanja što podrazumijeva odabir načina učenja, odabir strategija učenja i rješavanja problema te samovrednovanje (Steyn, 2015; Swanzen, 2018; Ziatdinov i Cilliers, 2022). Jedno od takvih načina učenja je i kolaborativno istraživačko učenje u kojem se učenici potiču na kritičko razmišljanje i gdje imaju mogućnosti sami sudjelovati u kreiranju procesa učenja i atmosfere na satu (Steyn 2015). Da je kolaborativno učenje primjeren učenje alfa generacije pokazuju i rezultati ovog istraživanja gdje se pokazalo kako učenici poučavani na takav način više koriste raznolikije izvore informacija za učenje.

ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja su pokazali kako su učenici usmjereni na korištenje izvora učenja kojima pristupaju individualno (udžbenik, bilježnica i Internet). Udžbenik predstavlja osnovni izvor informacija prilikom učenja, što upućuje na to da se u nastavi još uvijek previše koriste tradicionalni oblici poučavanja, koje je potrebno mijenjati za načine učenja koji su primjereni alfa generacijama koje trenutno poučavamo. Najveći utjecaj ima način učenja, uz koji se kolaborativno istraživačko učenje izdvaja po najraznolikijem korištenju izvora učenja i većim udjelom korištenja Interneta, što ukazuje na to kako je takav način učenja primjeren novim generacijama učenika. Drugi značajni utjecaj na odabir izvora učenja ima veličina mjesta, jer se učenici koji žive u velikim gradovima više koriste Internetom i manje se oslanjaju na razgovor s prijateljima kada se susretnu s problemom u učenju, dok

se učenici koji žive u manjim mjestima više oslanjaju na komunikaciju (priatelji, roditelji i učitelj) te bilježnicu. Utjecaj veličine mjesta se umanjuje uz poticaje učitelja na korištenje različitih izvora učenja, što je vidljivo uz kolaborativno istraživačko učenje. Uz spol je uočen odabir Interneta kao izvora učenja izraženije kod dječaka i prijatelja kao dodatnog izvora informacija izraženije kod djevojčica. Uz udžbenik, učenici svih zaključnih ocjena skloni su korištenju bilježnice, a roditelje pitaju za pomoć podjednako. Kod istraživački orijentiranih načina učenja, učenici su skloniji tražiti pomoć učitelja i Interneta te pažljivije vode zapise uz koje mogu proučiti specifične primjere koji daju dobar kontekst poučavanju pojedinog koncepta. Takav zapis ih potiče da obilnije koriste bilježnicu, ne kao šturi izvor informacija što je karakteristično uz tradicionalno poučavanje, već kao potkrjepu za ostvarivanje konceptualnog razumijevanja temeljenog na analizi rezultata dobivenih ne samo tijekom osobnih promatranja i istraživanja, već i rezultata drugih učenika. Uočljiv obrnuto proporcionalan odnos individualnih i komunikacijskih izvora učenja uz izrazitije korištenje komunikacijskih izvora povećanjem neposrednog učenja (istraživanje i kolaboracijsko istraživanje) a time i neovisnosti učenja.

Ovo istraživanje ukazuje na to kako moramo orijentirati svoju nastavu ka načinima učenja koji će omogućiti učenicima da budu samostalni u odabiru strategija učenja, metode i načine rješavanja problema te vrednovanja svog rada. Pri tome se naglasak stavlja na kolaboraciju odnosno zajedništvo. Postavlja se pitanje koliko su nastavnici spremni i educirani provoditi takav oblik učenja?

METODIČKI ZNAČAJ

Za učitelje Prirode od izuzetne je važnost da znaju iz čega učenici uče kako bi mogli prema njihovim potrebama i navikama planirati nastavni proces i odabrati odgovarajuće izvore učenja, metode i strategije poučavanja. Također, učenički izvori učenja mogu ukazivati i na metode koje se koriste na satu pa rezultate ovog istraživanje učitelji mogu uzeti kao smjernicu koje strategije i oblike rada koristiti kako bi učenike potaknuli na korištenje različitih izvora znanja i naučiti ih promišljati i kritički sagledati informacije do kojih dolaze. Istraživanje je pokazalo da se učenici vrlo malo oslanjaju jedni na druge kada se radi o učenju, ali isto tako i na učitelja kao osobu kojoj se mogu obratiti za pomoć u učenju, posebno onda kada im nešto što su učili nije jasno. Ta spoznaja govori učiteljima da trebaju poraditi na stvaranju otvorenog okruženja i osigurati uvjete za interakciju svih sudionika i tako potaknuti učenike na suradnju i zajedničko učenje. Još jedna bitna činjenica je i da živimo u digitalnom dobu i našim učenicima su informacije dostupne jednim klikom. Iako je to tako, naši učenici ipak ne koriste često Internet za učenje. Potrebno je učenike pripremati na pravilno korištenje Interneta kao izvora informacija i poticati ih kroz različite aktivnosti tijekom nastave i zadatke da se koriste i ostalim izvorima znanja uz udžbenik i bilježnicu. U postizanju ovih ciljeva učiteljima mogu pomoći metode i strategije suradničkog i kolaborativnog učenja u kojima su učenici aktivno uključeni u proces učenja i na taj način potiče se dublje razumijevanje pojava i procesa u prirodi te razvija osjetljivost i odgovornost prema okolini.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se svim učiteljima i učenicima koji su sudjelovali u istraživanju: OŠ Josipa Pupačića, Omiš, OŠ Antuna Mihanovića, Osijek, OŠ Brodarica, OŠ Vladimira Nazora Pazin, OŠ Ivana Rabljanina Rab, OŠ Breznički Hum, OŠ Visoko, OŠ Ivana Gorana Kovačića Cista Velika, OŠ Sveti Petar Orebovec, OŠ Vladimir Nazor, Čepin, III.OŠ. Čakovec, OŠ Ivana Kukuljevića Sakcinskog, Ivanec, OŠ Štrigova, II. OŠ. Čakovec, OŠ Fausta Vrančića, Šibenik, OŠ Veli Vrh Pula, OŠ Frane Petrića, Cres, OŠ Gola, OŠ Ivana Kukuljevića Belišće, OŠ Antun Nemčić Gostovinski, Koprivnica, OŠ Svibovec, OŠ Andrije Kačića Miošića Donja Voća, OŠ grofa Janka Draškovića Klenovnik, OŠ Draškovec, OŠ Kloštar Podravski, OŠ Retfal, OŠ Ljudevita Modeca, OŠ Rapska.

Statistički proračuni izrađeni su pomoću programskog paketa SPSS 22 (IBM, 2013) susretljivošću djelatnika Centra za istraživanje i razvoj obrazovanja (CIRO) Instituta za društvena istraživanja u Zagrebu (IDIZ), na čemu im se najiskrenije zahvaljujemo.

LITERATURA

- Amrit, K. J. (2020). Understanding Generation Alpha from. preuzeto sa <https://osf.io/d2e8g/download>, 12.1.2021.
- Antić, S. (2014). Udžbenik kao instrument za konstrukciju i ko-konstrukciju školskog znanja. Универзитет у Београду.
- Arbunić, A., Kostović-Vranješ, V. (2007). Nastava i izvori znanja. Odgojne znanosti, 9(14), 86-111.
- Bargh, J. A., Schul, Y. (1980). On the cognitive benefits of teaching. Journal of Educational Psychology, 72(5), 593.
- Batarelo, I., Marušić, I. (2006). Digitalna podijeljenost u hrvatskim školama: razlike u korištenju računala s obzirom na neke socio-demografske varijable. Sociologija sela, 44(2-3), 201-219.
- Bežen, A., Munk, K. (2003). Stavovi učitelja o udžbenicima i udžbeničkoj politici. Napredak, 144(1), 66 – 80.
- Bognar, L., Matijević, M. (2005). Didaktika. Zagreb, Školska knjiga.
- Borić, E., Škugor, A. (2011). Uloga udžbenika iz Prirode i društva u poticanju kompetencija učenika. Zivot i Skola, 57(26), 50-59.
- Chu, K. K., Li, M. C., Hsia, Y. T. (2007). Not afraid to ask. In Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007) 600-604. IEEE.
- Cota Bekavac, M. (2001). Improvement of critical thinking and communication skills by educational discussion (debate). Suvremena psihologija, 4(1-2).
- Dillon, J.T. (1981). A norm against student questions. Journal of The Clearing House, 55(3), 136-139.
- Domović, V., Glasnović Gracin, D., Jurčec, L. (2012). Korištenje matematičkih udžbenika obzirom na spol i godine staža učitelja matematike. Napredak: Časopis za interdisciplinarna istraživanja u odgoju i obrazovanju, 153(2), 187-202.
- Glasnović Gracin, D., Domović, V. (2009). Upotreba matematičkih udžbenika u nastavi viših razreda osnovne škole. Odgojne znanosti, 11(2 (18)), 45-65.
- Goljanin, D., Miljković, M. Z., Alčaković, S. S., Gavrilović, J. M., Savković, M. Z., i Stamenković, D. J. (2014). Generacija Z. Internet i obrazovanje, 506-509. 10.15308/SInteZa-2014-506-509.
- Jeynes, W. (2012). Divorce, family structure, and the academic success of children. Oxfordshire: Routledge.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Maruyama, G. (1983). Interdependence and interpersonal attraction among heterogeneous and homogeneous individuals: A theoretical formulation and a meta-analysis of the research. Review of educational research, 53(1), 5-54.
- Jukić Matić, L., Glasnović Gracin, D. (2020). Matematički udžbenik u rukama učenika viših razreda osnovne škole: kako, kada i zašto ga koriste. Croatian Journal of Education: Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje, 22(1), 9-40.
- Koren (2014). Poučavanje za učenje. Grčka, CDRSEE
- Leljak-Pavleković, Z. (2001). Naši osmaši – o matematici. Poučak, časopis za metodiku i nastavu matematike, 6 (45-46).
- Malic, I. (1986). Koncepcija suvremenog udžbenika. Zagreb, Školska knjiga.
- MacDonald, R., Miell, D., Morgan, L. (2000). Social processes and creative collaboration in children. European Journal of Psychology of Education, 15(4), 405-415.
- Matijević, M., Rajić, V., Topolovčan, T. (2013). Učenička percepcija srednjoškolskih udžbenika. ŽIVOT I ŠKOLA: časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja, 59(29), 64-78.
- McCrindle, M., Fell, A. (2020). Understanding Generation Alpha. Norwest, McCrindle Research.
- Mikk, J. (2000). Research and Writing Baltic Studies for Education and Social Sciences. New York, Peter Lang Publishing
- Novak, P. (2016). Internet kao izvor znanja (Doktorska dizertacija, University of Zagreb. Faculty of Teacher Education).
- Novotá, M., Ridzová, Z., Kadnár, J. i Štefková, P. (2012). Secondary schools graduates' attitude towards textbooks for vocational education, International Journal of Vocational and Technical Education 4(2), 25-28.
- Poljak, V. (1989). Didaktika. Zagreb, Školska knjiga.
- Slavin, R. E. (1999). Comprehensive approaches to cooperative learning. Theory into practice, 38(2), 74-79.
- Stamenković, D. (2014). Generacija Z, Internet i obrazovanje. Sinteza 2014-Impact of the Internet on Business Activities in Serbia and Worldwide, 506-509.
- Steyn, M. (2015). Critical Diversity Literacy: Routledge International Handbook of Diversity Studies. 379-389.
- Swanzen, R. (2018). Facing the generation chasm: the parenting and teaching of generations Y and Z. International Journal of Child, Youth and Family Studies, 9(2), 125-150.
- Sølvberg, A. M. (2003). IKT i skolen : en studie av relasjoner mellom bruk av IKT på 8. klassetrinn og noen motivasjonelle faktorer . Trondheim: Pedagogisk institutt, Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Tot, D. (2010). Učeničke kompetencije i suvremena nastava. Odgojne znanosti, 12(1 (19)), 65-78.
- Ziatdinov, R., Cilliers, J. (2022). Generation Alpha: Understanding the next cohort of university students. European Journal of Contemporary Education, 10(3), 783-789.

Sources of learning eleven years old elementary school students in Science class

Balažinec M.¹, Radanović I.², Sertić Perić M.²

ORCID: 0000-0001-9762-0668; ORCID: 0000-0003-3239-0536; ORCID: 0000-0002-4744-7884

¹3rd primary school Varaždin, Trg Ivana Perkovca 35, Varaždin;

marina.barisic13@gmail.com

²University of Zagreb, Faculty of Science, Biology division, Rooseveltov trg 6, Zagreb

ABSTRACT

The research aimed to gain an insight into the habits of using different additional sources of knowledge/information when learning teaching content from the Science subject. From 28 elementary schools all over Croatia, 930 students participated in the research. Fifth-grade students' opinions were analysed with regard to gender, size of place of residence, the final grade from the Science and Society subject in the 4th grade of elementary school, and the used teaching methods and strategies in the Science lesson. Through an online survey, students were supposed to choose an additional source of knowledge that they use most often when something is not clear to them when learning the teaching content of the Science subject. When processing the teaching topics, the students learned through collaborative discovery learning, discovery learning or a traditional form of learning. The results showed that the chosen learning method affects the student's choice of learning sources with an inversely proportional relationship and an increase in the use of communication sources (teacher, friends, parents) in relation to individual sources (textbook, notebook, Internet), in accordance with the increase in direct learning, and thus the independence of learning. The textbook is still the main source of information when learning, but collaborative research learning is encouraged along with the use of the Internet and more varied use of other learning sources. The results indicate that it is extremely important when planning to teach to choose a learning method that will enable students of the alpha generation to be dynamic during learning and have the freedom to choose learning strategies and problem solving.

Keywords: collaborative discovery learning; alpha generation; Internet; conversation

INTRODUCTION

Learning sources are mediators of information that can improve and enrich teaching, help create a stimulating atmosphere for learning, increase motivation and contribute to positive attitudes of students towards individual subjects and learning, and help in the construction of knowledge and understanding of content (Koren, 2014). Koren (2014) divides learning sources into human resources, original reality and teaching aids. One of the basic visual teaching aids used in classes to motivate and understand topics or problems since the time of Comenius is the textbook (Borić and Škugor, 2011). Beside textbook students, also use internet and notebooks as a source of learning (Matijević et al., 2013). In addition to textbooks, notebooks and the Internet, important sources of learning are also human resources that include teachers, parents, media representatives, guest lecturers, other students (Koren, 2014). The goal of this research is to gain insight into the habits of using various additional sources of knowledge/information when learning teaching content from the subject Science of fifth-grade elementary school students.

METHODS

In the research participated 930 eleven years old (457 boys and 473 girls) fifth-grade students from 28 schools all over Croatia. The students took an online survey created in the Google forms application in Science class. The question was: To study Science when something is not clear to me, I most often use: a) a textbook, b) a notebook, c) the Internet, d) I ask the teacher, e) I ask my parents, f) I ask a friend. The question tested on a sample of 80 students, in order to assess the reliability, validity and objectivity of the questionnaire (Cronbach Alpha 0.77). The teaching methods and strategies that used during the processing of teaching topics were collaborative discovery learning, discovery learning and traditional teaching.

RESULTS

The analysis of the use of learning resources indicates that more than half of the examined students (61.38%) use the textbook as a basic source of information. In the second place is a notebook (13.44%), followed by the Internet (8.82%). Very few students use communication for additional clarification during learning (15.87 %). If they ask for help, most of them will first ask a parent (8.36%) and only then a teacher (5.08%) or a friend (2.43%). ANOVA indicates significant differences in the characteristics of students related to the choice of learning sources with regard to grade ($F = 3.185$; $p < 0.05$) and learning method ($F = 4.603$; $p < 0.001$) and the absence of significant differences with regard to gender ($F = 1.957$; $p > 0.05$) and size of place ($F = 1.161$; $p > 0.05$). Post Hoc Tukey HSD analysis of the influence of the final grade on the selection of learning options shows only minor significant differences in use between textbooks and notebooks (mean difference = 0.171; $p < 0.05$). With the method of learning, except for the ratio of using textbooks to notebooks (mean difference = 0.248; $p < 0.05$), somewhat larger significant differences were also observed with the use of textbooks compared to the Internet (mean difference = 0.302; $p < 0.05$). It was found that very good students use notebooks significantly more than textbooks while excellent students do ($Z = 1.507$; $p > 0.05$). The method of learning significantly affects the used sources of knowledge and it shown that students who learned traditionally used the textbook much more (70%) than students who used discovery learning (66%) and collaborative discovery learning (53%). Collaborative discovery learning encourages students to communicate with teachers the most (7%) and students that used such learning used the internet (11%) and notebook (17%) much more than students who used other types of learning and other sources of learning are used to a greater extent than just textbooks (from 35% to 56%).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Research has shown that most students use textbooks to learn biological content that is not clear to them. Similar results were obtained by Jukić Matić and Gracin (2020) in their research on elementary school students. The Internet as a source of learning is only in third place, and its rare use as a source of learning may also indicate outdated teaching methods (Arbunić and Kostović-Vranješ, 2007; Matijević et al., 2013). The result that students ask the teacher very rarely (Dillon 1981) for help and clarification indicates that well-structured work oriented towards always new learning during teaching students do not feel that they can go back to previous content or ask the teacher if something is not clear to them (Chu, 2007). For this reason, it would be especially important, during revision lessons to include activities in which students will feel comfortable if they ask questions (Chu, 2007). Students rely very little on their classmates when it comes to learning, which should change in the direction of increasing activities that encourage collaborative learning and joint problem solving (Slavin, 1999). Research such as Batarelo and Marušić (2006) shows how students from larger cities use the Internet

more often for learning, which confirmed in this research. Although the size of the place affects their choice of the Internet as a source of learning, it is important to be aware that the way of learning encouraged by teachers, such as collaborative discovery learning, has a greater influence on choosing the Internet as a source of learning than the size of the place itself (Arbunić and Kostović-Vranješ, 2007). Such an observation is encouraging and indicates that nowadays technology is increasingly equally available in all areas (Stamenković, 2014). Both boys and girls use textbooks and notebooks equally often for studying, and boys use the Internet more often, while girls ask for help. Moreover, the research by Matijević et al. (2013) showed that there is no difference in the perception of the textbook by gender. Regarding the use of the Internet, gender differences may also be due to the greater tendency of boys to search for information on the Internet compared to girls, which may influenced by the early exposure to technology of current fifth-grade students (Amrit, 2020; McCrindle and Fell, 2020). The results showed that excellent students use the textbook significantly more than the notebook than very good students do. Such a conclusion mostly related to traditional ways of teaching and learning (Arbunić and Kostović-Vranješ, 2007). This research has shown that students who apply collaborative discovery learning are more independent and free in their search for information and use the Internet much more than students who learn traditionally and who use textbooks as a source of information most often. Such results have to do with the application of sources of information and learning in the class itself (Arbunić and Kostović-Vranješ, 2007). It shown that students exposed to collaborative discovery learning achieve better communication with teachers and ask them much more if something is not clear to them compared to students who learned in the discovery and traditional way (MacDonald and Miell, 2000). These results explained the positive atmosphere that occurs in classes where students in their learning are less structured and thus have more freedom to choose their approach to learning and problem solving (Johnson et al., 1983). Teaching and learning activities in which teaching content is connected to student observations and research, and which, as is characteristic of collaborative discovery learning, assume a more significant scope of student involvement. In the discussion, not only their observations but also the observations of other students and their comparison and critical judgment, significantly contribute to learning and conceptual understanding (Bargh and Schul, 1980). What we must take into account when choosing teaching methods and strategies is the fact that students of the current fifth grade are members of the alpha generation, which represented by children born since 2010 and who have been exposed to technology, information, and travel since early childhood (Amrit, 2020). They spend a lot of time in front of screens and much less in social interactions with their peers; they lack concentration and attention and media literacy (McCrindle and Fell, 2020). Research shows that for the acquisition of skills and competencies of students of the alpha generation, it is best to use teaching methods and strategies that will be oriented toward social forms of work and dynamic enough to maintain student concentration and that will enable them to create their path to acquiring knowledge. This implies choosing a learning method, choosing learning and problem-solving strategies and self-evaluation (Steyn, 2015; Swanzen, 2018; Ziatdinov and Cilliers, 2022). One such way of learning is collaborative discovery learning in which students are encouraged to think critically and where they have the opportunity to participate in the creation of the learning process and atmosphere in the class (Steyn 2015). That collaborative learning is suitable for the learning of the alpha generation students shown by the results of this research, which shows that students taught in this way use diverse sources of information for learning.

LITERATURE

- Amrit, K. J. (2020). Understanding Generation Alpha from. preuzeto sa <https://osf.io/d2e8g/download>, 12.1.2021.
- Arbunić, A., Kostović-Vranješ, V. (2007). Nastava i izvori znanja. Odgojne znanosti, 9(14), 86-111.
- Bargh, J. A., Schul, Y. (1980). On the cognitive benefits of teaching. Journal of Educational Psychology, 72(5), 593.
- Batarelo, I., Marušić, I. (2006). Digitalna podijeljenost u hrvatskim školama: razlike u korištenju računala s obzirom na neke socio-demografske varijable. Sociologija sela, 44(2-3), 201-219.
- Borić, E., Škugor, A. (2011). Uloga udžbenika iz Prirode i društva u poticanju kompetencija učenika. Zivot i Skola, 57(26), 50-59.
- Chu, K. K., Li, M. C., Hsia, Y. T. (2007). Not afraid to ask. In Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007) 600-604. IEEE.
- Dillon, J.T. (1981). A norm against student questions. Journal of The Clearing House, 55(3), 136-139.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Maruyama, G. (1983). Interdependence and interpersonal attraction among heterogeneous and homogeneous individuals: A theoretical formulation and a meta-analysis of the research. Review of educational research, 53(1), 5-54.
- Jukić Matić, L., Glasnović Gracin, D. (2020). Matematički udžbenik u rukama učenika viših razreda osnovne škole: kako, kada i zašto ga koriste. Croatian Journal of Education: Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje, 22(1), 9-40.
- Koren (2014). Poučavanje za učenje. Grčka, CDRSEE
- MacDonald, R., Miell, D., Morgan, L. (2000). Social processes and creative collaboration in children. European Journal of Psychology of Education, 15(4), 405-415.
- Matijević, M., Rajić, V., Topolovčan, T. (2013). Učenička percepcija srednjoškolskih udžbenika. ŽIVOT I ŠKOLA: časopis za teoriju i praksi odgoja i obrazovanja, 59(29), 64-78.
- McCrindle, M., Fell, A. (2020). Understanding Generation Alpha. Norwest, McCrindle Research.
- Slavin, R. E. (1999). Comprehensive approaches to cooperative learning. Theory into practice, 38(2), 74-79.
- Stamenković, D. (2014). Generacija Z, Internet i obrazovanje. Sinteza 2014-Impact of the Internet on Business Activities in Serbia and Worldwide, 506-509.
- Steyn, M. (2015). Critical Diversity Literacy: Routledge International Handbook of Diversity Studies. 379-389.
- Swanzen, R. (2018). Facing the generation chasm: the parenting and teaching of generations Y and Z. International Journal of Child, Youth and Family Studies, 9(2), 125-150.
- Sølvberg, A. M. (2003). IKT i skolen : en studie av relasjoner mellom bruk av IKT på 8. klassetrinn og noen motivasjonelle faktorer . Trondheim: Pedagogisk institutt, Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Ziatdinov, R., Cilliers, J. (2022). Generation Alpha: Understanding the next cohort of university students. European Journal of Contemporary Education, 10(3), 783-789.

Procjena potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području kao alat za unaprjeđenje pristupa poučavanja darovitih učenika

Dorotea Vrbanović¹, Slavica Šimić Šašić², Ines Radanović³

¹V. gimnazija, Ul. Vjekoslava Klaića 1, 10000, Zagreb, Hrvatska

dorotea.vrbanovic@skole.hr

²Sveučilište u Zadru, Odjel za izobrazbu učitelja i odgojitelja, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, Zadar, Hrvatska

³Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska; ORCID: 0000-0003-3239-0536

SAŽETAK

Darovitost je kao pojam, unatoč brojnim spoznajama, još uvijek nedovoljno određena za potrebe obrazovanja te su za nastavnike i stručne suradnike odgoj i obrazovanje takve djece još uvijek vrlo složeni i izazovni zadaci. Do sredine 1990-ih godina vladalo je uvjerenje da točnost i pouzdanost učitelja u procjeni darovitosti nije značajna, no važnu ulogu u točnosti procjena ima upravo instrument koji učitelj koristi. Također, učitelji donose visoko subjektivne procjene ako nemaju podršku u kriterijima i skalama koje ih točno vode prema karakteristikama koje trebaju opažati za procjenu darovitosti i osiguravaju manji utjecaj subjektivnosti na rezultat. U okviru HRZZ projekta „Učenje biologije u epidemiološki prilagođenom istraživačkom okruženju“ prilagođene su skale za procjenu potencijalne darovitosti (u prirodoslovnom području) s ciljem prilagodbe odgojno-obrazovnog procesa potrebama darovitih učenika. Teorijska podloga za izradu skala za procjenu darovitosti bio je Renzullijev troprstenasti model darovitosti koji uključuje iznadprosječno razvijene opće ili specifične sposobnosti, osobine ličnosti, posebice specifičnu motivaciju za rad (predanost zadatku) i kreativnost. Skale se sastoje od niza pozitivno formuliranih tvrdnjih raspoređenih u određeni broj subskala koje ispituju različite osobine darovitih učenika. Oni učenici koji pripadaju u gornjih 25 % od ukupnog rezultata za sve tri skale (opće ili specifične sposobnosti, motivacije i kreativnosti) smatrać će se potencijalno darovitim. Skala za procjenu učenika, uz standardne testove koje provode psiholozi, može biti izvrstan alat nastavnicima za identifikaciju darovitih učenika u razredu na temelju koje će unaprijediti svoj nastavni proces prema specifičnim zahtjevima pojedinih učenika.

Ključne riječi: darovitost; opće sposobnosti; tip inteligencije; kreativnost; motivacija

UVOD

Darovitost je kao pojam, unatoč brojnim spoznajama, još uvijek nedovoljno određena za potrebe obrazovanja te su za nastavnike i stručne suradnike odgoj i obrazovanje takve djece još uvijek vrlo složeni i izazovni zadaci (Jakopec i sur., 2018). Iako su se mnogi znanstvenici kroz povijest bavili upravo temom darovitosti, svaki od njih ju je opisao na svoj način te ne postoji univerzalna teorija darovitosti. Koren (2013) navodi psihologa Lewisa Thermana kao začetnika znanstvenog pristupa istraživanju darovitosti. U svom je istraživanju darovitost povezao s visokim kvocijentom inteligencije. Nakon toga, mnogi znanstvenici počinju proučavati darovitost kod pojedinaca te nastaju brojne teorije darovitosti. Kod nas jedna od najprihvaćenijih teorija tvrdi da je darovitost „svojevrstan sklop osobina koje omogućavaju pojedincu da na produktivan ili reproduktivan način postiže dosljedno izrazito natprosječan uradak u jednoj ili više oblasti ljudskih djelatnosti, a uvjetovana je visokim stupnjem razvitička pojedinih sposobnosti, odnosno njihovih kompozicija i povoljnom unutarnjom i vanjskom stimulacijom“ (Koren, 2013).

Prema Okviru za poticanje i prilagodbu iskustava učenja te vrednovanje postignuća darovite djece i učenika (2018) darovitost je definirana kao sklop triju osobina: (1) visoko natprosječnih općih ili specifičnih sposobnosti, (2) visokoga stupnja kreativnosti i (3) motivacije. Okvir propisuje smjernice i opće upute za proces identifikacije darovitih i organizaciju odgojno-obrazovne podrške u različitim dijelovima odgojno-obrazovnoga sustava te za različite vrste i stupnjeve darovitosti. Iako se to, u praksi,

ne provodi uvijek. Jedan od mogućih razloga je upravo složeni proces identifikacije darovitih učenika, ali i nedovoljna edukacija učitelja o specifičnim zahtjevima darovitih učenika.

IDENTIFIKACIJA DAROVITIH UČENIKA

Renzulli (2016) objašnjava da je darovitost nešto što se može razviti kod određenih ljudi, u određeno vrijeme i pod određenim uvjetima, čime rana identifikacija darovitih učenika dobiva na još većoj važnosti. Identifikacija darovitih učenika je važna kako bi se tim učenicima pružila odgovarajuća podrška tijekom obrazovanja i kako bi ostvarili svoj puni potencijal. Prema Huzjak (2006), istraživanja ukazuju na to da daroviti ne postaju nužno uspješni u odrasloj dobi te da nastaje velika šteta ako pojedinac ne prepozna vlastitu darovitost ili ju ne realizira u produktivnu darovitost. Prema Renzulliju (2016) upravo je jedan od glavnih zadataka učitelja da stvore uvjete kako bi djeca svoj potencijal pretvorila u produktivnu darovitost.

Procjena darovitosti je složeni i kontinuirani proces koji bi se prema *Okviru za poticanje i prilagodbu iskustava učenja te vrednovanje postignuća darovite djece i učenika* (2018) trebao provoditi u svakoj odgojno-obrazovnoj ustanovi te se treba tretirati kao dinamičan, kontinuiran, stalno otvoren i višekratni proces vođen kontinuiranim praćenjem odgojno-obrazovnih potreba djece i učenika. Prema Cao i sur. (2017), neki od najčešće korištenih instrumenata za procjenu darovitosti su Stanford–Binetov test inteligencije koji mjeri kognitivni učinak pojedinaca kroz pet kognitivnih čimbenika (znanje, kvantitativno zaključivanje, vizualna obrada, radna memorija i „fluentnost ideja“, sposobnost logičkog zaključivanja i pronalaska rješenja za neobične probleme) te Wechslerov test inteligencije za djecu koji se sastoji od tri različita zasebna testa koja djeca rješavaju u određenoj dobi. Za školsku uzrast najznačajniji su Wechslerova predškolska i primarna ljestvica inteligencije te Wechslerov test inteligencije za djecu koji se primjenjuju u dobi od 2 godine i 6 mjeseci do 16 godina i 11 mjeseci.

Do sredine 1990-ih godina vladalo je uvjerenje da točnost i pouzdanost učitelja u procjeni darovitosti nije značajna, no važnu ulogu u točnosti procjena ima upravo instrument koji učitelj koristi. Također, učitelji donose visoko subjektivne procjene ako nemaju podršku u kriterijima i skalama koje ih točno vode prema karakteristikama koje trebaju opažati za procjenu darovitosti i osiguravaju manji utjecaj subjektivnosti na rezultat (Škoda Đurin i sur., 2020). Prema Orkoša i Ravić (2018) neki od čimbenika koji mogu utjecati na procjene učitelja su spol djeteta, socioekonomski status i struktura obitelji iz koje učenik dolazi, ponašanja učenika koja nisu nužno ponašanja darovitih učenika kao što su davanje točnih odgovora, preciznost i urednost koje učitelji često vežu uz darovitosti. Kao skupine učenika koje su osobito u riziku da ne budu prepoznati kao daroviti Orkoša i Ravić (2018) navode učenike koji ne ostvaruju odličan školski uspjeh, učenike iz obitelji s poteškoćama kod kojih zbog suočavanja s obiteljskom situacijom potrebe djeteta mogu biti zanemarene, učenike s teškoćama u razvoju kod kojih te teškoće mogu onemogućiti djetetu da pokaže svoje sposobnosti te učenike koji prekrivaju svoju darovitost kako se ne bi isticali iz svoje okoline. Kako bi se svim učenicima pružila jednakva šansa za ostvarivanjem punog potencijala važan korak je upravo u identifikaciji potencijalno darovitih učenika.

Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece (prilog 1.), Skala za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole (prilog 2.) i Skala za samoprocjenu učenika (prilog 3.) izrađene su u svrhu vođenja i olakšavanja identifikacije darovitih učenika od strane njihovih nastavnika za potrebe provedbe HRZZ projekta „Učenje biologije u epidemiološki prilagođenom istraživačkom okruženju“, a u cilju prilagodbe odgojno-obrazovnog procesa potrebama darovitih učenika. Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece i Skala za

procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole dorađene su prema skali za procjenu Šimić Šašić i sur. (2020). Skale za procjenu potencijalne darovitosti sastoje se od niza pozitivno formuliranih tvrdnji koje su raspoređene u nekoliko subskala koje ispituju različite osobine darovitih učenika. Procjenu sposobnosti učenici predmetne nastave i učenici srednje škole procjenjuju sami (*Skala za samoprocjenu učenika, Prilog 3.*), jer je pretpostavka da njihovi nastavnici neće biti upoznati sa svim aspektima života svojih učenika. Odnosno, kako Škoda Đurin i sur. (2020) navode, samoprocjena služi kao metoda za dopunu informacija već prikupljenih u identifikaciji. Učitelji razredne nastave sami će procjenjivati specifične sposobnosti učenika, jer prema Škoda Đurin i sur. (2020), oni učitelji koji puno vremena provode u istom razredu s vršnjacima, mogu pratiti i uspoređivati učenike te lako uočiti one koji se ističu.

Teorijska podloga za izradu Skala za procjenu potencijalne darovitosti bio je Renzullijev troprstenasti model darovitosti. Prema Renzulliju (2016), produktivnu darovitost uvjetuju: iznadprosječno razvijene opće ili specifične sposobnosti, osobine ličnosti, posebice specifična motivacija za rad (predanost zadatku) i kreativnost. Presjek triju prstenova, odnosno interakcija visokih sposobnosti, visoke usmjerenoosti na zadatak i visoke razine kreativnosti rezultira darovitošću (Šimić Šašić i sur., 2016). Za procjenu opće ili specifične sposobnosti, prvi dio Renzullijeva modela darovitosti, korišten je Gardnerov model višestrukih inteligencija. Renzulli (2016) navodi kako inteligencija nije jedinstveni koncept, već da se sastoji od više tipova inteligencije. Gardner i Hatch (1989) navode da postoji nekoliko tipova inteligencija (tablica 1.) koje su međusobno neovisne, a njihovo određivanje može pridonijeti unaprjeđenju edukacije svakog učenika, a posebice darovitog učenika. Prema Šimić Šašić i sur. (2020) model prepostavlja da svaka osoba ima kombinaciju različitih sposobnosti, te da neka sposobnost može biti jako razvijena, a ostale prosječne zbog čega je podloga za konstrukciju skala koje mjeri sposobnosti u okviru Renzulijeva modela bio Gardnerov model sposobnosti. Učitelji razredne nastave sami procjenjuju dominantan tip inteligencije svojih učenika procjenjujući tvrdnje u subskalama T1-T7 (*Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece, prilog 1.*), dok učenici predmetne nastave i učenici srednje škole sami procjenjuju svoj dominantan tip inteligencije (*Skala za samoprocjenu učenika, prilog 3.*).

Tablica 1. Gardnerov model višestrukih inteligencija

tip inteligencije	Ključne komponente
logičko-matematička inteligencija	sposobnost razlučivanja logičkih ili numeričkih uzoraka, uočavanje uzročno-posljedičnih veza
lingvistička inteligencija	osjetljivost na zvukove, ritmove i značenja riječi, osjetljivost na različite funkcije jezika
glazbena inteligencija	sposobnosti za proizvodnju i razlikovanje ritma, visine i boje tona, prepoznavanje oblika glazbene izražajnosti
prostorna inteligencija	sposobnosti za točno opažanje vizualnog i prostornog svijeta i izvođenje transformacija na početnu percepciju jedne od njih
tjelesno-kinestetička inteligencija	sposobnost kontrole pokreta tijela i vješto rukovanje predmetima
interpersonalna inteligencija	sposobnost razlučivanja i primjerenog reagiranja na raspoloženja, temperamente, motivacije i želje drugih ljudi
intrapersonalna inteligencija	pristup vlastitim osjećajima i sposobnost razlikovanja među njima, poznavanje vlastitih prednosti, slabosti, želja i inteligencije

Specifična motivacija za rad (predanost zadatku), drugi dio Renzullijeva modela darovitosti, je energija koja se unosi u određeni problem (zadatak) ili u određeno područje izvedbe (Šimić Šašić i sur., 2020). Renzulli (2016) opisuje da je specifična motivacija za rad rezultat sinergijskog učinka intrinzične i ekstrinzične motivacije, jer bilo koji vanjski faktori koji podižu samopouzdanje ili potiču veću uključenost u radnju pojačavaju intrinzičnu motivaciju. Kao razloge za uključenost motivacije kao karakteristike darovitih osoba Renzulli navodi brojna istraživanja kojima je utvrđeno da je jedan od

ključnih sastojaka koji karakterizira rad darovitih osoba njihova sposobnost da se u potpunosti posvete specifičnom problemu ili području na dulji period. Specifična motivacija za rad ne može se u potpunosti objektivno odrediti jer prema El Khoury i Al-Hroub (2018) redovna nastava često može djelovati demotivirajuće za darovite učenike te rezultirati neprimjerenim ponašanjem ako nije prilagođena njima, tj. ako im ne pruža dovoljno izazova. Međutim ona je ključna osobina darovitih učenika zbog čega se provjerava u ovim skalamama (*Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece i Skala za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole, subskala D4*) nizom tvrdnji koje uključuju motivaciju u školskim, ali i izvanškolskim aktivnostima.

Kreativnost, treći dio Renzullijeva modela darovitosti, je prema Huzjak (2016), stvaralačka sposobnost koja može (ali i ne mora) biti osobina darovitog pojedinca te oni daroviti pojedinci koji nemaju razvijenu kreativnost u odrasloj dobi postaju stručnjaci unutar svog područja. Huzjak navodi kako stručnost nije kreativnost te da stručnjaci ostvaruju visoke rezultate unutar svojeg područja, ali samo kreativne osobe mijenjaju to područje. Kao osobine kreativnosti navode se dva elementa: uočavanje i kombiniranje stvari i pojava na nov, neuobičajen način te proizvodnja novih, neuobičajenih ideja i djela (Huzjak, 2016). U skali za procjenu (*Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece i Skala za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole, subskala D3*) se uz kreativni izričaj provjerava i kreativno razmišljanje koje Renzulli (2016) navodi kao jednu od ključnih osobina kreativnosti. Renzulli navodi brojna istraživanja u kojima su darovite osobe izdvojene upravo zbog svojih kreativnih postignuća u različitim područjima. Također, Renzulli navodi da se u svrhu procjene kreativnosti možemo poslužiti i samoprocjenom tih osoba što može pomoći nastavnicima u objektivnoj procjeni.

Kako bi se dobili što točniji podatci uz područja koja uključuje Renzullijev troprstenasti model darovitosti, u skalu je uključeno i sudjelovanje u nastavi, školski uspjeh i rezultati natjecanja koje učitelji s lakoćom mogu procijeniti. Iako ta područja nisu nužno povezana s darovitim učenicima te se ne bi trebala koristiti kao jedini kriterij za procjenu potencijalne darovitosti, u kombinaciji s Renzullijevim troprstenastim modelom mogu učiteljima pružiti uvid u opće sposobnosti i motivaciju učenika te ukazati na neke miskonceptije vezane uz procjenu darovitosti. Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece, iako se može koristiti u svim područjima, specifično je prilagođena za nastavu prirode i društva, što je posebno izraženo u *subskali D2*. Skale za procjenu potencijalne darovitosti učenika predmetne nastave i učenike srednje škole također su specifično prilagođene za nastavu prirode i biologije (*subskala D2*). Na temelju rezultata za *subskalu D2* možemo odrediti pokazuje li učenik darovitost u području prirodoslovja te shodno tome prilagoditi našu nastavu. Ako učenik pokazuje darovitost u drugim područjima na nastavi biologije trebali bi stvoriti poticajno okruženje za razvitak darovitosti kroz različita područja, a najčešće se to ostvaruje interdisciplinarnim pristupom i suradnjom s kolegama iz drugih aktiva.

Škoda Đurin i sur. (2020) navode da je usprkos potencijalnim nedostatcima dokazano da su procjene učitelja jedan od boljih načina procjene darovitosti učenika, jer oni mogu prepoznati one darovite učenike koji na testu ne daju očekivane rezultate. Prema Sternberg i Davidson (2005) iako postoji pozitivna korelacija između rezultata na testovima i inteligencije, odnosno općih i specifičnih sposobnosti, to nije jedini faktor koji na njih utječe. Zbog čega su takvi učenici često zanemareni iako kako Sternberg i Davidson navode istraživanja koja utvrđuju da i učenici koji pokazuju prosječne rezultate na testovima imaju mogućnost ostvarivanja izvrsnih rezultata u različitim područjima te da

se darovitim smatraju upravo oni koji te mogućnosti i ostvare. Učitelji su prema El Khoury i Al-Hroub (2018) prvi korak u identifikaciji darovitih učenika, a često i jedini način njihove identifikacije. Prema istraživanju koje El Khoury i Al-Hroub opisuju utvrđeno je da je procjena učitelja bila druga najefektivnija metoda u procjeni potencijalne darovitosti iza procjena općih sposobnosti, ali prije standardiziranih testova za procjenu darovitosti.

PRIMJENA SKALA ZA PROCJENU POTENCIJALNE DAROVITOSTI UČENIKA

U Skali za procjenu potencijalne darovitosti kod djece (*prilog 1.*) moguće je skupiti ukupno 285 bodova jer skala sadrži ukupno 57 tvrdnja, a uključuje stupnjeve od 0 do 5 (kod procjene učitelja u tvrdnju je uključen i stupanj „x“ - *ne mogu procijeniti*, koji se pri zbrajanju ponaša kao stupanj 0). U Skali za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole (*prilog 2.*) moguće je skupiti ukupno 140 bodova jer skala sadrži ukupno 28 tvrdnja, a također uključuje stupnjeve od 0 do 5. U Skali za samoprocjenu učenika (*prilog 3.*) moguće je skupiti ukupno 130 bodova jer skala sadrži ukupno 26 tvrdnja. Prvotno je skala za samoprocjenu učenika sadržavala 180 bodova, tj. ukupno 36 tvrdnja, ali su rezultati pokazali da dvije subskale nisu imale dobre metrijske karakteristike te će se doraditi za daljnje istraživanje.

Prema Šimić Šašić i sur. (2020) prijedlog je da se kao kriterij za identifikaciju potencijalne darovitosti uzmu vrijednosti iznad 3. kvartila na jednoj ili više skala sposobnosti, na skali motivacije te na skali kreativnosti. Odnosno ako učenik pripada u gornjih 25 % od ukupnog rezultata, tj. ako ostvari sljedeći broj bodova za svaku od skala:

Učenici razredne nastave

- ☛ Skale sposobnosti: 19 ili više bodova (*subskale D1 i T2*), 26 ili više bodova (*subskala D2*) te 15 ili više bodova (*subskale T1, T3, T4, T5, T6 i T7*). Pri čemu učenik mora ostvariti ove vrijednosti u barem jednoj subskali.
- ☛ Skala motivacije: 19 ili više bodova (*subskala D3*)
- ☛ Skala kreativnosti: 26 ili više bodova (*subskala D4*)

Kod učenika razredne nastave gledaju se rezultati prikupljeni Skalom za procjenu darovitosti kod djece.

Učenici predmetne nastave ili učenici srednje škole

- ☛ Skale sposobnosti: 19 ili više bodova (*subskale D1, T1, T3, T4 i T5*), 23 ili više bodova (*subskala T2*) te 26 ili više bodova (*subskala D2*). Pri čemu učenik mora ostvariti ove vrijednosti u barem jednoj subskali.
- ☛ Skala motivacije: 19 ili više bodova (*subskala D3*)
- ☛ Skala kreativnosti: 26 ili više bodova (*subskala D4*)

Kod učenika predmetne nastave i učenika srednje škole gledaju se rezultati prikupljeni Skalom za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole te rezultati prikupljeni Skalom za samoprocjenu učenika.

Oni učenici koji pripadaju u gornjih 25 % od ukupnog rezultata za sve tri skale (*Skale sposobnosti, Skala motivacije i Skala kreativnosti*) smarat će se potencijalno darovitim.

Primjer analize

Tablice 1. i 2. prikazuju primjere procjene potencijalne darovitosti dvaju učenika.

Tablica 1. Procjena potencijalne darovitosti za učenika 1.

skala	subskala	ukupan rezultat
sposobnosti	D1	15
	D2	24
	T1	13
	T2	18
	T3	20
	T4	12
	T5	15
	T6	10
motivacije	T7	17
	D3	15
kreativnosti	D4	21

Tablica 2. Procjena potencijalne darovitosti za učenika 2.

skala	subskala	ukupan rezultat
sposobnosti	D1	15
	D2	26
	T1	12
	T2	22
	T3	15
	T4	10
	T5	10
	T6	14
motivacije	T7	11
	D3	24
kreativnosti	D4	29

Analizom podataka iz tablica samo jedan učenik (*učenik 2*) bi se smatrao darovitim jer postiže iznadprosječne rezultate u sva tri područja, opće ili specifične sposobnosti, motivacija i kreativnost. Na temelju specifičnih područja sposobnosti za potencijalno darovitog učenika (*učenika 2.*) možemo prilagoditi nastavu njegovim specifičnim zahtjevima i na taj način osigurati poticajno okruženje za ostvarivanje punog potencijala. Iako se prema skali učenik 1. ne bi ubrajao u darovite na temelju rezultata možemo prilagoditi nastavu učeniku na način da pružimo učeniku vizualna pomagala pri učenju (*subskala T3*), iskustveno učenje (*subskala T5*) i grupni rad ili neki drugi oblik suradnje učenika (*subskala T7*).

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Procjena darovitosti učenika važna je za organizaciju odgojno-obrazovne podrške i razvoj darovitosti kod učenika. Skala za procjenu učenika, uz standardne testove koje provode psiholozi, može biti izvrstan alat nastavnicima za identifikaciju darovitih učenika u razredu na temelju koje će unaprijediti svoj nastavni proces prema specifičnim zahtjevima pojedinih učenika. S obzirom na to u kojem specifičnom području učenik pokazuje darovitost nastavnici se mogu koristiti različitim strategijama poučavanja ali i vrednovanja učenika. Uz to treba napomenuti da bi nastavnici svih predmeta trebali stvarati poticajno okruženje za razvitak darovitosti bez obzira na to pokazuje li učenik darovitost u njihovom području. Prema *Okviru za poticanje i prilagodbu iskustava učenja te vrednovanje postignuća darovite djece i učenika* (2018) uz prilagodbu okruženja za učenje i tempa učenja trebaju se izmijeniti i aktivnosti u odgojno-obrazovnim ishodima, a za darovite učenike odnose se na pomak prema višim razinama kognitivnih procesa, odnosno prema rješavanju problema, kreativnome, kritičkom mišljenju i znanstvenome načinu razmišljanja. Pristup učenju i poučavanju trebao bi omogućavati aktivnu ulogu učenika u razvoju znanja, vještina i stavova te za njegovo ostvarivanje predlažu sljedeće aktivnosti:

- izbor sadržaja / aktivnosti učenja i pristupa učenju/rješavanju zadataka
- rješavanje složenih i/ili slabo definiranih problema
- samoregulirano istraživačko učenje (učenje otkrivanjem)
- rad na projektima
- sudjelovanje u integriranoj nastavi
- sudjelovanje u raspravama
- refleksiju na procese i rezultate učenja.

ZAHVALA

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-CORONA-2020-12-3798.

LITERATURA

- Cao, T. H., Jung, J. Y., & Lee, J. (2017). Assessment in gifted education: A review of the literature from 2005 to 2016. *Journal of Advanced Academics*, 28(3), 163-203.
- El Khoury, S., & Al-Hroub, A. (2018). Identification of gifted students: History, tools, and procedures. *Gifted Education in Lebanese Schools*, 39-59.
- Gardner, H., & Hatch, T. (1989). Educational implications of the theory of multiple intelligences. *Educational researcher*, 18(8), 4-10.
- Huzjak, M. (2006). Giftedness, talent and creativity in the educational process. *Odgojne znanosti*, 8(1 (11)), 289-300.
- Jakopec, T., Jozić, K. & Jukić, R. (2018) Analiza obrazovnih sustava u EU u radu s darovitom djecom s posebnim naglaskom na darovitost i u području matematičke i računalne pismenosti te uvođenju novih tehnologija u nastavne procese. Podrška osnivanju i radu centara izvrsnosti u Splitsko - dalmatinskoj županiji. Ekspertiza.
- Koren, I. (2013). Povijesni osvrt na konceptualizaciju pojave nadarenosti. *Napredak: Časopis za interdisciplinarna istraživanja u odgoju i obrazovanju*, 154(3), 339-361.
- Multiple Intelligences Quiz, ITC Publications https://www.itcpublications.com.au/assets/files/Gardners_MI_Quiz.pdf (pristupljeno 19.1.2022.)
- Okvir za poticanje i prilagodbu iskustava učenja te vrednovanje postignuća darovite djece i učenika, <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Obrazovanje/NacionalniKurikulum/Okviri/Okvir%20za%20poticanje%20iskustava%20u%C4%8Denja%20i%20vrednovanje%20postignu%C4%87a%20darovite%20djece%20i%20u%C4%8Denika.pdf>
- Orkoša, J., & Ravić, S. (2018). POVEZANOST UČENIČKOG PROCJENJIVANJA DAROVITOSTI, INTELIGENCIJE I SOCIJALNOG STATUSA PROCJENJIVANIH UČENIKA. Život i škola: časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja, 64(1), 119-128.
- Renzulli, J. S. (2016). The three-ring conception of giftedness: A developmental model for promoting creative productivity. Prufrock Press Inc.
- Sternberg, R., & Davidson, J. (Eds.). (2005). *Conceptions of Giftedness* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511610455
- Šimić Šašić, S., Proroković, A., Klarin, M. & Šimunić, A. (2020) Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece. U: Ćubela Adorić, V., Burić, I., Macuka, I., Nikolić Ivanišević, M. & Slišković, A. (ur.) Zbirka psiholoških skala i upitnika, Svezak 10. Zadar, Sveučilište u Zadru, str. 87-101.
- Škoda Đurin, J., Mikulić, G. i Ćurković, N. (2020). Nominacijski upitnici u identifikaciji darovitih učenika. Napredak, 161 (3 - 4), 431-448. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/249647>

PRILOZI

Prilog 1. Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece

Skala za procjenu potencijalne darovitosti kod djece

prilagođeno prema Šimić Šašić i sur. (2020)

Naziv škole: _____, Grad: _____

Ime i prezime učitelja koji procjenjuje: _____

Darovitost je sklop osobina, visoko natprosječnih općih ili specifičnih sposobnosti, visokoga stupnja kreativnosti i motivacije koji darovitim omogućava postizanje izrazito natprosječnoga postignuća i/ili uratka u jednome ili u više područja. Cilj identifikacije darovitih učenika je pružanje odgovarajuće odgojno-obrazovne podrške u skladu s njihovim visokim potencijalima. Procjena učitelja je jako važna u identificiranju potencijalno darovitih učenika. Stoga Vas molimo da toj procjeni pristupite ozbiljno, stručno i odgovorno. Pri procjeni darovitosti trebate paziti da Vas Vaš opći dojam o učeniku (pozitivan ili negativan) ne zavara, te da, u skladu s njim, nekritično dajete i pojedinačne procjene pojedinih osobina.

Ime i prezime učenika: _____

Spol: Ž M Razred i odjeljenje: _____

Uključenost učenika u izvannastavne i/ili izvanškolske aktivnosti vezane uz prirodu/biologiju: NE DA

Dolje su navedene tvrdnje koje opisuju osobine darovite djece. Molimo Vas da procijenite, za svakog učenika u Vašem razredu koliko se svaka tvrdnja odnosi na njega. Pri procjeni koristite sljedeću skalu:

1 upravo se ne odnosi	3 osrednje se odnosi	5 u potpunosti se odnosi
2 donekle se ne odnosi	4 prilično se odnosi	X ne mogu procijeniti

TVRDNJE D1		PROCJENA					
Uspješno koristi nastavne sadržaje povezane s ishodima učenja uz dodatna proširenja.		1 2 3 4 5 X					
U potpunosti razumije obrađene nastavne sadržaje koje može interpretirati ovisno o zadanom aspektu.		1 2 3 4 5 X					
Uspješno primjenjuje usvojeno znanje u novim situacijama.		1 2 3 4 5 X					
Samostalno navodi složenije primjere koje točno objašnjava.		1 2 3 4 5 X					
Samostalno dolazi do zaključaka i točno ih obrazlaže		1 2 3 4 5 X					
Ukupan rezultat							
TVRDNJE D2		PROCJENA					
Voli boraviti u prirodi, promatrati je i istraživati (biljke, životinje, oblaci, stijene...).		1 2 3 4 5 X					
Zainteresiran je za aktualne probleme (globalno zatopljenje, recikliranje i očuvanje okoliša) te postavlja pitanja o njima.		1 2 3 4 5 X					
Unutar škole uključen je u dodatnu ili izvannastavnu aktivnost iz prirodoslovnih predmeta (eko-sekcija, učenička zadruga...)		1 2 3 4 5 X					
Pokazuje interes i/ili samoinicijativu za usvajanjem dodatnih prirodoslovnih sadržaja (čitanje knjiga ili gledanje dokumentaraca vezanih uz prirodu...).		1 2 3 4 5 X					
Ostvaruje iznimne rezultate u prirodoslovnom području.		1 2 3 4 5 X					
Uspješno povezuje nastavne sadržaje prirodoslovnih predmeta sa srodnim interdisciplinarnim sadržajima.		1 2 3 4 5 X					
Na osnovu promatranja prirode izvodi vlastite zaključke.		1 2 3 4 5 X					
Ukupan rezultat							
TVRDNJE D3		PROCJENA					
Aktivno sudjeluje u razmjeni ideja i/ili je samoinicijativno potiče.		1 2 3 4 5 X					
Predlaže kreativne odgovore i potiče kreativnost kod drugih.		1 2 3 4 5 X					
Izuzetno se raduje zadacima u kojima treba nešto osmislit ili prikazati (izrada plakata, crteža i sl.).		1 2 3 4 5 X					
Samostalno vrlo uspješno osmišljava slikovne prikaze, plakate, modele ili prezentacije.		1 2 3 4 5 X					
Pokazuje smisao za improvizaciju i originalna rješenja problema.		1 2 3 4 5 X					
Ukupan rezultat							
TVRDNJE D4		PROCJENA					
Pokazuje iznimski interes za nastavne sadržaje.		1 2 3 4 5 X					
Samoinicijativno se služi dodatnim izvorima znanja (knjige, filmovi, dokumentarci, časopisi i sl.).		1 2 3 4 5 X					
Motiviran je primarno vlastitim interesom, a sekundarno ocjenom.		1 2 3 4 5 X					
Rado sudjeluje u dodatnim aktivnostima (izrada plakata/prezentacija, izrada herbarija...).		1 2 3 4 5 X					
Redovito izvršava zadane zadatke.		1 2 3 4 5 X					
Intenzivno je usmjerjen na zadatak duže vrijeme.		1 2 3 4 5 X					
Uporan je tijekom rješavanja zadatka za koje pokazuje interes bez obzira na okolne smetnje.		1 2 3 4 5 X					
Ukupan rezultat							

TVRDNJE D5		PROCJENA					
Ostvaruje iznimne rezultate u više područja.		1	2	3	4	5	X
Ostvaruje iznimne rezultate u jednom području, dok je iz ostalih područja prosječan.		1	2	3	4	5	X
Ne ostvaruje iznimne rezultate, ali bi ih mogao ostvarivati uz malo truda.		1	2	3	4	5	X
Sudjeluje u dodatnim aktivnostima i/ili natjecanjima unutar ili izvan škole (akcije sakupljanja čepova recikliranja, posjet botaničkom ili zoološkom vrtu i sl.).		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T1		PROCJENA					
Ima bogat rječnik.		1	2	3	4	5	X
Jako se dobro služi riječima u usmenom i pisanim izražavanju.		1	2	3	4	5	X
Prepričava/ priča bogatu i cjelovitu priču ili događaj, s brojnim iskustvenim detaljima.		1	2	3	4	5	X
Ima velik broj informacija o različitim temama.		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T2		PROCJENA					
Pokazuje apstraktno mišljenje.		1	2	3	4	5	X
Uživa u izazovnim matematičkim slagalicama, igrami i logičkim zadacima.		1	2	3	4	5	X
Razumije nove matematičke koncepte i procese bolje nego drugi učenici.		1	2	3	4	5	X
Shvaća uzročno-posledične veze bolje nego drugi učenici.		1	2	3	4	5	X
Pokazuje sposobnost prenošenja znanja iz jedne situacije u drugu.		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T3		PROCJENA					
Dobro se snalazi u prostoru.		1	2	3	4	5	X
Pokazuje sposobnost stvaranja i transformiranja prostornih predodžaba.		1	2	3	4	5	X
Slaže slagalice brže i bilje od vršnjaka		1	2	3	4	5	X
Kreira, gradi od kocaka i sličnog gradbenog materijala (ili na računalu).		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T4		PROCJENA					
Iskazuje interes i smisao za ritam i glazbu.		1	2	3	4	5	X
Lako pamti melodije i može ih točno ponoviti.		1	2	3	4	5	X
Uočava fine razlike u glazbenom tonu (visinu, jačinu, boju i trajanje).		1	2	3	4	5	X
Pjeva ili svira neki instrument (ili to jako želi).		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T5		PROCJENA					
Pokazuje okretnost i spretnost u pokretima ili manipulaciji raznim predmetima (npr. loptom)		1	2	3	4	5	X
Vješto izvodi i usklađuje pokrete tijela.		1	2	3	4	5	X
Rado sudjeluje u sportskim aktivnostima.		1	2	3	4	5	X
Izražajno pokretom reagira na glazbene i verbalne poticaje.		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T6		PROCJENA					
Dobro razumije sebe i svoje potrebe, sposobnosti, osobine, emocije...		1	2	3	4	5	X
Uporno je u onom čime se bavi.		1	2	3	4	5	X
Ima razvijenu svijest o sebi. Svjestan je svojih dobrih i loših strana (vrlina i mana).		1	2	3	4	5	X
Svojeglavo je i tvrdoglav.		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
TVRDNJE T7		PROCJENA					
Razumije druge i potrebe drugih.		1	2	3	4	5	X
Osjetljivo je na potrebe i osjećaje drugih, lako se uživljava u osjećaju drugih.		1	2	3	4	5	X
Preuzima ulogu vođe u društvu vršnjaka.		1	2	3	4	5	X
Dobro se slaže s drugom djecom.		1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat							
Smatram da je darovito u prirodoslovnom području: DA NE							
Smatram da je darovito u više područja: DA NE NE ZNAM							
Ako DA, u kojim područjima?							

Hvala na suradnji!

Prilog 2. Skala za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole

Skala za procjenu potencijalne darovitosti u prirodoslovnom području za učenike predmetne nastave i učenike srednje škole
prilagođeno prema Šimić Šašić i sur. (2020)

Naziv škole: _____, Grad: _____

Ime i prezime učitelja koji procjenjuje: _____

Darovitost je sklop osobina, visoko natprosječnih općih ili specifičnih sposobnosti, visokoga stupnja kreativnosti i motivacije koji darovitim omogućava postizanje izrazito natprosječnoga postignuća i/ili uratka u jednome ili u više područja. Cilj identifikacije darovitih učenika je pružanje odgovarajuće odgojno-obrazovne podrške u skladu s njihovim visokim potencijalima. Procjena učitelja je jako važna u identificiranju potencijalno darovitih učenika. Stoga Vas molimo da toj procjeni pristupite ozbiljno, stručno i odgovorno. Pri procjeni darovitosti trebate paziti da Vas Vaš opći dojam o učeniku (pozitivan ili negativan) ne zavara, te da, u skladu s njim, nekritično dajete i pojedinačne procjene pojedinih osobina.

Ime i prezime učenika: _____

Spol: Ž M Razred i odjeljenje: _____

Uključenost učenika u izvannastavne i/ili izvanškolske aktivnosti vezane uz prirodu/biologiju: NE DA

Dolje su navedene tvrdnje koje opisuju osobine darovite djece. Molimo Vas da procijenite, za svakog učenika u Vašem razredu koliko se svaka tvrdnja odnosi na njega. Pri procjeni koristite sljedeću skalu:

1 uopće se ne odnosi	3 osrednje se odnosi	5 u potpunosti se odnosi
2 donekle se ne odnosi	4 prilično se odnosi	X ne mogu procijeniti

TVRDNJE D1	PROCJENA
Uspješno koristi nastavne sadržaje povezane s ishodima učenja uz dodatna proširenja.	1 2 3 4 5 X
U potpunosti razumije obrađene nastavne sadržaje koje može interpretirati ovisno o zadanom aspektu.	1 2 3 4 5 X
Uspješno primjenjuje usvojeno znanje u novim situacijama.	1 2 3 4 5 X
Samostalno navodi složenije primjere koje točno objašnjava.	1 2 3 4 5 X
Samostalno dolazi do zaključaka i točno ih obrazlaže	1 2 3 4 5 X
Ukupan rezultat	
TVRDNJE D2	PROCJENA
Voli boraviti u prirodi, promatrati je i istraživati (biljke, životinje, stijene ...)	1 2 3 4 5 X
Zainteresiran je za aktualne probleme (globalno zatopljenje, recikliranje i očuvanje okoliša) te predlaže projekte kako bi podigao svijest o njima.	1 2 3 4 5 X
Unutar škole uključen je u dodatnu ili izvannastavnu aktivnost iz prirodoslovnih predmeta.	1 2 3 4 5 X
Pokazuje interes i/ili samoinicijativu za usvajanjem dodatnih prirodoslovnih sadržaja.	1 2 3 4 5 X
Ostvaruje iznimne rezultate u prirodoslovnom području.	1 2 3 4 5 X
Uspješno povezuje nastavne sadržaje prirodoslovnih predmeta sa srodnim interdisciplinarnim sadržajima.	1 2 3 4 5 X
Na osnovu prirodoslovnih činjenica izvodi vlastite zaključke.	1 2 3 4 5 X
Ukupan rezultat	
TVRDNJE D3	PROCJENA
Aktivno sudjeluje u razmjeni ideja i/ili je samoinicijativno potiče.	1 2 3 4 5 X
Predlaže kreativne odgovore i potiče kreativnost kod drugih.	1 2 3 4 5 X
Izuzetno se raduje zadacima u kojima treba nešto osmislit ili prikazati.	1 2 3 4 5 X
Samostalno vrlo uspješno osmišljava pitanja/ zadatke/ pokuse/ istraživanja...	1 2 3 4 5 X
Pokazuje smisao za improvizaciju i originalna rješenja problema.	1 2 3 4 5 X
Ukupan rezultat	

TVRDNJE D4	PROCJENA					
	1	2	3	4	5	X
Pokazuje iznimski interes za nastavne sadržaje.	1	2	3	4	5	X
Samoinicijativno se služi dodatnim izvorima znanja.	1	2	3	4	5	X
Motiviran je primarno vlastitim interesom, a sekundarno ocjenom.	1	2	3	4	5	X
Rado sudjeluje u dodatnim aktivnostima.	1	2	3	4	5	X
Redovito izvršava zadane zadatke.	1	2	3	4	5	X
Intenzivno je usmjeren na zadatak duže vrijeme.	1	2	3	4	5	X
Uporan je tijekom rješavanja zadatka za koje pokazuje interes bez obzira na okolne smetnje.	1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat						
TVRDNJE D5	PROCJENA					
	1	2	3	4	5	X
Ostvaruje iznimne rezultate u više područja.	1	2	3	4	5	X
Ostvaruje iznimne rezultate u jednom području, dok je iz ostalih područja prosječan.	1	2	3	4	5	X
Ne ostvaruje iznimne rezultate, ali bi ih mogao ostvarivati uz malo truda.	1	2	3	4	5	X
Sudjeluje u dodatnim aktivnostima i/ili natjecanjima unutar ili izvan škole.	1	2	3	4	5	X
Ukupan rezultat						
Smatram da je darovito u prirodoslovnom području: DA NE						
Smatram da je darovito u više područja: DA NE NE ZNAM						
Ako DA, u kojim područjima? _____						

Hvala na suradnji!

Prilog 3. Skala za samoprocjenu učenika predmetne nastave i učenika srednjih škola

Skala za samoprocjenu učenika

Dorađeno prema: ITC Publications (https://www.itcpublications.com.au/assets/files/Gardners_MI_Quiz.pdf)

Škola: _____ Grad: _____ Razred i odjeljenje: _____
Ime i prezime: _____ Spol: Ž M

Za svaku navedenu tvrdnju procijenite u kojoj mjeri se odnosi na vas upisujući brojeve od 1 do 5.

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 uopće se ne odnosi | 3 osrednje se odnosi | 5 u potpunosti se odnosi |
| 2 donekle se ne odnosi | 4 prilično se odnosi | |

TVRDNJE T1		PROCJENA				
Uživam u čitanju.		1 2 3 4 5				
Koristim veliki raspon riječi pri izražavanju.		1 2 3 4 5				
Uživam u debatama i diskusijama.		1 2 3 4 5				
Lako pamtim citate i izjave.		1 2 3 4 5				
Volim pisati priče i/ili vodim dnevnik.		1 2 3 4 5				
Ukupan rezultat						
TVRDNJE T2		PROCJENA				
Kad se prisjećam događaja mogu ih vizualizirati u glavi.		1 2 3 4 5				
Dobro se snalazim u prostoru.		1 2 3 4 5				
Lako čitam topografske mape i/ili zemljopisne karte.		1 2 3 4 5				
Dobro opažam stvari u svojoj okolini, često vidim stvari koje drugima promaknu.		1 2 3 4 5				
Mogu predviđjeti poteze i njihove posljedice u različitim igrama - npr. šahu, nogometu ili online igrama.		1 2 3 4 5				
Kad učim kako nešto učiniti, volim vidjeti nacrte i dijagrame kako to funkcionira.		1 2 3 4 5				
Ukupan rezultat						
TVRDNJE T3		PROCJENA				
Volim slušati glazbu, čak i u pozadini.		1 2 3 4 5				
Često mi se u glavi vrte pjesme, rime ili ritmovi.		1 2 3 4 5				
Znam svirati glazbeni instrument.		1 2 3 4 5				
Lako pratim ritam.		1 2 3 4 5				
Mogu prepoznati različite instrumente kad slušam glazbu.		1 2 3 4 5				
Ukupan rezultat						
TVRDNJE T4		PROCJENA				
Lakše mi je rješavati probleme dok se bavim nekom fizičkom aktivnošću - npr. trčanje, hodanje...		1 2 3 4 5				
Često diram različite predmete i otkrivam njihovu teksturu.		1 2 3 4 5				
Oduvijek sam imao dobru tjelesnu koordinaciju.		1 2 3 4 5				
Uživam u sportskim aktivnostima.		1 2 3 4 5				
Najbolje učim radeći.		1 2 3 4 5				
Ukupan rezultat						
TVRDNJE T5		PROCJENA				
Moji me prijatelji uvijek zovu radi emocionalne podrške i savjeta .		1 2 3 4 5				
Dobar sam u rješavanju sukoba između drugih ljudi.		1 2 3 4 5				
Lako započinjem razgovor sa novim ljudima.		1 2 3 4 5				
Veoma sam društvena osoba i volim biti s drugim ljudima.		1 2 3 4 5				
Volim dijeliti svoje ideje i osjećaje s drugima.		1 2 3 4 5				
Ukupan rezultat						

Assessing potential giftedness in the natural field as a tool to improve teaching of gifted students

Dorotea Vrbanović¹, Slavica Šimić Šašić², Ines Radanović³

¹ V. Gymnasium, Klaićeva 1, Zagreb, Croatia

dorotea.vrbanovic@skole.hr

² University of Zadar, Department of Teacher and Preschool Teacher education, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, Zadar, Croatia

³ University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

ABSTRACT

Despite numerous insights, the concept of being gifted is still insufficiently defined for the needs of education, when it comes to the teachers and professional associates the upbringing and education of such children is still a very complex task. Until the mid-1990s, there was a belief that the accuracy and reliability of teachers in assessing giftedness were not significant, but the teacher played an essential role in the accuracy of those assessments with the use of scales. Moreover, teachers can make highly subjective assessments if they do not use the correct criteria and scales that guide them towards the characteristics that they need to observe to assess giftedness and ensure that their subjectivity does not affect the outcome. The scales to evaluate potential giftedness in the natural field were developed to guide and facilitate the identification of gifted students by their teachers for implementing the HRZZ project "Learning Biology in an Epidemiologically Adapted Research Environment", to adapt the educational process to the needs of gifted students. The theoretical basis for the development of the scales was Renzulli's three-ringed model of giftedness, which includes an above-average development of basic or specific abilities, personality traits, task commitment, and creativity. The scales consist of a series of positively formulated statements arranged in subscales that examine the different characteristics of gifted students. Those students who belong to the top 25% of the total score for all three scales (basic or specific abilities, task commitment and creativity) will be considered potentially gifted. The Student Assessment Scale, in addition to the tests conducted by psychologists, can be an excellent tool for teachers to identify gifted students in the classroom, and with the use of the scale, the teachers can improve their teaching process by following the specific requirements of individual students.

Keywords: giftedness; above average ability; types of intelligence; creativity; task commitment

Učimo iz iskustva - online nastava u STEM području

Melita Sambolek, Karmena Vadjla Rešetar
Gimnazija J. Slavenskog Čakovec, Čakovec, Hrvatska
karmena.vadjla-resetar@skole.hr

SAŽETAK

Nakon višemjesečnog održavanja online nastave, smatrali smo da je važno dobiti povratnu informaciju o tome kakvo je iskustvo i doživljaj učenika u praćenju nastave STEM grupe predmeta (biologija, fizika, kemija i matematika). Ovi su predmeti izabrani zbog svoje specifičnosti jer, osim predavanja, sadrže i pokuse, vježbe te rješavanje problemskih i numeričkih zadataka. Cilj je istraživanja bio utvrditi zadovoljstvo dosadašnjom provedbom online nastave, korigirati svoje stavove i metode poučavanja te po potrebi promijeniti i poboljšati nastavu sukladno mišljenju i sugestijama učenika. Kako bi dobili povratnu informaciju, proveli smo online istraživanje u Gimnaziji Josipa Slavenskog Čakovec putem *Microsoft Forms* upitnika. Teme obuhvaćene upitnikom bile su: zadovoljstvo online nastavom, osobni stav/doživljaj online nastave, izvedba online nastave, online pisane provjere znanja i digitalni alati u online nastavi. Razmatrajući rezultate ankete utvrdili smo da je većina učenika zadovoljna ili izrazito zadovoljna trenutnim načinom odvijanja online nastave u STEM grupi predmeta, a to je odvijanje nastave u realnom vremenu putem Zooma. Međutim, učenici napominju da je online nastavu teže pratiti, da online provjere znanja ne pokazuju realno znanje učenika te navode još niz problema s kojima su se susretali. Također, ističu i dobre strane online nastave kao što je svladavanje digitalnih alata koje će koristiti i kasnije u svom obrazovanju i radu. Unatoč ukupnim pozitivnim komentarima učenika, nastavnici u STEM području još uvijek imaju prostora za poboljšanje, osluškujući potrebe učenika, u čemu mogu pomoći rezultati ove ankete, osobito pažljivo čitanje učeničkih komentara u kojima možemo pronaći neke svoje propuste, osvijestiti ih i pokušati biti bolji. U tu svrhu, istakli smo neke prijedloge i savjete kako bi profesori mogli unaprijediti svoju online nastavu.

Ključne riječi: online nastava; STEM predmeti; sugestije i savjeti

UVOD

U Republici Hrvatskoj 2016. godine započela je kurikularna reforma, a od 2017. provodi se digitalna transformacija koja uključuje poboljšanje digitalnih vještina učenika, nastavnika, učitelja, stručnih suradnika i ravnatelja kao i opremanje škola. CARNET-ov pilot-projekt e-Škole započet 2015. godine te projekt Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske (MZO) Cjelovita kurikularna reforma rezultirali su boljom tehničkom opremljenosću škola, nastavnika i učenika koji su bili obuhvaćeni projektima. Uveden je jedinstveni elektronički identitet svim djelatnicima, učenicima i studentima u školama i na visokim učilištima te primjena e-Dnevnika. Također se radilo na razvoju digitalnih vještina nastavnika potrebnih za rad u virtualnom okruženju te opremanje nastavnika, a dijelom i učenika računalima i tabletima (MZO, 2021a). Navedeni su koraci olakšali prijelaz na online nastavu, no za ovakav nagli prijelaz, u potpunosti u virtualno okruženje u uvjetima pandemije COVID-19, bez sustavne pripreme, nisu bili spremni niti nastavnici, a ni učenici.

Nastava na daljinu u Republici Hrvatskoj započela je 16. ožujka 2020. i njome su bile obuhvaćene sve osnovne i srednje škole, a time i njihovi učitelji, nastavnici i učenici. Nije postojala metodologija ni primjeri dobre prakse koji bi se slijedili u okolnostima izolacije (tzv. *lockdowna*). Nastavnici i učenici u toj su situaciji bili primorani učiti radom (engl. *learning by doing*), odnosno primjenjivati princip iskustvenoga učenja koji je u raznim oblicima prisutan u odgoju i obrazovanju još od Platona, dok ga je u novije vrijeme najviše popularizirao John Dewey (Reese, 2011).

Organizacija nastave na daljinu svakako je značajno povezana s razinom nastavničkih kompetencija za učinkovitu uporabu informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT), no uspješnost odgojno-obrazovnoga rada ne ovisi isključivo o ovladavanju nastavnika IKT-om. Vrkić Dimić (2013) navodi da tek primjenom suvremenih pedagozijskih i didaktičkih načela prilikom uporabe IKT-a učitelji mogu podizati razinu učenja kod učenika, poticati razvoj viših razina mišljenja i omogućiti im da konstruiraju znanja u informacijskom okruženju. Upute o organizaciji nastave u okolnostima pandemije Ministarstvo znanosti i obrazovanja izdalo je u ožujku 2020. godine: „Smjernice osnovnim i srednjim školama vezano uz organizaciju nastave na daljinu uz pomoć informacijsko – komunikacijske tehnologije“ (MZO, 2021b) i „Uputu svim osnovnim i srednjim školama vezano uz organizaciju nastave na daljinu“ (MZO, 2021c). Upute su se odnosile na pripremne aktivnosti vezane za organizaciju nastave na daljinu i informacije o praćenju i potpori nastave na daljinu što je doprinijelo brzoj transformaciji nastave u online okruženje.

Radi unaprjeđenja kvalitete nastave na daljinu MZO je proveo dva upitnika na uzorku učitelja, nastavnika i stručnih suradnika u virtualnim učionicama. Pokazalo se da je razina zadovoljstva provedbom nastave na daljinu vrlo visoka, prema upitniku provedenom krajem lipnja i početkom srpnja 2020. udio učitelja koji su u potpunosti ili uglavnom bili zadovoljni načinom izvođenja nastave na daljinu je vrlo velik (97%) (MZO, 2021d). Istraživanja u nekim drugim zemljama u istom razdoblju dala su manje optimistične rezultate, koji ukazuju na umjerenu samopouzdanost prosvjetnih djelatnika u izvođenju nastave na daljinu uz veliku potrebu za dodatnom edukacijom i podrškom (British Council, 2020). Prema rezultatima upitnika MZO u travnju 2020. 42 % učitelja ocijenilo je da su učenici aktivniji na nastavi na daljinu nego u učionici. Nakon završene nastavne godine, ti postotci pokazuju da aktivnost učenika u nastavi na daljinu s vremenom opada, tako da 30 % nastavnika misli da su učenici aktivniji u nastavi na daljinu nego u školi, što pokazuje da je na duže vremensko razdoblje teško zadržati motivaciju i aktivnost učenika u nastavi na daljinu (MZO, 2021d). Druga parcijalna istraživanja na koja se može naći vezana su za ankete provedene unutar pojedinih predmeta i unutar određenih škola te rezultate objavljene na internim školskim stranicama, čime su škole nastojale ispitati vlastiti način rada i prilagođavati se potrebama svojih učenika.

Analiza postojećih kurikuluma pokazuje da je udio predmeta iz STEM područja (biologija, kemija, fizika, matematika, informatika) u općim i jezičnim gimnazijskim usmjeranjima oko 30 % te nešto više od 40 % u prirodoslovno – matematičkim usmjeranjima. Također, za učenike maturalnih razreda, Matematika je obavezan predmet, dok su najzastupljeniji izborni predmeti upravo Fizika, Biologija i Kemija te Politika i gospodarstvo izvan prirodoslovnog konteksta.

Upravo je time potaknut naš interes za istraživanje u predmetima Biologija, Kemija, Matematika, Fizika, kao i specifičnim zahtjevima navedenih predmeta (pokusi, vježbe, samostalni praktični rad, numerički zadaci) što može otežati savladavanje ishoda u online okruženju. U prilog toj tvrdnji idu ranija istraživanja koja pokazuju da su stope odustajanja od obrazovanja kod studenata posebno visoke u STEM područjima (oko 41 % u prvoj godini) i to najčešće zbog neodgovarajućih kompetencija učenika u području matematike i prirodnih znanosti stečenih prije upisa na studij. Razlog visokoj stopi odustajanja u spomenutim područjima, jest nedostatak odgovarajućih kompetencija prilikom početka studiranja na visokoškolskim ustanovama (Šic Žlabur, 2016.).

Cilj je istraživanja bio utvrditi zadovoljstvo dosadašnjom provedbom online nastave, korigirati stavove nastavnika kao i metode poučavanja te po potrebi promijeniti i poboljšati nastavu u STEM području ako je moguće sukladno mišljenju učenika. Teme obuhvaćene upitnikom su: zadovoljstvo online

nastavom, osobni stav/doživljaj online nastave, izvedba online nastave, online pisane provjere znanja, digitalni alati u nastavi.

METODE

U školskoj godini 2020./2021. s učenicima se nastava održavala po modelu C u svim navedenim predmetima, u realnom vremenu putem *Microsoft Teams* ili *Zoom* platforme.

Istraživanje je povedeno u Gimnaziji Josipa Slavenskog Čakovec online od 1. do 3. veljače 2021. putem *Microsoft Forms* upitnika. Upitnik je sadržavao 10 pitanja podijeljenih prema temama istraživanja. Na dio pitanja učenici su odgovarali odabirom ponuđenih odgovora, dok su na dio pitanja mogli dati otvoreni odgovor. U istraživanju je sudjelovalo anonimno 458 učenika od 1. do 4. razreda srednje škole. Prosječno vrijeme dovršetka upitnika je 11 minuta i 40 sekundi.

REZULTATI I RASPRAVA

Rezultate navodimo istim redoslijedom kao u upitniku, prema kategorijama ispitivanja, prikazane tablično ili grafički zbog preglednosti.

Učenici su najzadovoljniji online nastavom iz biologije (49,6 %), zatim slijedi nastava iz matematike (31,2%), dok nastava iz fizike (22,3 %) i kemije (20,3%) ima podjednak postotak izrazito zadovoljnih učenika (tablica 1). U svim predmetima zadovoljstvo nastavom izrazilo je između 54 % (kemija) i 81,6 % (biologija) ispitanika što upućuje na to da je većina zadovoljna s online nastavom u STEM grupi predmeta. Nezadovoljstvo nastavom (izrazito ili djelomično) najveće je nastavom kemije (25,5 %), zatim fizike (15,9%), matematike (14,8%) i najmanje biologije (5,9%).

Tablica 1 Zadovoljstvo online nastavom u postocima

Postotni udio odgovora učenika (%)	u potpunosti se ne slažem	djelomično se ne slažem	niti se slažem niti ne slažem	djelomično se slažem	u potpunosti se slažem
BIOLOGIJA	1,3	4,6	12,4	32,1	49,6
FIZIKA	4,1	11,8	24,9	38,9	20,3
KEMIJA	9,6	15,9	20,5	31,7	22,3
MATEMATIKA	6,1	8,7	16,6	37,3	31,2

Većina učenika slaže se s tvrdnjom da im je predmete iz STEM područja teže pratiti online nego na nastavi u školi (tablica 2). Djelomično i potpuno s tom se tvrdnjom slaže 62,9 % učenika, dok samo 17 % učenika ne smatra tu izjavu točnom. 20,1 % učenika se niti slaže niti ne slaže s tom tvrdnjom.

Tablica 2 Osobni stav/doživljaj online nastave u postocima

Postotni udio odgovora učenika (%)	u potpunosti se ne slažem	djelomično se ne slažem	niti se slažem niti ne slažem	djelomično se slažem	u potpunosti se slažem
Predmete iz STEM područja teže mi je pratiti online nego na nastavi u školi.	7,4	9,6	20,1	30,8	32,1
U biologiji, kemiji i fizici najviše mi nedostaju pokusi koje izvode nastavnici.	10,7	10,9	28,6	28,6	21,2
U biologiji, kemiji i fizici najviše mi nedostaju pokusi koje samostalno u kabinetu izvodimo mi učenici.	17,0	12,7	28,4	20,3	21,6
Lakše se koncentriram i pratim sadržaje za vrijeme online nastave nego kad se nastava odvija u školi.	36,5	26,6	17,5	9,6	9,8
Puno mi je lakše i ugodnije postaviti pitanje za vrijeme online nastave nego uživo na satu.	26,2	16,8	26,0	14,4	16,6
Tijekom online nastave puno više surađujem s kolegama iz razreda kako bi savladali gradivo.	13,3	12,9	22,7	29,3	21,8
Smatram da sam putem online nastave savladao/la korištenje digitalnih alata koje će i u budućnosti koristiti.	2,8	5,7	17,2	36,5	37,8

U nastavi biologije, fizike i kemije pokusi koje izvode nastavnici nedostaju 49,8 % učenika dok se njih 21,6 % ne slaže s tom tvrdnjom. U nastavi biologije, fizike i kemije pokusi koje samostalno u kabinetu izvode učenici nedostaju 41,9 % učenika, a 29,7 % se ne slažu s tom tvrdnjom. Gotovo isti postotak učenika (približno 28,5 %) se s prethodne dvije tvrdnje niti slažu niti ne slažu. Većina učenika (63,1 %) teže se koncentrira i prati sadržaje online nego kada se nastava odvija u školi, a samo 19,4 % učenika smatra da se lakše koncentrira i prati sadržaje online. 43% učenika smatra da im za vrijeme online nastave nije lakše i ugodnije postaviti pitanje, dok se 31% njih osjeća ugodnije i lakše postavljaju pitanja za vrijeme online nastave. Povećanu suradnju s kolegama iz razreda kao pomoć pri savladavanju gradiva navodi 51,1 % učenika, dok ih samo 26,2 % ne surađuje u većoj mjeri nego ranije. Većina učenika (74,3 %) zaključuje da je putem online nastave savladala korištenje digitalnih alata koje će moći koristiti i u budućnosti. Veoma mali broj učenika (8,5 %) ne slaže se s tom tvrdnjom.

Učenici prema 1. i 2. izboru predmeta koje najteže prate online ističu na prvom mjestu kemiju, zatim fiziku, matematiku pa biologiju (tablica 3). Također, fizika je kao drugi izbor po težini praćenja nastave u najvećem postotku (44,1 %), ali ima najmanji postotak kao predmet koji se najlakše prati online. Očekivano, učenicima je najlakše pratiti online nastavu biologije (60,9%). Zanimljiv je podatak da je matematika u podjednakom postotku izabrana za sva četiri izbora.

Tablica 3 Rang predmeta prema težini praćenja online nastave

Postotni udio odgovora učenika (%)	1. IZBOR	2. IZBOR	3. IZBOR	4. IZBOR
BIOLOGIJA	6,6	10,7	21,8	60,9
FIZIKA	27,9	44,1	22,1	5,9
KEMIJA	38,0	24,7	27,7	9,6
MATEMATIKA	27,5	20,5	28,4	23,6

Kao razloge za rangiranje pojedinog premeta na 1. mjesto prema težini praćenja učenici navode sljedeće razloge koje možemo razvrstati u 3 kategorije prikazane u tablici 4.

Tablica 4 Razlozi zbog kojih učenici teže prate nastavu iz pojedinog predmeta

problemi nastave	učenički problemi	ostalo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ prebrza obrada ▪ nedostatak pokusa ▪ nedostatak rješavanja zadataka na ploči ▪ prezajtjevni profesori ▪ profesorski pristup radu ▪ nedostatak interaktivnih sadržaja (samo usmeno predavanje) ▪ teže uočavanje reakcija u pokusima ▪ preopširno gradivo ▪ manjak komunikacije između profesora i učenika ▪ nemogućnost sudjelovanja u rješavanju zadataka na ploči ▪ nezanimljiv profesor ▪ nedostatak plana ploče ▪ nema odmora ▪ ne stigne se riješiti veći broj zadataka kao na nastavi u školi ▪ previše zadaće 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ teže postavljanje pitanja ▪ problem koncentracije (puno distrakcija) ▪ različiti tempo kod učenika ▪ zapisivanje sadržaja ▪ osobni razlozi ▪ nezanimljiv predmet ▪ samostalna obrada oduzima previše vremena ▪ nedostatak osobne motivacije ▪ nemogućnost predočenja gradiva pomoću digitalnih alata ▪ najteži predmet oduvijek ▪ problem istovremenog praćenja nastave i pisanja bilježaka ▪ nemogućnost trenutne povratne informacije prilikom rješavanja zadataka 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ loš Internet ▪ problemi s digitalnim alatom (<i>Teams</i>) ▪ zbog prekida u vezi propusti se dio gradiva i teško je nadoknaditi propušteno ▪ loša rezolucija i ne vide se zadaci s papira ili ploče

Usporedbom s drugim sličnim istraživanjima (Runtić, Kavelj, 2020, Ristić Dedić 2020) provedenim nakon prvotnog zatvaranja škola može se uočiti da dio problema i nakon duže prilagodbe u školskoj godini 2020./2021. u online okruženju ostaje isti. Učenici ističu u većoj mjeri problem koncentracije, te poteškoće u razumijevanju zbog nedostatka izravne komunikacije s nastavnikom, no specifično navode poteškoće u uočavanju promjena u pokusima te nedostatak aktivnog sudjelovanja rješavanjem

zadataka na ploči. Tehničke su poteškoće (loš Internet, prekid internetske veze) zastupljene u manjoj mjeri.

Iako velik broj učenika (34,7 %) smatra da su sadržaji koje uče zanimljivije objašnjeni putem online nastave, velik broj njih (40,4 %) se s tom tvrdnjom niti slaže, niti ne slaže što upućuje da im je nastava jednako zanimljiva ili nezanimljiva i online i u školi, što vjerojatno ima veze i s njihovim preferencijama prema prirodoslovnim predmetima i matematici inače (tablica 5).

Tablica 5 Izvedba online nastave u postocima

Postotni udio odgovora učenika (%)	u potpunosti se ne slažem	djelomično se ne slažem	niti se slažem niti ne slažem	djelomično se slažem	u potpunosti se slažem
<i>Sadržaji koje učimo predstavljeni su na zanimljiv način putem online nastave.</i>	10,0	14,8	40,4	29,5	5,2
<i>Povratne informacije nastavnika o učenju češće su za vrijeme online nastave.</i>	6,1	14,4	42,4	26,2	10,9
<i>Povratne informacije nastavnika o učenju opširnije/konkretnije su za vrijeme online nastave.</i>	7,0	17,9	45,6	23,8	5,7
<i>Nastavnici za vrijeme online nastave koriste više videomaterijala i animacija nego uživo na satu.</i>	3,5	7,6	19,2	40,6	29,0
<i>Broj zadataka koje nastavnici zadaju za samostalni rad brojniji je za vrijeme online nastave.</i>	3,5	5,7	21,4	30,6	38,9
<i>Zbog online nastave učenici su dobili veću mogućnost odabira i izvođenja samostalnih pokusa i projekata.</i>	14,4	18,6	34,3	22,5	10,3
<i>Putem online nastave nastavnici se više trude kako bi nam objasnili sadržaje.</i>	6,3	14,8	32,5	30,3	15,9
<i>Nastavnici STEM predmeta kompetentno se koriste digitalnim alatima u kojima rade.</i>	3,5	7,6	24,7	40,8	23,4

Da su povratne informacije nastavnika o učenju češće za vrijeme online nastave smatra 37,1 % učenika, ali 42,4 % ne uočava razliku u učestalosti povratnih informacija u usporedbi s nastavom u školi. 28,5 % učenika slaže se s tvrdnjom da su povratne informacije nastavnika o učenju opširnije/konkretnije za vrijeme online nastave, dok 45,6 % učenika ne uočava razliku u opširnosti povratnih informacija u usporedbi s onima koje dobivaju na nastavi u školi. 69,6 % učenika smatra da nastavnici za vrijeme online nastave koriste više video materijala i animacija nego uživo na satu, dok ih 19,2 % nije uočilo tu razliku. Da je broj zadataka koje nastavnici zadaju za samostalni rad brojniji za vrijeme online nastave smatra 69,5 % učenika, a razliku nije uočilo 21,4 % učenika. 32,8 % učenika smatra da su za vrijeme online nastave učenici dobili veću mogućnost odabira i izvođenja samostalnih pokusa i projekata, dok ih 34,3 % ne primjećuje razliku u mogućnostima odabira. Da se putem online nastave nastavnici se više trude kako bi objasnili sadržaje smatra 46,2 % učenika, dok ih 32,5 % ne primjećuje razliku. 64,2 % učenika smatra da se nastavnici STEM predmeta kompetentno koriste digitalnim alatima u kojima rade.

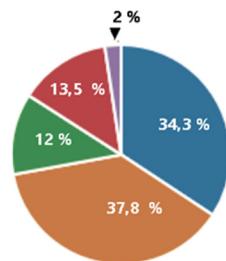
Prema rezultatima vidljivim na slici 1 uočava se da veliki postotak ispitanika (72%) smatra da rezultati online provjera ne pokazuju realno znanje učenika. Da bi se utvrdili razlozi, ovisno o odgovoru na prethodno pitanje, učenici odgovaraju na jedno od sljedeća dva pitanja.



Slika 1 Odgovori učenika na pitanje: Po vašem mišljenju, pokazuju li rezultati pisanih online provjera iz STEM predmeta realno znanje? (lijevo – broj učenika, desno – postotni udio odgovora učenika)

Kako su učenici mogli izabrati više mogućih odgovora, ukupno je 130 učenika ponudilo 251 odgovor na pitanje zašto misle da rezultati online pisanih provjera iz STEM predmeta pokazuju realno znanje. Rezultati su prikazani na slici 2. 34,3 % odabralih odgovora odnosi se na lakšu i bolju koncentraciju kada su učenici sami prilikom provjere znanja. 37,8% odgovora odnosi se na više vremena za učenje jer ne moraju putovati u školu, 12 % odabralih odgovora je za lakše samostalno svladavanje sadržaja, a 13,5 % odabralih odgovora odnosi se na opširnije materijale za vrijeme online nastave koji im pomažu kod svladavanja gradiva. 2 % je samostalnih odgovora učenika. Oni navode da im je lakše pisati provjeru online; da je ocjena realna jer su testovi online teži zbog ograničenog vremena koje je kraće nego kada se test piše u školi; manji je stres pri učenju i rješavanju jer se učenik nalazi u svom domu, a ne u školi; bolja im je koncentracija jer ne moraju ustajati u 5 sati ujutro kako bi stigli na nastavu pa nisu umorni.

● lakše se koncentriram kada sam sam/sama prilikom rješavanja provjere	86
● imam više vremena za učenje jer ne moram putovati u školu	95
● više naučim kada sadržaje obrađujem samostalno	30
● materijali za vrijeme online nastave su opšeniji što mi pomaže kod učenja za provjeru	34
● ostalo	6

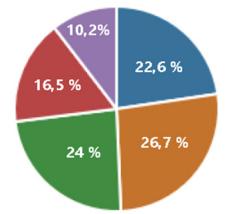


Slika 2 Odgovori učenika koji smatraju da online provjere znanja pokazuju realno znanje učenika (lijevo – broj učenika, desno – postotni udio odgovora učenika)

Iako misle da je njihova ocjena realna, smatraju da su online provjere demotivirajuće. Kao razlog tome, navodimo primjer odgovora: „*Mnogo učenika jednostavno vara i troši vrijeme tražeći načine kako varati. To je obeshrabrujuće za one koji stvarno uče, pogotovo nakon što netko tko vara dobije 5, a učenik koji je učio 4. Zašto bi netko uopće onda učio kada će drugi ionako varati?*“

Kako su učenici mogli izabrati više mogućih odgovora, ukupno je 328 učenika ponudilo 671 odgovor na pitanje zašto misle da rezultati online pisanih provjera iz STEM predmeta ne pokazuju realno znanje. Rezultati su prikazani na slici 3.

● jer nisu pisane u kontroliranim uvjetima i dolazi do prepisivanja	152
● jer mi pisanje uz kameru ne dozvoljava da se koncentriram	179
● ne postoji mogućnost upisa formula i raspisa zadatka (ograničen upis rezultata, formula, grafičkih prikaza)	159
● problem mi je pratiti zadatke na ekranu	111
● ostalo	70



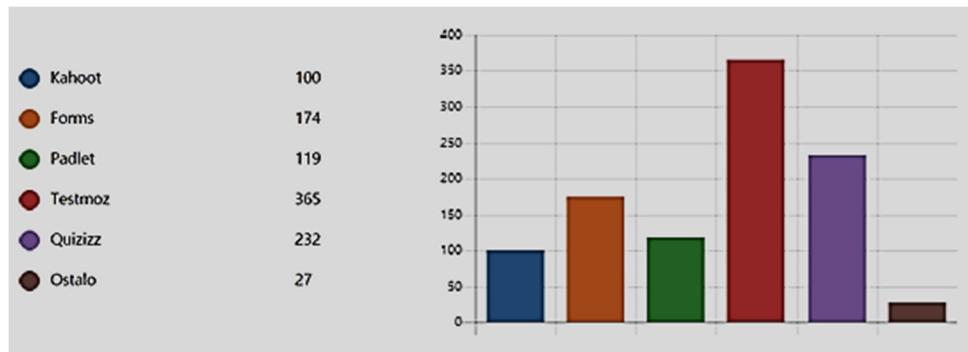
Slika 3 Odgovori učenika koji smatraju da online provjere znanja ne pokazuju realno znanje učenika (lijevo – broj učenika, desno – postotni udio odgovora učenika)

Jedan od razloga zašto ocjene ne pokazuju realno znanje je taj da nisu pisane u kontroliranom uvjetima i da dolazi do prepisivanja. Na tu činjenicu odnosi se 22,6 % ponuđenih odgovora. 26,7 % odgovora pokazuje da se učenici teže koncentriraju kada moraju pisati uz kameru, a 16,5 % odgovora na teže praćenje zadatka na ekranu. 24 % odabralih odgovora odnosi se na nemogućnost upisa formula i razrade zadatka i grafičkih prikaza. 10,2 % odgovora ponudili su učenici samostalno. Navode da su profesori povisili standarde i traže puno više od njih te zanemaruju činjenicu da ono što oni traže možda nije u srazmjeru s onim koliko su bili u mogućnosti pojasniti. Također, slažu se da vremensko ograničenje pisanja povećava stres i da imaju premalo vremena za previše zadatka. Uz to digitalni sadržaji često znaju zakazati ili se ne žele pokrenuti što dodatno oduzima vrijeme za pisanje kao i

nemogućnost pravovremenog slanja zadatka koje su pisali na papir i čiju sliku treba poslati. Dodatna poteškoća je i upisivanje formula i jednadžbi u digitalne alate što također iziskuje dodatno vrijeme.

Primjer odgovora: „*Profesori daju premalo vremena, stvara se preveliki pritisak te često dolazi do ocjena koje nisu pravi pokazatelj znanja, najčešće kod onih koji uče i pripremaju se te na kraju ne stignu ili se zabune. Nerijetko moramo imati uključene mikrofone pa nas ometaju šumovi.*“

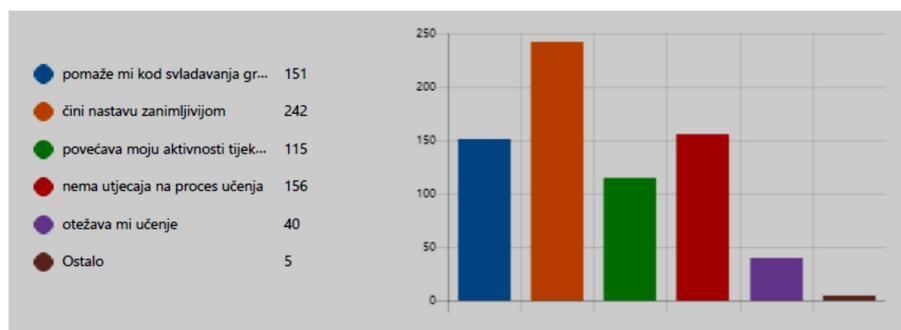
U online nastavi STEM grupe predmeta koriste se razni digitalni alati i platforme. Osnovna platforma za nastavu koja se koristi u Školi je Teams. Online nastava, uz Teams, često se odvija i putem Zooma. Uz to, koriste se i drugi alati od kojih su neki ponuđeni u ovom pitanju uz mogućnost upisa dodatnih sadržaja. Rezultati su vidljivi u grafičkom prikazu na slici 4.



Slika 4 Digitalni alati korišteni u online nastavi (lijevo – broj učenika, desno – postotni udio odgovora učenika)

Iz priloženog vidljivo je da se najviše koriste Testmoz i Quizizz kao alati za provjere znanja, ali i kao alati za ponavljanje i utvrđivanje gradiva. Uz ponuđene alate, učenici su još spomenuli dodatne alate, sadržaje i platforme koje se koriste u nastavi kao: Phet simulacije, Loomen, Edutorij, Quizlet, BookWidgets, Forms, Exam.net, Socrative, Forms. Zanimljivo je da postoji nekoliko odgovora učenika u kojima tvrde da u nastavi nisu koristili digitalne alate.

Kako su učenici mogli izabrati više mogućih odgovora, ukupno je 458 učenika ponudilo 709 odgovora na pitanje o utjecaju korištenja digitalnih alata u online nastavi. Grafikon na slici 5 prikazuje frekvenciju pojedinih odgovora učenika. 34,13 % odgovora je u prilog činjenici da korištenje digitalnih alata čini nastavu zanimljivom, podjednak broj odgovora govori da korištenje digitalnih alata pomaže učenicima kod svladavanja gradiva ili nema utjecaja na proces učenja (21,3 %). Vrlo mali broj odgovora govori u prilog tome da korištenje digitalnih alata otežava učenje (5,6 %).



Slika 5 Utjecaj korištenja digitalnih alata na doživljaj online nastave (lijevo – broj učenika, desno – postotni udio odgovora učenika)

Uz ove ponuđene odgovore, učenici su imali mogućnost upisa svog odgovora. Tako navode da im digitalni sadržaji stvaraju dodatni stres jer ih povezuju s provjerama znanja i kratkim provjerama i da im na taj način, zadaci koje su rješavali putem tih alata, ne ostaju za vježbu.

Na kraju upitnika učenici su mogli napisati svoje mišljenje o online nastavi u STEM predmetima ukoliko su smatrali da nije bilo obuhvaćeno navedenim tvrdnjama i pitanjima. Njihove komentare možemo svrstati u 4 kategorije koji se nalaze u tablici 6.

Tablica 6 Osobno mišljenje učenika o online nastavi

problemi	pohvale	mogućnosti poboljšanja	ostalo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ne uključuju se svi učenici u raspravu ▪ mnogo distrakcija (mobitel, obitelj...) ▪ ne smije se zanemariti činjenica da ovo nije prava nastava ▪ ne treba očekivati jednaku brzinu napretka ▪ online nastava baš kao i nastava u školi ovisi o profesoru ▪ ovakav oblik nastave u ovako dugom vremenu je sve teže pratiti ▪ online nastava smanjuje volju učenika za govor i odgovaranjem na pitanja jer je odmah u centru pozornosti svima na ekranu, dok je u razredu prirodnije izreći svoje mišljenje ▪ online provjerama ne ispituje se pravo znanje učenika, već koliko brzo mogu tipkati po tipkovnici ▪ uživo je lakša komunikacija s profesorima ▪ dnevno se provodi 8 – 10 sati za računalom, što nije dobro za zdravlje 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ STEM predmeti su dobro organizirani ▪ poboljšanje u usporedbi s prošlim polugodištem ▪ dobro je, ali uvek može bolje ▪ praćenje STEM predmeta nije uopće otežano ▪ nastava je dobra ▪ profesori se trude i na zanimljiv način potiču na učenje ▪ svida mi se kad profesori pišu po digitalnoj ploči ili prezentaciji ▪ teže pratiti nastavu online ali da nema baš neke pre velike razlike jer imamo profesore koji dobro objašnjavaju. ▪ profesori su se snašli na najbolji mogući način ▪ online nastava u STEM predmetima jako dobro organizirana za razliku od drugih škola ▪ većina predmeta odlično funkcioniра i svaka čast profesorima! :) ▪ online nastava u vezi STEM predmeta uglavnom je pozitivna i korektna ▪ nastava se dosta dobro odvijala, odnosno, na način da nas se zainteresira za samostalno učenje ▪ dobro izvedeno, ali ima mjesta za napredak ▪ profesori na većini premeta prilagođavaju gradivo situaciji (manji opseg gradiva, sporija obrada ▪ prilagodljivije nego uživo ▪ nastava je u globalu kvalitetna i zadovoljavajuća te može rezultirati odličnim rezultatima ▪ profesori se jako trude približiti nam gradivo na zanimljiv način, ako nam nešto nije jasno objasne još jednom 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ trebalo bi rješavati više zadataka tako da profesori pišu po ploči ▪ potrebno je više povratnih informacija ▪ objavljivanje materijala na Teamsu ▪ koristiti različite digitalne alate ▪ treba koristiti prezentacije i digitalne alate (ne nastavu održavati samo usmeno) ▪ STEM predmete treba slušati u školi ▪ treba više praktičnog rada ▪ usmeno ispitivanje u ovakvim okolnostima je nepotrebno jer ne dokazuje realno znanje te bi bilo bolje da se u ovim uvjetima ocjenjuje aktivnost tijekom nastave, ali i dodatna aktivnost, ▪ predani zadaci i slično ▪ svi učenici bi trebali imati jednak broj ocjena ▪ trajanje sata na nekim predmetima bi moglo biti kraće jer pada koncentracija i teže je zapamtiti neke bitnije činjenice pri kraju sata ▪ potrebna je modernizacija i bolja edukacija nastavnika, te smanjivanje obujma gradiva na samo ključno za maturu ▪ treba više koristiti nove udžbenike, a manje digitalne sadržaje 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ želim se vratiti u školu! ▪ svaki način nastave ima svojih prednosti i nedostataka ▪ online testiranja pokazuju nerealne rezultate te češće nastradaju oni koji redovito uče nego oni koji prepisuju ▪ učenici puno teže pratimo STEM predmete od ostalih jer su to predmeti koji zahtijevaju maksimalnu pozornost ▪ teško se natjerati na rad i učenje i teško je pronaći motivaciju za rad ▪ online nastava je puno zahtjevnija od nastave u školi ▪ nema razlike online nastave i nastave u školi osim u socijalizaciji ▪ pisane provjere za vrijeme online nastave nisu korisne niti pouzdane. Forsiranje pisanih provjera u ovom razdoblju više je štetno nego korisno ▪ biologiju je dosta lako pratiti, no ostale predmete u kojima su zadaci i formule je vrlo nepraktično pratiti i smatram da na maturi nećemo znati ništa ▪ online je zatupljujuće! ▪ putem online nastave uči se i radi više samostalno što je dobra 'praksa' za fakultet

Istraživanja zadovoljstva učenika nastavom na daljinu u uvjetima pandemije prema našim saznanjima nisu jako česta, te u većoj mjeri obuhvaćaju osnovnoškolsku populaciju od srednjoškolske. Istraživanje na populaciji od 5. do 8. razreda provedeno u početku provođenja modela nastave na daljinu i ograničeno na relativno mali uzorak unutar jedne škole navodi da su učenici u iskazivanju prednosti i nedostataka takvoga modela nastave pokazali kritičnost te gotovo dvostruko češće navodili nedostatke

nego prednosti nastave na daljinu. Obilježja nastave na daljinu koja učenici predmetne nastave cijene i najčešće navode kao prednosti prema tom su istraživanju: zanimljivija i zabavnija nastava, korištenje digitalnih materijala, kvizova i igara, mogućnost samostalnog organiziranja, manja količina zadataka, kraće vrijeme potrebno za učenje i mogućnost dužega spavanja. Kao nedostatke nastave na daljinu ispitanici najčešće izdvajaju: zadavanje previše zadataka za rad, nemogućnost viđanja prijatelja, poteškoće u razumijevanju nastavnih sadržaja, nedostatak objašnjavanja i poučavanja, manjak slobodnoga vremena te kratki rokovi za obavljanje zadataka (Runtić, Kavelj, 2020). Vrlo slične odgovore o prednostima i nedostacima online nastave navode učenici srednjih škola u istraživanju Ristić Dedić (2020).

Istraživanje Jokić i Ristić Dedić (2020) provedeno na populaciji učenika 7. razreda u zagrebačkim osnovnim školama pokazalo je da ispitanici nastavu na daljinu ocjenjuju prosječnom ocjenom 3.14, pri čemu je prevladavajući stav da nisu ni nezadovoljni ni zadovoljni. Online nastava predstavlja im veće opterećenje koje se iskazuje dobivanjem velikog broja zadataka u kratkom roku i zahtjevom za ulaganjem puno truda za izvršavanje zadataka. Također 71% učenika smatra da je velik broj zadataka u kratkom vremenu osobina koja više vrijedi za online nastavu. U statistički značajno većoj mjeri učenici iskazuju da imaju previše domaćih zadaća. S ovom se tvrdnjom u potpunosti slaže i uglavnom slaže 71 % učenika 7. razreda. Interes učenika za upotrebu računalnih uređaja te obrazovni status roditelja jedini su značajni prediktori zadovoljstva. Učenici u prosjeku percipiraju nastavu na daljinu nepovoljnije od nastave u učionicama s obzirom na kvalitetu nastavnoga procesa i opterećenost učenika školskim zadatcima. Jedan je od važnih zaključaka tog istraživanja da je postojeći model, kojim se primjereni premostilo kritično razdoblje nakon izbijanja pandemije, potrebno značajno unaprijediti prije svega kroz izradu sadržaja i metoda učenja kojima će se povećati razumljivost i zanimljivost sadržaja koji se uče.

Prema istraživanju Nacionalnog centra za vanjsko vrednovanje obrazovanja (NCVVO, 2020.) provedenom u travnju 2020. na populaciji maturanata, gotovo 90% maturanata izjavljuje da im nemogućnost izravne komunikacije s nastavnicima otežava savladavanje nastavnih sadržaja. Oko 80% maturanata imalo je poteškoća s organizacijom vremena u uvjetima nastave na daljinu, a gotovo 90% je imalo poteškoće s koncentracijom.

Nakon višemjesečnog iskustva u praćenju online nastave, u drugom polugodištu školske godine 2019./2020. te većim dijelom u školskoj godini 2020./2021., s već prikupljenim iskustvom kolega nastavnika, tražili smo povratnu informaciju od naših učenika, o njihovim iskustvima, ali i poteškoćama na koje su naišli u online okruženju. Učenici su ispunili upitnik o vlastitom iskustvu i doživljaju online nastave u predmetima STEM područja (fizika, biologija, kemija, matematika), koji su specifični zbog pokusa i vježbi te rješavanja problemskih i numeričkih zadataka. Samim time zahtijevaju drugačiji pristup i nastavnika, ali i učenika.

Razmatrajući rezultate ankete možemo utvrditi da je većina učenika zadovoljna ili izrazito zadovoljna trenutnim načinom odvijanja nastave online u STEM grupi predmeta, više od 50 % u svakom od predmeta, a također izrazito nezadovoljno je manje od 10 % učenika u pojedinim predmetima.

Više od 60 % ispitanika smatra da se teže koncentriraju i prate nastavu u online okruženju u odnosu na nastavu u školi. Ističu brojne razloge, od različitih distraktora u kućnom okruženju, do nedostatka motivacije i zamora zbog predugovog razdoblja u kojem se odvija online nastava. Također, više od 40 % učenika navodi da se zbog uključenih kamera za vrijeme online nastave osjećaju izloženiji i zbog toga teže postavljaju pitanja vezana uz gradivo ili se uključuju u obradu gradiva nego kada se nalaze na

nastavi u školi. S druge strane njihovi komentari ukazuju na činjenicu da su uglavnom zadovoljni načinom na koji se profesori organiziraju i snalaze u online okruženju, ali možemo istaknuti da ima mjesta za napredak. Primjerice, učenici ističu da im je pisanje po digitalnoj ploči od velike pomoći, a dodatna je prednost da se takve bilješke mogu snimiti i biti dostupne učenicima kasnije.

U odgovorima na pitanje koji im je predmet najteže pratiti online, učenici ističu kemiju i fiziku, dok im je biologiju najlakše pratiti, a za matematiku podjela je prilično ujednačena u svim kategorijama odgovora. Imajući u vidu učeničke odgovore i obrazloženja, možemo zaključiti da su kemija i fizika učenicima zahtjevniji jer se susreću sa svim oblicima rada, od vježbi, do numeričkih i problemskih zadataka. Za razliku od toga u biologiji nema numeričkih zadataka u većoj mjeri, a u matematici pak, s druge strane, nisu opterećeni pokusima i pisanjem vježbi. Stoga nastavnici fizike i kemije moraju dodatno voditi računa o doziranju pojedinih aktivnosti kao i načinu ostvarivanja ishoda.

Također nešto više od 60 % učenika slaže se potpuno ili djelomično s tvrdnjom da dobivaju više zadataka za samostalni rad u online okruženju nego kad se nastava odvija u školi.

Korištenje digitalnih alata zastupljeno je u svim predmetima, no svega je trećina ispitanika navela da čine online nastavu zanimljivijom. Razlog tome može biti činjenica da smo i prije uvođenja online nastave u većoj mjeri osvremenili nastavu i koristili različite digitalne alate u nastavi, tako da potpunim prelaskom u online okruženje, digitalni alati nisu učenicima nešto novo, već se samo koriste u još većoj mjeri. Korištenje digitalnih alata kod učenika izaziva dodatni stres jer ih povezuju s provjerama znanja. Naime, pisane provjere putem digitalnih alata, kako bi se onemogućilo prepisivanje, koncipirane su tako da su davale učenicima veoma kratko vrijeme za odgovor uz nemogućnost vraćanja na prethodna pitanja. Odbrojavanje vremena na rubu ekrana, nemogućnost planiranja vremena za pojedini zadatak te strah od mogućih problema s Internet vezom, učenici su doživljavali veoma stresno. Upravo zbog stresa, slabije koncentracije kada su ispred kamere, te smanjene objektivnosti zbog nemogućnosti kontrole uvjeta u kojima se provjera piše, 72 % ispitanika smatra da online provjere ne ispituju realno znanje učenika. U kemiji, fizici i matematici dodatni je problem zapis jednadžbi i formula što u većini aplikacija nije adekvatno moguće.

Tek jedna trećina ispitanika smatra da je online nastava zanimljivija od nastave uživo. Ističu da zanimljivost nastave ovisi o profesoru.

Provjere znanja izazov su i za nastavnike i za učenike bez obzira na aplikacije koje se koriste, no očito je da su učenici svjesni nedostataka te zajednički trebamo raditi na tome da se osvesti važnost onoga „što smo naučili“, a ne samo „koju smo ocjenu dobili“.

Istraživanje je otvorilo problem koji bi bilo zanimljivo i dalje istraživati u različitim školama, ali i u području pojedinog predmeta, te dodatno istražiti specifične teškoće koje se javljaju upravo u prirodoslovju i matematici. Pitanja s ponuđenim odgovorima također daju zanimljiv presjek odgovora koji su jednim dijelom u okviru drugih sličnih istraživanja, ali otvaraju i neke nove probleme uočene iz učeničke perspektive. Svakako bi bilo zanimljivo istražiti zašto su učenici odabrali neke odgovore, no to zahtijeva i primjenu drugih metoda istraživanja.

ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da unatoč pozitivnim komentarima učenika, nastavnici u STEM području još uvijek imaju prostora za poboljšanje, osluškujući potrebe učenika, u čemu mogu pomoći rezultati ove ankete,

osobito pažljivo čitanje učeničkih komentara u kojima možemo pronaći neke svoje propuste, osvijestiti ih i pokušati biti bolji.

METODIČKI ZNAČAJ

Obzirom na broj ispitanika i sličnosti provođenja online nastave u realnom vremenu u brojnim školama, preporuke za nastavnike temeljene na ovom istraživanju mogu sigurno biti korisne i nastavnicima izvan naše ustanove.

Preporuke za nastavnike:

- U toku sata mijenjati načine rada i korištenje različitih materijala kako bi se dinamikom zadržala koncentracija učenika;
- Koncipirati pitanja i zadatke tijekom obrade kako bi se što više učenika uključilo u raspravu;
- Paziti na trajanje sata;
- Koristiti digitalnu (pametnu) ploču (umjesto snimanja papira ili ploče);
- Nastaviti koristiti što više prezentacija i digitalnih alata umjesto usmenog izlaganja;
- Dati učenicima dovoljno vremena za prepisivanje bilježaka na satu ili omogućiti dostupnost planu ploče na Teamsu;
- Upućivati učenike i na korištenje udžbenika, ne samo digitalnih alata;
- Dozirati količinu projekata i zadataka za samostalni rad;
- Što češće i konkretnije dati učenicima povratnu informaciju o učenju (usmeno ili u pisanim obliku komentarima na vježbi, zadaći ili upisom u e-imenik);
- Kod učenika osvijesti važnost onoga „što smo naučili“, a ne samo „koju smo ocjenu dobili“.

LITERATURA

- Reese, H. W. (2011). The learning-by-doing principle. Behavioral Development Bulletin. <https://doi.org/10.1037/h0100597>
- Vrkić Dimić, J. (2013). Kompetencije učenika i nastavnika za 21. stoljeće, Acta Iadertina. 10(1): 49–60.
<https://doi.org/10.15291/ai.1270>
- Runtić, B., Kavelj, N. (2020). Iskustva i mišljenja učenika viših razreda osnovne škole o nastavi na daljinu tijekom pandemije bolesti COVID-19. Acta Iadertina, 17(2): 150 – 174.
- Ristić Dedić, Z. (2020). Pilot istraživanje učeničkih potreba i suočavanja s izazovima online nastave u ožujku 2020. godine (Preliminarno izvješće) – Serija IDIZ-ovi vidici 003. Zagreb: Institut za društvena istraživanja u Zagrebu
- British Council. (2020). A survey of teacher and teacher educator needs during the Covid-19 pandemic April - May 2020.
<https://www.teachingenglish.org.uk/sites/teacheng/files/covid19-teacher-teacher-educator-survey.pdf>
- Jokić, B., Z. Ristić Dedić. (2020). Iskustva i zadovoljstvo učenika 7. razreda online nastavom - Medijsko izvješće. Zagreb: Institut za društvena istraživanja u Zagrebu. <https://www.srednja.hr/app/uploads/2020/06/Zadovoljstvo-i-iskustva-online-nastavom-7.-razred-IDIZ.pdf>
- Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja. (2020). Ispitivanja o iskustvima i zadovoljstvu nastavom na daljinu.
<https://www.ncvvo.hr/objava-izvjestaja-o-ispitivanju-nastave-na-daljinu-u-skolskoj-godini-2019-20/>
- Šic Žlabur, J. (2016). Analitička podloga postojećih kurikulumu u području STEM-a i ICT-a. ICT – znanstveni laboratorij.
https://loops.hr/wpcontent/themes/loops/doc/analiticka_podloga/EL%201.1.%20ICT%20Znanstveni%20laboratorijs%20-%20Analiza%20postoje%C4%87ih%20kurikulumu%20STEM-a%20i%20ICT-a%20-%20final.pdf
- MZO (2021a). Akcijski plan za provedbu nastave na daljinu – Model nastave na daljinu.
<https://mzo.gov.hr/UserDocImages/dokumenti/Obrazovanje/NastavaNaDaljinu/Akcijski%20plan%20za%20provedbu%20nastave%20na%20daljinu%20-%20Model%20nastave%20na%20daljinu.pdf> (pristupljeno 5. kolovoza 2021.).
- MZO (2021b). Smjernice osnovnim i srednjim školama vezano uz organizaciju nastave na daljinu uz pomoć informacijsko – komunikacijske tehnologije.
<https://mzo.gov.hr/UserDocImages/dokumenti/Vijesti/2020/Smjernice%20osnovnim%20i%20srednjim%20skolama%20vezano%20uz%20organizaciju%20nastave%20na%20daljinu.pdf> (pristupljeno 5. kolovoza 2021.).
- MZO (2021c). Uputa svim osnovnim i srednjim školama vezano uz organizaciju nastave na daljinu.
https://mzo.gov.hr/UserDocImages/dokumenti/Vijesti/2020/Upute%20MZOa_13_03_2020.pdf (pristupljeno 5. kolovoza 2021.).
- MZO (2021d). Upitnik o izvođenju nastave na daljinu u razdoblju od 16. ožujka 2020. do 26. lipnja 2020..
<https://skolazivot.hr/upitnik-o-izvođenju-nastave-na-daljinu-u-razdoblju-od-16.-ožujka-2020.-do-26.-lipnja-2020.-odgovori-ucitelja-nastavnika-i-strucnih-suradnika/> (pristupljeno 5. kolovoza 2021.).
- NCVVO (2021). Broj prijavljenih ispita prema predmetima i razinama u šk. god. 2020./2021. – ljetni rok.
<https://www.ncvvo.hr/broj-prijavljenih-ispita-prema-predmetima-i-razinama-u-sk-god-2020-2021-ljetni-rok/> (pristupljeno 5. kolovoza 2021.).

Online teaching in the STEM group of courses

Melita Sambolek, Karmena Vadlja Rešetar
Gimnazija J. Slavenskog Čakovec, Čakovec, Hrvatska
karmena.vadlja-resetar@skole.hr

ABSTRACT

After several months of online classes, we wanted to get feedback on what is the student's experience in monitoring the teaching of STEM group of subjects (biology, physics, chemistry and mathematics). These subjects were chosen because of their specificity because, in addition to lectures, they also contain experiments, exercises, solving problem, and numerical tasks. The aim of the research was to determine satisfaction with the current implementation of online teaching, to correct our attitudes and teaching methods and, if necessary, to change and improve teaching in accordance with the opinions and suggestions of students. In order to get feedback, we conducted an online survey at the Josip Slavenski High School in Čakovec via the Microsoft Forms questionnaire. Topics covered by the questionnaire were satisfaction with online teaching, personal attitude / experience of online teaching, performance of online teaching, online written tests and digital tools in online teaching. Considering the results of the survey, we found that most students are satisfied or extremely satisfied with the current way of conducting online classes in the STEM group of subjects, and that is the conduct of classes in real time via Zoom. However, students note that online teaching is more difficult to follow, that online tests do not show students' real knowledge, and list a number of other problems they have encountered. They also highlight the good sides of online teaching such as mastering digital tools that they will use later in their education and work. Despite the overall positive comments from students, teachers in the STEM area still have room for improvement, listening to students 'needs, which can be helped by the results of this survey, especially carefully reading student comments where we can find some of our shortcomings, become aware and try to be better. To this end, we have highlighted some suggestions and tips so that professors can improve their online teaching.

Keywords: *online teaching; STEM subjects; suggestions and tips*

Mogućnosti muzeja kao učionice u nastavi biologije

Jelena Barbarić - Gaćina

Prirodoslovno-grafička škola Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3, 23000 Zadar, Hrvatska
jelena.gacina@zd.t-com.hr

SAŽETAK

Nastava u muzeju zahtjeva osmišljavanje i pripremu kako bi se svi učenici potaknuli na uključivanje i usvajanje zadanih ishoda nastave. U ovom radu istražena su tri različita pristupa nastave u muzeju. Prvi pristup uključivao je obilazak muzeja uz vodstvo kustosa muzeja (vođeni pristup), a drugi samostalni obilazak izložbe, u pratnji nastavnika, uz rješavanje prethodno pripremljenih nastavnih listića (samostalni pristup). Treći pristup, koji je nastao kao posljedica pandemijske situacije i nemogućnosti fizičkog obilaska muzeja, uključivao je virtualni obilazak muzeja uz rješavanje nastavnih listića (virtualni pristup). U sva tri pristupa ispitana je uspješnost učenja i zadovoljstvo učenika nastavom u muzeju. Rezultati znanja učenika vođenog i samostalnog pristupa pokazuju razlike i mogućnost korištenja obilaska muzeja uz nastavne lističe kao aktivne nastave. Usporedbom znanja učenika koji su posjetili i onih koji nisu posjetili virtualnu izložbu (virtualni pristup) upućuje na mogućnost korištenja virtualnih izložbi za bolje razumijevanje uzročno – poslijedičnih veza. Što se zadovoljstva tiče, uočljivo je puno veće zadovoljstvo učenika nastavom u muzeju i takvim načinom rada u odnosu na nastavu u razredu, ali ne i učenika koji su „posjetili“ virtualni muzej.

Ključne riječi: vođeni, samostalni i virtualni posjet muzeju; prirodoslovni muzej, virtualni muzej; izvanučionička nastava

UVOD

Uobičajeni okoliš za učenje je učionica, ali sve se više pozornosti pridaje učenju izvan učionice. Aktivno sudjelovanje učenika u nastavi dokazano potiče bolje usvajanje znanja. Jedna od metoda za aktivno učenje je izvanučionička nastava, poput nastave u muzeju. Posjetom muzeju učenici imaju priliku usvojiti znanja i metode rada aktivnim uključivanjem u nastavni proces, jer osim promatranja učenici analiziraju i razmišljaju.

Izvanučionička nastava uključuje posjet: knjižnici, knjižari, tvornici, zdravstvenoj ustanovi, parku (gradskom, nacionalnom ili parku prirode), zoološkom vrtu, školskom dvorištu muzeju i sl. Izlaskom iz učionice učenike se potiče na promatranje i sudjelovanje, pri čemu je učenje dobrovoljno i iskustveno (Milutinović, 2010). Važnost je takvog učenja pobuđivanje interesa učenika, pri čemu samostalnost u radu i razvoj samopouzdanja učenika omogućuje usvajanje znanja i razvijanje sposobnosti za snalaženje u novim i nepoznatim situacijama (Arbunić i sur., 2007). Osim toga, izvanučionička nastava omogućuje korelaciju nastavnih sadržaja iz jednog i/ili više nastavnih predmeta i usmjerena je na razvijanje vještina, stavova i vrijednosti kod učenika (Borić, 2009; Barbarić-Gaćina 2019), potiče kreativnost i istraživački duh (Alavanja, 2012). Na primjer, istraživanja pokazuju da će kod učenika koji su zainteresirani za neko područje npr. znanost, posjet znanstvenom centru pozitivno djelovati na njihov daljnji interes u tom području (Murawski, 2014).

Potreba mijenjanja obrazovanja kako bi učenici promatrali i razmišljali, pri čemu ne usvajaju samo znanje nego i metode rada (Števanić-Pavelić i sur., 2006), potaknula je uključivanje odgojno – obrazovnih institucija poput muzeja u obrazovanje budućih generacija (Petrović, 2018). Ono što muzej može ponuditi nije samo razgledavanje zbirk, već se učenici aktivno uključuju i usvajaju znanja kombinirajući već stečena i nova iskustva (Petrović, 2018). Obrazovna funkcija muzeja sve se više

razvija zahvaljujući edukacijskim odjelima unutar muzeja u kojima se zaposleni muzejski pedagozi koji promiču i provode obrazovanje u muzeju (Zorić, 2017).

Jedna od prednosti poučavanja u muzeju raznolikost je metoda poučavanja i mogućnost aktivnog uključivanja učenika u nastavu (Petrović, 2018), pri čemu učenici puno duže pamte sadržaje viđene na izložbi (Cox-Petersen i sur., 2003). Učenici na taj način imaju priliku promatrati, analizirati informacije i iskoristiti ih u biologiji, drugim nastavnim predmetima ili životu općenito (Prnjavorac, 2016). Prilikom obilaska muzeja učenik će se dulje zadržati ispred onih izložaka koji ga više zanimaju, što mu daje određenu slobodu i povećava njegovu znatiželju i uključenost te učenik uči na temelju doživljenog (iskustveno učenje) (Zorić, 2017). Loša strana je što postoji mogućnost da zbog pasivnosti učenika, ukoliko nisu uključeni u neku radionicu, dijalog i sl., učenici postaju nemirni i nezainteresirani, slično kao u frontalnoj nastavi u učionici (Zorić, 2017). Brojni su nastavni predmeti u kojima se može iskoristiti posjet muzeju kako bi se pomoću muzejskih izložbi, na različite načine učenicima približilo gradivo (Singh, 2013). Aktivno uključivanje učenika pričanjem priča uz pomoć slika u galerijama, izrađivanjem umjetničkih djela, pisanjem poezije ili sastava nadahnutim izložcima i sl. (Petrović, 2018) mogu se iskoristiti u predmetima likovne kulture, povijesti i hrvatskog jezika i u osnovnoj i u srednjoj školi. Uz ove navedene predmeti poput geografije, fizike, kemije, astronomije i matematike također bi se mogli uključiti kroz izložbe u muzejima (Singh, 2013).

Što se biologije tiče zanimljivi su prirodoslovni muzeji poput Hrvatskog prirodoslovnog muzeja u Zagrebu, Prirodoslovnog muzeja Rijeka, Prirodoslovnog muzeja i zoološkog vrta u Splitu i Prirodoslovnog odjela Narodnog muzeja u Zadru (Vidanec, 2011) te Muzeja krapinskih neandertalaca, pri čemu se još uvijek uglavnom oslanjam na kustose u tim muzejima ili odjelima, a manje na muzejske pedagoge pogotovo za srednje škole. U posljednje vrijeme oživjeli su i virtualni muzeji kao što je Virtualni muzej mikroba - Microseum (<https://microseum.net/>).

Mnoge muzejske izložbe su interaktivne pri čemu je posjetiocima dozvoljeno dodirivanje svih ili nekolicine izložaka. Dio izložbi još je uvijek organiziran na način da se izloške samo promatra, bez dodirivanja (Gilbert i Priest, 1997). Takva je i izložba koja je posjećena u ovom radu („Tajne muzejske čuvaonice – planine, Prirodoslovni odjel Narodnog muzeja u Zadru“).

Cilj ovog rada bio je usporediti kako različiti pristupi nastave u muzeju utječu na usvojena znanja i zadovoljstvo učenika. Prvi pristup nastave u muzeju uključivao je obilaženje muzeja uz stručno vodstvo kustosice Prirodoslovnog odjela Narodnog muzeja u Zadru - vođeni pristup, dok su u drugom pristupu učenici izložbu obišli samostalno, uz nastavnikovo prisustvo, i uz rješavanje nastavnih listića - samostalni pristup. Nakon posjeta svi učenici su rješili nastavni listić s pitanjima koja su provjerila njihovo znanje vezano uz ishode znanja i anketu u svrhu utvrđivanja zadovoljstva posjetom muzeju kao alternativom za rad u učionici. Uslijed pandemije korona virusa i nemogućnosti fizičkog obilaska muzeja ispitano je i treći pristup nastave u muzeju pri kojem su učenici posjetili virtualni muzej - virtualni pristup, nakon čega je ispitano njihovo znanje pomoću nastavnih listića i uspoređeno sa znanjem učenika koji su učili isto gradivo (paralelan razred), ali nisu posjetili virtualni muzej. I u ovom pristupu testirano je zadovoljstvo učenika posjetom muzeju.

PRIPREMA NASTAVE

U provedbi nastave sudjelovalo je 66 učenika prvih razreda koji pohađaju Prirodoslovno – grafičku školu u Zadru. Petnaest učenika je posjetilo izložbu „Tajne muzejskih čuvaonica – planine“ uz stručno

vodstvo kustosice Prirodoslovnog odjela Narodnog muzeja u Zadru. Nastava u muzeju je organizirana u vrijeme nastave biologije, koja se održava kao blok sat 6. i 7. sat u jutarnjoj smjeni. Petnaest učenika je posjetilo izložbu „Tajne muzejskih čuvaonica – planine“ u Narodnom muzeju uz pratnju predmetnog nastavnika. Nastava u muzeju je, i u ovom pristupu, organizirana u vrijeme nastave biologije, koja se održava kao blok sat 6. i 7. sat u jutarnjoj smjeni. U virtualni pristup uključeno je 36 učenika dvaju prvih razreda (18 učenika u svakom razredu) koji su na nastavi biologije obradili nastavno gradivo vezano uz zarazne bolesti dišnog sustava. Jedna grupa je posjetila virtualni muzej „U društvu mikroba“ (<http://microseum.net/home/>), a druga nije. Učenici su muzej posjećivali samostalno u vrijeme kad je njima odgovaralo, ali su imali rok za dovršenje zadatka.

Priprema za posjet muzeju uključivala je obilazak izložbe nastavnika prije samog odlaska u muzej s učenicima, kako bi nastavnik mogao odrediti ishode i osmislići pitanja kojima će provjeriti usvojenost odgojno-obrazovnih ishoda. Za posjet muzeju i izložbi „Tajne biološke čuvaonice – Planine“ (vođeni i samostalni pristup) postavljeni su odgojno-obrazovni ishodi prema Katalogu za državnu maturu 2019./2020. iz biologije (NCVVO, 2019), a isti je katalog korišten i za postavljanje odgojno-obrazovnih ishoda za posjet virtualnom muzeju „U društvu mikroba“ (virtualni pristup). Osim toga, postavljeni su i odgojno-obrazovni ishodi za međupredmetne teme za sva tri pristupa (Škola za život, 2017).

U vođenom i samostalnom pristupu priprema učenika uključivala je razgovor s učenicima o ponašanju u muzeju. Učenici su posebno upozorenici da ne smiju dodirivati izloške. Priprema je uključivala i prikupljanje roditeljskih suglasnosti za posjet učenika muzeju. Prije posjeta muzeju, kod vođenog pristupa, učenici su dobili zadatke koje će odraditi tijekom i nakon nastave u muzeju. Zadatak je fotografirati izložak koji ih se dojmio i napraviti kratku prezentaciju u paru o tom organizmu te izraditi hranidbeni lanac ili mrežu koja uključuje organizme koje su vidjeli na izložbi. Kod samostalnog pristupa učenici su prije dolaska u muzej bili podijeljeni u grupe (pet grupa po tri učenika) i svaka grupa je dobila različiti nastavni listić. Za virtualni pristup učenici su dobili unaprijed pripremljene radne lističe s uputama i pitanjima i nije odrađena posebna priprema učenika.

Za izvedbu nastave u muzeju izabran je Prirodoslovni odjel Narodnog muzeja u Zadru iz nekoliko razloga. Kao prvo, Narodni muzej u Zadru dobar je i važan izvor prirodoslovne građe koja je u njemu pohranjena. Osim toga, izložba koja je postavljena odgovarala je gradivu koje se obrađivalo na nastavi. Također je važna bila i lokacija muzeja koji je smješten u blizini škole te radno vrijeme izložbe, što je omogućilo posjet muzeju u sklopu nastave biologije koja se održavala kao blok sat. Pri planiranju nastave u muzeju za vođeni i samostalni pristup najprije su određeni odgojno-obrazovni ishodi za učenje (tablica 1).

Tablica 1 Odgojno – obrazovni ishodi i nastavni sadržaji za nastavu u muzeju za izložbu „Tajne muzejske čuvaonice–Planine“

ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHODI	NASTAVNI SADRŽAJI
Ishodi područja 1. Organiziranost živoga svijeta 1.3.6.3. opisati raznolikost faune Hrvatske	uzroci raznolikosti hrvatske faune i velikoga broja endema, zaštita životinjskih vrsta u RH i uzroci ugroženosti; primjeri ugroženih vrsta: vodozemci – čovjeca ribica; gmazovi; ptice – grabljivice, npr. orlovi, jastrebovi, sokolovi, sove; sisavci – vuk, ris, medvjed; endemične vrste: čovjeca ribica.
Ishodi područja 4. Ravnoteža i međuovisnosti u životome svijetu 4.2.1.2. analizirati odnose među jedinkama i populacijama iste vrste i različitih vrsta	intraspecijski odnosi, kompeticija; potencijal razmnožavanja, briga za potomstvo, rast populacije, kapacitet okoliša; utjecaj odnosa jedinka različitih vrsta na brojnost jedinka u populacijama; interspecijski odnosi: predatorstvo, kompeticija, simbioza
4.2.1.3. analizirati uloge i međuovisnost pojedinih članova hranidbenoga lanca/mreže/piramide	podjela na biljojede, mesojede i svejede; hranidbeni lanac, mreža i piramida; utjecaj pojedinoga člana hranidbenoga lanca na prethodnoga ili sljedećega člana u lancu
4.2.2.2. objasniti na primjerima razloge ugroženosti biljnih i životinjskih vrsta u RH	ugrožavanje i gubitak staništa, posljedice na brojnost i izumiranje vrsta; ugrožene vrste Crvene knjige-zaštićene vrste u RH (vuk, ris, medvjed, orlovi, bjeloglavii sup, vodozemci, gmazovi, velebitska degenija)

U tablici 2 navedeni su odgojno-obrazovni ishodi za posjet virtualnoj izložbi „U društvu mikroba“.

Tablica 2 Odgojno-obrazovni ishodi za muzej „U društvu mikroba“ i nastavni sadržaji na koje se odnose

ODGOJNO-OBRASOVNI ISHODI	NASTAVNI SADRŽAJI
Ishodi područja 1. Organiziranost živoga svijeta 1.2.5.3. usporediti značajke virusa i živih bića	Što od značajka živih organizama virusi nemaju (organiziranost; izmjenu tvari i energije ili metabolizam; razmnožavanje, rast i razvitak; podražljivost; prilagodbu; kontrolne procese i homeostazu)
Ishodi područja 4. Ravnoteža i međuovisnosti u životome svijetu 4.1.3.1. analizirati utjecaj okolišnih čimbenika i životnih navika na zdravlje i pojavu bolesti 4.1.3.2. analizirati epidemiološki lanac i mjerne sprečavanja širenja zaraznih bolesti	posljedice ne higijene: zarazne bolesti (dišni sustav) patogenost, epidemiološki lanac: uzročnici zaraze (virusi), izvor zaraze (ljudi, okoliš), putovi širenja, ulazna vrata, količina (zarazna doza) i virulencija (zaraznost) uzročnika, osjetljivost (prijemljivost) domaćina; načini sprečavanja širenja zaraze: održavanje osobne higijene; važnost pasivne i aktivne imunizacije (cijepljenje)

Postavljeni su i odgojno-obrazovni ishodi za međupredmetne teme i za posjet muzeju i za virtualnu izložbu. Od međupredmetnih tema za vođeni i samostalni pristup izdvojeni su sljedeći odgojno-obrazovni ishodi: uku D.4/5.2. suradnja s drugima i osr B.4.2. suradnički uči i radi u timu. Od međupredmetnih tema za virtualni pristup izdvojen je sljedeći odgojno-obrazovni ishodi: zdravlje A.4.3. objašnjava utjecaj pravilne osobne higijene i higijene okoline na očuvanje zdravlja.

IZVEDBA NASTAVE

Uz izvedbu nastave temeljene na mujejskoj građi primjenjena su tri različita pristupa: vođeni, samostalni i virtualni pristup nastave u muzeju.

Vođeni pristup nastave u muzeju

Za vođeni pristup nastave u muzeju, kustosica je provela učenike kroz cijelu izložbu uz zanimljive priče o preparaciji izložaka, razlozima izlaganja baš tih izložaka na izložbi i sl. Kustosica je uključila i poticala učenike na aktivnost tijekom izložbe pitanjima poput „Znate li koji organizam se smatrao zmajevom bebom?“, „Kako se naziva ženka, a kako mlado od jelena?“ „Kako razlikovati tvora od kune ili lasice?“. Metodom razgovora, uz obilazak izložbe i proučavanje izložaka, postavljanjem pitanja nastavnika učenicima provjerena je usvojenost odgojno-obrazovnih ishoda navedena u Tablici 1. Prilikom obilaska izložbe i proučavanja izložbe metodom razgovora provjerena je usvojenost odgojno-obrazovnih ishoda opisivanja raznolikosti faune Republike Hrvatske (odgojno-obrazovni ishod 1.3.6.3.) s naglaskom na uzroke raznolikosti hrvatske faune i uočavanja uzroka ugroženosti te odgojno-obrazovni ishod vezan uz objašnjavanja razloga ugroženosti biljnih i životinjskih vrsta u Republici Hrvatskoj (odgojno-obrazovni ishod 4.2.2.2.). Na primjer, kod izložaka obične čančare i poskoka učenici su trebali navesti zašto su te vrste zaštićene, zatim usporediti čančaru i poskoka s čovječjom ribicom i uočiti da je čovječja ribica zaštićena vrsta i endemska vrsta; kod izloška risa, bjeloglavog supa i kukuvije rijemavice zašto su ugroženi; kod vuka zašto im je broj u posljednje vrijeme porastao i kako to utječe na čovjeka te kod crkavice zašto je ne možemo vidjeti u RH. Nakon toga, učenici su raspravljali o tome što svatko od njih može učiniti u svrhu očuvanja biološke raznolikosti.



Slika 1 Fotografije koje su učenici snimili na vođenom pristupu u Narodnom muzeju

Usvojenost odgojno-obrazovnih ishoda analize odnosa među jedinkama i populacijama iste vrste i različitih vrsta (odgojno-obrazovni ishod 4.2.1.2.) provjerena je metodom razgovora, uz proučavanje izložaka, na primjeru usporedbe sličnosti i razlika između vuka i čaglja, uočavanjem sličnosti i razlika između bjeloglavog supa i crkavice, uočavanjem prilagodbi vuka za hvatanje plijena i prilagodbi srne za izbjegavanje predatora, raspravom o važnosti različite obojenosti mužjaka i ženke kod fazana i tetrovca, te objašnjenjem odgovora na pitanje da li je za mladog blavora sličnost s poskokom prednost ili nedostatak. Tijekom obilaska učenici su imali priliku i sami postavljati pitanja kustosici i/ili nastavnici, a nakon obilaska i fotografirati izloške (Slika 1.) koji će im poslužiti za održivanje zadatka koje su dobili prije izložbe.

Učenici su kod kuće, u paru, izradili zadatak o hranidbenim mrežama čime je provjerena usvojenost odgojno-obrazovnog ishoda analize uloge i međuovisnosti pojedinih članova hranidbenoga lanca (odgojno-obrazovni ishod 4.2.1.3.). Osim izrade hranidbene mreže, učenici su izradili i prezentaciju o organizmu po izboru i prezentirali sljedeći sat u učionici (Slika 2.). Budući da su na tim zadacima učenici radili u parovima ostvareni su međupredmetni ishodi uku D.4/5.2. suradnja s drugima i osr B.4.2. suradnički uči i radi u timu.



Slika 2 Prezentiranje u razredu nakon vođenog pristupa

Samostalni pristup nastave u muzeju

Za izvođenje nastave u muzeju samostalnim pristupom postavljeni su isti odgojno-obrazovni ishodi kao i za vođeni pristup (Tablica 1.). U samostalnom pristupu učenici su radili u grupama kako bi se potaknuo razvoj suradničkog učenja i aktivnije sudjelovanju učenika u radu. U ovom pristupu, učenici su obradili iste izloške kao i učenici u vođenom pristupu. Razlika je što, u samostalnom pristupu, svaka grupa obrađuje jedan dio izložaka odgovaranjem na pitanja u nastavnom listiću (npr. zašto su zaštićeni obična čančara, poskok, čovječja ribica, ili zašto su ugroženi ris, bjelogлавi sup, izrada hranidbene mreže i razlikovanje organizama s obzirom na prehranu, uočavanje kompeticije među organizmima iste i različite vrste, kako poremećaji brojnosti jedne vrste utječu na druge organizme, što svatko može učiniti u svrhu očuvanja biološke raznolikosti), a na kraju obilaska učenici prezentiraju odgovore na pitanja uz demonstraciju izloška na koji se odnose (npr. vuk, tetrovac, ris itd.) i na taj način se provjerava usvojenost odgojno-obrazovnog ishoda opisivanja raznolikosti faune Republike Hrvatske (odgojno-obrazovni ishod 1.3.6.3.), odgojno-obrazovnog ishoda analize odnosa među jedinkama i populacijama iste vrste i različitih vrsta (odgojno-obrazovni ishod 4.2.1.2.), odgojno-obrazovnog ishoda analize uloge i međuovisnosti pojedinih članova hranidbenoga lanca (odgojno-obrazovni ishod 4.2.1.3.) i odgojno-obrazovni ishod objašnjavanja razloga ugroženosti biljnih i životinjskih vrsta u Republici Hrvatskoj (odgojno-obrazovni ishod 4.2.2.2.). Budući da su učenici radne listiće rješavali u grupama ostvareni su odgojno-obrazovni ishodi uku D.4/5.2. suradnja s drugima i osr B.4.2. suradnički uči i radi u timu.

Na sljedećem školskom satu učenici su riješili isti nastavni listić kao i učenici koji su sudjelovali u vođenom pristupu kako bi se usporedilo njihovo znanje nakon obilaska izložbe.

Virtualni pristup nastave u muzeju

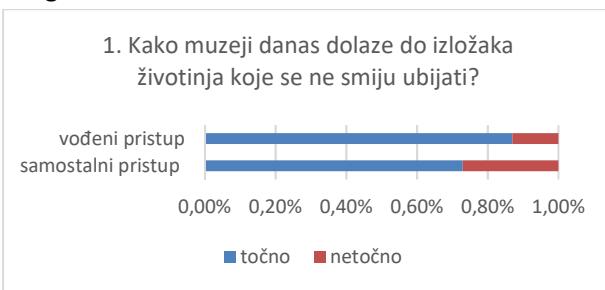
U virtualnom pristupu nastave u muzeju učenici su podijeljeni u dvije grupe, a samo jedna grupa je obišla virtualni muzej. Nakon toga su obje grupe riješile iste nastavne listiće kako bi se utvrdilo postoji li razlika u njihovom znanju. Učenici koji su posjetili virtualnu izložbu su dobili poveznicu za virtualni muzej i pitanja koja su ih vodila kroz sadržaj u dijelu *Marko i gripe*. Pomoću pitanja na nastavnim listićima (objasnite značenje otkrića elektronskog mikroskopa za promatranje virusa, zašto se virusi stavlaju na granicu žive i nežive prirode) provjerena je usvojenost odgojno-obrazovnog ishoda usporedbe značajki virusa i živih bića (odgojno-obrazovni ishod 1.2.5.3.). Izradom epidemiološkog lanca za gripu, razlikovanjem prevencije gripe i liječenja gripe i nabranjem simptoma gripe provjerena je usvojenost odgojno-obrazovnog ishoda analize utjecaja okolišnih čimbenika i životnih navika na zdravlje i pojavu bolesti (odgojno-obrazovni ishod 4.1.3.1.) i odgojno-obrazovnog ishoda analize epidemiološkog lanca i mjera sprečavanja širenja zaraznih bolesti (odgojno-obrazovni ishod 4.1.3.2.). Nabranjem načina sprječavanja širenja virusa gripe provjerena je usvojenost međupredmetnog ishoda A.4.3. objašnjava utjecaj pravilne osobne higijene i higijene okoline na očuvanje zdravlja.

REZULTATI

Usporedba uspješnosti učenja nakon vođenog i samostalnog pristupa nastave muzeju

Usvajanje znanja i odgojno-obrazovnih ishoda nakon vođenog i samostalnog pristupa nastave muzeju ispitano je i uspoređeno putem istih nastavnih listića, za oba pristupa. Nastavnim listićima testirano je i znanje o muzejskim izlošcima, npr. kako muzeji dolaze do izložaka, naročito zaštićenih organizama, zašto se muzejski izlošci ne smiju dirati. Nastavne listiće učenici su rješavali u razredu na sljedećem nastavnom satu. Pitanja u nastavnim listićima razlikovala su se od pitanja postavljenih tijekom oba pristupa posjeta muzeju.

Na pitanje kako muzeji danas dolaze do izložaka životinja koje se ne smiju ubijati (slika 3) 87 % učenika koji su izložbu posjetili uz kustosa je točno odgovorilo, a 73 % učenika koji su sudjelovali u samostalnom pristupu je također točno odgovorilo.



Slika 3 Usporedba odgovora učenika vođenog i samostalnog pristupa

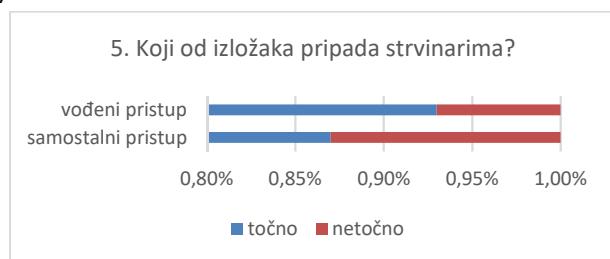
Na pitanje smiju li se muzejski izlošci dirati svi učenici (u vođenom i u samostalnom pristupu) su odgovorili točno, ali na pitanje zašto se ne smiju dirati: u vođenom pristupu 3 (20 %) učenika nisu znala, 6 (40 %) ih je navelo oštećenja, a 6 (40 %) kemikalije kojima se izlošci tretiraju; u samostalnom pristupu 14 (93 %) učenika navode kemikalije kojima se izlošci tretiraju, a jedan učenik (7 %) navodi oštećenje.

Na pitanje gdje živi čovječja ribica i kako ekološki činitelji koji vladaju u njenom staništu utječu na nju samo 33 % učenika koji su sudjelovali u vođenom pristupu je točno odgovorilo, dok je točno odgovorilo 87 % učenika koji su sudjelovali u samostalnom pristupu (slika 4).



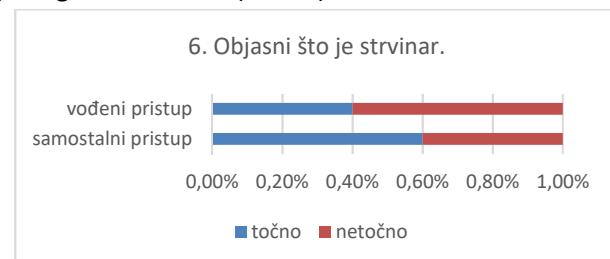
Slika 4 Usporedba točnih i netočnih odgovora na pitanje o staništu i uvjetima staništa čovječje ribice

Na pitanje koji od izložaka koje su učenici imali prilike vidjeti pripada strvinarima 93 % učenika koji su sudjelovali u vođenom pristupu je točno odgovorilo i svi su naveli bjeloglavog supa, a od učenika koji su sudjelovali u samostalnom pristupu točno je odgovorilo 87 % učenika, također su svi naveli bjeloglavog supa (slika 5).



Slika 5 Usporedba odgovora na pitanje koji od izložaka je strvinar

Međutim, na pitanje da objasne što je strvinar samo 40 % učenika iz vođenog pristupa i 60 % učenika iz samostalnog pristupa je odgovorilo točno (slika 6).



Slika 6 Razlika u odgovoru na pitanje što je strvinar između učenika vođenog i samostalnog pristupa

Na pitanje u kakvom su odnosu čagalj i vuk u vođenom pristupu 40 % učenika je točno odgovorilo, dok je 86 % učenika samostalnog pristupa točno odgovorilo. Rješenja nastavnih listića koje su učenici ispunjavali u razredu nakon posjeta muzeju, pokazala su da učenici samostalnog pristupa imaju veći postotak riješenosti pitanja više kognitivne razine (npr. objašnjenje kako se čovječja ribica prilagodila ekološkim činiteljima u kojima živi, objašnjenje pojma strvinar, objašnjenje odnosa vuka i čaglja) dok su učenici vođenog pristupa nešto bolje odgovorili na pitanja niže kognitivne razine (npr. kako muzeji dolaze do izložaka, koji organizam je strvinar i sl.).

Usporedba uspješnosti učenja virtualnog pristupa i klasične nastave

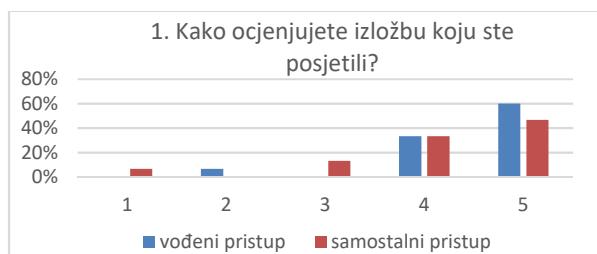
Nakon „posjeta“ virtualnoj izložbi – virtualni pristup, 18 učenika je odgovorilo na pitanja o gripi npr. tko je uzročnik gripe, tko je izvor zaraze, kako se gripe prenosi, što su ulazna vrata, kako se može proučavati virus gripe, koliko traje inkubacija, koji su simptomi, kako se gripe liječi te koje su mogućnosti zaštite od gripe. Na ista pitanja odgovorilo je i 18 učenika koji nisu „posjetili“ virtualnu izložbu, ali su o gripi učili na redovnoj nastavi. Na pitanje o uzročnicima gripe obje skupine učenika su odgovorile sa 100% točnošću. Na pitanje o izvoru zaraze kod gripe rezultati su vrlo slični za obje

skupine: u skupini koja je obišla virtualnu izložbu 13 učenika (72 %) je odgovorilo točno, a u skupini koja nije obišla izložbu točno je odgovorilo 12 učenika (66 %).

Zanimljivo je da je na pitanje o načinima širenja gripe sa 100 % točnošću odgovorila skupina koja nije posjetila izložbu, dok je u skupini koja je posjetila izložbu točno odgovorilo 16 učenika (88 %). Na pitanje kako se lijeći gripa samo jedan učenik, iz skupine koja je posjetila virtualnu izložbu, je netočno odgovorio, a ostalih 17 je navelo mirovanje, pijenje tekućine, snižavanje temperature i sl. Od tih 17 tri učenika su uz gore navedene odgovore naveli i cijepljenje. U skupini koja nije posjetila izložbu 10 učenika (55 %) je točno navelo postupke koji se preporučuju osobi koja boluje od gripe, a čak 7 učenika navelo je cijepljenje kao liječenje te pet učenika antibiotike (svi učenici koji su naveli antibiotike naveli su i cijepljenje). Na pitanje kako se možemo zaštитiti od gripe 14 učenika (77 %) iz skupine koja je posjetila virtualnu izložbu navelo je cijepljenje, a iz skupine učenika koja nije posjetila izložbu 12 učenika (66 %) navelo je cijepljenje. Osim cijepljenja učenici su, u obje grupe, navodili prozračivanje prostorija, pranje ruku, izbjegavanje rukovanja, korištenja tuđeg pribora, čaša i sl.

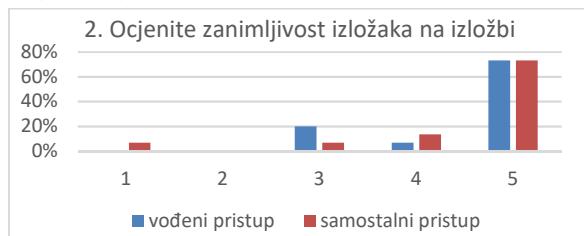
Zadovoljstvo učenika posjetom muzeju

Učenici koji su Narodni muzej i izložbu „Tajne muzejske čuvaonice – planine“ posjetili u prisustvu kustosa, vođeni pristup, nešto su bolje ocijenili izložbu (60 % učenika dalo je ocjenu 5) u odnosu na učenike koji su samostalno obišli izložbu uz rješavanje listića, samostalni pristup (46 % učenika dalo je ocjenu 5) (slika 7), dok je ocjenu 5 dalo 66 % učenika koji su obišli virtualnu izložbu, virtualni pristup (slika 10).



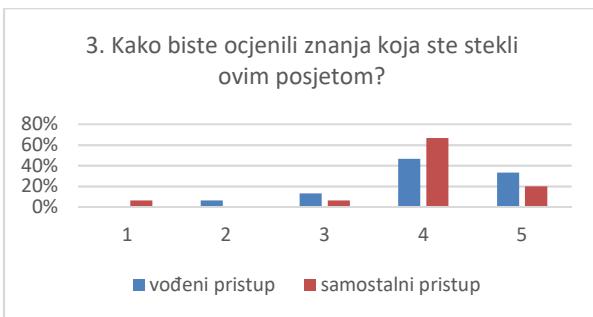
Slika 7 Usporedba ocjena izložbe „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“

Što se zanimljivosti izložaka na izložbi tiče obje skupine koje su posjetile Narodni muzej su dale ocjenu pet u istom postotku (73 %) (slika 8).



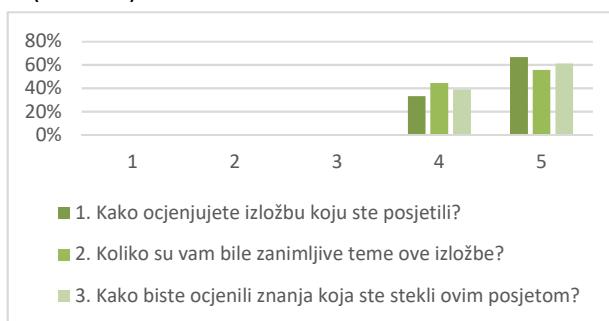
Slika 8 Usporedba ocjena zanimljivosti izložaka izložbe „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“

Čak 86 % učenika samostalnog pristupa znanja koja su stekli posjetom Narodnom muzeju ocijenili su ocjenom 4 i 5, a iste ocjene dalo je 79 % učenika vođenog pristupa (slika 9).



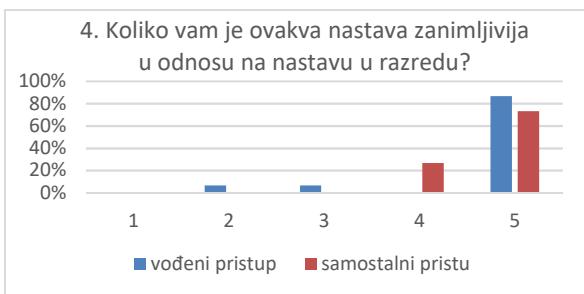
Slika 9 Usporedba ocjene stečenih znanja posjetom izložbi „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“

Ocjene 4 i 5, za ocjenu znanja koja su stekli posjetom virtualnog muzeja, dali su svi učenici (100 %) koji su posjetili virtualnu izložbu (slika 10).



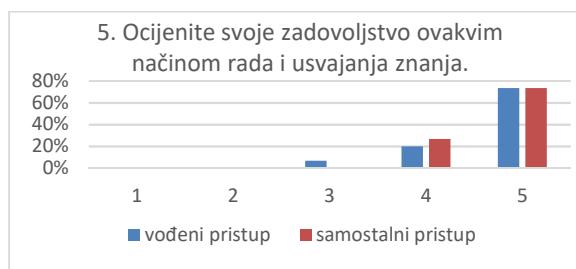
Slika 10 Analiza ankete nakon posjeta virtualnom muzeju „U društvu mikroba“

Kod ocjenjivanja zanimljivosti nastave u muzeju u odnosu na nastavu u razredu 86 % učenika vođenog pristupa te 73 % učenika samostalnog pristupa dalo je ocjenu 5 (slika 11).

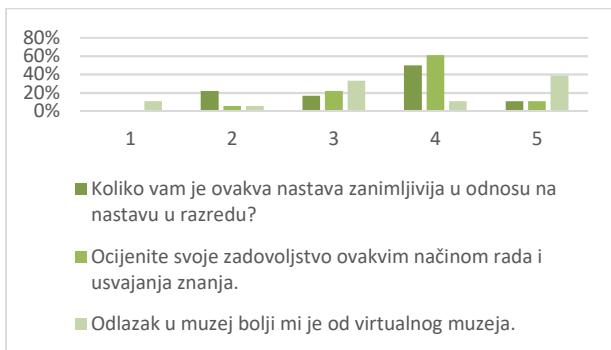


Slika 11 Usporedba odgovora učenika koji su posjetili izložbu „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“

Čak 73 % učenika iz obje skupine posjeta Narodnom muzeju ocijenilo je svoje zadovoljstvo posjetom muzeju ocjenom 5 (slika 12), za razliku od 11 % učenika iz virtualnog muzeja (slika 13).



Slika 12 Usporedba zadovoljstva učenika posjetom muzejskoj izložbi „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“



Slika 13 Analiza odgovora i ocjene zadovoljstva učenika posjetom virtualnom muzeju

RASPRAVA

U posljednje vrijeme sve više se pažnje pridaje istraživanju potencijala muzeja u obrazovanju. Učenje u muzeju doprinosi proširivanju nastavnih sadržaja i pomaže u pripremi za buduće usvajanje znanja (Murawski, 2014). U ovom radu napravljena je usporedba znanja i zadovoljstva učenika koji su istu izložbu „Tajne muzejske čuvaonice – Planine“ posjetili, ali su prilikom posjeta korišteni različiti pristupi: obilazak izložbe uz kustosa – vođeni pristup i obilazak izložbe uz rješavanje nastavnih listića – samostalni pristup. Obilazak muzejske izložbe uz kustosa najstariji je oblik didaktičke metode u muzeju (Veldhuizen, 2017) i još uvijek, kod nas, najčešće korišten. Ovakav obilazak stavlja učenike u pasivan položaj gdje oni samo slušaju, nemaju nikakvu kontrolu nad obilaskom, uspjeh obilaska ovisi o kustosu, a učenici koji najdalje stoje najlošije čuju (Veldhuizen, 2017). Zbog toga je ovaj pristup kombiniran s fotografiranjem kako bi se učenici aktivno uključili i potaknuli na samostalno promatranje i uočavanje.

Pri samostalnom pristupu, učenici u grupama rješavaju nastavne lističe i nakon rješavanja svoje odgovore, zapažanja i zaključke prezentiraju ostalima. U samostalnom pristupu učenici su aktivni, a ne pasivni promatrači. Mogući nedostaci su nedovoljan prijenos informacija, ako grupe ne slušaju jedna drugu ili učenici loše prezentiraju svoje rezultate (Veldhuizen, 2017), što nije bio slučaj u samostalnom pristupu obrađenom u ovom radu. Usporedba znanja učenika vođenog i samostalnog pristupa obilaska muzeja pokazala je dosta slične rezultate odgovarajući na pitanja poput: smiju li se dirati muzejski izlošci, na koji način se danas dolazi do muzejskih izložaka pogotovo zaštićenih životinja i poštujući biološku raznolikost, po čemu se može prepoznati poskok, koji izložak je strvinar i sl. Premda su svi učenici točno naveli bjeloglavog supa kao strvinara, zanimljivo je da nitko nije naveo crkavicu premda su učenici u oba pristupa raspravljali o crkavici kao strvinaru koji je nestao s područja RH.

Na pitanje gdje trebaju objasniti zašto se muzejski izlošci ne smiju dirati iznenađujuće je da učenici koji su izložbu obišli u pratnji kustosa (vođeni pristup) imaju lošije rezultate, tim više što je kustosica odvojila vrijeme kako bi im upravo o tome pričala. Naime, čak tri učenika uopće nisu odgovorila na to pitanje, a po šest ih je navelo oštećenje odnosno kemikalije. U samostalnom pristupu jedan učenik navodi mogućnost oštećenja, a preostali tretiranje izložaka kemikalijama. Premda je u samostalnom pristupu samo jedna grupa imala to pitanje u svom nastavnom listiću i sami su tražili odgovore, prilikom prezentiranja listića učenici su, očito tu informaciju u većem broju usvojili prezentiranu od strane vršnjaka nego kustosice. To je, moguće posljedica činjenice da je kustosica donekle zamijenila ulogu nastavnika pri čemu učenici pasivno slušaju – frontalni oblik nastave. Osim toga, na pitanje gdje trebaju objasniti što je strvinar, bolje rezultate imaju učenici samostalnog pristupa gdje je 60% učenika odgovorilo točno, za razliku od vođenog pristupa gdje je točno odgovorilo 40% učenika. Nešto bolji rezultati učenika samostalnog pristupa, naročito u odgovorima više kognitivne razine, ukazuju na to da obilazak muzejske izložbe uz nastavne lističe ima potencijala kao aktivan oblik učenja - suradničko

učenje, što je oblik suvremene nastave (Juranko, 2016; Kadum – Bošnjak, 2011). U vođenom pristupu učenici su prilikom obilaska izložbe odabrali organizam, fotografirali ga i o njemu napravili prezentaciju, te izradili hranidbeni lanac/mrežu što su prezentirali na sljedećem nastavnom satu. Učenici su radili u parovima, što je također oblik suradničkog učenja, ali je njihov obilazak izložbe, izuzev fotografiranja, bio prilično pasivan, jer su slušali izlaganje kustosice, uz postavljanje pitanja što više odgovara tradicionalnoj frontalnoj nastavi.

Virtualni muzeji i virtualni posjeti, premda postoje od prije, postali su popularni u vrijeme pandemije, jer ne zahtijevaju fizički posjet muzeju. Prednost im je što učenici posjet mogu odraditi u vrijeme kad žele, ali i interaktivnost i veliki broj različitih mogućnosti (igara i sl.) (Veldhuizen, 2017). Nedostatak je što nema interakcije, učenik ne može dodirnuti predmete ili barem stvoriti dojam o veličini promatranog predmeta. To je donekle manje važno u virtualnom muzeju „U društvu mikroba“ budući da se radi o mikroskopskim česticama koje bi učenici i u stvarnom muzeju upoznali kroz fotografije. U virtualnom pristupu usporedbom znanja o gripi, između učenika koji jesu i koji nisu posjetili virtualni muzej, nema većih odstupanja u znanju o uzročniku bolesti, izvorima zaraze, načinima prijenosa, inkubaciji te zaštiti od virusa gripe. Uočljiva je razlika u pitanju o liječenju gripe gdje je svega 55% učenika koji nisu posjetili virtualnu izložbu točno navelo postupke koje treba primjenjivati osoba koja boluje od gripe. Posebno je zabrinjavajuće što 38% učenika ne razlikuje liječenje i prevenciju pa za liječenje preporučuju cijepljenje, a 27% učenika navodi da se gripa liječi antibioticima. Iz ovoga proizlazi da se korištenje virtualnih izložbi može iskoristiti za usvajanje određenih znanja i može pomoći da učenici razlikuju liječenje i prevenciju što ih dosta zbunjuje i u nekim drugim područjima (npr. spolno prenosive bolesti) ili uzroke i posljedice (učinak staklenika, sječa šume).

Analiza zadovoljstva učenika odlaskom u muzej pokazala je da su učenici zadovoljni odlaskom u muzej. Učenici koji su mujejsku izložbu posjetili uz rješavanje nastavnih listića (samostalni pristup) svi su zadovoljstvo posjetom ocijenili ocjenom 4 i 5. Učenici koji su izložbu posjetili uz vodstvo kustosa (vođeni pristup) dali su ocjenu 5 – njih 73 %, ocjenu 4 njih 20 %, te ocjenu 3 samo 7 % učenika. Nešto je drugačija situacija kod učenika koji su posjetili virtualni muzej. Ocjenu 5 dalo je svega 11% učenika, ocjenu 4 čak 61% učenika, ocjenu 3 njih 22%, a ocjenu 2 samo 6% učenika. Nije iznenadujuće da su učenici manje zadovoljni odlaskom u virtualni muzej, uz vjerojatni utjecaj sadržaja koji su većim dijelom namijenjeni učenicima mlađeg uzrasta. Razlog nižeg zadovoljstva učenika ovakvim virtualnim posjetom može biti posljedica činjenice da su u vrijeme anketiranja učenici i svu nastavu odradili virtualno, što je vjerojatno dovelo do određenog zasićenja.

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Prednosti povezivanja nastave i mujejske izložbe (odlazak u muzej) su: 1) izlazak učenika iz učionice, pri čemu je važna prednost da takva nastava za razliku od drugih oblika izvanučioničke nastave ne ovisi o vremenskim prilikama, 2) učenici su koristili izvornu stvarnost i promatrali organizme koje inače nemaju priliku vidjeti uživo (uočili su i komentirali veličinu organizma, boju i sl.), 3) nastava je usmjerena prema učenicima i oni su aktivno sudjelovali, pogotovo pri obilasku izložbe samostalno, u grupama, uz rješavanje nastavnih listića. Negativnosti koje sam uočila su sljedeće: 1) učenici nisu uspjeli vidjeti sve izloške zbog brojnosti izložaka i ograničenog vremena i 2) ovakav način rada u kojem se izrađuju nastavni listići ima veću vrijednost ako se radi o stalnoj izložbi ili u kraćem vremenu vodimo veći broj razreda na istu izložbu. Virtualne izložbe učenicima nisu u tolikoj mjeri zanimljive kao fizički odlazak u muzej, ali imaju potencijala za obrađivanje određenih sadržaja što može olakšati učenicima razlikovanje uzroka i posljedica, liječenja i prevencije i slično. Također, s obzirom da je materijal

Virtualnog muzeja mikroba prvenstveno namijenjen učenicima osnovne škole, materijal se u takvim slučajevima može koristiti i za starije učenike, ali zanimljivost treba potaknuti zadavanjem problemskih zadataka, koje će učenici rješavati uz istraživanje dodatnih izvora, zbog veće dubine, povezivanja i bolje sistematizacije znanja.

LITERATURA

- Alavanja K (2012) Mogućnosti suradnje muzeja i škola u Zadru, VII. Skup muzejskih pedagoga Hrvatske s međunarodnim sudjelovanjem, Rijeka
- Arbunić A, Kostović-Vranješ V (2007) Nastava i izvori znanja, Odgojne znanosti vol. 9, br.2, Split
- Barbarić – Gaćina J (2019) Uspješnije usvajanje bioloških sadržaja uz objašnjenja naziva biljaka, *Educatio biologiae : časopis edukacije biologije*, No. 5 https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=345301
- Borić E (2009) Priručnik za nastavu: Istraživačka nastava prirode i društva, Osijek
- Cox-Petersen AM, Marsh DD, Kisiel J, Melber LM (2003) Investigation of Guided Student Tours, Student Learning, and Science reform Recommendations at Museum of Natural History, *Journal of research in science teaching*
- Gilbert J, Priest M (1997) Models and Discourse: A Primary School Science Class Visit to Museum, *Science Education* 81 str. 749–762
- NCVVO (2019) Ispitni katalozi za državnu maturu (2019) <https://www.ncvvo.hr/ispitni-katalozi-za-drzavnu-maturu-2019-2020/> posjećeno 30.1.2021)
- Juranko G (2016) Školski projekti: primjeri aktivnog učenja i poučavanja, [diplomski rad, Zadar](#)
- Kadum – Bošnjak S (2012) Suradničko učenje, Metodički ogledi 19 br.1.
- Micromuseum <http://microseum.net/home/> posjećeno 30.1.2021
- Milutinović J (2010) Učenje u muzeju, Povijest u nastavi br.2., Zagreb
- Murawski M (2014) Student learning in museums: What do we know? <https://artmuseumteaching.com/2014/11/19/student-learning-in-museums-what-do-we-know/> posjećeno 30.1.2021
- Petrović K (2018) Muzej kao mjesto formalnog učenja za osnovnu i srednju školu, diplomski rad, Zagreb
- Prnjavorac J (2016) Uloga školskog dvorišta u nastavi prirode i biologije, EdBi br.2, Zagreb
- Singh PK (2013) Museum and education, OHRJ, Vol. XLVII, No.1. <http://magazines.odisha.gov.in/Journal/jounalvol1/pdf/orhj-10.pdf> posjećeno 29.1.2021
- Škola za život (2017) Medupredmetne teme <https://skolazivot.hr/medupredmetne-teme/> zadnji put posjećeno 20.1.2021
- Števanić – Pavelić M, Vlasac I (2006) Postignuća učenika primjenom različitih metoda i oblika rada u nastavi prirode, Život i škola br. 15-16
- Vidanec S (2011) Prirodoslovni muzeji, završni rad, Osijek
- Veldhuizen Arja von (2017) Education toolkit, methods & techniques from museum and heritage education
- Zorić M (2017) Mogućnost obrazovanja u muzejskim prostorima, diplomski rad, Osijek

Possibilities of the museum as a classroom in teaching biology

Jelena Barbarić - Gaćina

School of Natural Sciences and Graphics Zadar, Perivoj Vladimira Nazor 3, 23000 Zadar, Croatia, Croatia
jelena.gacina@zd.t-com.hr

ABSTRACT

Museum learning requires good organization and preparation in order to include all the students in the process of learning and accepting the main outcomes of the lesson. These papers contain the research of three different methods of museum learning. The first one included the visit of the museum where the group was led by the museum custos (led approach). The second one was independent visit of the museum escorted by the teacher, and prepared worksheets were included (independent approach). The third approach appeared because of pandemic situation and impossibility to visit museums physically, included virtual visit of the museum together with solving worksheets (virtual approach). The results of learning and the satisfaction of the students were analyzed in all three methods. The results of led approach and individual approach show differences and possibility of using worksheets when visiting a museum as a part of active learning. Comparing the knowledge of students who visited virtual exhibition with those who did not, it is concluded that virtual approach can be used for better understanding of connections between causes and consequences. Regarding the satisfaction of the students, it is noticed that the students are more satisfied with the lesson in the museum than in the classroom, but it does not apply on the students who "visited" virtual museum.

Keywords: *led, independent, virtual approach; natural history museum; virtual museum; out of classroom education*

Ribarstvena biologija - interdisciplinarni pristup u poučavanju biologije i ekologije Jadranskog mora te održivo upravljanje živim bogatstvima mora

Leo Šamanic

Prva riječka hrvatska gimnazija, Franu Kurelca 1, 51 000 Rijeka, Hrvatska
leosamanic@gmail.com

SAŽETAK

Temu ribarstva nastojao sam približiti učenicima kroz interdisciplinarni pristup, uz korištenje različitih nastavnih materijala, metoda rada te socijalnih oblika učenja. Učenici su kroz rad bili maksimalno angažirani te su kroz nastavne satove seciranja morskih organizama i istraživanja utjecaja ribolova na ekosustav Jadranskog mora, pokazali izrazitu motivaciju za proučavanjem materijalne stvarnosti i iskazali zanimanje za održivo upravljanje prirodnim bogatstvima Jadranskog mora. Nastavne sadržaje proveo sam kroz sljedeće aktivnosti : seciranje plave ribe (skuša), važnost školjaka za ekosustav, ribarstvena biologija, ribolovni alati i njihov utjecaj na morski ekosustav. Učenici su kroz grupni oblik rada i uz korištenje pripremljenih metodičkih listova, samostalno i uz pomoć nastavnika stjecali nova saznanja kroz interdisciplinaran pristup.

Ključne riječi: *interdisciplinaran pristup učenju; znanost o moru; ribarstvena biologija; morski ekosustav; prirodna bogatstva*

UVOD

More je oduvijek bilo inspiracija brojnim slikarima, piscima, izvedbenim umjetnicima, koji su često svoju očaranost morem i morskim životom znali uspješno pretočiti u svoja umjetnička djela. Također, biologija i ekologija mora kao dio znanosti biologije, predstavljaju plodno područje za upoznavanje, proučavanje i razumijevanje živog svijeta u moru te omogućuju kritički pristup prema promjenama koje zadnjih godina uvelike utječu na morske ekosustave, uključujući i naše Jadransko more.

U samim počecima u nastavi kao nastavnik biologije i kemije, imao sam priliku odmah krenuti podučavati gimnazijsku biologiju kroz eksperimentalni program Škola za život. Iako se sadržaji vezani uz ekologiju mora, odnosno morski ekosustav, obrađuju u 1. razredu gimnazije, oni učeniku pružaju dobre temelje za istraživanje i daljnje učenje i usvajanje sadržaja unutar teme *Povećanje raznolikosti i život u vodi* u 2. razredu gimnazije. Uz dobru metodičku pripremu i organizaciju nastavnika, učenici navedenu temu mogu interdisciplinarno povezati koristeći se temeljnim znanjima s područja ekologije mora iz 1. razreda gimnazije, uz nadogradnju postojećeg i konstrukciju novog znanja.

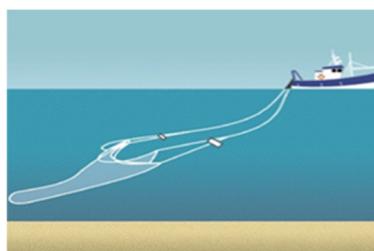
Suvremena nastava biologije zbog ubrzanog rasta novih saznanja na području biološke znanosti, teži konstantnoj aktualizaciji nastavnih sadržaja i tema. Upravo teme iz ekologije i biologije Jadranskog mora predstavljaju plodno područje jer zahtijevaju integraciju različitih disciplinarnih pristupa (biologija, geografija, kemija) radi boljeg razumijevanja i podizanja kvalitete nastavnog procesa. Pedagoška literatura za interdisciplinarni pristup u nastavi biologije navodi različite pojmove, a najčešće su u upotrebi pojmovi integrirana nastava i tematska nastava (Kostović – Vranješ, 2015).

Kao nastavnik biologije nastojim kroz navedeni pristup kod učenika drugih razreda gimnazije razvijati interes za morski ekosustav koji nas okružuje u županiji u kojoj živimo i motivirati ih za daljnje istraživanje tematike mora te društveno-prirodnih procesa vezanih uz Jadransko more, koje predstavlja dio naše kulture koju trebamo njegovati i poznavati kako bismo pridonijeli očuvanju i zaštiti morskog okoliša i živog svijeta u njemu.

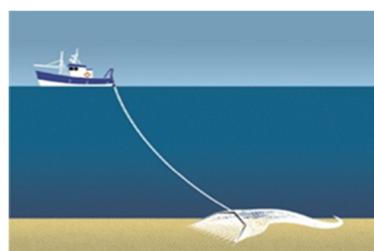
Šamanic, L.2021. Ribarstvena biologija - interdisciplinarni pristup u poučavanju biologije i ekologije Jadranskog mora te održivo upravljanje živim bogatstvima mora. Educ. biol., 7:50-55. DOI: 10.32633/eb.7.5

IZVEDBA NASTAVE

Uvod u temu *Organizmi u slobodnoj vodi* započeo sam raspoređivanjem učenika u pet grupa po 4 učenika. Svaka skupina dobila je veliku kartu Jadranskog mora te metodički pripremljene radne listove za grupni rad. Glavni cilj zadatka iz ove domene bio je predstaviti učenicima ribolovne alate i načine na koji ti isti ribolovni alati mogu negativno utjecati na bioraznolikost u pojedinim područjima u Jadranskom moru. Učenici su dobili slikovni materijal na kojem je bila prikazana najčešća ribolovna tehnika. Zadatak je bio analizirati slike i objasniti u čemu se razlikuju načini lova na slikama 1 i 2.



Slika 1 Povlačna mreža za pelagijal



Slika 2 Povlačna mreža za bentos

Učenici su utvrdili da se radi o povlačnim mrežama (koča) za pelagijal (slika 1) i bentos (slika 2). Nakon analize slika, zadatak je bio istražiti i objasniti moguće štetne utjecaje ribolovnog alata 2 (povlačna mreža za bentos) na morski ekosustav (slika 3). Pri opisivanju štetnosti navedenog ribolovnog alata za morski ekosustav, učenici su morali upotrijebiti sljedeće biološke pojmove: bentos, habitat, ikra, ihtiofauna, prehrambeni lanac, biološka raznolikost, neželjene vrste, juvenilni stadiji riba, redukcija zaštićenih vrsta, prilov, selektivnost ribolovnih alata. Nakon izvršenog zadatka uslijedila je rasprava u koju se uključuje i sam nastavnik. Analizirala su se objašnjenja o utjecaju i mogućem štetnom djelovanju navedenog ribolovnog alata na ekosustav.

a) Istraži i objasni moguće štetne utjecaje ribolovnog alata A) na morski ekosustav :

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Objašnjenje :

Napomena : Pri opisivanju štetnosti navedenog ribolovnog alata za morski ekosustav, koristite se biološkim pojmovima (bentos, habitat, ikra, ihtiofauna, prehrambeni lanac, biološka raznolikost, neželjene vrste, juvenilni stadiji riba, redukcija zaštićenih vrsta, prilov, selektivnost ribolovnih alata).

Slika 3 Zadatak za učenike - opisivanje štetnosti ribolovnog alata

U sljedećem zadatku učenici su proučili kartu ribolovnih zona u RH (slika 4), objasnili pojam prostorno-vremenske regulacije lova pojedinih vrsta morskih organizama, izradili tabelu i definirali ključne djelatnosti čovjeka koje doprinose racionalnom iskorištavanju živih bogatstava mora (tablica 1)

Tablica 1 Zaključci učenika – ključne djelatnosti koje doprinose racionalnom iskorištavanju živih bogatstava mora

Racionalno upravljanje živim bogatstvima mora
▪ određivanje prostorne i vremenske rasprostranjenosti ciljanih vrsta riba i drugih morskih organizama
▪ prilagođavanje ribolovnih alata
▪ obavljanje ribolova iznad morskog dna
▪ smanjenje prilova
▪ smanjeni postotak ulova nedoraslih primjeraka
▪ poštivanje ribarskih propisa
▪ povećanje selektivnosti ribolovnog alata

U drugom dijelu blok sata biologije, učenici su pokušali predvidjeti hoće li dolazak novih ribljih vrsta u Jadransko more utjecati na gospodarstvo priobalnog područja RH. Dobili su podatke o znanstvenim nalazima kirnje bjelice (*Epinephelus aeneus*) u Jadranskem moru. Zadatak je bio da na karti poslože slike riblje vrste na lokacije gdje je ulovljena (slika 5).

1. Smatralo se da se jedinke riblje vrste *Epinephelus aeneus* (kirnja bjelica) mogu naći samo u topnjem južnom Jadranu. Jedinka je prvi put viđena 1998. godine u moru kod Dubrovnika. Sljedeća dva nalaza uočena su kod rt-a Proizd na Korčuli 1999. godine. 2002. godine 3 jedinke uočene su u moru kod otoka Biševa. 2006. godine ulovljene su dvije jedinke na području Velog rata kod Dugog otoka. Na karti postavite slikovne prikaze navedene vrste na području gdje je ulovljena. U bilježnici izradite (skicirajte) projekciju širenja vrste u Jadranu tako da označite točke, upišete koordinate i broj jedinki na pojedinom području te prikažete smjer širenja vrste. Također prikažite smjer kretanja morskih struja u Jadranu.

- Na temelju navedenih nalaza, što možemo zaključiti o kretanju vrste ?
- Koji abiotički čimbenici mogu utjecati na rasprostranjenost kirnje bjelice ? Objasni.
- Istraži gospodarski značaj kirnji u Jadranskom moru.
- Prepostavite daljnji tijek širenja vrste.



Slika 5 Zadatak za učenike - nalazi kirnje bjelice u Jadranskom moru

Slika 4 Ribolovne zone i podzone Jadranskog mora

Učenici su odredili koordinate svih nalaza na karti (zemljopisna širina i dužina) te su na temelju navedenih nalaza i ucrtavanja mogućeg smjera širenja vrste u Jadranskom moru, kojeg su sami izradili, pretpostavili koji abiotički čimbenici utječu na širenje vrste od juga prema sjeveru. Glavni zaključak je bio da je temeljni abiotički čimbenik koji utječe na kretanje vrste temperatura. S obzirom da je zadnji i najsjeverniji nalaz vrste ulovljen na području Dugog otoka, učenici su također pretpostavili da su niske zimske temperature mora u sjevernom Jadranu glavni abiotički čimbenik koji još uvijek onemogućuje daljnje širenje ove vrste prema sjeveru.

Sljedeći zadatak odnosio se na aktualnu temu pomora periski (*Pinna nobilis*) u Jadranskom moru. Naime, učenici su morali pretpostaviti i objasniti zašto se mala populacija periski u pojedinim zaljevima i zatvorenim uvalama uspjela održati unatoč napadu mikroorganizama. Zadatak je bio označiti na karti (pomoću slika periski), gdje se u Jadranu nalaze pogodna mjesta za nastanjenje periski, odnosno mjesta koja su pogodna za obnovu populacije periski (slika 6).



Slika 6 Moguće pogodne lokacije za nastanjenje i očuvanje periski

Učenici su na temelju poznavanja smjera kretanja morskih struja u Jadranskom moru odredili lokacije koje su zaštićene od uzročnika koji napada periske (*Haplospiridium pinne*). Naime, učenici su sami došli do zaključka da na tim prostorima mora biti slaba cirkulacija morske vode jer se radi o uvalama i zaštićenim zaljevima unutar kojih bi se smanjio rizik da periske dođu u doticaj sa nametnikom koji ih uništava. Nametniku (*Haplosporidium pinne*) idu u prilog tople morske struje koje ulaze u Jadransko more i omogućuju mu kretanje prema sjeveru.

S obzirom da je za obradu teme *Organizmi u slobodnoj vodi* predviđeno 4 školska sata, sljedeći blok sat biologije namijenio sam seciraju plave ribe (skuša). Učenike sam podijelio u pet grupa po četvero učenika. Svaka je skupina dobila metodički obrađene listove i pribor za seciranje (skalpel, pinceta, nož, rukavice za jednokratnu upotrebu), uz davanje jasnih smjernica za seciranje od strane nastavnika. Cilj blok sata biologije bio je prije svega upoznati učenika sa praktičnim vještinama seciranja organizama. Isto tako, važno je da učenici kroz proces seciranja na primjeru plave ribe (skuše) kao egzemplarnog predstavnika, uoče ekološke karakteristike organizma poput načina hranjenja (istraživanje sadržaja želudca), proučavanja oblika tijela kao prilagodbe na život u otvorenom moru, istraživanje migracija vrste, istraživanje mogućeg utjecaja na zdravlje čovjeka itd. Učenici su uz pomoć metodičkog lista (slika 7) krenuli u zadane aktivnosti.

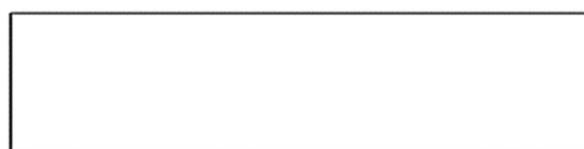
Praktični rad : Seciranje ribe

1. Pred vama se nalazi riblja vrsta latinskog imena *Scomber scombrus*.

- a) Navedite hrvatski naziv za riblju vrstu.
- b) Navedite područja njene rasprostranjenosti.
- c) Što možemo zaključiti o ekologiji vrste na temelju njenog vanjskog izgleda ?

2. Pomoću škara i skalpela otvorite ventralni dio riblje vrste na način da prerežete mišiće od urogenitalnog otvora do početka škržnog poklopca. Potom pažljivo i bez mogućih oštećenja izvadite organe ribe : škrge, srce, probavni sustav, bubrezi, gonade, riblji mješur.

- a) Napravite jednostavnu skicu ribe zajedno sa organima. Označite sve strukture.



b) Kakva je anatomska razlika između sreća sisavaca i ribe ?

c) Objasni ulogu škržnih listića.

Slika 7 Radni list – seciranje plave ribe

Nakon vježbe seciranja uslijedila je diskusija o izdvojenim anatomskim dijelovima plave ribe i ekološkim karakteristikama koje su učenici prepoznali i objasnili tijekom procesa seciranja. U drugoj polovici blok sata biologije učenicima sam pomoću Powerpoint prezentacije prikazao sliku uzgajališta riba u Jadranskom moru oko kojeg se nalaze dagnje (slika 8).



Slika 8 Marikultura u Jadranskom moru

Učenicima sam postavio dva temeljna pitanja, a to su :

- ➊ Koja je prednost uzgoja školjaka u blizini kaveza u kojima se odvija umjetni uzgoj ribe?
- ➋ Ima li marikultura u RH budućnost?

Učenici su na temelju prethodno usvojenog znanja iz cjeline *Organizmi morskog dna* prepoznali karakteristiku školjkaša da filtrira morsku vodu, a s njom i organske tvari iz mora te na taj način onemogućava da ostaci hrane iz ribljih uzgoja padnu na morsko dno i stvore detritus. Odgovori i razmišljanja učenika na pitanje o budućnosti marikulture u RH pokazali su da učenici razumiju da je čovjek svojim aktivnostima uvelike smanjio riblji fond u Jadranskom moru i da će u budućnosti morati tražiti nove modele i rješenja za dobivanje hrane iz mora.

Na kraju odrađenih nastavnih sati, proveo sam evaluaciju nastave među učenicima 2. razreda gimnazije kojima predajem nastavni predmet biologiju. Učenici su naveli kako su im navedeni sati bili interaktivni i zanimljivi jer su imali mogućnost sudjelovanja u nastavi, koristeći materijalnu stvarnost (seciranje riba, rakova, školjaka). Također, naglasili su važnost pravilnog rukovanja i upotrebe skalpela i ostalog biološkog pribora u nastavi biologije (proučavanje anatomije organizama). Ono što svakako treba posebno izdvojiti u navedenim učeničkim evaluacijama je stjecanje radnih navika kroz radove u grupi. Tijekom nastavnih sati pratio sam angažman svakog pojedinca unutar učeničkih grupa te sam na taj način dobivao uvid u razumijevanje temeljnih koncepata i razvijanje prirodoznanstvenih kompetencija kod učenika. Svaki je učenik unutar grupe na kraju nastavnih aktivnosti dobio opisnu bilješku o svom radu u e dnevnik.

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Cilj izvedenih aktivnosti bio je pobliže upoznati učenike sa živim bogatstvima mora, prilagodbama životu u pelagiju te načinima kako doprinijeti održivom upravljanju morskim ekosustavima. Znanje i informacije koje su učenici konstruirali i usvojili kroz navedene praktične zadatke mogu se primijeniti u stvarnom prostoru i vremenu i upravo je to glavna vrijednost ovakvog načina rada. Kao što sam naglasio u samom uvodu, s obzirom da nam je Jadransko more svakodnevica, glavna zadaća nastavnika biologije je da kod učenika razvije pozitivan odnos prema morskom okolišu i omogući im da postanu svjesni prirodno-društvenih procesa koji se svakodnevno odvijaju u Jadranskem moru te da u skladu sa znanjem i mogućnostima aktivno sudjeluju u očuvanju bioraznolikosti morskog ekosustava, koji je dio naše kulturne i prirodne baštine. Učenici su kroz navedene aktivnosti uvidjeli važnost zajedničkog sudjelovanja u konstrukciji novog znanja iz biologije. Također, integracija različitih sadržaja s područja biologije i geografije, podiže učeničku motivaciju i razvija interes za istraživanje i očuvanje Jadranskog mora i njegovih prirodnih bogatstava.

LITERATURA

- Dulčić J., Dragičević, B.(2011). Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.
Dulčić, J., Kovačić, M.(2020). Ihtiofauna Jadranskog mora, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.
Đumlja, S., Rebrina F., Sertić Perić M., Remenar S. (2020). Biologija 2, Alfa, Zagreb.
Kostović Vranješ, V.(2015). Metodika nastave predmeta prirodoslovnog područja, Školska knjiga, Zagreb.
Eksperimentalni program Škola za život (2019) Metodički priručnik za Biologiju za 2. razred. Zagreb: Ministarstvo znanosti i obrazovanja

Fisheries biology - an interdisciplinary approach to teaching biology and ecology of the Adriatic Sea and sustainable management of living marine resources

Leo Šamanić

The first Croatian high school in Rijeka, Frana Kurelca 1, 51 000 Rijeka, Croatia

leosamanic@gmail.com

ABSTRACT

I tried to bring the fisheries topic closer to students through an interdisciplinary approach, using different teaching materials, methods of work and social forms of learning. Through their work, students were maximally engaged through lessons on dissecting marine organisms and researching the impact of fishing on the Adriatic ecosystem. They showed strong motivation to study the material reality and expressed interest in sustainable management of natural resources of the Adriatic Sea. I conducted the teaching activities through the following activities: dissection of blue fish (mackerel), the importance of shellfish for the ecosystem, fishery biology, fishing tools and their impact on the marine ecosystem. Through the group form of work and using prepared methodical sheets, students independently and with the help of teachers acquired new knowledge through an interdisciplinary approach.

Keywords: *interdisciplinary learning approach; marine science; fishery biology; marine ecosystem; natural riches*

Primjer obrade nastavne teme *Dišni sustav u strogim epidemiološkim uvjetima*

Jelena Barbarić - Gaćina

Prirodoslovno-grafička škola Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3, 23000 Zadar, Hrvatska

jelena.gacina@zd.t-com.hr

SAŽETAK

Pandemija koronavirusa postavila je nove izazove u načinu organizacije i izvođenja nastave. Osim promjena u trajanju školskog sata i broju učenika koji istovremeno smiju pohađati nastavu, zbog epidemioloških preporuka rad u grupama i parovima se ne prakticira. Time je pandemija koronavirusa uvjetovala frontalnu nastavu, koja se inače izbjegava proteklih dvadesetak godina zbog mišljenja da je za učenike takav način nastave pasivan i dosadan, te slabo potiče usvajanje znanja i razumijevanje sadržaja. Da bi se zadovoljili epidemiološki kriteriji bez kompromitiranja kvalitete nastave, u ovom radu je predložena obrada nastavne jedinice Dišni sustav i bolesti dišnog sustava, u kojoj učenici aktivno sudjeluju i bez primjene grupnog rada. Aktivnost učenika postignuta je stalnim komuniciranjem s učenicima i izmjenjivanjem samostalnog rada učenika na rješavanju zadataka i problemskih pitanja te razgovora s učenicima. Osim toga, koristio se i pristup obrnute učionice. Velika prednost u postizanju maksimalne uključenosti učenika u rad, je i manji broj učenika u učionici (polovica razreda). U nastavi je korištena informacijsko – komunikacijska tehnologija, model pluća, radni listići i izvorna stvarnost. Ovim radom pokazano je da se aktivno učenje može postići i pod strogim epidemiološkim uvjetima. Dok su u ovom radu obrađene nastavne jedinice Dišni sustav i bolesti dišnog sustava, isti principi nastave mogu se primijeniti na bilo koju nastavnu jedinicu ili temu.

Ključne riječi: frontalna nastava; obrnuta učionica; aktivno učenje

UVOD

Suvremena nastava se zasniva na dvije didaktičke strategije, jedna je usmjereni na učenika, a druga na nastavnika (Matijević i Radovanović, 2011). U nastavi usmjerenoj na učenika učenici aktivno sudjeluju istražujući, komentirajući, analizirajući i rješavajući probleme, dok u nastavi usmjerenoj na nastavnika pasivno slušaju, sjede i gledaju. Zbog zastupljenog mišljenja da su u nastavi usmjerenoj na nastavnika (tzv. predavačka odnosno frontalna nastava) učenici samo pasivni promatrači (Matijević i Radovanović, 2011), takva se nastava već dugo vremena izbjegava i prednost se daje nastavi usmjerenoj na učenika. Pri tome se od nastavnika očekuje da nastavu isplanira i pripremi, a u učionici usmjerava i vodi koristeći odgovarajuće metode rada uzimajući u obzir i individualne razlike među učenicima (Krištofić, 2016). Jedan od ključnih oblika izvedbe nastave usmjerene na učenika je grupni rad, što je oblik suradničkog učenja, jer on potiče aktivno sudjelovanje u nastavi, a time i bolje usvajanje nastavnih sadržaja.

Uslijed pandemije u školskoj 2020./2021. godini došlo je do prestrukturiranja nastave kako bi se poštivalo epidemiološke uvjete u svrhu sprečavanja širenja korona virusa. Nastava je organizirana po takozvanim modelima A, B i C (MZO, 2020). Model A podrazumijeva sve učenike na nastavi uz obavezno nošenje maski u školi odnosno u razredu. U modelu B razred je podijeljen u dvije skupine učenika, i nastava se odvija na dva načina: jedan tjedan jedna skupina ide na nastavu, a druga je online, a sljedeći tjedan se mijenjaju, a druga varijanta je 3+2/2+3, gdje je jedna skupina u školi 3 dana, a druga online, a onda druga skupina učenika ide u školu preostala 2 dana u tjednu, dok je prva online. Skupine moraju biti stalne odnosno nepromjenjive. Treći model je model C gdje se sva nastava odvija online (MZO, 2020).

Jedno od ključnih ograničenja izvođenja nastave pod epidemiološkim uvjetima je nemogućnost organiziranja rada u paru ili grupnog rada, pa se velik dio nastave morao odvijati frontalnim načinom.

Cilj ovog rada bio je predložiti izvedbu nastave frontalnim načinom, uz poštivanje svih epidemioloških mjera, ali uz visok stupanj uključenosti učenika u nastavni proces. Primjer korišten u ovom radu odnosi se na nastavnu jedinicu Dišni sustav i bolesti dišnog sustava. Neke od metoda korištenih u ovom radu uključivale su razgovor, demonstraciju izvorne stvarnosti, rad na tekstu, te pedagoški pristup koji se naziva obrnuta učionica (eng. „flipped classroom“). U takvom pristupu učenici kod kuće stječu znanje, a u školi ga produbljuju i imaju priliku na satu nastavnika pitati sve što im nije jasno (Škola za život, 2020). Osim toga obrađivani nastavni sadržaji povezani su s primjerima iz svakodnevnog života, a razvoj kritičkog razmišljanja i poticanje razvoja različitih razina kognitivnog učenja postignuto je korištenjem pitanja i zadatka različitih kognitivnih razina. Cilj ovog rada je pokazati da se kroz frontalni rad pod strogim epidemiološkim uvjetima može postići aktivno učenje.

IZVEDBA NASTAVE

Nastava je izvedena u strukovnoj školi koja je radila po B modelu, prema kojem je jedna skupina učenika cijeli tjedan na nastavi, a druga online (MZO, 2020) uz mogućnost izvedbe praktičnog rada učenika i kretanje nastavnika po učionici. Pri tome je iskorišten takav oblik nastave da učenici koji rade u online okruženju istražuju podatke putem Interneta i uče iz dostupnih simulacija, dok učenici koji rade u učionici izvode praktičan zadatak. Učenicima sa sugerira da uključe automatski prijevod na hrvatski, pri čemu nastavnik treba provjeriti i po potrebi ispraviti pogrešne izraze. Ovdje obrađena nastava organizirana je kao blok sat, sa svakim satom u trajanju od 40 minuta. Ista nastavna jedinica održana je u četiri različite skupine učenika iz četiri različita razreda. Ovako organizirana nastava omogućuje da učenici samostalno rješavaju zadatke više kognitivne razine npr. povežu građu dušnika s njegovom ulogom, objasne ulogu trepetljikavog epitela, povežu građu pluća s njihovom ulogom (prilog 1), koji se zatim sistematiziraju tijekom zajedničkog razgovora.

U uvodnom dijelu sata, kao priprema učenika za nastavni sat, u svrhu povezivanja obrađenih nastavnih sadržaja s novim nastavnim sadržajima, učenici nabrajaju uloge krví, što dovodi do pojma staničnog disanja. Nakon što su učenici objasnili stanično disanje nastavnik traži da objasne plućno disanje, a zatim da povežu stanično i plućno disanje i najavljuje se tema nastavnog sata Dišni sustav i bolesti dišnog sustava. Učenike se upoznaje s postavljenim odgojno-obrazovnim ishodima (prilog 1). Koristeći informacijsko – komunikacijsku tehnologiju učenici ponavljaju građu i dijelove dišnog sustava rješavajući kviz, u kojem se uz svaki dio dišnog sustava nalazi prazan kvadratić u kojeg učenici trebaju, povlačenjem miša ubaciti odgovarajući ponuđen pojам (Profil Klett, 2021). Zbog epidemiološke situacije nastavnik ubacuje pojmove, ali učenici ga usmjeravaju. Svaki put kad učenik predloži odgovor nastavnik se drugim učenicima obraća s pitanjem *Da li se slažete?*, traži obrazloženje slaganja od najmanje jednog učenika u razredu i tek tada postavlja pojam na pravo mjesto. Na temelju održenog kviza učenici uočavaju podjelu dišnih putova na gornje i donje dišne putove i nastavnik potiče učenike na raspravu o ulozi gornjih dišnih putova pitanjima: *Zašto je bolje disati na nos nego na usta? U kojim godišnjim dobima uloge gornjih dišnih putova najviše dolaze do izražaja?*. Nakon toga slijedi rasprava o ulozi grkljanskog poklopca koju nastavnik inicira pitanjem kojim učenicima daje smisao učenja uz stvarnu životnu situaciju npr. *Zašto nije dobro jesti i pričati?*. Dodatna aktivnost učenika tijekom obrade ovog dijela nastavnih sadržaja postignuta je samostalnim zapisivanjem dijelova gornjih i donjih dišnih putova i uloge gornjih dišnih putova u bilježnicu uz provjeru zapisa tijekom sistematizacije prema odgovorima učenika. Pri tome je važno potaknuti učenike da uz prijedlog odgovora nekoliko učenika,

još nekoliko učenika obrazloži svoje slaganje ili neslaganje, što je posebno važno u dijelu povezivanja građe i funkcije.



Slika 1 Pluća janjeta za demonstraciju – građa i uloga dušnika i pluća

U biologiji na prvo mjesto, kao nezamjenjivi izvor znanja, stavlja se biološki materijal. Učenici će puno lakše shvatiti građu pluća, ako imaju priliku dodirnuti pluća i osjetiti razliku između čvrstih hrskavičnih prstenova i mekanog, spužvastog tkiva plućnih krila. Upravo stoga, kako bi učenici lakše usvojili građu pluća i povezali građu pojedinih dijelova donjih dišnih putova s njihovom ulogom nastavnik koristi biološki materijal i demonstrira građu pluća janjeta (slika 1). Slijedila je demonstracija pluća od učenika do učenika. Svi učenici su trebali navući jednokratne rukavice i svatko je dobio priliku opipati dušnik, pokušati ga stisnuti i potpuno priljubiti njegove stjenke, što nije bilo moguće, te opipati teksturu pluća. Ostali učenici, kako bi za to vrijeme bili aktivni, odgovaraju na pitanja koja se nalaze u PowerPoint prezentaciji: 1. *Podsjetite se kakve su boje pluća i razmislite što bi moglo utjecati na promjenu boje pluća kod čovjeka.* 2. *Predložite kako bi dokazali da se u plućnim mjehurićima nalazi zrak.* 3. *Objasnite povezanost plućnog i staničnog disanja.* Učenici koji su na online nastavi za to vrijeme promatraju snimku sekcije pluća *Exploring the bronchial tree*, pri čemu trebaju uočiti građu dušnika i dušnica, kao i trepetljikavog epitela uz video *Ciliated Columnar Epithelium, Trachea*. S učenicima se raspravlja o građi dušnika, hrskavičnim prstenima te trepetljikavog epitela, na način da učenici koji su istraživali prirodni materijal tijekom demonstracije iznose svoja mišljenja koja zatim dopunjaju učenici koji su promatrati snimku sekcije. Individualno uz zapis u bilježnici trebaju povezati građu dušnika s njegovom ulogom i objasniti ulogu trepetljikavog epitela, a svoja razmišljanja provjere uz sistematizaciju na osnovu videa *Mucociliary clearance*. Učenici su raspravili zašto je važno da je dušnik ojačan hrskavičnim prstenima i što će se dogoditi ako se trepetljikavi epitel ošteti. Odgovorom na ovo pitanje učenici su pokazali da razumiju važnost stalne prohodnosti dušnika te štetnosti pušenja na trepetljikavi epitel.

Sljedeći je zadatak učenika povezati građu pluća s njihovom ulogom. Učenike se na raspravu može potaknuti pitanjima poput *Koja je prednost građe pluća od velikog broja plućnih mjehurića malog promjera? Što se time postiže?*, a rješavanjem tog zadatka učenici su pokazali da razumiju odnos volumena i površine. S obzirom da su učenici promjenu boje pluća povezali uglavnom s pušenjem to je pitanje iskorišteno za raspravu o štetnosti pušenja i opasnostima razvoja bolesti dišnog sustava s naglaskom na rak pluća.

Pitanje *Predložite kako bi dokazali da se u plućnim mjehurićima nalazi zrak* spada u treću razinu zadataka, gdje se od učenika traži rješenje nekog problema. Učenici su se dosjetili da se pluća mogu staviti u vodu, a nakon što su učenici predložili rješenje, nastavnik vrši demonstraciju. Otkine se komadić pluća i stavi pomoću pincete u čašu s vodom (slika 2). Radi boljeg dojma može se iskoristiti i komadić mišića koji će potonuti na dno (Ava Hearts, 2018).



Slika 2 Demonstracija usporedbe što se događa s komadićem mišića i pluća u vodi

Kako bi se kod učenika potaknula zainteresiranost i povećala aktivnost na početku drugog sata učenici u 15 sekundi mjere broj udisaja, a zatim dobiveni broj množe s 4 kako bi se dobio broj udisaja u minuti. Brojenje udisaja potaknulo je učenike na raspravu o frekvenciji disanja i mogućim razlozima povećanja broja udisaja, što su uglavnom povezali s povećanom tjelesnom aktivnošću.

Kako bi lakše usvojili principe izmjene plinova između pluća i okoliša učenici su u *Microsoft Teams* dobili upute za izradu modela pluća (slika 3) (Trojko i Rašan, 2009), koje su izradili kod kuće od plastične boce, balona i slamčica i zatim donijeli u školu. Izrada modela pluća po uputama kod kuće, također je oblik „obrnute učionice“ pri čemu učenici, osim izrade, trebaju razmisliti kako model pluća funkcioniра. U školi učenici su na svojim modelima pluća demonstrirali udah i izdah uz bilježenje objašnjenja procesa o kom su razmišljali tijekom izrade modela. Za to vrijeme učenici koji su sudjelovali u online nastavi promatraju animaciju *Mechanism of Breathing*. Nakon rješavanja radnog listića (prilog 1) od učenika je zatraženo da usvojena znanja primjene na ljudski dišni sustav i objasne što se događa s tlakovima prilikom udisaja, a što prilikom izdisaja, što su učenici uspješno odradili. Učenici u online nastavi na osnovu animacije dopunjaju učenje cijelog razreda s razlikama do kojih dolazi pri dubokom disanju. Tijekom sistematizacije znanja povezuju se zaključci obje grupe učenika u zajedničko učenje, pri čemu se provjerava razumijevanje zaključaka kod onih učenika koji nisu radili taj zadatak.

Nakon toga nastavnik pita *Što mislite koja prirodna pojava nastaje gibanjem zraka iz područja višeg u područje nižeg tlaka? U zadnje vrijeme stalno čujemo riječ provjetravanje. Što znači ta riječ? Zašto treba provjetravati prostorije?*. Temeljem toga učenike se navodi na zaključak kako je prozračivanje jedna od mjera zaštite protiv koronavirusa, ali i drugih bolesti dišnog sustava što je iskorišteno kao najava obrade bolesti dišnog sustava.



Slika 3 Izrađeni model pluća

U zadnjem dijelu sata ponovno je korišten princip obrnute učionice, jer su učenici kod kuće, za vrijeme nastave na daljinu (kod kuće) u toj skupini, dobili zadatak pročitati iz udžbenika (Slijepčević i sur., 2015) o bolestima dišnog sustava, naučiti o tim bolestima i u bilježnice izvući natuknice. Nakon podjele bolesti u zarazne i nezarazne, učenici su razvrstali zarazne bolesti na virusne, bakterijske i na one koje mogu biti i virusne i bakterijske u Vennov dijagram. Ovisno o broju učenika u skupini, tri ili četiri učenika dobili su zadatak zapisati uzročnika bolesti, izvor zaraze, način širenja, mjesto ulaska u organizam i liječenje

za jednu od bolesti: gripa, tuberkuloza, angina i koronavirus. Učeničke pojmove nastavnik zapisuje na ploču u obliku tabličnog prikaza. Nastavnik pita učenike koji su sve mogući naslovi tablice osim bolesti dišnog sustava i učenici predlažu nazine poput: zarazne bolesti i kapljične infekcije. Tabelarni prikaz je iskorišten za raspravu o razlici liječenja virusnih i bakterijskih bolesti te mogućnostima prevencije bolesti s posebnim naglaskom na cijepljenje.

Na kraju sata pomoću informacijsko – komunikacijske tehnologije, digitalnog alata Mentimeter (www.mentimeter.com) pomoću kojeg se može brzo prikupiti povratna informacija, učenici su odgovorili na pitanje: *Što može pomoći u zaštiti dišnog sustava od zaraznih bolesti?*. Postavljeno pitanje je trenutno vrlo aktualna tema koju su učenici povezali sa zaštitom od koronavirusa. Pri korištenju Mentimetera (slika 4) učenicima se može dati mogućnost različitog broja unosa pojnova (ovisno o raspoloživom vremenu). Bitno je prokomentirati s učenicima pojmove, jer se na primjer pojavio pojam antibiotik/antibiotici što nije prevencija od bolesti dišnog sustava već liječenje, ali samo kod bakterijskih infekcija – što je znak da učenici taj dio nisu do kraja razumjeli. Zato je važno s učenicima što više raspravljati o prevenciji i liječenju zaraznih bolesti, kako bi bolje usvojili i razlikovali metode i načine prevencije i liječenja.



Slika 4 Prikaz odgovora učenika na pitanje kako se može zaštiti dišni sustav (na slici lijevo učenici su imali mogućnost unosa većeg broja pojnova, a na slici desno samo jednog)

Pomoću Google forms obrasca provedena je kratka anketa kako bi se utvrdilo zadovoljstvo učenika odradenom nastavom. 51% učenika nastavu je ocijenilo zanimljivom, a 46% djelomično zanimljivom te jedan učenik nezanimljivom. 87% ih smatra da je naučilo nešto novo. Na pitanje što im se najviše svidjelo odgovorili su: „Bila mi je zanimljiva izrada modela pluća i sada mi je jasniji princip disanja i uloga organa u sustavu disanja.“; „Najviše mi se svidjelo kada je profesorica donijela prava pluća da ih vidimo i opipamo.“; „Najviše mi se svidjelo kad smo radili model pluća.“; „To što je cijeli razred sudjelovao i diranje pluća.“; „Primjer disanja pomoću boce i balona.“ i sl. Ali bilo je i drugačijih mišljenja, npr. „Bilo mi je stresno“.

Obrađena tema usko je vezana s trenutnom situacijom oko pandemije koronavirusa, pa su učenici imali priliku iskoristiti i znanje iz stvarnog života pri obradi bolesti dišnog sustava naročito mjerama za sprječavanje širenja zaraze. Povezivanje s životnim prilikama dodatno je motiviralo učenike za aktivnije sudjelovanje u radu na satu. Premda su učenici pokazali iznenađenje pri demonstraciji pluća janjeta, ni jedan učenik nije odbio dodirnuti pluća i s velikim interesom su ih proučili.

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Dobro organizirana frontalna nastava ne mora značiti da su učenici samo pasivni promatrači. Poticanjem učenika uz individualne zadatke koji doprinose učenju cijelog razreda tijekom sata potiče ih se na kontinuirano praćenje sata (npr. učenici predviđaju i kasnije međusobno provjeravaju zapise dijelova dišnog sustava, ulogu gornjih dišnih putova). Ovako organizirana nastava omogućuje i da

učenici samostalno rješavaju zadatke više kognitivne razine npr. povežu građu dušnika s njegovom ulogom, objasne ulogu trepetljikavog epitela, povežu građu pluća s njihovom ulogom. Nakon čitanja i komentiranja učenici unose potrebne ispravke. Od učenika se na satu tražilo i da predlože rješenje problema - *Predložite kako bi dokazali da se u plućnim mjehurićima nalazi zrak*, što je također viša kognitivna razina zadatka. Na drugom satu učenici samostalno rješavaju radni listić, a zatim svoje zaključke dobivene na modelu pluća primjenjuju na naš dišni sustav. Kod obrade bolesti dišnog sustava učenici (uz nastavniku asistenciju) znanje koje su stekli sami radom kod kuće kao i znanja iz svakodnevnog života, a to je pristup nazvan obrnuta učionica. Ovakvim načinom rada učenici su u svakom trenutku nastave aktivni, sudjeluju, komentiraju, a dodatna prednost je i rad s manjim brojem učenika (polovicom razreda), pri čemu nastavnik lakše kontrolira uključenost učenika u rad na satu.

Metode korištene u obradi nastavnih sadržaja Dišni sustav i Bolesti dišnog sustava su: razgovor, demonstracija izvorne stvarnosti, demonstracija video materijala i rad na tekstu te moderniji pristup učenja – obrnuta učionica i premda su opisane na konkretnom primjeru, primjenjive su u drugim nastavnim jedinicama po istom principu.

LITERATURA

Ava Hearts (2018) Respiratory System Dissection <https://www.youtube.com/watch?v=Mb5AjzWnPik> (posjećeno 15.4.2021.)

Krištofić K (2016) Obilježja socijalnih oblika rada u nastavi usmjerenoj na učenika, diplomski rad <https://repozitorij.ufzg.unizg.hr/en/islandora/object/ufzg%3A105/datastream/PDF/view> (posjećeno 15.4.2021.)

Profil Klett (2021) Kviz – organi za disanje https://www.profil-klett.hr/kvizovi/prez/gotovi/data/zivi_svijet_8/zivi_svijet_8_str147/index.html (posjećeno 15.4.2021.)

Matijević M, Radovanović D (2011) Nastava usmjerena na učenika, Školske novine, Zagreb

MZO (2020) Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske: Modeli i preporuke za rad u uvjetima povezanim s COVID – 19 <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti//Modeli%20%20preporuke%20za%20provedbu%20nastave%20u%202020-2021%202029.8.2020.pdf> (posjećeno 15.4.2021.)

Slijepčević M, Boranić M, Matekalo Draganović J (2015) Čovjek, zdravlje i okoliš: udžbenik biologije za srednje strukovne škole, Školska knjiga, Zagreb

Škola za život (2020) Obrnuta učionica <https://skolazazivot.hr/wp-content/uploads/2020/03/Obrnuta-u%C4%8Dionica.pdf> (posjećeno 15.4.2021.)

Trojko K, Rašan M (2009) Čovjek i zdravlje: radna bilježnica iz biologija za srednje strukovne škole, Školska knjiga, Zagreb
[Mentimeter \(2021\) Interactive presentation software www.mentimeter.com](http://mentimeter.com) (posjećeno 15.4.2021.)

PRILOZI

Prilog 1. Priprema za nastavni sat

Ime i prezime nastavnika:
Jelena Barbarić Gaćina
Nastavna tema:
Dišni sustav
Nastavna jedinica:
Dišni sustav i bolesti dišnog sustava
Razred:
1.
Cilj:
Opisati dijelove dišnog sustava, povezati građu i ulogu dišnog sustava, objasniti mehaniku disanja koristeći model, razlikovati bolesti dišnog sustava s obzirom na uzroke
Ključni pojmovi:
nos, ždrijelo, grkljan, dušnik, dušnice, pluća, udisaj, izdisaj, oštit
Tip nastavnog sata:
Obrada novih sadržaja
Materijalna priprema:
Udžbenik, LCD projektor, kompjuter, PowerPoint prezentacija, radni listić br. 1., ploča, biološki materijal, rukavice, plastična kadica, čaša, voda; poveznice <i>Exploring the bronchial tree</i> (https://www.youtube.com/watch?v=COHGT0msexQ), Ciliated Columnar Epithelium, Trachea (https://www.youtube.com/watch?v=eN22aLiR8Lw), Mucociliary clearance (https://www.youtube.com/watch?v=HMB6fEaZwl), <i>Mechanism of Breathing</i> (https://www.youtube.com/watch?v=wc2K10lt4Q8).
Korelacija:
Fizika, Geografija
Prilagodbe za učenike s posebnim potrebama:

Učenici koji imaju individualizirani pristup bez prilagodbe sadržaja imaju radne lističe s većim fontom i više vremena za rješavanje.		
Ishodi učenja (https://www.ncvvo.hr/ispitni-katalozi-za-drzavnu-maturu-2019-2020/)		
Koncept 1	Koncept 2	Ishod učenja
1.1. Odnosi veličina u životome svijetu	1.1.2. Odnos volumena i površine u živim organizmima	1.1.2.2. objasniti važnost povećanja i smanjenja površine u građi živih organizama
1.2. Porast složenosti i razvoj novih svojstava na višim organizacijskim razinama	1.2.3. Ustrojstvo na razini organizma	1.2.3.5. povezati građu s ulogama organskih sustava u čovjeka
4.1. Održavanje ravnoteže u organizmu	4.1.2. Homeostaza na razini organizma	4.1.2.2. analizirati uloge pojedinoga organa i organskih sustava u održavanju homeostaze
	4.1.3. Poremećaji homeostaze	4.1.3.1. analizirati utjecaj okolišnih čimbenika i životnih navika na zdravlje i pojavu bolesti 4.1.3.2. analizirati epidemiološki lanac i mjere sprečavanja širenja zaraznih bolesti

Međupredmetne teme (<https://skolazazivot.hr/medupredmetne-teme/>):

Učiti kako učiti uku A.4./5.3. Kreativno mišljenje - Učenik kreativno djeluje u različitim područjima učenja.

Higijena A.4.3. Objašnjava utjecaj pravilne osobne higijene i higijene okoline na očuvanje zdravlja; C.4.1.C Pravilno tumači upute o lijeku i procjenjuje relevantnost zdravstvene informacije; C.4.2.B Opisuje vodeće uzroke obolijevanja i smrtnosti i povezuje određena oboljenja s rizikom za pojavu tih bolesti.

Osobni I socijalni razvoj osr C.4.1. Prepoznaje i izbjegava rizične situacije u društvu i primjenjuje strategije samozaštite.

ISHODI	PITANJA ZA PROVJERU ISHODA	RAZINA ZADATAKA
1.1.2.2.	Objasnite kako je povećana površina pluća. Povežite površinu alveola s njihovom ulogom.	R1 R1
1.2.3.5.	Objasnite zadaću gornjih dišnih putova. Povežite građu dušnika s njegovom ulogom. Objasnite mehaniku disanja.	R1 R1 R1
4.1.2.2.	Koja je uloga dlačica u nosu? Koja je uloga trepetljika u donjim dišnim putovima? Zašto zrak ulazi u pluća?	R1 R1 R2
4.1.3.1. C.4.2.B.	Što može utjecati na promjenu boje pluća kod čovjeka i kakvu to ima posljedicu? Što šteti dišnom sustavu?	R1 R1
4.1.3.2.	Tko je izvor zaraznih bolesti dišnog sustava? Kako se zarazne bolesti dišnog sustava šire? Kako možemo prekinuti lanac zaraze?	R1 R1 R1
uku A.4/5.3.	Predložite kako bi dokazali da se u plućnim mjehurićima nalazi zrak. Pokažite kako radi model pluća. Koristeći ispunjenu tablicu Bolesti dišnog sustava predložite druge moguće nazive tablice.	R3 R1 R2
A.4.3. osr C.4.1	Kako se možemo zaštiti od bolesti dišnog sustava? Protiv koje bolesti dišnog sustava je cijepljenje obavezno?	R1 R1
C.4.1.C	Zašto antibiotike propisuju liječnici?	R2

ARTIKULACIJA PRVOG NASTAVNOG SATA

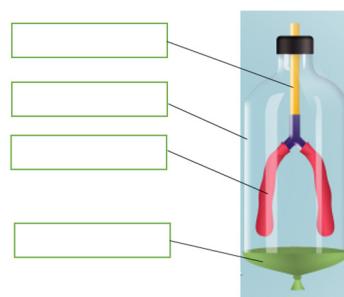
STRUKTURNI ELEMENT NASTAVNOG SATA	DOMINANTNA AKTIVNOST	SOCIOLOŠKI OBLIK RADA	KORISTITI U IZVEDBI	TRAJANJE (minute)
Uvodni dio 1. sata	Povezati s obrađenim gradivom Sastav i uloge krvi. Nastavnik najavljuje temu i ishode za nastavni sat: <i>Nakon današnje nastave moći će:</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ povezati građu i ulogu pojedinih organa dišnog sustava ○ objasniti mehanizam disanja ○ razlikovati bolesti dišnog sustava i mijere sprečavanja razvoja istih 	F	PPT	5
Najava teme				
Glavni dio 1. sata	Poveznica na PROFIL – označavanje dijelova dišnog sustava i zapis u bilježnicu https://www.profil-klett.hr/kvizovi/prez/gotovi/data/zivi_svijet/zivi_svijet_8_str147/index.html . Učenici uočavaju podjelu na gornje i donje dišne putove. Raspisivaljaju o ulozi gornjih dišnih putova i zapisuju uloge u bilježnice. (ishod 1.2.3.5.)	G	kviz	5
Obrada novih sadržaja	Nakon toga slijedi rasprava o ulozi grkljanskog poklopca koju nastavnik inicira pitanjem npr. <i>Zašto nije dobro jesti i pričati?</i> Nastavnik uz pomoć pluća teleta (svinje ili janjeti) te ppt prezentacije razgovara s učenicima o donjim dišnim putovima. (ishodi 1.2.3.5., 1.1.2.2., 4.1.2.2., 4.1.3.1.) Učenici samostalno zapisuju donje dišne putove u bilježnicu. Nakon demonstracije građe dušnika učenici su dobili zadatak <u>povezati građu dušnika s njegovom ulogom</u> i zapisati odgovor u bilježnicu. Nakon toga čitaju odgovore i komentiraju. Učenici promatraju slike građe pluća iz udžbenika i pomoću PowerPoint prezentacije i dobiju zadatak <u>povezati građu pluća s njihovom ulogom</u> . Učenici samostalno oblikuju odgovore i bilježe ih u bilježnice. Odgovore čitaju i komentiraju.	I F F I F	bilježnica izvorna stvarnost (pluća) PPT bilježnica PPT bilježnica	3 2 15
Završni dio 1. sata	Pomoću PowerPoint prezentacije učenici odgovaraju na sljedeća pitanja. 1. Podsjetite se kakve su boje pluća i razmislite što bi moglo utjecati na promjenu boje pluća kod čovjeka.	I	PPT bilježnica	10

Ponavljanje	2. Predložite kako bi dokazali da se u plućnim mjehurićima nalazi zrak. 3. Objasnite povezanost plućnog i staničnog disanja. Za to vrijeme nastavnik demonstrira pluća idući od učenika do učenika koji dobiju priliku opipati pluća i dušnik (uz obavezne jednokratne rukavice). Učenici čitaju odgovore i predlažu rješenja. (<i>ishod Uku A.4/5.3.</i>)	F	izvorna stvarnost (pluća)	
Uvodni dio 2. sata	Učenici broje udisaje u 15 sekundi. Raspravljaju o frekvenciji disanja.	F	štopericu	4
Glavni dio 2. sata	Učenici demonstriraju rad modela pluća. (<i>ishod uku A.4/5.3.</i>) Učenici uz pomoć modela pluća rješavaju radni listić br.1. Čitanje odgovora na pitanja iz radnog listića br. 1. (<i>ishod 1.2.3.5.</i>)	F	model pluća radni listić	13
Obrada novih sadržaja	Nakon rješavanja radnog listića učenici objašnjavaju zašto zrak ulazi u pluća. Učenici dijele bolesti dišnog sustava na zarazne i nezarazne. Učenici dobiju zadatku u Vennov dijagram podijeliti zarazne bolesti o kojima su čitali kod kuće. Ovisno o veličini grupe tri ili četiri učenika iz grupe dobiju zadatku u tablicu, koju precrtaju s ploče, popuniti s podacima o sljedećim bolestima: gripa, tuberkuloza, angina, koronavirus. Učenici čitaju zapisano i nakon komentiranja nastavnik zapisuje na ploču. (<i>ishodi 1.3.2.1., 4.1.3.2., C.4.2.B, C.4.1.C</i>)	I F	ploča bilježnica ploča	5 11
Završni dio 2. sata Ponavljanje	Koristeći mentimeter učenici upisuju što pomaže u prevenciji dišnog sustava od bolesti. (<i>ishod 4.1.3.1., osr C.4.1., osr C.4.2., A.4.3.</i>)	I	IKT	6
Literatura	Slijepčević M, Boranić M, Matekalo Draganović J (2015) Čovjek, zdravlje i okoliš: udžbenik biologije za srednje strukovne škole, Školska knjiga, Zagreb Trojko K, Rašan M (2009) Čovjek i zdravlje: radna bilježnica iz biologije za srednje strukovne škole, Školska knjiga, Zagreb Škola za život (2020) Obrnutu učionicu (preuzeto 11.12.2020) https://skolazivot.hr/wp-content/uploads/2020/03/Obrnuta-u%C4%8Dionica.pdf Kviz – organi za disanje, Profil Klett https://www.profilklett.hr/kvizovi/prez/gotovi/data/zivi_svijet_8/zivi_svijet_8_str147/index.html http://www.eduvizija.hr/portal/?q=comment/reply/1953 www.mentimeter.com			
Bilješke nakon sata	Kod obrade bolesti dišnog sustava i zapisa mogućnosti liječenja na ploču potaknuti učenike da uoče razliku između prevencije razvoja bolesti i načina liječenja.			

Radni listić 1

Razred:

I. Na modelu pluća označite koji dio dišnog sustava predstavljaju.



II: UPUTE: Balon koji predstavlja dno boce povuci prema dolje. Što se događa?

1. Što je tlak zraka?
2. Ako postoji područje višeg i nižeg tlaka zraka u kojem smjeru će se zrak kretati?
3. Ista količina zraka je u boci od 1l i 6l. U kojoj boci je manji tlak?
4. Što se događa s volumenom boce kad se balon povuče prema dolje?
5. Što se tada događa s tlakom u boci?

6. Objasni zašto zrak ulazi u balone?

Plan učeničkog zapisa



Teaching topic **Respiratory system** in strict epidemiological conditions

Jelena Barbarić - Gaćina

School of Natural Sciences and Graphics Zadar, Perivoj Vladimira Nazor 3, 23000 Zadar, Croatia, Croatia

jelena.gacina@zd.t-com.hr

ABSTRACT

The coronavirus pandemic has posed new challenges in organizing and conducting classes. Apart from changes in the duration of the school hour and the number of students who are allowed to attend classes at the same time, due to epidemiological recommendations, working in groups and pairs is not practised. Thus, the coronavirus pandemic conditioned frontal teaching, which was avoided for the past twenty years due to the opinion that such a teaching method is passive and boring for students, and it does not encourage the acquisition of knowledge and understanding of the content. To meet the epidemiological criteria without compromising the quality of the teaching, this paper proposes the processing of the teaching unit Respiratory system and diseases of the respiratory system, in which the students actively participate without the use of group work. Student activity is achieved through constant communication with students and alternating independent work of students on solving tasks and problem questions, as well as conversations with students. In addition, a flipped classroom approach was used. A significant advantage in achieving maximum involvement of students is the work in smaller number of students in the classroom (half of the class). Information and communication technology, a lung model, worksheets and actual reality were used in the class. This work showed that active learning can be achieved even under strict epidemiological conditions. While this paper covers the Respiratory System and Respiratory Diseases teaching units, the same teaching principles can be applied to any teaching unit or topic.

Keywords: *face-to-face teaching; flipped classroom; active learning*

Upotreba klasičnih društvenih igara pri usvajanju gradiva nastave biologije

Denis Horvat

Gimnazija Josip Slavenski Čakovec, Srednja škola Čakovec
denis.horvat3@skole.hr

SAŽETAK

Suvremeni nastavnik suočen je na dnevnoj bazi s brojnim izazovima kako motivirati učenike tijekom nastavnog procesa. Razvijajući različite metode učenja i poučavanja, težnja mu je pridobiti pažnju učenika. Korištenjem društvenih igara u nastavnom procesu omogućuje se da učenici postaju aktivni sudionici obrazovnog procesa. Klasična igra „Čovječe ne ljuti se“ može se upotrijebiti u svrhu usvajanja pojedinog gradiva ili za sistematizaciju naučenog gradiva. Na taj način se postiže da klasična igra postaje igra za učenje i poučavanje. Uz sve to može se provesti vrednovanje za učenje i vrednovanje kao učenje. Korištenje društvenih igara u nastavnom procesu kod učenika razvija osjećaj sigurnosti, samokontrole, samostalnosti, razvija brojne socijalne vještine te jača samopouzdanje. U tom pogledu, vrlo je važna uloga nastavnika koji će prilagoditi igru i usmjeravati učenike tijekom igranja igre s ciljem ostvarivanja razumijevanja učenika na poticaj i zabavan način.

Ključne riječi: interes učenika; socijalne vještine; kognitivne sposobnosti; timski rad

UVOD

Nezainteresiranost učenika za pojedine predmete u posljednje vrijeme sve je češće viđena slika u školskom okruženju. Učenici većinu svoga vremena, osim za vrijeme nastavnog sata, provode na brojnim društvenim mrežama i u svijetu videoigrica. Iz tog razloga, biti nastavnik postaje sve teže, ako nastavnik na neki način ne slijedi interese svojih učenika. Terhard (2001) u svom djelu „Metode poučavanja i učenja“ govori kako su nastavne metode duboko ukorijenjene kao elementi za unapređenje i ubrzanje procesa poučavanja i učenja. Iz tog razloga, unaprjeđenjem postojećih i ubacivanjem alternativnih metoda poučavanja, učenje može postati igra za dušu, a ne patnja kako to većina učenika percipira. Iako se čini kako svijet odraslih nije igra, zapravo sadrži brojne elemente igre, samo što ljudi nisu toga svjesni. „Mnoge djelatnosti koje nazivamo igrom izgubile su neke svoje konstitutivne elemente. S druge strane u mnogim aktivnostima prepoznajemo elemente igre, iako bismo ih teško nazvali tim imenom. Dio nepodudaranja pojmove leži u već dotaknutom mišljenju da se igraju samo djeca, dok odrasli imaju tendenciju da sve rade s važnim i smislenim razlogom“ (Zagorac, 2006). Iz tog razloga, korištenje didaktičkih igri u školskoj svakodnevici povezuje ono što učenici vole i ono što bi trebali prema godišnjem izvedbenom kurikulumu odraditi. Promatrajući kroz povijesti, brojne civilizacije razvile su se tako da su kroz igru poučavale učenike. Osim što je igra zabavna, edukativna, važna je i za razvoj karaktera učenika i brojnih socijalnih vještina (Plummer, 2010). Igrom učenik indirektno upoznaje okolinu, uči o sebi i svojim sposobnostima, uspoređuje sebe u odnosu na druge. Igra je najprirodniji i najlakši oblik učenja, jer je učenik u igri konstantno motiviran, odnosno aktivni je sudionik nastavnog procesa te sudjeluje u vrednovanju kako svojeg tako i napretka drugih sudionika. Korištenje društvenih igara u nastavnom procesu, kod učenika se razvijaju osjećaji sigurnosti, samokontrole, samostalnosti, razvijaju se vještine te jača samopouzdanje učenika (Kyriacou, 2001). U tom pogledu, važna je uloga nastavnika koji će u izdvojiti određen broj sati godišnje i osmislići poneku društvenu igru za učenike pomoću koje će oni razviti prethodno spomenute vještine. Na taj način, nastavnik indirektno, putem igri, potiče učenike na komunikaciju, razvoj govornih sposobnosti, suradnju i timski rad te svaki učenik na neki način postaje uključen u sve elemente nastavnog sata

(Terhart, 2001). Cilj ovog rada je potaknuti nastavnike da korištenjem društvenih igara u nastavnom procesu zainteresiraju učenike za gradivo koje uče i pomognu im da lakše sistematiziraju i usvoje gradivo.

IZVEDBA NASTAVE

U svrhu unaprjeđenja obrazovnog procesa, korištena je standardna društvena igra „Čovječe ne ljuti se“. Priprema nastavnog sata u kojem će se ova igra provesti s učenicima ne iziskuje puno vremena, budući da već postoje besplatne digitalne ploče za igru na brojnim internet stranicama. Potrebno je pripremiti ploče za igranje koje se mogu preuzeti u pdf obliku te ispisati u A4 ili A3 formatu i prema potrebi plastificirati kako bi postale trajni materijal. Kao figurice mogu se koristiti postojane figurice iz drugih društvenih igara koje nastavnik posjeduje ili učenici mogu odabrati neki predmet iz pernice poput gumice koji će koristiti za vrijeme igranja i učenja. Ono što je još potrebno nabaviti su kockice, koje će učenici koristiti ili se može koristiti internet stranica Nasumični odabir broja (Random Number Generator, 2022) pomoću koje se može odabrati nasumični broj za vrijeme igranja.

Na početku nastavnog sata, nastavnik upućuje učenike da individualno osmisle pitanja vezana uz dosadašnje učeno gradivo te odgovore na njih u bilježnicu te im je za tu aktivnost u pravilu potrebno desetak minuta. Dovoljno je da svaki učenik za sebe osmisli 15 do 20 pitanja pomoću kojih će igrati društvenu igru. Nakon što učenici osmisle pitanja, formiraju grupe od po 4 učenika ili, ako postoje mape s 5 ili više igrača koje su besplatno dostupne na internetu, tada može više njih činiti grupu. Nastavnik ih zatim upoznaje s općim pravilima igranja društvene igre „Čovječe ne ljuti se“.

Svaki učenik na raspolaganju ima jednu figuricu pomoću koje se kreće po polju. Da bi pojedini igrač izašao iz kućice, mora dobiti brojku 6 na kockici. Nakon toga za svako kretanje po poljima prema dobivenim brojkama postavljaju se pitanja. Drugim riječima, učenici unutar grupe trebaju dogоворити tko će za koju dobivenu brojku uvijek postaviti pitanje kada se ta brojka pojavi. Na primjer, osoba X će uvijek postavljati pitanja kada dođe brojka 1 na red te će nasumičnim odabirom postaviti pitanje osobi koja je na potezu. Ako osoba koja je na potezu točno odgovori na pitanje, smije se kretati za broj koji je dobila bacanjem kockice, u protivnom nema kretanja. Ostali članovi prema dogovoru na isti način postavljaju pitanja za preostale brojke na kockici. U slučaju da osoba koja je na potezu dobije brojku za koju ona postavlja pitanja, tada nasumično odabire drugog suigrača koji će joj postaviti pitanje te ako odgovori točno smije se kretati. Učenik koji prvi dođe do cilja je pobjednik. U slučaju da učenici iskoriste sva pitanja, ponovo mogu koristiti ista jer se često dešava kako ne zapamte odgovor na pitanje, iako je već bilo prethodno postavljeno.

Tokom igranja igre za učenje (slika 1), poželjno je da nastavnik obilazi učenike te bilježi kako pojedini učenici odgovaraju i reagiraju na pitanja tijekom igranja u svrhu provedbe vrednovanja za učenje.



Slika 1 Učenici u žaru igranja društvene igre i postavljanja pitanja (fotografija: Denis Horvat)

Po završetku, pitanja koje su učenici osmisliti i koristili tokom igranja nastavnik može pokupiti i iskoristiti u pisanoj provjeri znanja, a ujedno provesti i vrednovanje kao učenje gdje međusobno učenici jedni druge vrednuju na temelju ponašanja i odgovaranja tijekom učenja. Nastavni sat završio je izlaznom karticom u kojoj su se učenici osvrnuli na nastavni sat (slika 2 i slika 3).

Napiši svoje dojmove o satu na kojem se igrala društvena igra i ponavljalo dosadašnje naučeno gradivo.

20 odgovora

Bilo je bas super, jer smo na zabavan nacin ponovili gradivo i dobro se zabavili

Jako mi se svidio taj sat. Mislim da smo svi kroz tu društvenu igru gradivo dobro ponovili i utvrdili pojedine pojmove koje možda nismo znali ili smo zaboravili. Voljela bih više takvih satova nakon određenog perioda obrađivanja nekog gradiva.

Mislim da je bilo zanimljivo, na taj način smo ponovili gradivo i ako nismo nešto razumjeli smo naučili.

Sviđao mi se način ponavljanja gradiva

Sat mi se jako dojmio zato što smatram da smo tako potvrdili svoje znanje kroz igru i ponavljanje. Bilo je zabavno i poučno te smo međusobno surađivali dok smo jedni druge ispravljali ili možda naučili nekoliko novih informacija o gradivu.

Bilo je zanimljivo stjecati znanje na novi i zanimljiv nacin. Sviđalo mi se :)

Sviđala mi se igra uz to smo još ponavljali i družili se međusobno! 👍

Slika 2 Osvrti učenika na nastavni sat s društvenom igrom

Napiši svoje dojmove o satu na kojem se igrala društvena igra i ponavljalo dosadašnje naučeno gradivo.

20 odgovora

Sviđa mi se kao način ponavljanja gradiva, smatram da je zajedničko učenje i ponavljanje korisno jer razmjenjujemo informacije.

Bilo je zabavno, pitanja koja su bila teška ili na koja nismo znali odgovore poslije nam nisu predstavljala nikakav problem jer smo ih ponovili tom igrom, uglavnom zabavan način za ponavljanje, sviđalo mi se.

Svidjelo mi se kako je sat bio organiziran, na zabavan i kreativan način smo ponovili gradivo.

Bilo mi je zabavno.

Svidjelo mi se ponavljanje gradiva uz igru, mislim da smo uz visestruko ponavljanje pitanja lakše zapamtili odgovore

Meni se taj sat jako svidio jer smo na zabavan nacin ponovili gradivo, družili se i zabavili.

Sviđao mi se način na koji smo kroz igru ponovili gradivo, bilo je zabavno i lijepo. Jedina zamjerka mi je da su pravila bila možda malo previše stroga jer smo dugo igrali igru i trebalo je puno vremena pa neki nisu stigli završiti igru, ali da smo imali više vremena uživali bi u igri.

Slika 3 Osvrti učenika na nastavni sat s društvenom igrom

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Primjenom društvenih igri s didaktičkim elementima u svakodnevnom obrazovnom procesu postiže se da su učenici aktivni sudionici nastave. Konkretno, kroz društvenu igru učenici su povezali građu nukleinskih kiselina s njihovim ulogama, razlikovali pojmove gen, genom, genotip i fenotip, objašnjavali značenje broja kromosoma i/ili molekula DNA u različitim fazama životnoga ciklusa stanice. Kroz igru, šalu te dosljednost u postavljanju pitanja različitih razina, razvili su svoje kognitivne sposobnosti, samopozudanje kao i timski rad. Ovakav pristup utvrđivanju gradiva može poslužiti u svrhu (samo)vrednovanja, međutim valja imati na umu da nastavnik mora obratiti pažnju na pitanja koja učenici postavljaju i kako postavljaju da ne bi došlo do miskoncepcija. Postići kontrolu u takvih situacijama i nije toliko zahtjevno jer učenici su u pravilu vrlo kritički jedni prema drugima, a pogotovo prema sebi, a čestim obilaženjem grupa i prikupljanjem bilježaka o odgovorima učenika može se ostvariti i vrednovanje za učenje.

Igra u njima izaziva osjećaje ugode, slobode te povezivanje društvene igre i nastavne biologije, omogućuje učenicima da jednostavnije usvajaju kompleksnije gradivo, pri čemu se često gubi osjećaj nelagode i nezainteresiranosti prema tom sadržaju.

ZAHVALA

Ovom prilikom želim se zahvaliti mentorici Žaklin Lukša koja me je potaknula da nove nastavne metode poučavanja koristim što više u obrazovnom procesu i napišem jedan članak o tome.

LITERATURA

- Terhart E. (2001). Metode poučavanja i učenja, uvod u probleme metodičke organizacije poučavanja i učenja, Zagreb, Educa.
- Kyriacou C. (2001). Temeljna nastavna umijeća, Zagreb, Educa.
- Zagorac, I. (2006). Igra kao cjeloživotna aktivnost. Metodički ogledi: časopis za filozofiju odgoja, 13(1), 69-80.
- Plummer, D. (2010). Dječje igre za razvoj socijalnih vještina. Zagreb, Naklada Kosinj.
- RNG (2022) Random Number Generator, pristupljeno 02.01.2022. <https://s3.amazonaws.com/aryanm/other/rng.html>

The use of classical social games for teaching of biology basic concepts

Denis Horvat

Gymnasium Josip Slavenski Čakovec, Secondary school Čakovec, Croatia

denis.horvat3@skole.hr

ABSTRACT

The modern teacher faces a number of challenges on a daily basis when it comes to how to motivate students during instruction. Through the development of various learning and teaching methods, he tries to gain students' attention. The use of board games in the classroom allows students to actively participate in the educational process. The classic game "Man, Don't Get Angry" can be used for the purpose of adopting individual material or systematizing the learned material, thus achieving that the classic game becomes a didactic game. In addition, assessment for learning and assessment as learning can be carried out. The use of social games in the teaching process promotes a sense of security, self-control and independence of students, develops numerous social skills and strengthens self-confidence. In this regard, the role of the teacher who will adapt the game and guide the students while playing the game with the aim of achieving the students' understanding in a stimulating and fun way is very important.

Keywords: student interest; social skills; cognitive abilities; teamwork

Primjena spektrofotometrije u učenju Biologije i ostalih predmeta prirodoslovnog područja

Nikolina Sabo

Odjel za biologiju, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Ulica Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek, Hrvatska
nsabo@biologija.unios.hr

SAŽETAK

Brze promjene u društvu uvjetovane kontinuiranim novim znanstvenim spoznajama zahtijevaju i kontinuirane promjene paradigme poučavanja i učenja Biologije, ali i ostalih nastavnih predmeta. Zato je neizostavno aktivno učenje koje podrazumijeva primjenu istraživačkih vještina, suradničkog učenja i kreativnog izražavanja. U istraživanjima s područja prirodnih znanosti primjenjuju se brojne instrumentalne metode, od kojih je spektrofotometrija jedna od temeljnih analitičkih tehnika u kvalitativnoj i kvantitativnoj analizi. Osim primjene u znanstvene i istraživačke svrhe, spektrofotometrija se postupno implementira i u škole i sve je češća tema istraživanja s područja obrazovanja prirodoslovnih predmeta. Cilj je pronaći jednostavan, prenosiv i jeftin spektrofotometar za laboratorijske aktivnosti u školama ili pronaći idealne komponente za samostalnu izradu instrumenta, čime bi spektrofotometrijske metode bile dostupne i učenicima u školama s ograničenim resursima. Brojni su primjeri dobre prakse koji ukazuju na to da spektrofotometar ima potencijal u konceptualnom razumijevanju i kako se može implementirati u nastavu. Poučavanje koje se temelji na inovativnim metodama i novim tehnologijama povećava interesa učenika za prirodoslovje i motivaciju učenika za samostalne aktivnosti, koje omogućuju kvalitetnije usvajanje i razumijevanje nastavnih sadržaja te primjenu stečenih znanja i vještina u rješavanju problema, što je ključan korak u pripremanju mladih ljudi za odgovoran život u modernom društvu.

Ključne riječi: aktivno učenje; istraživačko učenje; prirodoznanstveni pristup

UVOD

Svijet u kojem danas živimo karakteriziraju brze i radikalne promjene u svim područjima života, a sa sobom donose i nove zahtjeve na tržištu rada. Uslijed razvoja novih tehnologija i revolucionarnih znanstvenih postignuća dolazi do promjena u obrazovnim prioritetima i restrukturiranja nastavnih sadržaja (Tot, 2010). U tom kontekstu, zadatak odgojno – obrazovnog sustava je pratiti zahtjeve tržišta rada i, sukladno tome, prilagođavati način poučavanja kojim učenici stječu specifične kompetencije, ali i one opće koje podupiru razvoj i stjecanje specifičnih. Isto tako, problemi poput onečišćenja prirode i okoliša, globalnog zatopljenja, prekomjerne eksploatacije resursa, neravnomjerne raspodjele hrane, pojave i širenja zaraznih bolesti, nedostatka pitke vode i energije te smanjenja biološke raznolikosti postali su naša svakodnevica (Braš Roth i sur., 2017) te je zadatak obrazovanja odgojiti učenike, buduće aktivne građane, za djelovanje u sprječavanju ovakvih problema. Iz navedenog proizlazi da je važno osvijestiti potrebu za promjenom pristupa stjecanju temeljnih kompetencija učenika u području prirodnih znanosti (Domazet, 2007). Prirodoslovje objedinjuje biologiju, kemiju, matematiku, fiziku, geologiju, geofiziku i interdisciplinarne prirodne znanosti, a sve te znanosti pridonose prirodoslovnom opismenjavanju učenika. Prirodoslovna pismenost jedna je od ključnih kompetencija, a ključna je u suvremenom društvu suočenom s globalnim problemima, budući da je prirodoslovno pismen pojedinac sposoban odgovarati na svakodnevne životne izazove koristeći se vlastitim kompetencijama te kritičkim i kreativnim razmišljanjem (Braš Roth i sur., 2017).

Recentna istraživanja ukazuju na to da je interes učenika za usvajanjem znanja prirodoslovnog područja u značajnom opadanju, iako je posljednjih godina uočena povećana potražnja na tržištu rada (Maltar Okun, 2019; Simon, 2016; Tytler i Osbourne, 2012; Domazet, 2007). Pad interesa događa se već u

osnovnoj školi, kada je usvajanje kompetencija iz područja prirodoslovja najučinkovitije (European Commission, 2007). Do danas su provedena brojna obrazovna istraživanja u Hrvatskoj, kao i analize vanjskoga vrednovanja uspješnosti učenja prirodoslovja u okviru PISA istraživanja (Braš Roth i sur., 2017) te sadržajne i metodološke analize ispita državne mature iz biologije, a rezultati nedvojbeno ukazuju na probleme povezane s nastavnim programom i uvriježenim načinima poučavanja u školama (Garašić i sur., 2018). Uslijed jasne potrebe za poboljšanjem, kurikularnom reformom donesene su značajne promjene u obrazovnom sustavu (barem na razini propisanih predmetnih i međupredmetnih kurikulumi), koji se sada temelji na ideji aktivnog učenika koji kroz samostalno istraživanje i suradničko učenje usvaja nova znanja i razvija svoje sposobnosti i vještine. Tot (2010) navodi da je cilj svih reformi obrazovanja „prijelaz od poučavanja (prijenosa sadržaja) na učenje (stjecanje i razvoj kompetencija)“. Drugim riječima, težište suvremene nastave usmjeren je na aktivno učenje koje planira nastavnik i stavlja sebe u ulogu moderatora, fascilitatora i mentora (Bognar i Matijević, 2005). Na taj se način razvijaju i generičke kompetencije, različiti oblici mišljenja poput kreativnog i kritičkog mišljenja kao i rješavanja problema, razvija se apstraktno mišljenje, povećava se intrinzična motivacija, potiče izgradnja i povezivanje koncepata te ih se usmjerava na preuzimanje odgovornosti za vlastito učenje i na razvoj samoreguliranog učenja. Ovakav konceptualni okvir omogućuje bolje razumijevanje znanstvenih spoznaja i ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda na višim kognitivnim razinama (Braš Roth i sur., 2017).

Biološka znanja ključna su u suočavanju s brojnim izazovima današnjice, stoga je implementacija suvremenih nastavnih metoda u poučavanje Biologije neophodna u osposobljavanju učenika za kreativno i inovativno rješavanje problema. Cilj suvremene nastave je osposobiti učenike za cjeloživotno učenje, poučiti ih prirodoznanstvenoj metodi, načinima istraživanja, otkrivanja i dolaženja do znanstvenih spoznaja, rješavanju problema, donošenju zaključaka na temelju kritičkog promišljanja te primjeni stečenih znanja u svakodnevnom životu (Garašić i sur., 2018; Braš Roth i sur., 2017; Podrug, 2017). Prema tome, iskustveno učenje, istraživačko učenje i učenje otkrivanjem postaju osnova poučavanja u Biologiji. Kroz istraživačko učenje učenici uče principom znanstvene metodologije i razvijaju znanstveni stil razmišljanja, istraživačke vještine, ali i organizacijske sposobnosti. Suvremenu školu, stoga, karakterizira promijenjena uloga nastavnika i učenika (Labak i sur., 2014), pri čemu nastavnici nastoje kod svojih učenika razvijati naviku samostalnog učenja, primjenjujući različite metode i oblike aktivnog učenja s razumijevanjem, kojim se „usvajaju znanja, razvijaju vještine i formiraju navike“ (Previšić i sur., 2007). Uspješnost provedbe odabralih metoda poučavanja ovisit će o učeničkim interesima za pojedine aktivnosti, kao i o primjerenosti odabralih aktivnosti u usvajanju novih koncepata (Balažinec i sur., 2020; Garašić i sur., 2018). Većina nastavnika¹ i dalje preferira frontalni oblik nastave (Zidar i sur., 2018), uglavnom radi veće sigurnosti u ostvarivanje cilja sata i predviđenih ishoda, a često i uslijed nedovoljne informiranosti o inovativnim metodama i postupcima. Ipak, u usporedbi s frontalnim oblikom nastave i tradicionalnim metodama, primjenom metoda aktivnog učenja učenik postaje aktivni subjekt u nastavnom procesu čime se dugoročno smanjuje predavačka funkcija nastavnika, a uspostavlja interakcija između nastavnika i učenika (Labak i sur., 2014). Prirodni način učenja temelji se na vlastitom iskustvu i tada najviše i najlakše učimo. Primjenom strategija aktivnog učenja u prirodoslovnim predmetima učenik stječe znanje rješavanjem problema, odnosno samostalnim istraživanjem (promatranjem, objašnjavanjem, zaključivanjem) koristeći se inovativnim nastavnim medijima (Bognar i Matijević, 2005; Podrug, 2017), koji omogućuju „bolje, učinkovitije i trajnije usvajanje nastavnih sadržaja te postizanje pratećih ciljeva“ (Pranjić, 2005). U

¹ Zbog aktualne legislative, u ovom radu koristi se termin „nastavnik“, a odnosi se osnovnoškolske učitelje i srednjoškolske nastavnike.

prirodnim znanostima primjenjuju se brojne instrumentalne metode, a jedna od najšire zastupljenih i najčešće korištenih je spektrofotometrija (Morris, 2015). Kao takva, spektrofotometrija se može iskoristiti u integriranju znanja i postati osnova za uspostavu interdisciplinarnog poučavanja. Kako bi izvedba spektrofotometrijske analize bila uspješna, a rezultati točni i pouzdani, potrebno je razumjeti načela i principe na kojima se sama metoda temelji.

Slijedom navedenog, cilj ovog rada je predstaviti spektrofotometrijsku metodu, navesti temeljna znanja i nove spoznaje o metodi koje će nastavnicima upotpuniti stručno znanje i motivirati ih na promišljanje o primjeni instrumenta koje se koriste u znanstvenim istraživanjima za poučavanje Biologije, ali i drugih predmeta prirodoslovnog područja. Također, cilj rada je i predstaviti primjere dobre prakse, odnosno prijedlog istraživanja u nastavi biologije i ostalih predmeta prirodoslovnog područja u kojima se spektrofotometar može iskoristiti, kako bi učenici razvijali istraživačke vještine i interes za znanost.

SPEKTROFOTOMETRIJA

Zahvaljujući digitalizaciji i razvoju tehnologije, spektrofotometrija je postala neizostavna tehnika u brojnim kvalitativnim i kvantitativnim analizama. Ta se instrumentalna metoda zasniva na interakciji uzorka sa svjetlošću (elektromagnetskim zračenjem) (Morris, 2015). Priroda ove interakcije ovisi o fizikalnim svojstvima materijala, kao što su prozirnost, oblik površine, čistoća ili debljina (Germer i sur., 2014). Kemijski spojevi apsorbiraju (upijaju), transmitiraju (provode), disperziraju (raspršuju) ili reflektiraju (odbijaju) svjetlost u točno određenom rasponu valnih duljina, a mogu i emitirati svjetlost zbog, primjerice, apsorpcije u određenom dijelu spektra, pri čemu dolazi do remisije svjetlosti (Germer i sur., 2014). Uzorak apsorbira ili emitira zračenje određenog intenziteta koje se mjeri i analizira, čime je omogućena identifikacija, kao i određivanje koncentracije spojeva praćenjem količine apsorbirane svjetlosti (Germer i sur., 2014; Atkins, 1989). Spektrofotometrija se primjenjuje u različitim područjima znanosti, kao što su kemija, fizika, biokemija, kemijsko inženjerstvo, ali i u kliničkim ispitivanjima. U biokemijskim analizama koristi se za praćenje enzimske kinetike, dok u kliničkim ispitivanjima u svrhu analize krvi ili tkiva. Od niza spektrofotometrijskih tehnik, u primjeni je najčešće apsorpcijska spektrofotometrija koja se temelji na mjerenu apsorbanciju u uzorku kroz koji se propušta svjetlost različitih valnih duljina. Apsorpcija se može pratiti u širokom rasponu valnih duljina, koji obuhvaća ultraljubičasti (UV), vidljivi (VIS), infracrveni (IR), mikrovalni te radiovalni dio spektra elektromagnetskog zračenja.

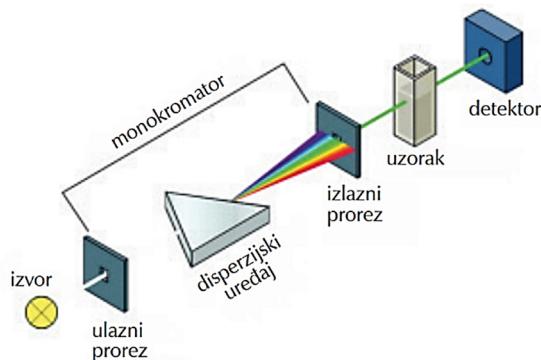
UV/VIS spektrofotometrija

Apsorpcijska spektrofotometrija koja se provodi u UV i VIS dijelu spektra naziva se UV/VIS spektrofotometrija i najpopularnija je tehniku u kvalitativnoj i kvantitativnoj analizi zbog velike brzine izvođenja, osjetljivosti, selektivnosti, jednostavnosti, točnosti i široke primjenjivosti. Konkretno, UV/VIS spektrofotometrijske analize široko su zastupljene u biokemijskim i molekularnim laboratorijima jer su ključne u određivanju koncentracije bioloških molekula u otopinama (Trumbo i sur., 2013). Metoda se bazira na interakciji UV i VIS zračenja s atomima i molekulama, koja potiče elektronske prijelaze između osnovnog i pobuđenog stanja, pri čemu se stvaraju karakteristični profili apsorpcije ili emisije (Burgess, 2017). Osim korištenja u znanstvene i istraživačke svrhe, spektrofotometrija se postupno implementira i u škole. U današnje vrijeme sve više škola, u prvom redu prirodoslovnih gimnazija, ulaže u laboratorijsku opremu i za ostvarivanje propisanih ishoda uvrštava vježbe iz biokemije i molekularne biologije kako bi učenicima za vrijeme srednjoškolskog obrazovanja bilo omogućeno stjecanje prijeko potrebnog iskustva i prakse. Za uspješnu

implementaciju spektrofotometrije u nastavu potrebno je, prvenstveno, znati rukovati spektrofotometrom i poznavati njegovu građu, razumjeti na kojem se principu zasniva metoda, u koje svrhe se može koristiti, kakvi instrumenti su dostupni na tržištu i koje specifikacije su potrebne za realizaciju planiranih eksperimenata.

Izvedba i princip rada spektrofotometra

Instrument koji se koristi u spektrofotometriji naziva se spektrofotometar (Mihoci, 2015). To je uređaj koji u intervalima mjeri promjene u apsorpciji ili transmisiji elektromagnetskog zračenja u uzorku kroz koji se propušta svjetlost u odgovarajućem rasponu valnih duljina. Osnovni dijelovi spektrofotometra su izvor svjetlosti, sustav koji rasipa zračenje – monokromator i uređaj za mjerjenje intenziteta propuštene svjetlosti – detektor (Lema i sur., 2002). Prostorni razmještaji navedenih komponenti i princip rada spektrofotometra shematski su prikazani na slici 1.



Slika 1 Osnovni dijelovi spektrofotometra i princip rada (izvor: PerkinElmer)

Spektrofotometrijsko određivanje temelji se na prolasku zrake svjetlosti kroz otopinu uzorka, pri čemu dio zrake apsorbiraju molekule u uzorku, a ostatak se propušta. Izvor svjetlosti emitira bijelu (polikromatsku) svjetlost te, ovisno o vrsti lampe, određuje valnu duljinu koja se propušta kroz uzorak. U VIS spektrofotometriji najčešće se koristi lampa s volframovom niti, halogene ili ksenonske žarulje, dok se za UV dio spektra odabire deuterijeva lampa (Mihoci, 2015). Većina spektrofotometara pokriva raspon valnih duljina reda veličine od 190 do 1100 nm. Monokromator, kao što i sam naziv sugerira, prema detektoru propušta svjetlost samo jedne valne duljine (monokromatska svjetlost), a najčešće se sastoji od optičke rešetke ili optičke prizme koje razdvajaju svjetlost na manje dijelove, točnije skupine susjednih valnih duljina koje se nazivaju vrpce. Detektor definira osjetljivost uređaja, a najčešće se koriste fotomultiplikator, fotoosjetljive diode ili CCD čipovi. Ima ulogu u kvantifikaciji intenziteta propuštene, tj. neapsorbirane svjetlosti, jer stvara odgovarajući električni signal koji se pojačava i pretvara u apsorbanciju. Uzorak je u spektrofotometru smješten između monokromatora i detektora u plastičnoj, staklenoj ili kvarcnoj posudici kružnoga ili kvadratnoga presjeka – kiveti (Mihoci, 2015). Tip kivete (primjer na slici 3) odabire se s obzirom na uređaj i metodu koja se koristi. Kada je uzorak osvijetljen određenim rasponom valnih duljina, intenzitet svjetlosti koju molekule u uzorku propuštaju kvantificira se pomoću detektora, a mjereni električni signal dalje pojačava procesor signala, tj. monitor računala s kojim je spektrofotometar povezan (Lema i sur., 2002). Rezultat mjerjenja u pojedinim valnim područjima (intervalima) je spektrofotometrijska krivulja ili UV/VIS spektrar, koji nastaje mjeranjem intenziteta zračenja koje je uzorak apsorbirao, propustio ili reflektirao pri zadanoj valnoj duljini. Spektrofotometrijska mjerena u UV području spektra provode se u rasponu valnih duljina od 185 do 400 nm. Određivanje boje tvari najčešće se provodi u VIS području u rasponu od 400 nm do 700 nm, koje zauzima vrlo mali dio spektra (Mihoci, 2015).

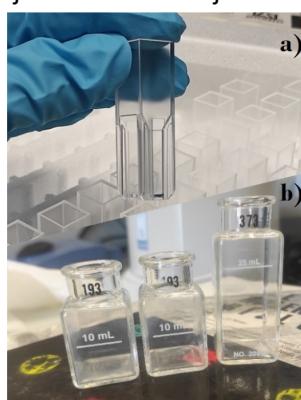
Dizajn i performanse optičkih instrumenata kreću se u rasponu od jeftinih mobilnih kamera do vrlo skupih, sofisticiranih uređaja. Točnost spektrofotometrijskih mjerena ovisi o dizajnu i kalibraciji

spektrofotometra, izboru referentnog standarda i interakciji uzorka s mjernim instrumentom (Germer i sur., 2014). Spektrofotometri se najčešće dijele na jednozračne (jednosnopne) i dvozračne (dvosnopne) te neprenosive i prijenosne. Kod jednozračnih spektrofotometara moguće je trenutno mjeriti apsorbanciju samo jednog uzorka pa se apsorbancija referentnog uzorka (otapala) mora izmjeriti zasebno, a dobiveni spektri naknadno obraditi. Dvozračni spektrofotometri mogu biti izvedeni u prostornoj ili vremenskoj domeni, a princip rada podrazumijeva dvije zrake svjetlosti koje istovremeno prolaze i kroz referentni i ispitivani uzorak. U ovom slučaju izmjerene apsorbancije (spektrofotometrijski spektri) automatski se oduzimaju jedna od druge pa dodatna obrada spektra nije potrebna (Pitinac i Pecikozić, 2016). Razvojem tehnologije značajno se poboljšala izvedba oba tipa uređaja, no potonji se ipak preferira zbog određenih prednosti. Na slici 2 prikazan je primjer dvozračnog instrumenta koji se u biokemijskom laboratoriju može koristiti u brojnim analizama jer podržava različite metode rada. Prema specifikacijama, moguća su mjerena na tekućim uzorcima u rasponu valnih duljina od 190 do 1100 nm. Uz njega se na slici 2 nalazi i uređaj za termoregulaciju koji omogućuje kontrolu temperature kada je prilikom mjerena potrebno održavati određenu temperaturu reakcijske smjese. Prednost spektrofotometra s dvostrukim snopom u odnosu na jednosnopni je pouzdanija detekcija i veća stabilnost, kao i kratko vrijeme zagrijavanja lampe, čime se produljuje vijek trajanja (izvor: PerkinElmer). No, napredna tehnologija rezultira i visokom cijenom uređaja.



Slika 2 Spektrofotometar Perkin-Elmer Lambda 25 (u sredini) i PTP A (Peltier Temperature Programmer, Perkin Elmer) uređaj za termoregulaciju (lijevo) koji omogućuje kontrolu temperature u rasponu od 0 ° do 100 ° C (autor fotografije: N.Sabo)

S druge strane, jednozračni spektrofotometri u većini slučajeva jednostavniji su i jeftiniji, manjih dimenzija i time vrlo praktični i pogodni za terenski rad ili rad u labortoriju. Primjerice, na slici 4 prikazan je spektrofotometar namijenjen za kolorimetrijska ispitivanja i nema mogućnost složenijih ispitivanja, poput praćenja kinetike reakcija.



Slika 3 Kivete koje se koriste u spektrofotometriji:
a) plastične UV ili VIS kivete,
b) staklene kivete za prijenosni spektrofotometar
(autor fotografije: N. Sabo)



Slika 4 Prijenosni spektrofotometar (HACH DR/2010)
(autor fotografije: N. Sabo)

Instrument je unaprijed kalibriran za brojna kolorimetrijska mjerena, a po potrebi je moguće provesti i dodatne kalibracije (izvor: Hach Company). Prednost uređaja sličnih specifikacija u odnosu na dvozračne je isplativost, s obzirom na to da su znatno jeftiniji, a primjenjivi u praksi. Napredniji jednozračni instrumenti pokazuju čak i bolje performanse u odnosu na dvozračne, no samim tim i cijena im je veća. Ipak, u većini slučajeva dvozračni spektrofotometri rade brže i daju reproducibilnije rezultate jer izvode automatsku korekciju gubitka intenziteta svjetlosti pri prolasku snopa kroz uzorak i referentnu otopinu. Osnovna prednost je visoka rezolucija i točno očitanje spektra apsorbancije. Stoga, za istraživanja u laboratoriju češće se odabiru dvozračni instrumenti, dok su za laboratorijske ili terenske vježbe s učenicima i studentima dostatne i jeftinije varijante jednozračnih instrumenata.

Spektrofotometrijski instrumenti razvijali su se posljednjih dvadesetak godina u smislu točnosti, jednostavnosti korištenja i učinkovitosti. Danas se u suvremenim biokemijskim laboratorijima za različite spektrofotometrijske primjene koriste se i tehnološki napredniji uređaji – nanofotometar (slika 5) i čitač mikrotitarskih pločica (slika 6). Nanofotometar pruža mogućnost odabira različitih metoda, poput mjerena apsorbancije na pojedinačnoj ili na višestrukim valnim duljinama i izračuna njihova omjera, mjerena koncentracije, određivanja standardnih krivulja (baždarnih dijagrama) i praćenja enzimske kinetike (izvor: Implen). Osobito je praktičan kod malih količina uzoraka, kao što je to slučaj pri izolaciji DNA ili RNA. Čitač mikrotitarskih pločica (engl. *microplate reader*) omogućuje snimanje UV/VIS spektara i određivanje enzimske aktivnosti u mikrotitarskim volumenima na odgovarajućim UV ili VIS pločicama s određenim brojem jažica (izvor: TECAN). Ovaj uređaj značajno povećava učinkovitost i ubrzava analizu jer se istovremeno može napraviti do 96 mjerena, a prednost je i mala potrošnja uzorka, što je važno ako se na istima provodi više analiza.



Slika 3 Nanofotometar (autor fotografije: N.Sabo)



Slika 4 Čitač mikrotitarskih pločica (autor fotografije: N.Sabo)

Uređaj odgovarajućih specifikacija odabire se ovisno o vlastitim preferencijama, finansijskim sredstvima i namjeni. Troškovi kupnje sofisticiranih uređaja i dodatnog i potrošnog materijala prilično su veliki, što implementaciju određenih laboratorijskih tehnika u učioniku čini neizvedivom. Iz tog razloga dizajnirani su jednostavniji komercijalni spektrofotometri namijenjeni ponajviše korištenju u nastavi (primjerice, autori u radovima često koriste modele proizvođača Ocean Optics, PASCO i Vernier početne cijene cca 500 \$). Ipak, ako škola nema mogućnost priskrbiti uređaj ovakvog tipa, postoje i alternativna rješenja. Proučavajući literaturu može se pronaći više prijedloga modela za izradu jednostavnih uređaja na principu "uradi sam", što značajno reducira troškove, budući da je većina komponenti relativno lako dostupna i jeftina (Albert i sur., 2012; Lema i sur., 2002). Primjerice, kao izvor svjetlosti predlaže se korištenje male halogene žarulje ili bijele svjetleće diode (LED), dok kao zamjena za difrakcijsku rešetku može poslužiti kompaktni disk (CD). Među funkcionalnim prijedlozima

optičkih detektora nalaze se pametni telefoni (mobilne kamere), silikonske fotodiode, svjetlosne diode (LED), fototranzistori i fotorezistori (LDR) (Albert i sur., 2012; Scheeline, 2010), koji se konačno spajaju na multimetar. Iz navedenih primjera moguće je zaključiti uredaj ne mora biti skup da bi bio funkcionalan i primjenjiv u nastavi.

Spektrofotometrijsko mjerjenje

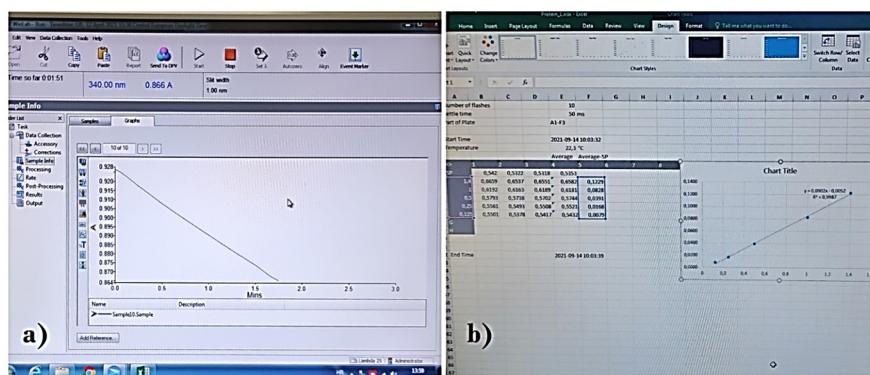
Kada svjetlost prolazi kroz otopinu dolazi do interakcija između zračenja i molekula u otopini, a kao rezultat međusobnih interakcija javljaju se pojave poput polarizacije i loma svjetlosti te apsorpcije zračenja (Atkins, 1989). Navedene pojave osnova su za kvalitativnu i kvantitativnu analizu tvari, proučavanje kemijskih reakcija, identifikaciju i određivanje strukture određenih spojeva (Burgess, 2017). Dizajn spektrofotometrijskih instrumenata temelji se upravo na principu apsorpcije svjetlosti tvari, odnosno Beer-Lambertovom zakonu (Morris, 2015). Kada se molekula u otopini izloži elektromagnetskom zračenju određene valne duljine, elektroni u molekulama apsorbiraju dio tog zračenja i prelaze iz osnovnog u pobuđeno stanje, dok neapsorbirani dio zračenja prolazi kroz uzorak i bilježi se na detektoru (Strelec, 2009). Spektar elektromagnetskog zračenja analizira se spektrofotometrom, koji mjeri količinu fotona, odnosno intenzitet svjetlosti koji se apsorbira nakon prolaska kroz otopinu uzorka. Spektar je uređeni niz dobiven rastavljanjem polikromatske svjetlosti na sastavne boje razvrstane prema valnoj duljini. Monokromator propušta elektromagnetsko zračenje (ulazno zračenje, I^0) točno određene valne duljine kroz uzorak u kivetu pri čemu zraka prolazi određeni put (ℓ). Uzorak apsorbira dio zračenja, a količina apsorbiranog zračenja proporcionalna je nepoznatoj koncentraciji ispitivane tvari u uzorku. Onaj dio zračenja koji nije apsorbiran prolazi kroz uzorak i mjeri se na detektoru. To zračenje naziva se propušteno (trasmitirano) (I) i izražava kao apsorbancija (A), odnosno logaritam omjera upadnog i propuštenog zračenja. Beer – Lambertov zakon definira linearan odnos između intenziteta zračenja propuštenog kroz uzorak, odnosno eksperimentalno određene veličine, i koncentracije uzorka, fizikalne veličine koja se određuje računski. Opisana ovisnost definirana je izrazom: $\log \frac{I^0}{I} = A = \epsilon \times c \times \ell$. Drugim riječima, vrijednost apsorbancije u UV/VIS spektru ovisi o koncentraciji otopine, duljini puta zrake kroz otopinu (standardna debljina kivete je 1 cm) i sposobnosti otopljenih molekula da apsorbiraju svjetlost, što je izraženo molarnim apsorpcijskim koeficijentom, ϵ (Strelec, 2009). Poznavanjem vrijednosti ϵ određene otopine, pomoću izmjerene apsorbancije moguće je odrediti koncentraciju. Iako Beer – Lambertov zakon pokazuje ograničenja i primjenjuje se prvenstveno na beskonačno razrijedene otopine, onda kada postoji linearan odnos između A i c, u praksi je široko zastupljen i dovoljno točan za primjenu na nizu otopina različitih koncentracija pa se koristi, primjerice, u određivanju koncentracije nukleinskih kiselina i proteina (Trumbo i sur., 2013).

Za uspješnost spektrofotometrijskog mjerjenja potrebno je odrediti valnu duljinu svjetlosti koju otopina najviše apsorbira, jer je to valna duljina na kojoj će se provoditi mjerjenja. U tu svrhu potrebno je snimiti apsorpcijski spektar, odnosno izmjeriti apsorbanciju uzorka za niz valnih duljina i prikazati ju grafički. Na osordinate nanosi se apsorbancija, a na os apscise zadana valna duljina. Ona valna duljina koja odgovara apsorpcijskom maksimumu na dobivenoj spektrofotometrijskoj krivulji predstavlja svjetlost valne duljine kojom se postiže najveća osjetljivost mjerjenja pa se na toj valnoj duljini provode mjerjenja (Pitinac i Pecikozić, 2016). Apsorpcijski spektar može imati i više apsorpcijskih maksimuma, a oni odgovaraju elektronskim prijelazima iz osnovnog u pobuđeno stanje. Zatim slijedi odabir odgovarajuće lampe i kiveta, ovisno o tome radi li se o UV ili VIS području. Za mjerjenja u VIS području uglavnom se koriste plastične kivete (polipropilen, polistiren, PMMA) ili po potrebi kivete od optičkog stakla, odnosno materijala koji osigurava prozirnost kivete u VIS području, dok za UV područje (<300 nm) kivete od kvarcnog (silikatnog) stakla ili prikladne plastike koja osigurava prozirnost kivete u UV

području. U spektrofotometrijskim mjeranjima ključan je odabir odgovarajuće kivete, a informacije o različitim tipovima kiveta mogu se dobiti od proizvođača. Primjerice, kivete napravljene od polistirena relativno su jeftine i koriste se pri mjeranjima iznad 340 nm, dok je za mjerena iznad 300 nm poželjno koristiti PMMA kivete. Plastične UV kivete zamjenjuju skupe kvarcne kivete i izvrsne su za određivanje koncentracije DNA, RNA i proteina u rasponu valnih duljina 230 – 900 nm.

Prije početka mjeranja potrebno je pripremiti sav materijal i pribor, a većinom su to: automatske pipete različitih kapaciteta i odgovarajući nastavci za pipete, otopine za pripremu reakcijske smjese prema protokolu koji se koristi, posuda s ledom u kojoj se (u većini slučajeva) drže uzorci, vodena kupej za održavanje temperature otopina ili inkubaciju reakcijske smjese i boca štrcaljka za ispiranje kiveta napunjena destiliranom vodom. Prije početka rada neophodno je znati što će se mjeriti i kakav se rezultat očekuje. Preciznost mjeranja osigurava se točno definiranim količinama pojedine komponente koja se dodaje u reakcijsku smjesu i zato je važno imati pripremljen protokol s potrebnim informacijama. Isto tako, važno je na vrijeme pripremiti spektrofotometar. Izuzev starijih i jednostavnih modela, uz većinu danas dostupnih spektrofotometrijskih uređaja dolazi instalacijski paket za računalni program (softver) pomoću kojeg se instrument povezuje s računalom. Da bi se započelo s mjeranjem, spektrofotometar se treba povezati s programom na računalu u kojem se odabire odgovarajuća metoda u ovisnosti o tome kakva se analiza planira provesti. Ovisno u proizvođaču, softveri se mogu razlikovati s obzirom na opseg metoda koje podržavaju. Većina programa omogućuje spektrofotometrijsko mjerjenje apsorbancije u širokom rasponu valnih duljina (pri jednoj ili više valnih duljina istovremeno), kvantitativno mjerjenje, kinetička mjerena i skeniranje cijelog spektra. Primjerice, ako je cilj odrediti koncentraciju ili prisutnost neke biološke molekule u uzorku (proteina, nukleinskih kiselina, biljnih pigmenata, fenola, produkata lipidne peroksidacije, reaktivnih kisikovih jedinki i sl.) potrebno je u programu odabrati modul kojim se omogućuje mjerjenje pri jednoj ili više valnih duljina i podesiti valnu duljinu pri kojoj određena molekula apsorbira elektromagnetsko zračenje. Ako je u cilju istraživanja pratiti kinetiku enzimski katalizirane reakcije, tada se odabire modul u kojem se zadaje ukupno vrijeme mjerena i vremenski interval u kojem želimo da uređaj bilježi podatke (Slika 7 a). Na samom početku rada potrebno je nivelerati spektrofotometar, odnosno postaviti nultu apsorbanciju kako bi instrument poništio pozadinsko zračenje i točno prikazao vrijednosti uzorka, a kao referenca se uglavnom koristi destilirana voda. Isto tako, na početku mjeranja važno je napraviti i slijepu probu, a to je postupak određivanja koji slijedi sve korake analize, ali u odsutnosti uzorka (Strelec, 2009). Koristi se za detekciju i kompenzaciju sustavnih pogrešaka u analizi, u kojima je ljudski faktor odgovoran za stvaranje pogrešaka. Vrijednost slijepje probe oduzima se od vrijednosti izmjerena za svaki uzorak. Ostali uobičajeni izvori pogrešaka uključuju upotrebu prljavih kiveta, slabo pomiješanih otopina, loših tehnika pipetiranja i pogrešno odabranog izvora svjetlosti ili valne duljine. Ove pogreške mogu se izbjegići, stoga je važno misliti na dobru radnu praksu. Metoda spektrofotometrijskog određivanja, uz mjerjenje apsorbancije uzorka nepoznate koncentracije, podrazumijeva i mjerjenje apsorbancije otopina poznatih koncentracija koje će poslužiti za izradu baždarnog dijagrama. Primjer izgleda spektrofotometrijske krivulje dobivene praćenjem kinetike jedne enzimski katalizirane reakcije prikazan je na Slici 7 a), dok je izrada baždarnog dijagrama prikazana na Slici 7 b). Baždarni dijagram prikazuje ovisnost apsorbancije otopine o zadanoj koncentraciji molekula u otopini i temelji se na Beer-Lambertovom zakonu. Za izradu baždarnog dijagrama priprema se niz serijskih razrjeđenja otopina standardnog proteina poznate koncentracije. Linearizirani baždarni dijagram na Slici 7 b) prikazuje ovisnost intenziteta apsorbancije o količini (koncentraciji) proteina u otopini, a poslužio je za preračunavanje vrijednosti apsorbancije izmjerene u uzorcima u količinu proteina pomoću jednadžbe

pravca. Prilikom planiranja eksperimenta poželjno je proučiti nekoliko protokola za parametre koji se planiraju mjeriti, kako bi se prilikom uhodavanja metode izdvojila ona optimalna.



Slika 5 a) Rezultat mjerena spektrofotometrom je spektrofotometrijska krivulja, u ovom slučaju nastala tijekom praćenja kinetike reakcije, koja ukazuje na pad apsorbancije u uzorku u ovisnosti o vremenu; b) Analizi podataka dobivenih spektrofotometrijskim mjeranjem prethodi izrada bažarnog dijagrama, koji se linearizira i izražava pomoću jednadžbe pravca, kojom se izmjerena apsorbancija otopine nepoznate koncentracije uzorka preračunava u koncentraciju ili količinu tvari prisutne u otopini.

IMPLEMENTACIJA SPEKTROFOTOMETRIJE U NASTAVU

Budući da je jedan od odgojno-obrazovnih ciljeva poučavanja Biologije „razviti istraživačke kompetencije temeljene na znanstvenim principima i odgovornost pri korištenju rezultatima radi donošenja zaključaka i odluka povezanih sa svakodnevnim životom“ (MZO, 2019), učenicima treba omogućiti sudjelovanje u inovativnim metodama poučavanja i samostalno korištenje dostupne laboratorijske opreme. Spektrofotometar se, ovisno o predmetu i cilju nastavnog sata, može koristiti kao nastavno sredstvo ili pomagalo. U nastavi Biologije, implementaciju je moguće provesti iskustvenim i istraživačkim učenjem unutar makrokoncepta prirodoznanstveni pristup u integraciji s ostalim ishodima učenja po razredima (npr. OŠ A.7.2., OŠ B.8.1., SŠ B.1.2., SŠ B.1.3., SŠ B.2.1., SŠ B.3.1., SŠ A.4.1.), kao i provođenjem projekata. Na temelju usvojenih znanja i proučavanja literature, učenici mogu samostalno ili uz pomoć nastavnika (ovisno o propisanim ishodima i stupnju samostalnosti i iskustva rada istraživačkim učenjem) predložiti nacrt istraživanja u kojemu će spektrofotometrijski mjeriti određene parametre na modelnim organizmima. To može biti istraživanje odgovora biljaka ili životinja na različite podražaje i utjecaje životnih uvjeta okoliša (npr. abiotički čimbenici) i povezivanje s antropogenim utjecajem. Primjerice, učenici mogu provesti istraživanje na biljkama koje zasade u školskom vrtu ili u učionici, a parametri koje mogu jednostavno izmjeriti su količina fotosintetskih pigmenata, koncentracija proteina i nukleinskih kiselina ili aktivnost antioksidacijskih enzima za koje nisu potrebne skupe kemikalije (npr. katalaza i gvajakol-peroksidaza). Spektrofotometrija se u školama često koristi i u nastavi kemije pa je moguće ostvariti kvalitetnu suradnju i planirati interdisciplinarne projekte na razini škole. S nastavnikom kemije učenici mogu pratiti i stupanj zagađenja voda u školskom okolišu ili okolnim mjestima, pri čemu mogu mjeriti koncentracije fenola, dušika u obliku amonijevih iona, nitrata i nitrita, fosfora u obliku ortofosfata te koncentraciju željeza (Pitinac i Pecikozić, 2016). Isto tako, posjedovanjem spektrofotometra otvara se mogućnost korištenja dobivenih podataka u ozbiljnijim istraživanjima, što je vrlo korisno ako je škola, primjerice, sudionik u GLOBE programu pa je moguće provoditi puno složenija mjerjenja i dobiti relevantne podatke.

Spektrofotometri su općenito slabo zastupljeni u školskim laboratorijima (Lema i sur., 2002), a naročito u Hrvatskoj. Isto vrijedi i za kemikalije koje se uobičajeno koriste u spektrofotometrijskim mjeranjima, a razlog tome je uglavnom nedostatak finansijskih sredstava za pokrivanje troškova nabave koji su viši

u odnosu na uobičajeno korištene instrumente i kemikalije. Navedeni troškovi vjerojatno će obeshrabriti nastavnike biologije koji bi željeli osuvremeniti školski laboratorij. Stoga, cilj je na tržištu pronaći jednostavan, prenosiv i jeftin spektrofotometar ili potražiti alternativna rješenja poput donacija, nabave uređaja putem raspisanih natječaja i pisanjem projekata, posudbe ili ostvarivanja suradnje s visokoobrazovnim ustanovama. Ako je škola ograničena finansijskim sredstvima, jeftinije alternativno rješenje je sastaviti vlastiti spektrofotometar kroz projektnu nastavu i suradnju više razrednih odjela i nastavnika. Učenici bi kroz ovakav način rada bili aktivno uključeni u vlastiti proces učenja i sudjelovali u njegovu kreiranju, ali i razvijali svijest o važnosti suradništva i rada u timu, što postavlja dobre temelje za češću upotrebu suradničkih oblika učenja. Ako se nastavnik odluči za posljednju opciju, prijedlog je uspostaviti suradnju s nastavnicima fizike i kemije te osmisliti interdisciplinarni učenički ili školski projekt. Uz sastavljanje spektrofotometra, učenici bi na temelju vlastitog iskustva učili o principu rada spektrofotometra, počevši od stvaranja fotona svjetlosti i ekscitacije elektrona do pojave praznina u spektru boja. Osim toga, suvremeni laboratorijski instrumenti (osobito spektrofotometri) često se promatraju samo kao zatvorene kutije čiji su osnovni dijelovi učenicima nedostupni (Bouza i sur., 2019). Iz tog razloga, prijedlog je da eksperimenti koji se planiraju provesti u nastavi budu osmišljeni kroz integraciju tradicionalnih metoda i suvremene tehnologije, kako bi se izbjeglo oslanjanje na tehnologiju bez razmišljanja o temeljnim principima rada instrumenata koji se koriste. Isto tako, ako je nastavnicima u cilju smanjiti pasivnost učenika i potaknuti razvoj prirodoslovne pismenosti, tada je potrebno motivirati učenike na analizu prikupljenih podataka i njihovu obradu, pri čemu su od osobite važnosti interdisciplinarni podaci, odnosno povezivanje nastavnih sadržaja biologije, kemije, geografije i fizike, ali prema potrebi i predmeta društvenog ili tehničkog područja. Primjerice, učenici mogu uz mentorstvo nastavnika fizike i kemije konstruirati jednostavni spektrofotometar, a koristiti ga u eksperimentima s nastavnicima biologije i kemije. Projekt ovakvog tipa omogućit će učenicima vizualizaciju osnovnih dijelova i principa rada spektrofotometra te povezivanje zapažanja na makroskopskoj razini (primjerice, boje uzorka) sa simboličnim prikazima dobivenim po završetku mjerjenja (spektrofotometrijska krivulja) i pridonijeti razvoju konceptualnog razmišljanja i razumijevanja. Isto tako, osim slaganja uređaja prema predloženim komponentama, učenicima se može dati mogućnost primjene vlastitih inovativnih ideja i kreativnih rješenja, tj. korištenja komponenti prema vlastitom odabiru u svrhu poboljšanja performansi uređaja. Premda samostalno konstruirani spektrofotometri često nisu ni točni ni precizni kao oni komercijalni, u obrazovne svrhe često je poželjno žrtvovati navedeni nedostatak u korist jednostavnosti i smanjenja troškova. K tome, jasno uočljiva ograničenja postaju osnova boljem razumijevanju same metode, budući da je obrazovna vrijednost u ovom slučaju povezana s izgradnjom funkcionalnog instrumenta u cjelini, razumijevanju principa rada i primjene istog (Albert i sur., 2012; Scheeline, 2010).

Primjeri dobre prakse – kako iskoristiti spektrofotometar u nastavi?

Samostalnim radom u laboratoriju učenici stječu znanje i vještine primjenjive u svakodnevnom životu te iskustvo koje će im pomoći po završetku srednjoškolskog obrazovanja, prilikom upisivanja želenog studija prirodoslovnog područja. Pretražujući literaturu mogu se pronaći brojni primjeri dobre prakse za implementaciju spektrofotometrije u nastavu. Granger (2004) je u svom radu dao pregled eksperimenata koji se mogu provoditi po predmetima ili interdisciplinarno, a predviđeni su za učenike u dobi od 11 do 18 godina. Neki od ciljeva provedenih istraživanja bili su otkriti odnos između boje otopine i izmjerene valne duljine, odrediti apsorpcijske maksimume pH puferima koji se koriste za kalibraciju, ekstrakcija pigmenata iz biljaka i mjerjenje apsorpcijskog spektra, određivanje kvalitete vode mjeranjem koncentracije nitrata i fosfata, ispitivanje procesa fotosinteze i protoka energije, određivanje koncentracije hemoglobina u animalnom tkiva, izrada baždarnih krivulja i usporedba

performansi dvaju spektrofotometara. Dooling i sur. (2013) osmislili su zanimljivi projekt u kojem su učenici spektrofotometrijski određivali koncentraciju kofeina i sadržaj vode u sirovim i prženim zrnima kave pribavljenim iz različitih dijelova svijeta, a cilj je bio identificirati zemlju porijekla svakog uzorka. Nastavnici su u ulozi moderatora priskrbili potreban materijal i pribor te svoju podršku ostvarili i kroz poučavanje temeljnim konceptima. Učenici su do kraja eksperimenta produbili razumijevanje masenog udjela, molarnosti, razrjeđivanja otopina i odnosa između apsorbancije i koncentracije u Beer – Lambertovom zakonu. Kroz istraživačko učenje prikupili su eksperimentalne podatke, izveli kvantitativnu analizu i predvidjeli porijeklo svog uzorka. O'Donoghue (2019) u svom je radu opisao dizajniranje, izradu i ispitivanje rada jednostavnog LCD-LDR kolorimetra u usporedbi s komercijalnim spektrofotometrom. Predstavio je izradu baždarne krivulje potrebne za mjerjenje koncentracije salicilne kiseline u uzorcima komercijalnih sredstava za čišćenje lica. Primjenom Beer-Lambertova zakona učenici su izradili baždarne dijagrame i izračunali koncentracije salicilne kiseline u uzorcima. Autor povezuje implementaciju spektrofotometrije u nižim razredima osnovne škole s razvojem fine motorike, budući da su učenici u dobi od 5 do 7 godina u početku naišli na poteškoće pri korištenju pipete, ali već pri mjerenu trećeg uzorka većina ih je uspješno savladala ovu vještina i opisala pipetiranje kao jednu od najzanimljivijih dijelova eksperimenta. Važno je voditi računa o tome da je aktivnost u kojoj je planirano korištenje spektrofotometra usmjerena na učenike, koji će biti aktivni sudionici u nastavi, a da je hodogram istraživanja prilagođen njihovoj dobi, potrebama i interesima, kako bi se izbjegla prevelika uključenost nastavnika, a postigao razvoj vještina i znanja na višim kognitivnim razinama.

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Suvremene metode i oblici poučavanja prirodoslovnih predmeta naglasak stavljuju na aktivno sudjelovanje učenika u istraživačkim aktivnostima, čime se potiče istraživačko učenje i razvija prirodoznanstvena pismenost, koja se očituje razvojem vještina u znanstvenom rasuđivanju, konceptualnim razumijevanjem znanstvenih spoznaja i razvojem kreativnosti. Slijedi da je svrha praktičnog rada u laboratoriju stjecanje iskustva i razvoj područno specifičnih i generičkih kompetencija koje uvode učenike u znanstveni način razmišljanja neophodan u svakodnevnom životu, obrazovanju i budućem radu. U tom kontekstu, spektrofotometrija, kao široko zastupljena instrumentalna metoda, ima veliki potencijal u podizanju kvalitete poučavanja nastavnih predmeta prirodoslovnog područja i otvara mogućnost kreativnog izražavanja učenika. Ako škola na raspolaganju ima ovakav instrument, u mogućnosti je planirati različite istraživačke projekte, dobivene podatke koristiti za ozbiljnija istraživanja i ostvarivati suradnju s drugim školama i visokoškolskim ustanovama. S obzirom na to da je biologija, kao dio prirodoslovnoga područja, osnovnim konceptima usko povezana s kemijom, fizikom, geografijom i međupredmetnim temama, investiranjem u spektrofotometar otvaraju se brojne mogućnosti interdisciplinarne suradnje na razini škole. Prema tome, poučavanje koje se temelji na inovativnim metodama i novim tehnologijama pridonosi povećanju interesa za prirodoslovje i znanstvena istraživanja te olakšava snalaženje u budućim poslovnim izazovima i prepoznavanje aktualnih problema, kritičko promišljanje i uključivanje u rješavanje istih. Implementacija spektrofotometrije u nastavu obogatit će njen sadržaj, otvoriti vrata novim mogućnostima, a potencijalno i motivirati učenike za odabir studija iz područja prirodnih znanosti.

LITERATURA

- Albert, D. R., Todt, M. A., Davis, H. F. (2012). A Low-Cost Quantitative Absorption Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 89, 1432–1435.
Atkins, P. W., Clugston, M. J. (1989) Načela fizikalne kemije. Školska knjiga, Zagreb, 1989.

- Burgess, C. (2017). The Basis for Good Spectrophotometric UV–Visible Measurements. *UV-Visible Spectrophotometry of Water and Wastewater*, 1–35.
- Balažinec, M., Radanović, I., Sertić Perić, M. (2020). Utjecaj zainteresiranosti i nepoticanog samoreguliranog učenja na krajnji ishod učenja građe i svojstva tla. *Educatio biologiae*, 6, 46–64.
- Bognar, L., Matijević, M. (2005.) Didaktika (treće izmijenjeno izdanje). Zagreb, Školska knjiga
- Bouza, M. E., Nastou, A., Panigyraki, C., Makedonas, C. (2019). Introducing spectrophotometry in the school lab employing LEGO bricks and LEDs. *Chemistry Teacher International*, 0(0).
- Braš Roth, M., Markočić Dekanić, A., Markuš Sandrić, M. (2017). PISA 2015. Prirodoslovne kompetencije za život. NCVVO, Zagreb.
- Domazet, M. (2007). Prirodoslovje u kurikulumu za obvezno obrazovanje. *Metodika* 15, 8, 494-510.
- Dooling, K., Bodenstedt, K., Page, M. F. Z. (2013) A Caffeinated Boost on UV Spectrophotometry: A Lab for High School Chemistry or an Introductory University Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 90, 914–917.
- European Commission (2007): EUR22845 - Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe. Luxembourg: Officce for Official Publications of the European Communities.
- Implen, dostupno na: <https://www.implen.de/product-page/implen-nanophotometer-np80-microvolume-cuvette-spectrophotometer/>, pristupljeno: 30.9.2021.
- Garašić, D., Radanović, I., Lukša, Ž. (2018). Osvrt na aktualne nastavne programe učenja biologije. *Napredak*, 159, 159-178.
- Germer, T. A., Zwinkels, J. C., Tsai, B. K. (2014). Theoretical Concepts in Spectrophotometric Measurements. *Spectrophotometry - Accurate Measurement of Optical Properties of Materials*, 11–66.
- Granger, J. N. (2004). Introducing Spectrophotometry in Grades 6 –12 Using a College-Based Spectrophotometer Loan Program. *Spectroscopy letters*, 37, 159–171.
- Hach Company, 1996, 1997, 1998, 1999, DR/2010 spectrophotometer instrument manual. Dostupno na: <https://www.rsmmanuals.com/3430/hach-dr-2010/page-1/>, pristupljeno: 30. 9. 2021.
- Labak, I., Heffer, M., Radanović, I. (2014). Stavovi učenika i učitelja o nastavi prirode i biologije organiziranoj u dvosatu. *Educatio biologiae*, 1, 36-48.
- Lema, A., Aljinovic, E. M., Lozano, M.E. (2002). Using a Homemade Spectrophotometer in Teaching Biosciences. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 30, 106–10.
- Maltar Okun, T. (2019) Uloga stavova učenika prema prirodoslovnim predmetima u objašnjavanju obrazovnog postignuća i namjere upisa u srednju školu. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet u Zagrebu.
- Mihoci, M. (2015). Osvrti: Spektrofotometrijsko određivanje boje. *Kemija u industriji: Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske*, 64, 683-685.
- Morris, R. (2015). Spectrophotometry. *Current Protocols Essential Laboratory Techniques*, 2.1.1–2.1.30.
- MZO - Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2019), Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, Zagreb: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta RH. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html, pristupljeno: 23.11.2021.
- O'Donoghue, J. (2019). Simplified Low-Cost Colorimetry for Education and Public Engagement. *Journal of Chemical Education*, 96, 1136–1142.
- Pitinac, N., Pečikozić, Đ. (2016). Priručnik za instrumentalne metode ispitivanja sastavnica okoliša u strukovnim školama. Osijek, Tehnička škola i prirodoslovna gimnazija Ruđera Boškovića, Osijeku.
- PerkinElmer, 2002-2011, Brochure – LAMBDA 25/35/45, UV/Vis Spectrophotometers. Dostupno na: https://www.perkinelmer.com/cmsresources/images/44-74448bro_lambda.pdf, pristupljeno: 30.9.2021.
- Podrug, I. (2017). Mogućnosti primjene mobilnih aplikacija u nastavi prirode i biologije. *Educatio biologiae*, 3, 165-176.
- Pranjić, Marko. (2005). Didaktika. Zagreb, Golden marketing-Tehnička knjiga – Hrvatski studiji Sveučilišta u Zagrebu.
- Previšić, V. (2007). Kurikulum: teorije, metodologija, sadržaj, struktura. Zagreb: Školska knjiga.
- Scheeline, A. (2010).Teaching, Learning, and Using Spectroscopy with Commercial, Off-the-Shelf Technology. *Applied Spectroscopy*, 64, 256A-268A.
- Simon, U. K., Steindl, H., Larcher, N., Kulac, H., Hotter, A. (2016). Young science journalism: writing popular scientific articles may contribute to an increase of high-school students' interest in the natural sciences. *International Journal of Science Education*, 38, 814–841.
- Strelec, I. (ur.) (2009) Praktikum iz Biokemije. Osijek, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek. TECAN, dostupno na: <https://www.tecan.com/blog/spark-multimode-microplate-reader-for-high-performance-cell-based-fluorescence-assays>, pristupljeno: 30.9.2021.
- Tot, D. (2010). Učeničke kompetencije i suvremena nastava. *Odgjonne znanosti*, 12, 65-78.
- Trumbo, T. A., Schultz, E., Borland, M. G., Pugh, M. E. (2013). Applied spectrophotometry: Analysis of a biochemical mixture. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 41, 242–250.
- Tytler, R., Osborne, J. (2012). Student Attitudes and Aspirations Towards Science. In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (eds) Second International Handbook of Science Education (str. 597–625). Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht.
- Zidar, L., Begić, V., Bastić, M., Radanović, I. (2018). Razumijevanje koncepata ravnoteže i međuovisnosti kod učenika u dobi od 13 godina. *Educatio biologiae*, 4, 35-51.

Application of spectrophotometry in the teaching of biology and other subjects of the natural sciences

Nikolina Sabo

Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University in Osijek, Car Hadrijan Street 8/A, 31000 Osijek, Croatia
nsabo@biologija.unios.hr

ABSTRACT

The rapid changes in a society characterized by constantly new scientific knowledge require a constant change of paradigm for the teaching and learning of biology, as well as other teaching subjects. Therefore, active learning is inevitable, which requires the application of research skills, collaborative learning and creative expression. Numerous instrumental methods are used in scientific research in the field of natural sciences, of which spectrophotometry is one of the fundamental analytical techniques for qualitative and quantitative analysis. In addition to its application for scientific research purposes, spectrophotometry is gradually being applied in schools and is an increasingly common research topic in science education. The aim is to find a simple, portable, and inexpensive spectrophotometer for laboratory activities in schools or to find ideal components for *homemade* instruments to make spectrophotometric methods accessible to students in schools with limited resources. There are numerous examples of good practice that demonstrate how a spectrophotometer can be used in the classroom as it has potential for conceptual understanding. Teaching based on innovative methods and new technologies increases students' interest in science and motivates them to engage in independent activities that enable better acquisition and understanding of the subject matter and application of the acquired knowledge and problem-solving skills, which is an important step in preparing young people for responsible life in modern society.

Keywords: inquiry based learning; scientific approach; active learning

Invazivni beskralježnaci u hrvatskim slatkovodnim ekosustavima kao kontekst poučavanja

Anita Tarandek

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odjek, Zagreb, Hrvatska; ORCID: 0000-0001-7362-0049
atarandek@stud.biol.pmf.hr

SAŽETAK

Kopnene vode i njihova bioraznolikost predstavljaju iznimno vrijedan prirodni resurs i imaju važnu ulogu u gospodarstvu, kulturi, estetici, znanosti i obrazovanju. Predstavljaju dom mnogim organizmima, međutim smatra se da su kopnene vode (slatkovodni ekosustavi) među najugroženijim ekosustavima na Zemlji. Ugroženosti slatkovodnih ekosustava uvelike doprinosi antropogeni utjecaj. Biološke invazije jedan su od glavnih uzročnika brzog smanjenja biološke raznolikosti, a posljednjih desetljeća u značajnom su porastu. Invazivna vrsta je strana vrsta unesena na novo područje izvan svog prirodnog areala rasprostranjenosti, gdje se uspijeva nesmetano razmnožavati i širiti, a uzrokuje značajne ekološke i/ili ekonomske štete. Tematika invazivnih vrsta u zadnjih nekoliko desetljeća postaje sve više aktualna. U sprječavanju budućih unosa stranih vrsta bitno je usredotočiti se na edukaciju unutar akademске zajednice i među lokalnim stanovništvom, kroz koju bi se iznijeli detalji o posljedicama unosa stranih vrsta, koje se mogu negativno odraziti na bioraznolikost Hrvatske. U ovom radu kao primjer invazivnih beskralježnjaka Hrvatskih slatkovodnih ekosustava prikazani su sjevernoameričke vrste deseteronožnih rakova *Pacifastacus leniusculus* – signalni rak i *Procambarus virginalis* – mramorni rak. S obzirom da su deseteronožni rakovi generalisti (s obzirom na njihove prehrambene sklonosti), imaju ključnu ulogu u vodenom staništu prenoseći energiju unutar hranidbene mreže između vodenih i kopnenih hranidbenih mreža, koristeći različite izvore hrane i služeći kao plijen za brojne kralježnjake, od riba do sisavaca. U Hrvatskoj je signalni rak prvi put zabilježen 2008. godine u rijeci Muri, dok je mramorni rak po prvi puta zabilježen u jezeru Šoderica 2014. godine. Tema obrađena u ovom radu može se uklopiti u koncepte koji se poučavaju u sklopu nastavnih predmeta Priroda i Biologija, gdje se organizmi prikazani u ovom radu mogu koristiti kao primjer za ostvarenje brojnih odgojno-obrazovnih ishoda. Jedan od tih ishoda je usporedba uspješnosti prilagodbi organizama na primjerima autohtonih, alohtonih i invazivnih stranih vrsta, pri ostvarenju kojega dolazi i do osvješćivanja nastavnika i učenika o negativnom utjecaju invazivnih vrsta beskralježnjaka na bioraznolikost, zdravlje ljudi i gospodarstvo i o ispravnom postupanju u slučaju rukovanja invazivnim vrstama.

Ključne riječi: slatkovodni ekosustavi; invazivni beskralježnaci; signalni rak; mramorni rak; primjer za ostvarenje odgojno-obrazovnih ishoda

UVOD

Slatkovodni ekosustavi, iako zauzimaju tek 0,8 % površine Zemlje, među najbogatijim su ekosustavima što se tiče raznolikosti vrsta, odnosno imaju najveći broj vrsta po jedinici površine (Dudgeon i sur., 2005). Kopnene vode i njihova bioraznolikost predstavljaju iznimno vrijedan prirodni resurs i imaju važnu ulogu u gospodarstvu, kulturi, estetici, znanosti i obrazovanju (Dudgeon i sur., 2005). Predstavljaju dom mnogim organizmima, međutim smatra se da su među najugroženijim ekosustavima na Zemlji (Strayer i Dudgeon, 2010). Nažalost, bioraznolikost slatkovodnih sustava još uvijek nije dovoljno istražena, pogotovo što se tiče beskralježnjaka te slatkovodnih ekosustava tropskih područja, koja nastanjuje velik broj vrsta. Stoga se pretpostavlja da je stvarni gubitak bioraznolikosti u slatkovodnim ekosustavima mnogo veći nego što to pokazuju rezultati kojima raspolaćemo (Dudgeon, 2005).

Ugroženosti slatkovodnih ekosustava uvelike doprinosi antropogeni utjecaj. Antropogeni pritisci, koji najviše doprinose degradaciji slatkovodnih ekosustava diljem svijeta su: zagađenje putem otpadnih

voda, pretjeran izlov slatkovodnih organizama i unos stranih (invazivnih) vrsta (Dudgeon i sur., 2006; Strayer, 2006). Osobito je značajan i utjecaj organskih zagađivala u vodenim ekosustavima, gdje često nalazimo prisutnost industrijskih kemikalija i kemikalija koje se koriste u poljoprivredi, kao što su pesticidi.

Uz zagađenje, biološke invazije jedan su od glavnih uzročnika brzog smanjenja biološke raznolikosti (Genovesi, 2007). Pripadaju među najznačajnije uzročnike antropogenih promjena u okolišu, a posljednjih desetljeća u značajnom su porastu (Sala i sur., 2000). Invazivne vrste jedna su od dominantnih sastavnica antropogeno-uvjetovanih poremećaja u okolišu te imaju veliki gospodarski i ekološki utjecaj. Invazivna vrsta je strana vrsta unesena na novo područje izvan svog prirodnog areala rasprostranjenosti, gdje se uspijeva nesmetano razmnožavati i širiti, a uzrokuje značajne ekološke i/ili ekonomski štete (Pyšek i sur., 2008). Čovjek je svojim djelovanjem, namjerno ili nenamjerno, mnoge vrste prenio preko velikih udaljenosti. putevi introdukcije (unosa) stranih vrsta su raznoliki. Mnoge su biljke i životinje u nova područja unesene za uzgoj (stočarstvo, akvakulturu, marikulturu) donijevši čovjeku značajnu korist. Na novim područjima neke od tih vrsta su namjerno puštane ili su pobjegle te su uspostavile populacije u prirodi. Također, mnoge vrste su u nova područja unesene slučajno, npr. kao slijepi putnici ili kao kontaminacija robe (HAOP, 2021). Biološke invazije direktna su posljedica brzorastućeg razvoja transporta, trgovine i turizma (Genovesi, 2007). Velik broj vrsta premješten je iz svog prirodnog areala i unesen na novo područje te problem nastaje kada te unesene vrste uspostave populacije koje se zatim počnu širiti (Lockwood i sur., 2013).

Zna se da je brzina invazije mnogo veća u vodenim nego u kopnenim ekosustavima (Thomaz i sur., 2014). Invazivne vrste u vodenim sustavima imaju tendenciju bržeg rasprostranjuvanja te ih je teško detektirati, a još ih je teže ukloniti iz sustava i kontrolirati njihovu brojnost. Biološke invazije slatkovodnih ekosustava Europe glavna su prijetnja biološkoj raznolikosti, ljudskom zdravlju i blagostanju te je neophodno smanjiti utjecaj invazivnih vrsta na zavičajne vrste (Genovesi, 2007).

Kategorije puteva unosa invazivnih vrsta

Kategorije puteva unosa propisuje Konvencija o biološkoj raznolikosti (CBD, 2014). Uključuju namjerne i nenamjerne puteve unošenja i širenja te se dijele na: 1. Puštanje (vrste puštene u prirodu u svrhu biokontrole); 2. Bijeg (vrste pobjegle u prirodu iz poljoprivrede ili odbjegli kućni ljubimci i živi mamci); 3. Kontaminacija (vrste unesene u nova područja na drugim životinjama i biljkama); 4. Slijepe putnike (vrste slučajno prenesene na prijevoznim sredstvima u balastnim vodama brodova); 5. Koridore (vrste koje se šire kanalima i drugim umjetnim vodenim putovima, tunelima i mostovima) i 6. Spontano širenje (sekundarno samostalno širenje vrsta nakon prvog unosa u novo područje) (HAOP, 2021).

Invazivne strane vrste slatkovodnih beskralježnjaka u Hrvatskoj

U Hrvatskoj postoje stabilne populacije 29 vrsta invazivnih makrobeskralježnjaka (Žganec i sur., 2020) prikazane u tablici 1. Lako se može uočiti kako je introdukcija (unos) mnogih vrsta zabilježena u 21. stoljeću. Iako postoji mogućnost da je tomu tako zbog nedovoljne istraženosti u prošlosti, u svakom slučaju bitno je usredotočiti se na sprječavanje daljnog širenja te novih unosa invazivnih vrsta. Od 29 vrsta, 16 vrsta pripada potkoljenu Crustacea.

Broj invazivnih vrsta beskralježnjaka u Hrvatskim slatkovodnim ekosustavima je velik, a u ovom radu fokus je stavljen na invazivnim vrstama slatkovodnih deseteronožnih rakova i to sjevernoameričke vrste *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) – signalni rak i *Procambarus virginalis* Lyko, 2017 – mramorni rak (Maguire i sur., 2008; Samardžić i sur., 2014).

Tablica 1. Invazivne vrste slatkovodnih beskralježnjaka u Hrvatskoj i zabilježena godina njihovog unosa (introdukcije) u Hrvatsku (preuzeto i prilagođeno prema Žganec i sur., 2020).

Ime vrste	Taksonomska skupina	Godina introdukcije
1. <i>Dendrocoelum romanodanubiale</i> (Codreanu, 1949)	Plathyhelminthes	2015
2. <i>Craspedacusta sowerbii</i> Lankester, 1880	Cnidaria	1993
3. <i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	Annelida	1956
4. <i>Potamothonix moldaviensis</i> Vejdovský & Mrazek, 1902	Annelida	2015
5. <i>Hypania invalida</i> (Grube, 1860)	Annelida	2001
6. <i>Caspiobdella fadejewi</i> (Epshtein, 1961)	Annelida	2015
7. <i>Ferrissia fragilis</i> (Tryon, 1863)	Mollusca	2008
8. <i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	Mollusca	1838
9. <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (Gray, 1843)	Mollusca	2007
10. <i>Corbicula fluminea</i> (O.F. Müller, 1774)	Mollusca	2001
11. <i>Dreissena bugensis</i> (Andrusov, 1897)	Mollusca	2013
12. <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	Mollusca	1990
13. <i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834)	Mollusca	2001
14. <i>Chelicorophium curvispinum</i> (G.O. Sars, 1895)	Crustacea	1968/69
15. <i>Chelicorophium sowinskyi</i> (Martynov, 1924)	Crustacea	1968/69
16. <i>Chelicorophium robustum</i> (G.O. Sars, 1895)	Crustacea	2013
17. <i>Dikerogammarus villosus</i> (Sowinsky, 1894)	Crustacea	2001
18. <i>Dikerogammarus haemobaphes</i> (Eichwald, 1841)	Crustacea	1968/69
19. <i>Dikerogammarus bispinosus</i> Martynov, 1925	Crustacea	2001
20. <i>Echinogammarus ischnus</i> (Stebbing, 1899)	Crustacea	2015
21. <i>Obesogammarus obesus</i> (G.O. Sars, 1896)	Crustacea	2001
22. <i>Jaera istri</i> Veuille, 1979	Crustacea	1968/69
23. <i>Hemimysis anomala</i> G.O. Sars, 1907	Crustacea	2005
24. <i>Katamysis warpachowskyi</i> G.O. Sars, 1893	Crustacea	2005
25. <i>Limnomysis benedeni</i> (Czerniavsky, 1882)	Crustacea	2004
26. <i>Paramysis lacustris</i> (Czerniavsky, 1882)	Crustacea	2001
27. <i>Faxonius limosus</i> (Rafinesque, 1817)	Crustacea	2003
28. <i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana, 1852)	Crustacea	2008
29. <i>Procambarus virginianus</i> Lyko, 2017	Crustacea	2013

Invazivne strane vrste deseteronožnih rakova

Deseteronožni rakovi imaju ključnu ulogu u održavanju strukture zajednica slatkovodnih ekosustava: među najvećim su beskralježnjacima, dugo žive, agresivni su te bioturbacijom i ukopavanjem u sediment i dno prilikom izrade skloništa (Johnson i sur., 2011) utječe na dinamiku transporta sedimenta i stabilnost obala (Faller i sur., 2016). Nadalje, s obzirom da su generalisti (s obzirom na tip ishrane), invazivni slatkovodni rakovi imaju ključnu ulogu u vodenom staništu - prenoseći energiju unutar hranidbene mreže između vodenih i kopnenih hranidbenih mreža, koristeći različite izvore hrane i služeći kao plijen za brojne kralježnjake, od riba do sisavaca (Crehuet i sur., 2007). U samom ekosustavu invazivne strane vrste slatkovodnih rakova su u kompeticiji za prostor i hranu sa zavičajnim vrstama rakova te tako ih istiskuju. Obično su agresivnije od nativnih vrsta (Söderbäck, 1991), brže rastu, imaju veći fekunditet i ranije spolno sazrijevaju (Huber i Schubart, 2005) te mogu biti vektori bolesti koje su letalne za zavičajne rakove, poput uzročnika rače kuge *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906) (Filipova i sur., 2013).

Signalni rak – *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)

Signalni rak, porijeklom je iz Sjeverne Amerike, a u Europu je unesen sredinom 20. stoljeća s namjerom nadomještanja autohtonih populacija riječnog raka (*Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)) (Holdich, 2002). Vrsta se vrlo brzo prilagodila novim uvjetima staništa, a danas je proširena u vodotocima 27 europskih država (Holdich i sur., 2009), što ovu vrstu čini najrasprostranjenijom invazivnom vrstom slatkovodnih rakova u Europi. Signalni rak je dobio ime prema intenzivnim plavim mrljama na kliještima (Slika 1), po čemu se najlakše razlikuje od naših autohtonih vrsta rakova.



Slika 1 Signalni rak (Foto: Sandra Hudina)

Ova invazivna vrsta predstavlja veliku prijetnju slatkovodnim sustavima diljem svijeta, pa tako i u Hrvatskoj (Twardochleb i sur., 2013). Djeluje negativno na autohtone vrste rakova zato što prenosi smrtonosnu bolest račju kugu, kompetitivnija je i agresivnija od autohtonih vrsta te brzo raste, ima visoku plodnost i rano spolno sazrijevanje (Souty-Grosset i sur., 2006). Uz sve to, signalni rak se brzo širi, posebno u nizvodnom smjeru gdje se može proširiti od 18 do 24,4 km godišnje (Hudina i sur., 2009). Osim na autohtone vrste rakova, signalni rak utječe i na ostale organizme, kao što su makrozoobentos i ribe i uz to može mijenjati fizičko okruženje potoka i rijeka. Ilegalan unos ove vrste najveći je krivac za njeno rasprostranjivanje diljem Europe (Bohman i sur., 2011). Samo u razdoblju od 2006. do 2009. godine, ova je vrsta prenesena u najmanje tri države Europe u kojima je do tada nije bilo (Holdich i sur., 2009). U Hrvatskoj je signalni rak prvi put zabilježen 2008. godine u rijeci Muri (Maguire i sur., 2008), gdje se proširio nizvodnim putem iz Austrije gdje je ilegalno iz Kalifornije unesen 1970-ih godina (Holdich i sur., 2009). 2011. godine zabilježeno je njegovo prisustvo i u rijeci Dravi, otprilike 30 km nizvodno od ušća s rijekom Murom (Hudina i sur., 2013). Iste 2011. godine ova je vrsta pronađena i u rijeci Korani u koju je unesena od strane ljudi (Hudina i sur., 2013).

Mramorni rak – *Procambarus virginalis* Lyko, 2017

Mramorni rak pripada porodici Cambaridae koja uključuje 12 rodova i karakteristična je skupina za Sjevernu Ameriku (Holdich, 2002). Rod *Procambarus* sa svojih 163 vrsta naseljava područje centralnog i istočnog SAD-a, Kubu i Meksiko (Hobbs, 1984). Ovom rodu pripada i relativno nedavno otkrivena invazivna strana vrsta u Europi, mramorni rak *Procambarus virginalis* Lyko, 2017. Dobio je ime „mramorni rak“ prema uzorku na tijelu koji podsjeća na mramor (Martin i sur., 2010).



Slika 2 Mramorni rak (Foto: Sandra Hudina)

Najprije se mramorni rak smatrao partenogenetskim oblikom vrste *Procambarus fallax* (Hagen, 1870). Međutim, u istraživanju provedenom 2010. godine predloženo je da mramorni rak dobije status vrste,

ukoliko zadovoljava kriterije koncepta vrste za organizme koje se nespolno razmnožavaju (Martin i sur., 2010), što je potvrđeno istraživanjem Vogt i sur. (2015) te je mramorni rak odvojen kao zasebna vrsta, *Procambarus virginalis* (Lyko, 2017).

Mramorni rak se razmnožava isključivo partenogenetski, te do sada nije pronađen mužjak mramornog raka (Jones i sur., 2009). Također, pokušaj dobivanja mužjaka tretiranjem jaja muškim hormonima je bio neuspješan (Vogt, 2007). Razmnožava se apomiktičkom partenogenezom (Vogt i sur., 2008), što je oblik partenogenetskog razmnožavanja gdje oocite ne prolaze kroz mejozu (Martin i sur., 2015). Ovakav način razmnožavanja omogućuje uspostavljanje populacije pomoću samo jedne jedinke (Jones i sur., 2009). Zbog ove karakteristike, uz visok fekunditet, mramorni rak smatra se kao vrlo uspješna invazivna vrsta (Jones i sur., 2009).

Mramorni rak je prvi put u Europi zabilježen krajem prošlog stoljeća u Njemačkoj, gdje se užgajao kao akvaristička vrsta. S obzirom da su sve današnje prirodne populacije mramornog raka klonovi onih iz akvaristike, vjeruje se da je u prirodna staništa pušten namjerno ili slučajno od strane akvarista (Faulkes i sur., 2012). Do danas, populacije mramornog raka u prirodi zabilježene su diljem Europe, primjerice u Češkoj, Hrvatskoj, Madagaskaru, Mađarskoj i Ukrajini, Rumunjskoj, Japanu, Estoniji. U Hrvatskoj, mramorni rak je prvi put zabilježen u jezeru Šoderica 2014. god. (Samardžić i sur., 2014) s dosta brojnom populacijom što ukazuje da se je vrsta adaptirala u staništu te se u njemu razmnožava.

PRIMJENA U NASTAVI

Navedena saznanja mogu se na različite načine primijeniti u poučavanju nastavnih sadržaja Prirode i Biologije. Slatkovodni (invazivni) beskralježnjaci, posebice rakovi, njihova građa, načini njihova razmnožavanja i prehrane mogu se uklopiti u poučavanje brojnih bioloških koncepata, odnosno vezati uz ostvarivanje brojnih ishoda učenja kroz vertikalnu biološku obrazovanja.

U nastavku izdvojeni su odgojno-obrazovni ishodi, koji se mogu ostvariti u sklopu nastavnog predmeta Biologija u prvom razredu gimnazije koristeći egzemplarnu nastavu, odnosno primjere građe i ekološke uloge slatkvodnih beskralježnjaka navedenih u ovom radu. (tablica 2).

Tablica 2 Slatkovodni (invazivni) rakovi kao kontekst poučavanja ishoda 1. razreda gimnazije

Odgojno-obrazovni ishod iz kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN, 2019)	Razrada ishoda u zadanom kontekstu
Gimnazija Biologija 1. razred	
BIO SŠ A.1.1. Usapoređuje promjenu složenosti različitih organizacijskih razina biosfere te primjenjuje načela klasifikacije živoga svijeta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Razlikuje na primjerima organizacijske razine biosfere. ▪ Primjenjuje dihotomički ključ za određivanje vrsta iz neposrednoga okoliša. ▪ Razlikuje carstva živoga svijeta i najvažnije skupine živih bića. ▪ Razvrstava predstavnike živih bića u pojedine skupine na temelju morfoloških obilježja.
BIO SŠ B.1.1. Usapoređuje prilagodbe organizama s obzirom na abiotičke i biotičke uvjete okoliša na primjeru zavičajnoga ekosustava	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usapoređuje djelovanje abiotičkih i biotičkih čimbenika na razvoj i preživljavanje organizama. ▪ Objašnjava ekološku valenciju na primjerima. ▪ Usapoređuje uspješnost prilagodbi na primjerima autohtonih, alohtonih i invazivnih stranih vrsta. ▪ Prepoznaje ugrožene vrste na lokalnoj i globalnoj razini procjenjujući razloge njihove ugroženosti.
BIO SŠ B.1.2. Analizira održavanje uravnoteženoga stanja u prirodi povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objašnjava na primjerima potrebu zaštite određenih vrsta i pojedinih prirodnih staništa te područja Hrvatske.
BIO SŠ B.1.3. Usapoređuje prilagodbe organizama na specifične životne uvjete	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usapoređuje prilagodbe na specifične uvjete u okolišu. ▪ Opisuje prilagodbe u ponašanju životinja s obzirom na promjene uvjeta okoliša.

Međutim, osim u prvom razredu gimnazije, navedeni organizmi mogu se koristiti kao primjer za ostvarenje odgojno-obrazovnih ishoda i u ostatku gimnazijskog biološkog obrazovanja (tablica 3).

Tablica 3 Neki od mogućih primjena u kojima slatkovodni (invazivni) rakovi mogu biti kontekst poučavanja ishoda ostalih razreda gimnazije

Odgojno-obrazovni ishod iz kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN, 2019)	Razrada ishoda u zadanom kontekstu
Gimnazija Biologija 2. razred	
BIO SŠ A.2.1. Povezuje pojavu novih svojstava s promjenom složenosti organizacijskih razina u organizmu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Povezuje ključne prilagodbe u građi tijela s uvjetima staništa. ▪ Uspoređuje građu sustava koji obavljaju iste zadaće u čovjeku i drugim organizmima. ▪ Analizira usložnjavanje i pojavu novih svojstava povezujući princip građe s ekonomičnim funkcioniranjem različitih organizama.
BIO SŠ A.2.2. Uspoređuje specifičnosti građe pojedinih organizama i povezuje ih s razvojnim stablom živoga svijeta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uspoređuje organizme na temelju funkcionalnih i morfoloških značajki. ▪ Razvrstava poznate organizme na razvojnome stablu živoga svijeta.
BIO SŠ B.2.2. Uspoređuje životne cikluse organizama	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uspoređuje rasprostranjivanje, razvoj, sazrijevanje, sustave parenja te brigu za potomstvo različitih organizama.
BIO SŠ B.2.3. Uspoređuje prilagodbe organizama na životne uvjete te ih povezuje s evolucijom živoga svijeta na Zemlji	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stavlja u odnos sposobnost reakcije na podražaje i preživljavanje različitih organizama. ▪ Objasnjava važnost razvoja osjetila i živčanoga sustava u životinja/čovjeka.
BIO SŠ C.2.2. Uspoređuje energetske potrebe organizama u različitim fiziološkim stanjima	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Povezuje obrasce raspolažanja energijom s ponašanjem, načinom života i preživljavanjem različitih organizama.
BIO SŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Argumentira važnost očuvanja bioraznolikosti za stabilnost ekosustava i čovjekov opstanak. ▪ Utvrđuje čovjekovu odgovornost u održavanju uravnoteženoga stanja u prirodi i očuvanju bioraznolikosti. ▪ Raspravlja o uzrocima ugroženosti vrsta i populacija.
Gimnazija Biologija 4. razred	
BIO SŠ B.4.3. Analizira utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opisuje utjecaj civilizacije na životne uvjete te pojavu i širenje bolesti (npr. račja kuga).

Moguće je organizme predstavljene u ovom radu koristiti i kao primjer za ostvarenje odgojno-obrazovnih ishoda tijekom osnovnoškolskog obrazovanja, u sklopu nastavnih predmeta Priroda i Biologija (tablica 4).

Tablica 4 Neki od mogućih primjena u kojima slatkovodni (invazivni) rakovi mogu biti kontekst poučavanja ishoda Prirode i Biologije u osnovnoj školi

Odgojno-obrazovni ishod iz kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN, 2019)	Razrada ishoda u zadanom kontekstu
Osnovna škola Priroda 5. razred	
OŠ PRI B.5.2. Učenik objašnjava međuodnose životnih uvjeta i živih bića	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objasnjava prilagodbe živih bića u različitim uvjetima u prirodi na temelju promatranja, istraživanja u neposrednom okolišu i praktičnih radova. ▪ Objasnjava kako organizmi bolje prilagođeni određenim uvjetima opstaju. ▪ Proučava utjecaj živih bića na životne uvjete.
Osnovna škola Priroda 6. razred	
OŠ PRI B.6.1. Učenik objašnjava međusobne odnose živih bića s obzirom na zajedničko stanište	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Povezuje zadovoljavanje potreba, ponašanje i preživljavanje živih bića s uvjetima u okolišu. ▪ Objasnjava važnost međusobnih odnosa živih bića (iste vrste i različitih vrsta) koja dijele zajedničko stanište. ▪ Raspravlja o nadmetanju živih bića (iste vrste i različitih vrsta) pri zadovoljavanju životnih potreba. ▪ Analizira utjecaj neumjerene potrošnje ljudi na ostala živa bića i okoliš.
OŠ PRI B.6.2. Učenik raspravlja o važnosti održavanja uravnoteženog stanja u prirodi i uzrocima njegova narušavanja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Istražuje bioraznolikost te raspravlja o važnosti njezinog očuvanja.
Osnovna škola Biologija 7. razred	
BIO OŠ B.7.1. Uspoređuje osnovne životne funkcije pripadnika različitih skupina živoga svijeta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Osnovne životne funkcije usporediti kod predstavnika glavnih skupina živoga svijeta (arheje, bakterije, protisti, gljive, biljke, životinje).
BIO OŠ B.7.3. Stavlja u odnos prilagodbe živih bića i životne uvjete	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prilagodljivost organizama te međuvisnost živih bića i okoliša.

Odgorno-obrazovni ishod iz kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN, 2019)	Razrada ishoda u zadanom kontekstu
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prilagodbe različitim načinima kretanja (simetrija tijela, sustav organa za kretanje, strukture za kretanje – bičevi, trepetljike, lažne nožice, kretanje biljnih organa). ▪ Prilagodbe različitim načinima prehrane (autotrofi, heterotrofi – paraziti, saprofiti, simbionti). ▪ Prilagodbe različitim načinima disanja ovisno o životnim uvjetima okoliša (pluća, škrge, uzdušnice, izmjena plinova preko površine tijela/stanične membrane). ▪ Prilagodbe u prijenosu tvari organizmom (otvoreni i zatvoreni optjecajni sustav, voda kao otapalo, prijenos tjelesnom tekućinom, citoplazmatsko gibanje, kapilarnost, transpiracija). ▪ Prilagodbe za zaštitu tijela (imunosni sustav, pokrov tijela). ▪ Prilagodbe organizama na nametnički način života.
Osnovna škola Biologija 8. razred	
BIO OŠ A.8.1. Povezuje usložnjavanje građe s razvojem novih svojstava i klasificira organizme primjenom različitih kriterija ukazujući na njihovu srodnost i raznolikost	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Povezuje građu i ulogu organa/organskih sustava ukazujući na njihovu promjenjivost, usložnjavanje i prilagodbe. ▪ Razlikuje najvažnije skupine biljaka i životinja. ▪ Usapoređuje na tipičnim predstavnicima temeljna obilježja pojedine skupine.
BIO OŠ B.8.3. Analizira utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Povezuje prilagodbe organizama i naseljenost nekog područja sa životnim uvjetima. ▪ Usapoređuje prilagodbe za regulaciju stalnoga sastava tjelesnih tekućina u različitim organizama. ▪ Usapoređuje prilagodbe za razmnožavanje u različitim organizama povezujući ih s uvjetima staništa. ▪ Usodoređuje osjetila i živčani sustav različitih organizama povezujući njihovu razvijenost s načinom života. ▪ Opisuje različite oblike ponašanja tijekom razmnožavanja.
BIO OŠ C.8.2. Povezuje hranidbene odnose u biosferi s preživljavanjem organizama	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objavljava hranidbene odnose, kruženje tvari i protjecanje energije na primjeru hranidbenih mreža.

ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj postoje stabilne populacije 29 vrsta invazivnih makrobeskralježnjaka (Žganec i sur., 2020). Invazivne (strane) vrste beskralježnjaka zavičajnim vrstama oduzimaju stanište, hranu i druge resurse, mijenjaju stanišne uvjete te prenose bolesti. Primjerice, invazivne strane vrste slatkovodnih sjevernoameričkih deseteronožnih rakova na europske zavičajne vrste slatkovodnih deseteronožnih rakova prenose račju kugu, što doprinosi smanjenju brojnosti zavičajnih rakova. Zahvaljujući ljudskoj aktivnosti, neke vrste prenesene su na područja na koja prirodnim putem nikada ne bi dospjele. Ovakav unos stranih invazivnih vrsta predstavlja veliku prijetnju bioraznolikosti. Ova tematika, kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj, u zadnjih nekoliko desetljeća postaje sve veći problem.

Svakako, u sprječavanju budućih unosa vrsta bitna je edukacija unutar akademske zajednice i među lokalnim stanovništvom unutar akademske zajednice i među lokalnim stanovništvom, kroz koju bi se iznijeli detalji o posljedicama unosa stranih vrsta, koje se mogu negativno odraziti na bioraznolikost Hrvatske. Sve su više aktualni edukativni projekti od strane studenata i profesora, čiji je cilj skrenuti pažnju na negativne utjecaje slučajnih i namjernih unosa invazivnih vrsta. Jedino edukacijom možemo utjecati na kontroliranje trenutnih populacija te sprječavanje novih unosa koji mogu negativno utjecati na bioraznolikost Hrvatske.

METODIČKI ZNAČAJ

Tema obrađena ovim radom (invazivni beskralježnjaci) prvenstveno se mogu uklopiti u koncepte koji se poučavaju u sklopu nastavnog predmeta Biologija u prvom razredu gimnazije, gdje je jedan od velikih ciljeva osvijestiti nastavnike i učenike o negativnom utjecaju invazivnih vrsta beskralježnjaka na bioraznolikost, zdravlje ljudi i gospodarstvo. Predstavljanje važnosti beskralježnjaka (koji nisu tako atraktivna skupina poput kralježnjaka) za održavanje zdravog ekosustava te njihove ključne uloge u

hranidbenim mrežama moguće je primijeniti i u osnovnoj školi i u ostalim razerima srednje škole. Pri tome bi trebalo utjecati na ekološku svijest o očuvanju bioraznolikosti i ugroženih vrsta. Uz to, potiče se i kritičko razmišljanje o ispravnom postupanju u slučaju rukovanja invazivnim vrstama.

ZAHVALA

Veliku zahvalnost dugujem doc.dr.sc. Mireli Sertić Perić, koja me potaknula na objavu članka koji je nastao na osnovu seminarskih radova izrađenih u sklopu kolegija Raznolikost faune Hrvatske. Zahvaljujem se na pruženoj prilici, velikom angažmanu i dragocjenoj pomoći pri pisanju članka.

LITERATURA

- Bohman, P., Degerman, E., Edsman, L., & Sers, B. (2011). Exponential increase of signal crayfish in running waters in Sweden – due to illegal introductions? *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (401), 23.
- CBD. (2014). The Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/convention/> (pristupljeno 17.05.2021. god.)
- Crehuet, M., Alcorlo, P., Bravo-Utrera, M. A., Baltanás, A., & Montes, C. (2007). Assessing the trophic ecology of crayfish: a case study of the invasive Procambarus clarkii. *Biological Invaders in Inland Waters: Profiles, Distribution, and Threats*, 559–576.
- Dudgeon, D. (2005). Last chance to see?: ex situ conservation and the fate of the baiji. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(2), 105–108.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévéque, C., ... Sullivan, C. A. (2005). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(02), 163.
- Faller, M., Harvey, G. L., Henshaw, A. J., Bertoldi, W., Bruno, M. C., & England, J. (2016). River bank burrowing by invasive crayfish: Spatial distribution, biophysical controls and biogeomorphic significance. *Science of the Total Environment*, 569-570, 1190–1200.
- Faulkes, Z., Feria, T., & Muñoz, J. (2012). Do Marmorkrebs, Procambarus fallax f. virginalis, threaten freshwater Japanese ecosystems? *Aquatic Biosystems*, 8(1), 13.
- Filipová, L., Petrušek, A., Matasová, K., Delaunay, C., & Grandjean, F. (2013). Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen Aphanomyces astaci in Populations of the Signal Crayfish Pacifastacus leniusculus in France: Evaluating the Threat to Native Crayfish. *PLoS ONE*, 8(7), e70157.
- Genovesi, P. (2007). Towards a European strategy to halt biological invasions in inland waters. *Biological Invaders in Inland Waters: Profiles, Distribution, and Threats*, 2, 627–637.
- HAOP. (2021). Invazivne strane vrste. <https://invazivnevrste.haop.hr/> (pristupljeno 17.05.2021. god.)
- Hobbs, H. H. (1984). On the Distribution of the Crayfish Genus Procambarus (Decapoda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*, 4(1), 12–24.
- Holdich, D. M. (2002). *Biology of freshwater crayfish* (pp. 511–534). Oxford England: Blackwell Science.
- Holdich, D. M., Reynolds, J. D., Souty-Grosset, C., & Sibley, P. J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (394-395), 11.
- HUBER, M. G. J., & SCHUBART, C. D. (2005). DISTRIBUTION AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM IN BAVARIA AND DOCUMENTATION OF A CONTACT ZONE WITH THE ALIEN CRAYFISH PACIFASTACUS LENIUSCUS. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, (376-377), 759–776.
- Hudina, S., Faller, M., Lucić, A., Klobočar, G., & Maguire, I. (2009). Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (394-395), 9.
- Hudina, S., Žganec, K., Lucić, A., Trgovčić, K., & Maguire, I. (2013). Recent invasion of the karstic river systems in Croatia through illegal introductions of the signal crayfish. *Freshwater Crayfish*, 19(1), 21–27.
- Johnson, M. F., Rice, S. P., & Reid, I. (2011). Increase in coarse sediment transport associated with disturbance of gravel river beds by signal crayfish (Pacifastacus leniusculus). *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(12), 1680–1692.
- Jones, J. P. G., Rasamy, J. R., Harvey, A., Toon, A., Oidtmann, B., Randrianarison, M. H., ... Ravoahangimalala, O. R. (2008). The perfect invader: a parthenogenetic crayfish poses a new threat to Madagascar's freshwater biodiversity. *Biological Invasions*, 11(6), 1475–1482.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F., & Marchetti, M. P. (2013). Invasion Ecology. In *Blackwell Publishers* (2nd ed., pp. 1–304). Blackwell publishing.
- Maguire, I., Klobočar, G., Marčić, Z., & Zanella, D. (2008). The first record of Pacifastacus leniusculus in Croatia. *Crayfish News*, 30(4), 4–4.
- Martin, P., Dorn, N. J., Kawai, T., van der Heiden, C., & Scholtz, G. (2010). The enigmatic Marmorkrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of Procambarus fallax (Hagen, 1870). *Contributions to Zoology*, 79(3), 107–118.
- MZO. (2019). Kurikulum nastavnog predmeta Biologija za osnovne škole i gimnazije, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 7/2019. <https://mzo.gov.hr/istaknute-teme/odgoj-i-obrazovanje/nacionalni-kurikulum/predmetni-kurikulumi/> (pristupljeno 17.11.2021. god.)
- NN (Narodne novine). (2019). Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj. NN 7/2019. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html (pristupljeno 22.11.2021. god.)

- Pyšek, P., Richardson, D. M., Pergl, J., Jarošík, V., Sixtová, Z., & Weber, E. (2008). Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(5), 237–244.
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... Wall, D. H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287(5459), 1770–1774.
- Samardžić, M., Lucić, A., Maguire, I., & Hudina, S. (2014). The First Record of the Marbled Crayfish (*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginalis*) in Croatia. *Crayfish News*, 36(4), 4–4.
- Söderbäck, B. (1991). Interspecific dominance relationship and aggressive interactions in the freshwater crayfishes *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). *Canadian Journal of Zoology*, 69(5), 1321–1325.
- Souty-Grosset, C. (2006). *Atlas of crayfish in Europe* (p. 188). Paris: Muséum National D'histoire Sciencelle.
- Strayer, D. L. (2006). Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(2), 271–287.
- Strayer, D. L., & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344–358.
- Thomaz, S. M., Kovalenko, K. E., Havel, J. E., & Kats, L. B. (2014). Aquatic invasive species: general trends in the literature and introduction to the special issue. *Hydrobiologia*, 746(1), 1–12.
- Twardochleb, L. A., Olden, J. D., & Larson, E. R. (2013). A global meta-analysis of the ecological impacts of nonnative crayfish. *Freshwater Science*, 32(4), 1367–1382.
- Vogt, G. (2007). Exposure of the eggs to 17 α -methyl testosterone reduced hatching success and growth and elicited teratogenic effects in postembryonic life stages of crayfish. *Aquatic Toxicology*, 85(4), 291–296.
- Vogt, G., Falckenhayn, C., Schrimpf, A., Schmid, K., Hanna, K., Pantelait, J., ... Lyko, F. (2015). The marbled crayfish as a paradigm for saltational speciation by autopolyploidy and parthenogenesis in animals. *Biology Open*, 4(11), 1583–1594.
- Vogt, G., Huber, M., Thiemann, M., van den Boogaart, G., Schmitz, O. J., & Schubart, C. D. (2008). Production of different phenotypes from the same genotype in the same environment by developmental variation. *Journal of Experimental Biology*, 211(4), 510–523.
- Žganec, K., Lajtner, J., Ćuk, R., Crnčan, P., Pušić, I., Atanacković, A., ... Maguire, I. (2020). Alien macroinvertebrates in Croatian freshwaters. *Aquatic Invasions*, 15(4), 593–615.

Invasive invertebrates in Croatian freshwater ecosystems as a teaching context

Anita Tarandek

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Zagreb, Croatia; ORCID: 0000-0001-7362-0049
atarandek@stud.biol.pmf.hr

ABSTRACT

Inland waters and their biodiversity represent an extremely valuable natural resource and play an important role in the economy, culture, aesthetics, science and education. They are home to many organisms, but inland waters (freshwater ecosystems) are considered to be among the most endangered ecosystems on Earth. The anthropogenic impact greatly contributes to the endangerment of freshwater ecosystems. Biological invasions are one of the main causes of the rapid decline in biodiversity and have been on the rise in recent decades. An invasive species is a species introduced into a new area outside its natural range, where it manages to reproduce and spread and causes significant ecological and/or economic damage. The topic of invasive species has become more interesting in the last few decades. In preventing future introductions of alien species, it is important to focus on education within the academic community and among the local population, through which details on the consequences of the introduction of alien species, which may negatively affect the biodiversity of Croatia, would be presented. In this paper, the North American species decapod crayfish *Pacifastacus leniusculus* – signal crayfish and *Procambarus virginalis* - marble crayfish are presented as an example of invasive invertebrates in Croatian freshwater ecosystems. Since decapod crayfish are generalists (given their dietary preferences), they play a key role in aquatic habitat by transferring energy within the food web between aquatic and terrestrial food webs, using a variety of food sources and serving as prey for many vertebrates, from fish to mammals. In Croatia, the signal crayfish was first recorded in 2008 in the Mura River, while the marble crayfish was first recorded in Lake Šoderica in 2014. The topic covered in this paper can fit into the concepts taught in the subjects Science and Biology, where the organisms presented in this paper can be used as an example to achieve numerous learning outcomes. One of these outcomes is a comparison of the success of adaptations of organisms on the examples of indigenous, non-indigenous and invasive alien species. Achieving this learning outcome also raises awareness among teachers and students about the negative impact of invasive invertebrate species on biodiversity, human health and the economy, and about the right course of action in the case of invasive species management.

Keywords: *freshwater ecosystems; invasive invertebrates; signal crayfish; marble crayfish; example for the realization of educational outcomes*