

Metode poučavanja u nastavi biologije – poučavanje staničnog ciklusa

Melita Marinelli

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu

Poslijediplomski sveučilišni studij

Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti - usmjerenje Biologija

Split, Hrvatska

melita.marinelli@gmail.com

Sažetak— Riječ biologija, složenica je dviju grčkih riječi – bios (život) i logos (riječ, misao, znanost). Ukoliko spojimo te dvije riječi, dobivamo, zapravo, i najjednostavniju definiciju biologije – znanost o životu. Poučavanje biologije u današnjem, modernom vremenu predstavlja izazov. Pronalaskom novih spoznaja, objavom novih podataka, otkrića, obrazovni sustav nalazi se pod velikim opterećenjem. Unatoč velikoj želji učenicima predstaviti nove podatke, potrebno je stati i zapitati se razumiju li i znaju li oni „temeljnu“ biologiju. Koncepti povezani s diobom stanica, mitozom i mejozom, presudni su za jasno razumijevanje brojnih čimbenika života, uključujući razmnožavanje, biologiju stanica, genetiku i evoluciju. Proces, kao što su mitoz i mejoza, koji se odvijaju na staničnoj, mikroskopskoj razini, uvijek su teži za usvojiti, što brojna istraživanja potkrepljuju. Krivo shvaćeni „bazični“ koncepti, u kasnijem obrazovanju učenicima mogu predstavljati značajan problem. Uzimajući u obzir kako je svaki učenik jedinstven, kako izgledom, tako i načinom učenja, potrebno je u nastavi „ponuditi“ što je više moguće strategija poučavanja s ciljem stvaranja svrsishodnih korelacija i čvrstih temelja za buduću „nadogradnju“ znanja.

Ključne riječi— biologija, kurikulum, metode poučavanja, mitoz, mejoza

I. KURIKULUM NASTAVNOG PREDMETA BIOLOGIJA

Nastavni predmet Biologija dio je prirodoslovnoga područja i osnovnim je konceptima usko povezan s Kemijom, Fizikom, Geografijom te međupredmetnim temama i ostalim područjima kurikuluma. Sears (godina) opisuje biologiju kao poveznicu, most koji povezuje sve prirodne i društvene znanosti (1). Biologija se poučava u 7. i 8. razredu osnovne škole te u srednjoj školi. Konceptualno, nadovezuje se na nastavne predmete Prirodu i društvo, koja se poučava od 1. do 4. razreda osnovne škole i Prirodu, predmet u 5. i 6. razredu osnovne škole (2). Tijekom osnovnoškolskog obrazovanja, učenje i poučavanje Biologije temelji se na upoznavanju obilježja živih bića, koje započinje s čovjekom i nastavlja se usporedbom s ostalim organizmima. Obilježja živih bića proučavaju se komparativno na karakterističnim predstavnicima (životinja, biljaka, gljiva, protista, bakterija i arheja). Pri proučavanju živih bića važno je istaknuti principe koji su zajednički te poticati učenike da uoče povezanost prilagodbi organizama životnim uvjetima s ekonomičnim funkcioniranjem i održivosti živih sustava (2). Tijekom srednjoškolskog obrazovanja (gimnazijski programi) u različitim školama učenje i poučavanje Biologije može se prema novom kurikulumu realizirati u različitom ukupnom fondu sati, 411 sati (105+105+105+96) ili 274 sati (70+70+70+64). U modelu u kojem se Biologija tijekom srednjoškolskoga obrazovanja uči i poučava kroz četiri godine s ukupno 274 sata, polazi se od makroskopskih, učeniku bliskih razina, biosfere i ekosustava te se spušta na razinu jedinke. Učenik upoznaje razinu jedinke na primjerima različitih vrsta organizama pa i na svome vlastitom, uočavajući usložnjavanje živoga svijeta. U nastavku učenik proučava život na staničnoj i na molekularnoj razini (2). Razlika satnice između prethodno spomenutih

modela zamišljena je kao dodatan prostor za ostvarivanje aktivnog učenja i poučavanja koje omogućava nastavnicima veću autonomiju u planiranju nastavnih aktivnosti i njihovu realizaciju. Zadaća nastave biologije u srednjoškolskom obrazovanju je dvojaka: učenicima koji neće studirati biologiju, niti prirodoslovnu skupinu studijskih programa, pružiti dovoljno „općeg znanja“, a onima koji iskazuju zanimanje za nastavak studiranja, pružiti dovoljno pozadinskog znanja (eng. *background knowledge*) kao i ojačati motivaciju za napretkom. Količina znanja stečenih kroz osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje iz područja biologije, u usporedbi sa širinom područja, predstavljaju, zapravo, „neistraženu zemlju“ (lat. *terra incognita*) koja predstavlja podlogu spremnu za nadopunjavanje i daljnju nadogradnju kroz nastavak obrazovanja na sveučilišnim studijima (3). Neprekidna rasprava o primarnim ciljevima - bi li kurikulum biologije trebao biti poučavanje „stvarne biologije“ - znanosti o životu ili poučavanje i postizanje obrazovnih ishoda povezanih s osobnim razvojem i društvenim težnjama - znanosti o življenju, ključna je za kontinuirani razvoj biološkog obrazovanja (4). Istina leži negdje između sukoba prethodno navedenih potreba te prihvaćanjem obrazovanja kao dinamičnog procesa podložnog stalnim promjenama i potrebama za usklađivanjem s modernim vremenom u kojem živimo (5).

II. KOMPETENCIJA NASTAVNIKA

Uspješno učenje u polju prirodnih znanosti usko je povezano s metodama koje koriste i nastavnici i učenici. U eri ubrzanog porasta broja informacija, kontinuiranih tehnoloških i društvenih promjena cijela se obrazovna paradigma neprestano mijenja (6). Pregledavaju se i analiziraju brojni problemi povezani s uspješnom nastavom. Smatrajući se obrazovnom zajednicom koja zagovara učenje biologije, Tanner i suradnici (2002) smatraju kako previše vremena i energije ulažemo na pitanje „što“ učenici trebaju učiti i znati, a ne na pitanje u kojoj mjeri učenici nauče izložene nastavne sadržaje (7). Tek s vremenom povećao se fokus na „kako“ poučavati, usmjeravanjem pozornosti na ispitivanje učinkovitosti tradicionalnih metoda poučavanja i istraživanje novih nastavnih tehnika koje pomažu učenicima u on proofreading, spelling and grammar. učinkovitijem učenju. Uloga učitelja je organizirati, upravljati, voditi, pomagati i podržavati kognitivne aktivnosti učenika koji mora biti u središtu obrazovnog procesa. Nije dovoljno da učitelj zna puno, već da posjeduje kompetencije i karizmu kojima može objasniti na jednostavan i zanimljiv način. Kearney, Plax, Hays i Ivey (1991) svojim istraživanjem navode kako je upravo pedagoški odnos srž efikasnog učenja. Učitelj na nastavni sat dolazi sa svim svojim osobinama te ovisno o karakteristikama koje ga obilježavaju kao osobu, uspostavlja dobar ili loš kontakt s učenicima (8). Za uspostavljanje dobrog kontakta važna je dvosmjerna

komunikacija (9) i kvalitetan odnos u kojem se osobnosti učitelja i učenika nadopunjuju. U istraživanju Maltar Okun i suradnika (2018), provedena je anketa među učenicima (N=389) o poželjnim osobinama učitelja prirode/biologije u kojoj učenici navode da bi se rad njihovih učitelja iz prirode/biologije poboljšao češćim praktičnim radom, radom u paru/skupinama, izvanučioničkom nastavom, primjenom audiovizualnih medija, učenjem uz igru, jasnijim pojašnjavanjem u nastavi te korištenjem humora u nastavi (10). Tanner i suradnici (2002) sastavili su kratak upitnik za samoevaluaciju nastavnika s ciljem skretanja pozornosti na elemente koji nedostaju tijekom nastavnog sata, a u svrhu što boljeg nastavnog procesa (7) (tablica 1).

Tablica 1. Upitnik za samoevaluaciju nastavnika

Struktura je bitna: 21 strategija za poticanje učeničke aktivnosti na nastavi te promocija jednakosti u razredu (preuzeto, prilagođeno i prevedeno (20.09.2020) Kimberly D. Tanner: CBE-Life Sciences Education 2013 12:3, 322-331)

Upitnik za samoevaluaciju strategija poučavanja nastavnika
- pružanje učeniku vremena za aktivno sudjelovanje u nastavi biologije

_____ 1. Vrijeme za razmišljanje
_____ 2. Dopuštanje „oluje mozgova“ _____ 3.
Razmisli-upari-poveži pojmove
_____ 4. Previše aktivnosti za jedan školski sat

Poticanje, zahtijevanje aktivnog sudjelovanja svih učenika u nastavu _____ 5. Podizanje ruku
_____ 6. Više podignutih ruku, više glasova (ideja)
_____ 7. Nasumično prozivanje učenika

_____ 8. Rad u malim grupama _____ 9. Šetanje
razredom
_____ 10. Nadzor nad radom svakog učenika

Stvaranje „pravedne učionice“ u kojoj su svi učenici jednaki
_____ 11. Naučiti imena svih učenika ili kartice
_____ 12. Integracija kulturnih raznolikosti u nastavne
sadržaje uz promociju jednakosti _____ 13. Organizacija
postaja za različite aktivnosti

_____ 14. Kombinacija raznih strategija poučavanja

_____ 15. Nadzor nad ponašanjem svakog pojedinih
učenika, ali i kontrola vlastitog ponašanja

_____ 16. Postavljanje otvorenih pitanja
_____ 17. Prihvatanje svih odgovora
_____ 18. Pohvale dijeliti s oprezom
_____ 19. Postavljanje pravila u razredu

Poučavanje SVIH učenika biologiji
_____ 20. Početak nastavnog sata odmah nakon zvona
_____ 21. Prikupljanje osvrta, anketiranje

Ostale metode poučavanja koje koristim

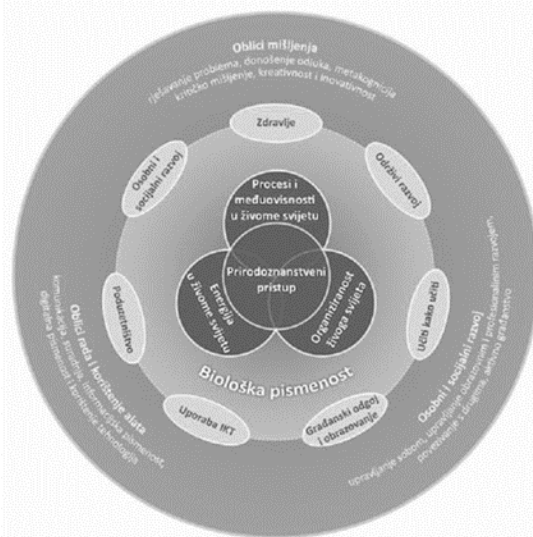
Popuniti praznine pojmovima koji najbolje opisuju vlastite
nastavne satove: N = nikada ne koristim; O = povremeno
koristim; R = koristim redovito; W = želim to iskušati!

Međutim, aspekt poučavanja u učionici, koji se čini stalno podcijenjenim, zapravo ovisi o prirodi "koga" poučavamo. Stvaranjem okruženja za učenje koji učenike u razredu sagledava kao grupu, ali i izdvaja

svakog učenika kao specifičnog pojedinca s različitim potrebama u nastavnom procesu te različitim načinom učenja može se činiti nemogućim zadatkom u razredu koji je nerijetko veći od 25 učenika. Međutim, postoji mnoštvo jednostavnih strategija poučavanja temeljenih na teorijskom istraživanju nastave koje mogu nastavnike biologije usmjeriti u organizaciji nastavnog sata. Ove strategije poučavanja ponekad se nazivaju "pravednim strategijama poučavanja", pri čemu se težnja za "pravednošću u učionici" odnosi na poučavanje svih učenika u učionici, a ne samo onih koji već pokazuju određeni interes prema predmetu, aktivno sudjelujući u nastavi (7). Stoga, težnja za ravnopravnošću odnosi se na nastojanje strukturiranja okruženja u učionici koja podržava pravednost, pri čemu svi učenici imaju mogućnosti verbalnog sudjelovanja, svi imaju vremena za razmišljanje, svi mogu postavljati pitanja, izlagati ideje. Stvaranjem okruženja na nastavnom satu koje ne podržava takvu interakciju, dolazi do „izdvajanja“ samo određene skupine učenika, a ostali postaju pasivni slušači, što u konačnici ne dovodi do usvajanja novih znanja, ali dovodi do određene averzije prema predmetu. Najinovativniji pristupi nastavi biologije, koji su u srži dokumenata i resursa nacionalne politike, ukorijenjeni su u konstruktivističkom okviru (11-13). U konstruktivizmu, učitelji mogu strukturirati učionice s dovođenjem procesa učenja do maksimalnih razina, ali ne treba zaboraviti kako je u konačnici učenje u najvećoj mjeri rad učenika (11). Kao takvo, učenikovo prethodno iskustvo, stav i motivacija prema naučenom te povjerenje u vlastitu sposobnost učenja i sudjelovanje u okruženju koje potiče isto, smatraju se ključnim varijablama u promicanju učenja novih ideja, bilo onih bioloških ili ne (7).

III. POUČAVANJE BIOLOGIJE

Biologija ima zadatak nadahnuti učenike, potaknuti radoznalost, omogućiti im da dožive, uživaju i pobliže istražuju širok spektar fenomena i čudesa koji svijet prirode, upotpunjen/nadopunjen čovjekom, nudi. Cilj nastave je ohrabriti na postavljanje pitanja temeljenih na procjeni, testirati ideje učenika, naučiti ih donositi jednostavne zaključke te upotrebljavati „jezik znanosti“, stručne pojmove (14). Londonsko Kraljevsko društvo biologa u svom priopćenju ukazuje u kojoj mjeri biologija, uistinu, doprinosi stvaranju elementarnog, bazičnog znanja iz prirodoslovlja kroz ukazivanje na bioraznolikosti svijeta u kojemu živimo, stvaranjem osobnih vrijednosti i posljedično odgovornosti i poštovanja prema životu – živim organizmima i okolišu. Biologija nudi učenicima znanje o načinu rada njihova organizma i promjenama s kojima će se sresti -pubertet, daje mogućnost stvaranja brojnih korelacija s drugim znanostima, uz primjenu vještina s kojima se učenici ne susreću često – prikupljanje uzoraka, ispitivanje, sortiranje, procjena (slike 1,3 i 4).



Slika 1. Osnovne smjernice za poučavanje biologije-MZOS: Odluka o donošenju kurikula za nastavni predmet Biologija za osnovne i srednje škole (preuzeto: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html datum pristupa 20.09.2020.)

U poučavanju biologije, odabrane nastavne metode trebale bi podupirati učenje biologije u smislu učenja teorijskih znanja, ali i učenja kako „practicirati biološku znanost“ (15). Dokazi o superiornosti vođenih, usmjeravanih metoda poučavanja objašnjavaju se u kontekstu našeg znanja o ljudskoj kognitivnoj arhitekturi i razlikama u kognitivnom opterećenju. Iako su neupravljeni ili minimalno vođeni nastavni pristupi vrlo popularni i intuitivno privlačni, naglašava se da oni zanemaruju strukture koje čine ljudsku kognitivnu arhitekturu i dokaze iz empirijskih studija tijekom proteklih pola stoljeća, a koje dosljedno ukazuju da je minimalno vođena pouka manje učinkovita, a od nastavnih pristupa koji naglasak stavljaju na usmjeravanje procesa učenja učenika (16). Brojni znanstvenici počinju se baviti problematikom nastave biologije, tvrdeći kako je potreban drastičan zaokret u metodama poučavanja, točnije usmjeravanje učeniku i iskorištavanje njegovog prirodnog nagona, nagona za istraživanjem. Naglasak je stavljen na proces učenja kroz znanstvena istraživanja s ciljem postizanja vrijednih obrazovnih zaključaka i stvaranja brojnih interdisciplinarnih korelacija s drugim predmetima. Stoga, svakom učeniku potrebno je pružiti dovoljno teorijskih znanja koja mu daju potrebnu podlogu za stvaranje autonomnih zaključaka (3, 17). S druge strane, postoje i istraživanja koja ukazuju kako nastavni procesi, temeljeni samo na eksperimentalnom tipu učenja, stvaraju poteškoće za učenikovu takozvanu radnu memoriju, što opet narušava proces učenja (16). Primjena modela aktivnog učenja temeljenih na problemima, pozitivno utječe na akademska postignuća učenika i njihov stav prema prirodoslovnim predmetima (18), dok provedba problemskog učenja i grupnih istraživačkih zadataka potiče učenike na kritičko razmišljanje kroz planiranje, argumentiranje, postavljanje pitanja i problema te pružanje rješenja za predložene probleme (19). Studije također ističu važnosti metoda poučavanja u nastavi biologije s

naglaskom na izvanškolske aktivnosti kao važnog dijela u promicanju održivog razvoja na razini osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja (20).

IV. UDŽBENICI

Nije pretjerano reći kako udžbenik biologije predstavlja organizacijski okvir kurikuluma, a čitanje istoga predstavlja i dalje dominantnu metodu poučavanja. Udžbenici se smatraju klasičnim „nastavnim pomagalom“ koje na neki način u cijelosti upravlja nastavnim procesom. Najviše se koristi u frontalnom načinu izlaganja, gdje nastavnik usmeno prenosi nastavne sadržaje, *ex chatedra*, koristeći ga u usmjeravanju nastavnog sata. U istraživanju Weissa i suradnika iz 1987. godine, preko 90% nastavnika koristi u nastavi samo objavljene udžbenike (21), a nastavom biologije dominiraju predavanja nastavnika i čitanje udžbenika (21, 22). Svako razmatranje reforme nastave iz biologije mora ispitati ulogu udžbenika u nastavi (5). Rasprava o toj temi traje već desetljećima. U prethodno spomenutom istraživanju Weissa i suradnika (1987) 87% nastavnika ne smatra problemom kvalitetu udžbenika. S druge strane, u drugim brojnim, novijim istraživanjima upravo se to nameće kao glavni problem (22-24). U nacionalnom istraživanju Weiss (1987) je ispitao što je nastavnicima najvažnije kod odabranih udžbenika. Najviše ih je odgovorilo kako je razina razumijevanja nastavnih sadržaja glavna determinanta dobrog udžbenika (87% ispitanika), zatim jasno izloženi nastavni sadržaji i dobra organizacija istih (85%), dobri prijedlozi za dodatnim aktivnostima i zadatci za samostalan rad (74%), dok je samo nešto malo više od polovice ispitanika (52%) navelo kako udžbenik mora biti zanimljiv učenicima (21).

Veliki problem u današnjem svijetu predstavlja hiperprodukcija različitih udžbenika. Gould (1988) je, sada već davne 1988. godine, upozorio upravo na taj problem. Analizirajući tada dostupne udžbenike, navodi kako, gotovo svi, autori obrađuju iste teme, poglavlja, skoro identičnim redoslijedom, s ilustracijama koje su tek neznatno promijenjene u svrhu izbjegavanja tužba zbog plagijata te ih naziva klonovima (25). Također, dolazi do stalnog dodavanja novih nastavnih sadržaja zbog novih spoznaja, a nastavnici imaju jednako, fiksno vrijeme, nastavni sat, za „pokriti“ dodatne sadržaje. Upravo zbog toga dolazi do relativnog nedostatka vremena za izvođenje praktične nastave, eksperimenata. Reforma udžbenika, složen je proces u kojemu sudjeluju brojni stručnjaci interdisciplinarnih područja (autori, MZOS, nastavnici, izdavači,...). Postavlja se pitanje kome dati prednost, iako bi svi trebali imati jednaku razinu kontrole (4).

Stvaranje modernih udžbenika koji zadovoljavaju specifične potrebe svakog učenika (prema Carlu Gustavu Youngu postoje četiri kognitivna stila učenja –

intuitivan, osjetilni, misaoni, emotivni (26)), s optimalnom količinom nastavnih sadržaja, ilustracijama koje približavaju kompleksne procese, građu i odnose, problemskih i praktičnih zadataka te daju prostor modernoj tehnologiji, u smislu primjene edukativnih softwarea, čini se kao idealno rješenje. Postići navedeno nije nimalo lak zadatak.

V. TEHNOLOGIJA

Obzirom da živimo u 21. stoljeću, stoljeću tehnologije, gdje se djeca od najranije dobi susreću s računalima, mobitelima i drugim tehnološkim uređajima, neophodno je klasičnu učionicu, a time i nastavu „obogatiti“, njima svakodnevno upotrebljavanom, tehnologijom. Nacionalni okvirni kurikulum – NOK, (2010), navodi uporabu informacijske i komunikacijske tehnologije kao jednu od međupredmetnih tema te definira temeljne vještine koje treba razviti kod učenika (27). Kako bi se informacijske i komunikacijske tehnologije uspješno implementirale u nastavu, potrebno je postojanje infrastrukture i materijalnih uvjeta u školama te kompetentni, educirani nastavnici (28), koji će izrađivati vlastite ili primjenjivati gotove računalne sadržaje. Prema istraživanju provedenom od strane IT Trade Association CompTIA, otprilike 75% nastavnika smatra kako je uvođenje tehnologije ostavilo pozitivan dojam na edukaciju učenika (29). Drugo istraživanje navodi kako među nastavnicima u teoriji postoji velika zainteresiranost za primjenu informacijskih i komunikacijskih tehnologija u nastavi, dok je stvama primjena u praksi oskudna (30). Istraživanje Soetaeta i suradnika ukazuje na poteškoće inkorporiranja informacijskih i komunikacijskih tehnologija u standardizirani kurikulum, navodeći kako su vjerojatne zapreke manjak resursa, znanja i vještina te pedagoške poteškoće (31).

Primjena edukacijske tehnologije ima veliki potencijal u poboljšanju nastave biologije, no nažalost prema istraživanju Rosenthala i suradnika (2008) na tržištu još uvijek nema dovoljno dobrih računalnih programa specijaliziranih za nastavu biologije, koji u isto vrijeme zadovoljavaju kriterij izvrsnosti i financijske pristupačnosti (4). Virtualni laboratoriji kao i različite simulacije virtualnih mikroskopa i drugih aplikacija i programa imaju veliki potencijal za uvrštenjem u standardni nacionalni kurikulum biologije. Ovakav način poučavanja omogućava izvođenje brojnih pokusa, koje u školskim uvjetima nije moguće izvesti, skraćuje vrijeme pripreme, što dovodi do uštede i novaca i vremena, koji potom mogu dodatno biti usmjereni na nastavni proces. Učenicima se približavaju brojni procesi, složeni odnosi, kompleksna građa, dolazi do „materijaliziranja“ teorijskog znanja. Takva tehnologija omogućava aktivno sudjelovanje, smještava pojave u

realno vrijeme te potiče stvaranje novih, kompleksnijih kauzalnih odnosa.

Nažalost, primorani trenutnom situacijom u smislu pandemije SARS-CoV2, veći dio protekle školske godine, odrađeni su u e-obliku. Iako još nema istraživanja provedenih na tu temu, rezultati jednog drugog istraživanja Bulić i suradnici (2017) ohrabruju i daju dodatan poticaj za vlastitim usavršavanjem, osmišljavanjem i implementacijom novih tehnologija. Naime, istraživanje je pokazalo kako nije postojala značajna razlika u usvojenosti nastavnih sadržaja iz nastave Prirode i društva i Biologije među učenicima koji su pratili tradicionalan tip nastave (frontalno izlaganje i aktivno učenje mapiranjem) u odnosu na drugu skupinu koja je u cijelosti pratila nastavu u e-obliku (32).

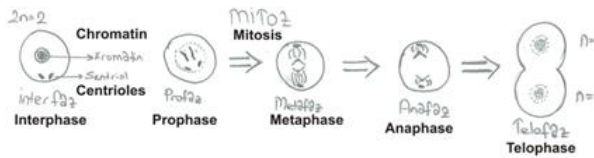
VI. POUČAVANJE STANIČNOG CIKLUSA

Obzirom da su metodičke kompetencije nastavnika karakteristične za svaku pojedinu temu, svrha ovog poglavlja je istražiti što je već poznato o konceptu mitoze i mejoze u kontekstu poučavanja, a može poslužiti u daljnjem razvoju nastavnih strategija. Stanična biologija, temelj modernih saznanja o životu, proučava osnovne životne aktivnosti stanice na mikroskopskoj, submikroskopskoj i molekularnoj razini. Stanica je osnovna jedinica živih bića, u kojoj se odvijaju procesi od životnog značaja za svaki pojedini organizam (33). Činjenica je kako učenici teško razumiju stanične procese, jer se oni, kako je prethodno navedeno, događaju na molekularnoj razini, razini koja golim okom nije vidljiva. Pregledom Nacionalnog obrazovnog kurikuluma Biologije (2019), pojmove mitoze i mejoze učenici prvi puta susreću u osmom razredu te se nastavni sadržaji "produbljuju" u drugom i četvrtom razredu srednje škole (2). Dakle, učenici prije završetka srednjoškolskog obrazovanja, ukupno tri puta susreću na satovima biologije navedene pojmove.

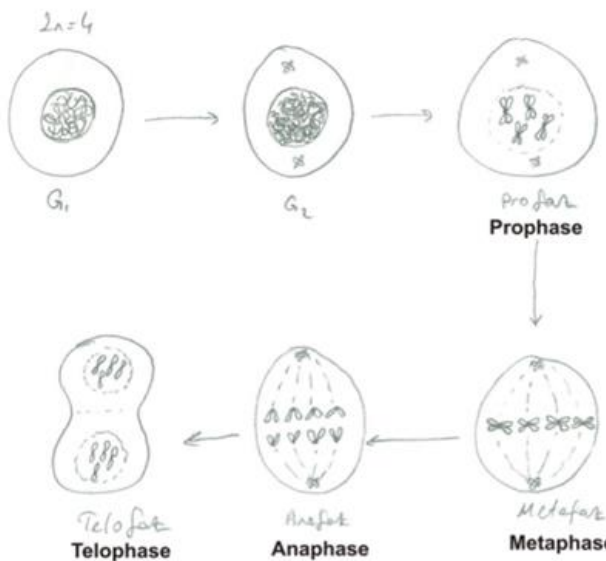
Mejoza je specijalizirana stanična dioba koja stvara spolne stanice. Za razliku od mitoze, diobe kojom nastaju nespolne stanice, molekularni mehanizmi i regulacija mejoze puno su manje razumljivi jer su kompleksniji. Mejoza s mitozom dijeli sličnosti u mehanizmima i regulaciji samog procesa, ali također postoje bitne razlike (34). Primjerice, temeljito razumijevanje mejoze zahtijeva od učenika integraciju složenih pojmova usko povezanih sa strukturom i funkcijom kromosoma. Brojne studije pokazuju kako većina učenika bolje usvoji mitozu, a ima više problema s razumijevanjem mejoze, što se može objasniti složenijim procesom (35-38). Istraživanje Dikmenli i suradnika (2009) (Sveučilište Selcuk (Turska), Prirodoslovno-matematički fakultet) provedeno među studentima prve godine studija Biologije, nastavničkog usmjerenja, ukazuje kako brojni studenti na studij dolaze

s različitim, netočnim činjenicama o mitozu i mejozi (eng. misconceptions) (33). Iako su stručnjaci identificirali nekoliko uobičajenih zabluda i poteškoća s navedenim temama, nije jasno zašto učenici prihvaćaju te ideje ili zašto je tako teško promijeniti konceptualne modele. Koncepti povezani s diobom stanica i mejozom presudni su za jasno razumijevanje brojnih čimbenika života, uključujući razmnožavanje, biologiju stanica, genetiku i evoluciju. Dikmenli (2010) navodi kako se malo promijenilo u načinu predavanja gradiva o mitozu i mejozi, a razumijevanje se nije poboljšalo (39). Partnerstvom Nacionalnog društva genetičkih savjetnika i Američkog društva za humanu genetiku, nastao je natjecaj u kojemu su sudjelovali učenici srednjih škola iz cijele države, pisanjem eseja u sklopu Nacionalnog dana DNA (40). Temeljita analiza 500 eseja (2443 prikupljena tijekom dvogodišnjeg natjecanja) otkrila je vrlo zanimljiv nalaz. Učenici su 2007. imali jednake zabluda kao i učenici 2000. godine (iz usporedive studije Nacionalne procjene obrazovnog procesa), unatoč razvoju tehnologije i proširivanju znanja iz područja genetike i stanične biologije u navedenom razdoblju. Najviše zabluda odnosi se na obrazac nasljeđivanja genetičkog materijala u mejozi (40). Dvije najčešće zabluda učenika o diobi mejozičkih stanica odnose se na strukturu kromosoma. Kindfield (1994) je ukazala kako „studenti često vjeruju kako je struktura kromosoma funkcija broja kromosoma ili ploidijske“. Tvrdila je da, kako bi učenici pravilno razumjeli ploidijsku, moraju razmišljati o kromosomima, i repliciranim i ne repliciranim te je nastavnicima sugerirala da jasno diferenciraju koncept strukture kromosoma i broja kromosoma (35). Sljedeći uobičajeni problem je taj što učenici pogrešno vjeruju kako kromosomi s dvije molekule DNA u diploidnim stanicama (nastali replikacijom) nastaju fuzijom dva kromosoma s jednom DNA molekulom, po jednog od svakog roditelja. Ova zabluda o "formiranju oplodnjom", koju je prvi izvijestio Smith (1991.), može ozbiljno ometati sposobnost učenika u razumijevanju glavne točke mejoze (41). Prethodno spomenuto istraživanje Dikmenli i suradnika, obuhvatilo je 124 studenata prve godine studija. Svi su imali jednak zadatak, nacrtati ciklus mitoze i mejoze. Crteži su nakon analize raspoređeni u 5 skupina (I. skupina – prazan list ili odgovor „ne znam“; II. skupina – nereprezentativan crtež, nemoguće je razlikovati nacrtane elemente; III. skupina – crteži koji ukazuju na određeno razumijevanje, ali uz određenu pogrešku, zabludu (slika 2); IV. skupina – crteži koji djelomično zadovoljavaju, odnosno sve što je nacrtano je točno, ali nedostaju određeni elementi (slika 3); V. skupina – reprezentativan crtež koji odražava studentovo razumijevanje mitoze i mejoze (slika 4). Crtanje mitoze u potpunosti je zadovoljilo tek 28 studenata (V. skupina), 19 studenata djelomično (IV. skupina), 46 crteža mitoze sadržavalo je određene zabluda (III. skupina), dok su 5 bila nereprezentativna (II. kategorija) te 2 prazna papira (I. kategorija). Reprezentativnih crteža mejoze bilo je tek 13 (V.

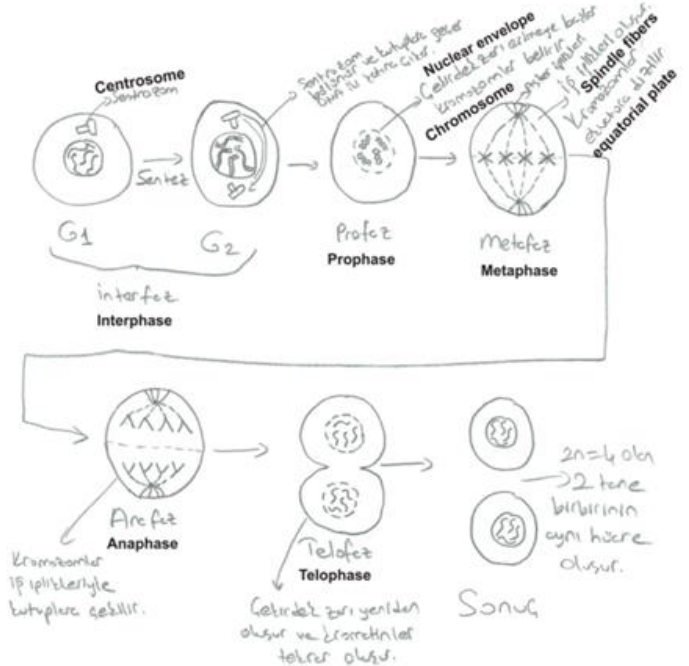
skupina), 16 je djelomično zadovoljilo (IV. skupina), 54 je sadržavalo krive informacije (III. skupina), 13 nije bilo moguće analizirati (II. skupina) te su bila 4 prazna papira (I. skupina) (39). Najviše pogrešaka bilo je u nemogućnosti razumijevanja i razlikovanja duplikacije, sparivanja i razdvajanja, kao i determinacije u kojem dijelu staničnog ciklusa dolazi do prethodno navedenih pojmova (41). Iako spomenuta studija nije provedena u Republici Hrvatskoj, jasno je kako učenici diljem svijeta imaju jednakih problema. Autorica predlaže u svrhu poboljšavanja razumijevanja tema povezanih s protokom genetičkih informacija, aktivno učenje u smislu aktivnosti koje vode učenika (simulacije, konceptualno mapiranje,...) u uspostavljanju vlastitih, smislenih veza između dinamičnosti i strukture kromosoma i staničnih procesa koji prema rezultatima brojnih istraživanja predstavljaju najveći problem.



Slika 2. Primjer crteža III. skupine
Dikmenli M. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. Scientific Research and Essays. 2010;5(2):235-47. -datum pristupa i preuzimanja 20.09.2020.



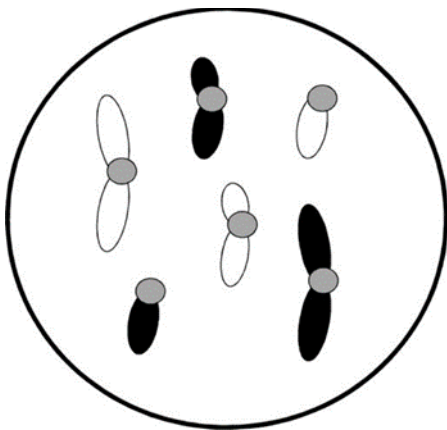
Slika 3. Primjer crteža IV. skupine
Dikmenli M. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. Scientific Research and Essays. 2010;5(2):235-47. -datum pristupa i preuzimanja 20.09.2020.



Slika 4. Primjer crteža V. skupine
Dikmenli M. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. Scientific Research and Essays. 2010;5(2):235-47. -datum pristupa i preuzimanja 20.09.2020.

Istraživanje Newman i suradnika (2012), provedeno među studentima druge godine studija Biologije na samom početku kolegija Stanična biologija, s ciljem procjene razumijevanja reproduktivnih ciklusa, ukazalo je na brojne „rupe u razumijevanju“ (33). Naime, studenti su se već susreli s mitozom i mejozom na prvoj godini studija, ali i tijekom srednjoškolskog obrazovanja. Istraživanje je uključivalo 131 ispitanika koji su bili zamoljeni ispuniti test otvorenog tipa. Svi studenti dobili su jednaku sliku (slika 5) na kojoj je prikazana stanica s tri para nerepliciranih kromosoma te su na temelju iste morali prikazati glavne faze mejoze, ilustrirajući na taj način strukturu i „ponašanje“ kromosoma tijekom diobe. Ilustracija je sadržavala tri maternalna kromosoma (majčina podrijetla) te tri paternalna kromosoma (očeva podrijetla), prikazanih kao tri bijele, odnosno tri crne strukture odgovarajuće veličine i oblika za svaki homologni par. Analiza njihovih objašnjenja pokazala je slične propuste važnih koncepata. Iako je većina studenata površno pokazala ukupnu sliku mejotičke diobe (iz jedne stanice s kompletnim skupom uparenih kromosoma nastaju četiri stanice s jednom kopijom svakog kromosoma), većina nije pokazala dublje razumijevanje molekularnih mehanizama i posljedica koje pokreću proces. Primjerice, samo je 33% modela uključivalo fizičko dodirivanje kromosoma, samo 21% studenata spominjalo je genetski sadržaj u svojim opisima, a samo 14% smatra potrebnim navesti svrhu mejoze. Autor vjeruje kako studenti biologije ne prenose svoje znanje o DNK povezujući različite razine zastupljenosti s kojima se mogu susresti: slike cijelih kromosoma (bilo fotografije ili dijagrami kondenziranih kromosoma u diobi stanice), submikroskopske slike (npr. DNA

sekvenca ili kemijska struktura), ili simboličke slike (npr. dijagram gena predstavljen "kutijama" (eng. boxes) za promotor i kodirajuće regije). Autor je korelaciju pronašao sa Johnstonovim trokutom u kemiji, u kojem studenti imaju poteškoća u kretanju između makroskopskih (npr. kristali soli), submikroskopskih (npr. dijagram kemijske strukture) i simboličkih (npr. kemijske jednadžbe) prikaza istog fenomena (38). U istraživanju brojni studenti pogriješili su u prikazu replikacije (npr. dodavanjem dodatnih krakova na akrocentrične kromosome, umjesto ispravne kromosomske replikacije) ili uopće nisu uspjeli uključiti korak replikacije. Autori objašnjenje pronalaze u činjenici da kada se studentima predstavi prikaz kromosoma (kao na slici 1), oni rade na samo jednom mentalnom modelu (nešto slično makroskopskom štapiću) kako bi riješili problem. Većina studenata ne razmišlja o kromosomima na molekularnoj razini (DNA sekvenca) iako im je predstavljen prikaz cijelog kromosoma, jer bi inače manje ispitanika "zaboravilo" uključiti korak replikacije DNK ili napravilo nelogične pogreške, poput spajanja dvaju nerepliciranih kromosoma od kraja do kraja, dodavanja dodatnih krakova na akrocentrične kromosome ili jednostavno dodavanja/brisanja kromosoma kako bi se stvorio paran broj kromosoma nakon druge mejozičke diobe.



Slika 5. Prikaz stanice korišten u istraživanju

Newman DL, Catavero CM, Wright LK. Students fail to transfer knowledge of chromosome structure to topics pertaining to cell division. CBE Life Sci Educ. 2012;11(4):425-36. datum pristupa i preuzimanja: 01.09.2020.

Ozcan zajedno sa svojim suradnicima (2011) proveo je istraživanje s ciljem otkrivanja pogrešnih predodžbi ili alternativnih mišljenja o mejozi među studentima prve godine (N=28) Sveučilišta Balikesir, usmjerenja Biologija (42). Na temelju analize ispita sačinjenog od 10 otvorenih pitanja te kasnijeg usmenog izlaganja, dobiveni su zanimljivi rezultati koji potvrđuju tezu o teškom usvajanju nastavnih sadržaja iz mejoze. Ono što su studenti najteže razumjeli bili su događaji tijekom interfaze. Četvrtina ispitanika nije znala da se tijekom interfaze, zajedno s DNK, organeli također dupliciraju

te je pokazala nerazumijevanje odnosa između gena, kromosoma i DNK. Autor navodi kako nedostaci proizlaze iz srednjoškolskog obrazovanja, uglavnom kao rezultat dominantne metode poučavanja temeljene na pamćenju golih činjenica. Drugim razlogom navodi složenost samoga procesa umnožavanja te predlaže rješenje problema u smislu aktivnog učenja. Potrebno je i dalje raditi na usavršavanju, osmišljavanju novih nastavnih strategija, implementaciji novih tehnologija, kako bi identificirane moguće nove pogreške te ih ispravili.

VII. DRŽAVNA MATURA

Matura (lat. maturitas, maturus) latinski je naziv za ispit kojim završava srednjoškolsko obrazovanje, ili takozvani "ispit zrelosti", u brojnim europskim zemljama, kao što su Austrija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Hrvatska, Češka, Mađarska, Italija, Poljska, Srbija, Slovenija, Švicarska,... Polazu je mlade odrasle osobe (obično u dobi od 17 do 20 godina) u svrhu završetka srednjoškolskog programa i prijave na sveučilišta ili druge visokoobrazovne ustanove. Matura se može usporediti s A-Level ispitima (Velika Britanija), Abitur (Njemačka) ili Baccalauréat (Francuska) te SAT (SAD) (43).

Državna matura u Republici Hrvatskoj (polaže se od 2010. godine), obavezan je završni pisani ispit koji učenici gimnazijskih programa polažu nakon završetka četvrtog razreda srednjoškolskog obrazovanja. Slično tome, srednje obrazovanje učenika u strukovnim i umjetničkim srednjim školama koje traju najmanje četiri godine, završava izradom i obranom završnoga rada u organizaciji i provedbi škole. Obvezu polaganja državne mature imaju samo učenici gimnazija, dok učenici strukovnih i umjetničkih škola državnu maturu polažu jedino ukoliko planiraju nastaviti svoje obrazovanje na nekom od visokih učilišta. Državnom maturom se provjeravaju i vrednuju postignuta znanja, vještine i sposobnosti učenika koje su prethodno stekli tijekom obrazovanja u osnovnoj i srednjoj školi u skladu sa propisanim nastavnim planovima i programima (44). Na temelju rezultata državne mature, objektivno i nepristrano ocjenjuje se znanje svakog pojedinog učenika, ali dobiva se i skupni rezultat koji je usporediv s drugim zemljama i pruža vrijedne statističke mogućnosti.

Državnu maturu u suradnji sa školom provodi Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja (NCVVO) (44).

VII.I. BIOLOGIJA NA DRŽAVNOJ MATURI

Razmnožavanje i razvoj organizama

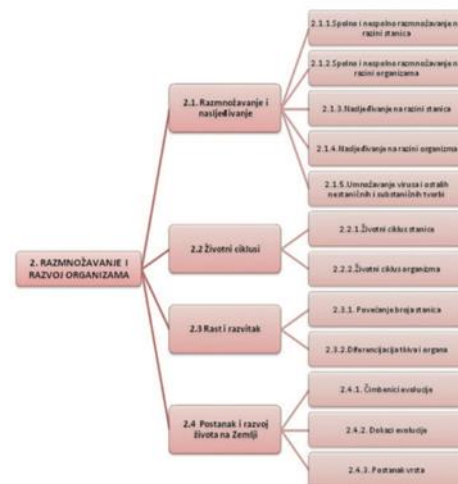
Biologija se na Državnoj maturi polaže kao izborni predmet, uz one obvezne (Matematika, Hrvatski jezik te strani jezik koji učenici slušaju najmanje dvije godine u srednjoj školi). Znanje koje se provjerava na ispitu, svake je godine sažeto u ispitnom katalogu koji izdaje NCVVO. Ispitni katalog usklađen je s odobrenim četverogodišnjim nastavnim planom i programom za Biologiju u gimnazijama (45).

Za potrebe izrade kataloga (analiziran ispitni katalog za školsku godinu 2019./2020.), definirano je pet područja unutar Biologije: organiziranost živoga svijeta, razmnožavanje i razvoj organizama, tvari i energija u životnim procesima, ravnoteža i međuovisnosti u živome svijetu te biološka pismenost (slika 6.) (46). Područja odgovaraju makrokonceptima koji sažimaju osnovna načela živoga svijeta i koji su osnova za razumijevanje svih životnih procesa. Raščlambom makrokoncepta dolazi se do konkretnih primjera u kojima se zajednički obrasci mogu prepoznati. Tijekom pripremanja ispita, nije dovoljno iz kataloga uzeti u obzir samo sadržaje kao osnovu učenja, već treba obratiti pozornost na poveznice, korelacije unutar samoga predmeta Biologije, ali i ostalih prirodoslovnih predmeta. Biološka pismenost definirana je kao krovni obrazac u Biologiji, odnosno prirodoslovlju i u funkciji je razvoja prirodoslovne pismenosti koja se smatra jednom od ključnih kompetencija suvremenoga građanina. Prema projektu *PISA prirodoslovna pismenost definirana je kao sposobnost korištenja prirodoslovnoga znanja, prepoznavanja pitanja i izvođenja zaključaka temeljenih na dokazima radi razumijevanja i lakšega donošenja odluka o prirodnome svijetu i promjenama koje u njemu izaziva ljudska aktivnost* (47).



Slika 6. 5 područja, makrokoncepta iz ispitnog kataloga predmeta Biologije (2019./2020.)
NCVVO, Ispitni katalog za državnu maturu u školskoj godini 2019./2020. - Biologija, (2019):p-7 datum pristupa 05.09.2020.

Razmnožavanje i razvoj organizama obuhvaća sadržaje citologije, genetike, evolucije, fiziologije životinja i biljaka, botanike i zoologije. Makrokoncept razmnožavanja i razvoja organizama ima cilj objediniti poimanje temeljnih obilježja razmnožavanja živih bića kao polazišne točke za rast i razvoj organizama i to počevši od stanice kao najniže razine preko jednostaničnoga do višestaničnoga organizma. Posebno je važno da ovo područje obuhvati i razvoj organizama tijekom evolucije i to od njihova nastanka pa do današnjih dana, uočavajući brojne promjene koje su nastale tijekom godina, stoljeća,... Važno je da učenici uoče i povežu mehanizme prenošenja nasljednih osobina s roditelja na potomke te epigenetski utjecaj čimbenika iz okoliša kao glavne determinante fenotipa. Poseban ja naglasak stavljen na životni ciklus stanice kao ishodište svih ostalih koncepta.



Slika 6. Opis područja iz „Razmnožavanja i razvoja organizama“

NCVVO, Ispitni katalog za državnu maturu u školskoj godini 2019./2020. - Biologija, (2019):p-9; datum pristupa 05.09.2020.

Ovo područje zastupljeno je sa čak 22 boda (od ukupno 80) što ukazuje na važnost razumijevanja znanja iz navedenih koncepta (46).

VIII. PLAN ISTRAŽIVANJA

Obzirom na prethodno navedene činjenice, proizlazi zaključak kako je poučavanje staničnih ciklusa mitoze i mejoze složen proces za nastavnika, a razumijevanje istoga za učenika. U tijeku je istraživanje dostupnih nastavnih sadržaja koji bi mogli unaprijediti i olakšati proces poučavanja i učenja koncepta životnog ciklusa stanice koji uključuje diobe, mitozu i mejozu, u tom smislu provest će se inicijalno testiranje za učenike I i IV razreda definiranih općih gimnazija Hrvatske u svrhu usporedbe znanja s „kojim učenici dolaze i odlaze“ iz srednje škole. U suradnji s NCVVO, istraživanje će obuhvatiti i višestruku analizu zadataka iz koncepta mitoze i mejoze s ispita državne mature u zadnjih nekoliko godina te ih usporediti i povezati s načinima poučavanja u okviru predmetnog kurikulumu Biologije, kao i kreiranje vlastitih poučavanja uključivši različite metode rada kao i prijedloge za izvođenje pokusa i mikroskopiranje faza mitoze i mejoze. S učenicima IV razreda provest će se i testiranja s ispitima znanja iz definiranih koncepta nakon obrade tih tema te rezultate usporediti s rezultatima ispita znanja na državnoj maturi. Pripremit će se i provesti ankete za nastavnike biologije i učenike u svezi formativnog vrednovanja, odnosno, dobivanja povratne informacije o poučavanju i rezultatima poučavanja definiranih koncepta.

LITERATURA

- [1] Odluka o donošenju kurikulumu za nastavni predmet biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj. In: MZOS, editor. Zagreb: Narodne Novine; 2019.
- [2] Sciences NAoSCoRitL. The Life Sciences: Recet Progress and Application to Human Affairs: The World of Biological Research Requirements for the Future. National Academies Press; 1970.
- [3] Rosenthal D, and R. W. Bybee. Emergence of the biology curriculum: A science of life or a science of living? Popkoowitz T, editor. New York: Falmer Press; 1987.
- [4] Education NRCUCoH-SB. High-School Biology Today and Tomorrow. In: WG R, editor.; Washington DC: National Academies Press; 1989.
- [5] Veselinovska Stavreva S, Gudeva Koleva L. Applying appropriate methods for teaching. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2011;15:287-2842.
- [6] Allen D, Tanner K. Approaches to cell biology teaching: questions about questions. Cell Biology Education. 2002;1(3):63-7.
- [7] Kearney P, Plax, T.G., Hays, E.R., Ivey, M.J. College teachers misbehaviors: what students do not like about what teachers say and do. Communication Quarterly. 1991;39(4):325-40.
- [8] Bašić S. Odgoj - Osnove suvremene pedagogije. Mijatović A, editor. Zagreb: Hrvatski pedagoško književni zbor; 1999.
- [9] Maltar Okun T, Doultik, K. Učeničke procjene osobina učiteljica prirode/biologije. Školski vjesnik. 2018;67(1):17-37.
- [10] Posner GJ, Strike KA, Hewson PW, Gertzog WA. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science education. 1982;66(2):211-27.
- [11] Handelsman J, Ebert-May D, Beichner R, Bruns P, Chang A, DeHaan R, et al. Scientific teaching. American Association for the Advancement of Science; 2004.
- [12] Brewer CA, Smith D. Vision and change in undergraduate biology education: a call to action. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC. 2011.
- [13] Biology TSo. Position Statement on Primary Science - The importance of biology in the primary curriculum: engaging learners in the life sciences www.societyofbiology.org: The Society of Biologi; 2014 [Available from: https://www.rsb.org.uk/images/SB/FINAL_SB_Position_statement_on_primary_science.pdf.
- [14] Spörhase U. Welche allgemeinen Ziele verfolgt Biologieunterricht. Biologie Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, 5th ed; Spörhase, U, Ed. 2012:24-61.
- [15] Kirschner PA, Sweller J, Clark RE. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. Educational Psychologist. 2006;41(2):75-86.
- [16] Hof S. Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. 2011.
- [17] Aknoğlu O, Tandoğan RÖ. The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning. Eurasia journal of mathematics, science and technology education. 2007;3(1):71-81.
- [18] Asyari M, Al Muhdhar MHI, Susilo H. Improving critical thinking skills through the integration of problem based learning and group investigation. International Journal for Lesson and Learning Studies. 2016.
- [19] Jeronem EP, I.; Yli-Panula, E. Teaching Methods in Biology Education and Sustainability Education Including Outdoor Education for Promoting Sustainability—A Literature Review. Education Sciences. 2017;7:1-19.
- [20] Weiss I. National Survey of Science and Mathematics Education. Research Triangle Park, N.C.: Research Triangle Institution; 1987.
- [21] Mullis I, and L. Jenkins. The Science Report Card. Princeton, N.J.: Educational Testing Service; 1988.
- [22] Carter J. Who determines textbook content? SciTeach. 1987;16.
- [23] Armbruster B. Readability formulations may be dangerous to your textbooks. EducLeader. 1985;42(7):18-20.
- [24] Gould SJ. The case of the creeping fox terrier done. Or why Henry Fairfield Osborn's ghost continues to reappear in our high schools. Nat Hist. 1988:19-24.
- [25] Bognar L. M, M. Didaktika. Zagreb: Školska knjiga; 2002.
- [26] MZOS. Nacionalni okvirni kurikulum za predškolski odgoj i obrazovanje te opće obvezno i srednjoškolsko obrazovanje. Zagreb: Republika Hrvatska; 2010.
- [27] Kostović-Vranješ V. Osposobljavanje učitelja za primjenu informacijsko-komunikacijske tehnologije u nastavi prirode i društva. Školski vjesnik. 2014;63(3):287-307.
- [28] Cox J. Benefits of Technology in the Classroom TeachHub2019 [Available from: <https://www.teachhub.com/technology-in-the-classroom/2019/11/benefits-of-technology-in-the-classroom/>.

- [29] Waite S. Tools for the job: a report of two surveys of information and communications technology training and use for literacy in primary schools in the West of England. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2004;20(1):11-21.
- [30] Soetaert R, van Belle G. Breakdown into the Virtual User-Involved Design and Learning. *Journal of Technology and Teacher Education*. 2001;9.
- [31] Bulić M, Jelaska I., Mandić Jelaska, P. Utjecaj e-učenja na usvojenost ishoda učenja u nastavi Prirode i Biologije. *Croatian Journal of Education*. 2017;19(2):447-77.
- [32] Newman DL, Catavero CM, Wright LK. Students fail to transfer knowledge of chromosome structure to topics pertaining to cell division. *CBE Life Sci Educ*. 2012;11(4):425-36.
- [33] Ohkura H. Meiosis: an overview of key differences from mitosis. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2015;7(5):a015859.
- [34] Kindfield AC. Confusing chromosome number and structure: A common student error. *Journal of Biological Education*. 1991;25(3):193-200.
- [35] Stewart J, Dale M. High School Students' Understanding of Chromosome/Gene Behavior during Meiosis. *Science Education*. 1989;73(4):501-21.
- [36] Stewart J, Hafner B, Dale M. Students' alternate views of meiosis. *The American Biology Teacher*. 1990;52(4):228-32.
- [37] Johnstone AH, Mahmoud N. Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of biological Education*. 1980;14(2):163-6.
- [38] Dikmenli M. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*. 2010;5(2):235-47.
- [39] Shaw KRM, Van Horne K, Zhang H, Boughman J. Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*. 2008;178(3):1157-68.
- [40] Smith MU. Teaching cell division: Student difficulties and teaching recommendations. *Journal of College Science Teaching*. 1991:28-33.
- [41] Ozcan T, Yıldırım O, Özgür S. Determining of the University Freshmen Students' Misconceptions and Alternative Conceptions about Mitosis and Meiosis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012;46:3677-80.
- [42] History of the Matura Ljubljana: Državni izpitni center; 2013 [
- [43] Pravilnik o polaganju državne mature, 82 (2012).
- [44] MZOS. Glasnik Ministarstva prosvjete i športa. 1995.
- [45] NCVVO. Ispitni katalog za državnu maturu u školskoj godini 2019./2020. -BIOLOGIJA. Zagreb: NCVVO; 2019.
- [46] PISA. Green at Fifteen? How 15-year-olds perform in environmental science and geoscience in PISA 2006. Programme for International Student Assessment; Italy: OECD; 2009.
- [47] Ruščić M, Vidović A., Kovačević G, Sirovina D. The Use microscope in School Biology Teaching//Resolution and discovery, 3 (2018), 1; 13-16.