Razumijevanje koncepta razmnožavanja tijekom učenja biologije u osnovnoj školi

Golubić, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:247606

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Monika Golubić

Razumijevanje koncepta razmnožavanja tijekom učenja biologije u osnovnoj školi

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Ovaj rad je izrađen pri katedri za Metodiku nastave biologije na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ines Radanović. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici, prof. Ines Radanović na ljubaznosti, pristupačnosti, vremenu i trudu te svim savjetima i strpljenju kojima mi je pomogla u izradi ovoga rada.

Zahvaljujem se profesoricama Marijani Bastić, Valeriji Begić, Lydiji Lugar te Aniti Mustać za ustupljene materijale korištene pri izradi ovog rada.

Veliko hvala mojoj obitelji – roditeljima Nadi i Tomislavu te bratu Antoniju, za svaki dan strpljenja i podrške tijekom studija, ali i kroz cijeli život.

Baki i djedu, mojoj velikoj obitelji i kumovima hvala na podršci i veselju koje je slijedilo svaki položeni ispit.

Hvala svim prijateljima, a posebno Katarini i Josipu, za strpljenje i prijateljstvo koje mi je pomoglo u svim teškim trenutcima tijekom studija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

RAZUMIJEVANJE KONCEPTA RAZMNOŽAVANJA TIJEKOM UČENJA BIOLOGIJE U OSNOVNOJ ŠKOLI

Monika Golubić

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Cilj ovog istraživanja je odrediti usvojenost i konceptualno razumijevanje makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma* među učenicima 7. i 8. razreda osnovnih škola, na temelju učeničkih odgovora na pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. i 2017. godine. Analiza učeničkih odgovora uključivala je specifično kodiranje odgovora i tumačenje biološkog značenja odgovora učenika. Izdvojeni su i objašnjeni problemi i miskoncepcije vezani uz koncept razmnožavanje te su analizirane konceptualne mape uz udžbenike biologije za osnovnu školu. Utvrđeno je postojanje problema kod usvojenosti koncepta razmnožavanje te su uočene miskoncepcije kod ključnog koncepta životni ciklus stanice, kao i kod razumijevanja procesa oplodnje. Utvrđene miskoncepcije ukazuju na nužnu promjenu organizacije nastavnih sadržaja biologije, kao i na potrebu uvođenja novih nastavnih strategija s naglaskom na aktivnost i samostalni rad učenika.

(stranica 107, slika 80, tablica 25, literaturnih navoda 56, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Centralnoj biblioteci Biološkog odsjeka, Rooseveltov trg 6.

Ključne riječi: osnovna škola, natjecanje iz biologije, konceptualne mape, konceptualno razumijevanje

Voditelj: Prof. dr. sc. Ines Radanović, izv. prof.

Povjerenstvo:

Rad prihvaćen: 30.11.2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation thesis

UNDERSTANDING THE CONCEPT OF REPRODUCTION DURING LEARNING BIOLOGY IN PRIMARY SCHOOL

Monika Golubić

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

The aim of this study was to determine the conceptual understanding of the macroconcept of *Reproduction and organism development* among students of the 7th and 8th grade of primary schools, based on students' answers to questions in relation to the macroconcept of *Reproduction and organism development* at the regional competition in Biology in 2015 and 2017. Analysis of the students' answers included specific coding of the answers and interpreting the biological importance and meaning of each answer. Problems and misconceptions in relation to the concept of reproduction were singled out and explained and there was an analysis of expert-made conceptual maps from student's books in primary school biology. The analysis showed there is a problem with understanding the concept of reproduction and there are misconcepcions based around the key concept of cell life cycle, as well as misunderstandings of the process of fertilization. Misconceptions found in this study show the necessity of changing the organization of contents taught in primary school biology and the need for using new teaching strategies, based on the students' activity and individual work.

(107 pages, 80 figures, 25 tables, 56 references, original in Croatian language)
Thesis deposited in Central Department of Biology, Rooseveltov trg 6
Keywords: primary school, competition in biology, conceptual maps, misconceptions
Supervisor: Dr. Ines Radanović, Assoc. Prof.
Reviewers:

Thesis accepted: 30.11.2017.

SADRŽAJ

1. **UVOD** ... 1

1.1. Definiranje koncepta, predkoncepcija, miskoncepcija, alternativnih koncepcija ... 1

1.2. Biološki konceptni okviri ... 2

1.3. Kognitivne razine znanja ... 4

1.4. Utvrđivanje pogrešnih koncepcija i ispitivanje konceptualnog razumijevanja ... 6

1.5. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* u nastavi prirode i biologije u osnovnoj školi ... 8

1.6. Natjecanje iz biologije ... 10

1.7. Konceptualne mape ... 11

1.8. Cilj istraživanja ... 12

2. METODE ... 13

3. REZULTATI ... 16

3.1. Analiza pisanih provjera za 7. razred ... 16

3.1.1. Analiza riješenosti provjere za 7. razred ... 16

3.1.2. Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* ... 19

3.1.2.1. Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* s Županijskog natjecanja 2015. 19

3.1.2.2. Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* s Županijskog natjecanja 2017. 32

3.1.3. Analiza odgovora na pitanja na osnovu klasa riješenosti ... 47

3.1.4. Pojave miskoncepcija prema klasama riješenosti provjere ... 48

3.1.5. Analiza kognitivne vrijednosti pitanja ... 52

3.1.6. Analiza vrjednovanja provjere ... 54

3.2. Analiza pisanih provjera za 8. razred osnovne škole ... 56

3.2.1. Analiza riješenosti provjere za osmi razred ... 56

3.2.2. Analiza pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* ... 58

3.2.3. Analiza odgovora učenika na osnovu klasa riješenosti ... 81

3.2.4. Pojave miskoncepcija prema klasama riješenosti provjere ... 82

3.2.5. Analiza kognitivne vrijednosti pitanja ... 85

3.2.6. Analiza vrjednovanja provjere ... 87

3.3. Analiza ekspertnih konceptualnih mapa ... 87

4. RASPRAVA ... 95

5. ZAKLJUČCI ... 101

6. LITERATURA ... 102

7. PRILOZI ... 107

1. UVOD

Nastava biologije u hrvatskim je školama usmjerena na reprodukciju sadržaja, čiji se opseg povećava zahvaljujući novim znanstvenim otkrićima. U posljednjih dvadesetak godina nastava biologije nastoji se unaprijediti radom na dubljem učeničkom razumijevanju znanstvenih principa i koncepata, umjesto na jednostavnoj reprodukciji znanstvenih činjenica (Momsen i sur., 2010, Wood, 2009). Dosadašnji oblici nastave i učenja od učenika su očekivali reprodukciju velikog broja činjenica, koje su učenicima date gotovo isključivo u predavačkoj nastavi, bez stvaranja poveznica između različitih sadržaja u biologiji, kao ni između sadržaja nastave biologije i ostalih prirodnih znanosti (NCVVO, 2017). U današnje vrijeme znanost ima brz napredak u metodama i otkrivanju novih spoznaja, a napredak tehnologije omogućuje brz protok informacija. Nastava biologije bi trebala uključivati nove znanstvene spoznaje vrlo brzo nakon njihova otkrića, a time se uzrokuje širenje opsega sadržaja koje učenici trebaju reproducirati. Upravo zbog brzog napretka znanosti i tehnologije, u nastavi bi se trebao smanjiti naglasak na točnu reprodukciju podatka, a povećati u područjima pronalaska, povezivanja i korištenja informacija. Zbog svega gore navedenog, sve više nastavnika biologije svoju nastavu nastoji izvoditi konceptualnim pristupom.

1.1. Definiranje koncepta, predkoncepcija, miskoncepcija, alternativnih koncepcija

Izraz "koncept", prema Hrvatskom jezičnom portalu, označava začeće ideje, pothvata, prvobitnu predodžbu ili zamisao o kakvom djelovanju, te u filozofskom smislu, nekakvu apstraktnu filozofsku spoznaju. Koncept se može definirati i kao ideja ili predodžba koju smo sami definirali na temelju iskustva ili informacija, a sažima zajedničke značajke pojava (Lukša, 2011). S obzirom da čovjek tijekom cijelog života stječe nova iskustva, dolazimo do zaključka da se koncepti mogu nadopunjavati i mijenjati s obzirom na novostečene spoznaje (Bransford i sur., 2000). Kada se skup nekih spoznaja poveže te mu se dodijeli značenje na razini uopćavanja i apstrakcije, nastaje koncept (Bransford i sur., 2000; Lukša, 2011) Stvaranje koncepta je način pohranjivanja i organizacije informacija u dugoročnom pamćenju jer se na osnovi pojedinačnih primjera uočavaju pravilnosti i zajedničke karakteristike, obrasci koji se pamte (Vizek-Vidović i sur., 2003). Kod učenika se koncept može definirati kao mentalni model objekta ili događaj koji predstavlja njegov prikaz i sastoji se od doživljaja svijeta, a podložan je utjecajima kao što su udžbenici i nastavnici (Glynn i Duit,

1995). Michael (2009) umjesto pojma koncepta uvodi osnovne principe za svaki pojedini nastavni program koje učenici trebaju dugoročno usvojiti, no nisu okvir za nastavni program niti bi se tako trebali shvaćati.

Kad se govori o konceptima, jasno je da kod njihova stvaranja može doći do pogrešaka, čiji je rezultat pogrešna predodžba, zabluda i nerazumijevanje činjenica. Često se spominju pojmovi koncepcije, miskoncepcije, alternativne koncepcije i predkoncepcije. Koncepcija se od koncepta razlikuje u tome da je ona način razmatranja pojava, a ne sama pojava. Mestre (2001) opisuje predkoncepcije kao poimanje i primjenu ideje o znanstvenim konceptima prije spoznaje znanstvenih činjenica. Prema Krsniku (2008), to su učeničke ideje koje nastaju prije učenja o nekom konceptu u školi, a najčešće nisu u skladu sa znanstvenim koncepcijama. One nastaju iskustveno i često tvore prepreku u usvajanju ispravnih znanstvenih koncepata jer se iskustveno stvorene poveznice teško mijenjaju. Predkoncepcije ne nastaju slučajno, već su svome tvorcu smislene i razumljive (Mestre, 2001).

Alternativne koncepcije su načini razumijevanja znanstvenih koncepata koji nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama, a nastaju na temelju svakodnevnog iskustva van formalnog sustava obrazovanja (Wandersee i sur. 1994). Takvi načini poimanja često su zajednički većem broju ljudi, a ponekad obuhvaćaju zastarjela objašnjenja znanstvenih koncepata koja su zamijenjena novima, a predstavljaju prepreku u učenju. Pojam alternativnih koncepcija često se pogrešno poistovjećuje s pojmom miskoncepcija. Krsnik (2008) ističe da su miskoncepcije predkoncepcije i alternativne koncepcije koje se razlikuju od stvarnih znanstvenih znanja. Mestre (2001) u definiciju miskoncepcija uključuje sva pogrešna shvaćanja bez obzira jesu li nastala tijekom nastavnog procesa ili van njega. Za miskoncepcije je karakteristično da se često pojavljuju kod većeg broja ljudi, otporne su na promjenu, a često obuhvaćaju misaone konstrukcije s jakim vezama koje se teško mogu dekonstruirati jer imaju smisla osobama koje su ih stvorile (Fisher, 1985).

1.2. Biološki konceptni okviri

Kako bi se u nastavi kod učenika uspješno utvrdila i otklonila prisutnost svih navedenih odstupanja od znanstvenih koncepata, u nastavi se sve više teži koristiti aktivne metode učenja umjesto tradicionalnog, predavačkog oblika nastave. Prema Tanner i Allenu (2005), poučavanje se treba prilagoditi učenicima, odnosno onome što oni "znaju" – njihovim predkoncepcijama i miskoncepcijama, koje se tijekom formalnog obrazovanja trebaju rekonstruirati i proći konceptualnu promjenu do znanstvenih koncepcija (Carey, 1985, prema

Lukša, 2011; Westbrook i sur, 1990). Za ostvarenje konceptualnog pristupa nastavi biologije, potrebno je definirati konceptne okvire. Konceptni okviri se u svijetu predlažu na nacionalnoj razini kao standardi za prirodne znanosti (Lukša, 2011). Konceptni okvir ima ulogu formiranja temelja za razumijevanje pojedine znanstvene discipline, koji se potom sadržajno prilagođavaju učenicima na temelju njihovih mogućnosti, interesa, potreba i dobi (Lukša i sur., 2013). Konceptni okviri temelje se na temeljnim konceptima (makrokonceptima) koje učenici trebaju zapamtiti i razumjeti (Duschel i sur., 2007), a koji se u nastavi mogu razraditi na nižim razinama. Wood (2009) navodi kako u nastavi biologije, nakon primjene konceptnih okvira i konceptualnog pristupa u nastavi, više nije potrebno obrazlagati sve primjere za neki koncept, već je princip dovoljno objasniti na jednom primjeru te očekivati od učenika da ga razumiju i primijene na druge primjere. U istom članku, autor analizira prijedlog biološkog konceptnog okvira Američke udruge za naprednu znanost (2010) koji uključuje četiri temeljna koncepta (tablica 1).

Tablica 1. Četiri velike ideje kao temelj novog kurikuluma (Američka udruga za naprednu znanost (AAAS), 2010, prema Lukša i sur., 2013)

1.	Evolucija kao osnova raznolikosti i jedinstva života.
2.	Sustavi i njihova svojstva, uključujući protok i pretvorbe energije, molekularne komponente, rast, reprodukciju i održavanje homeostaze.
3.	Informacije – kako ih organizam prima, obrađuje i reagira na njih.
4.	Interakcije i međuovisnosti u sustavu od DNA i stanica do organizama u ekosustavima.

Wood (2009) navodi kako se od nastavnika očekuje da iz svake od navedene četiri ideje definira specifične ishode učenja i osnovne koncepte, a učenje treba temeljiti na međusobnom povezivanju koncepata i njihovom integriranju na višoj razini. Pritom se iz nastave isključuju detalji i brojnost činjenica u nastavnom sadržaju.

Prema Garašić i sur. (2013), u hrvatskom školstvu se programska koncepcija sadržaja biologije uglavnom nije mijenjala još od 1960. godine, a svi pokušaji promjene i reforme nastave biologije bili su neuspješni, jer se nisu temeljili na rezultatima znanstvenih istraživanja u području edukacije biologije. Tek se 2010. godine, uvođenjem Nacionalnog okvirnog kurikuluma (MZOŠ), događa napredak jer se biologija ne promatra samostalno, već se smješta u prirodoslovno područje i korelira s ostalim predmetima u tom području. U sklopu istraživanja Kompetencije učenika u nastavi prirode i biologije (izrađen je Prijedlog osnovnih makrokoncepata u nastavi biologije (Lukša i sur., 2013.), koji uključuje šest makrokoncepata: *Ustrojstvo živih bića, Energija, Ravnoteža, Raznolikost, Međuovisnost i Razmnožavanje.*

Ovakav prijedlog biološkog konceptnog okvira imao je ulogu organizirati biološke sadržaje u makrokoncepte te usmjeriti sastavljače ispitnih pitanja u istraživanju prema promišljanju u okviru viših kognitivnih razina i ključnih koncepata u biologiji. Istim je istraživanjem utvrđeno da kod učenika prevladava reproduktivno znanje jer je njihova uspješnost padala prema višim kognitivnim razinama, a i nastavnici imaju problema s razlikovanjem kognitivnih razina.

Kako bi se osuvremenio pristup pripremanja nastave te preciznije odredio sadržaj i način provjere znanja na državnoj mature, pripremljen je *Katalog državne mature za biologiju* (Radanović i sur., 2015) koji je nastao revidiranjem prethodno spomenutih konceptualnih okvira u biologiji (Lukša, 2011; Lukša i sur., 2013; Garašić, 2012). Novonastali katalog uključuje elemente sadržajnog i konceptualnog pristupa u nastavi biologije, a izrađen je kako bi se nastavni sadržaj biologije smisleno organizirao te kako bi se tvorile unutarnje poveznice između različitih sadržaja. Iako se nastava biologije u hrvatskim školama izvodi prema važećem nastavnom planu i programu, organizacija Kataloga prema makrokonceptima daje smjernice za izgradnju temeljnih bioloških koncepata tijekom učenja i poučavanja. Katalogom državne mature za biologiju, definirano je pet područja koja odgovaraju makrokonceptima u biologiji: *Organiziranost živoga svijeta, Razmnožavanje i razvoj organizama, Tvari i energija u životnim procesima, Ravnoteža i međuovisnosti u živome svijetu* te *Biološka pismenost*. Ovakav konceptualni okvir predviđen je za primjenu tijekom poučavanja biologije u osnovnim i srednjim školama, a ne samo u gimnazijskom program kao završnoj razini općeobrazovnog učenja biologije, te se kao takav može sustavno primjenjivati za kreiranje nastave u svrhu konceptualnog poučavanja biologije.

1.3. Kognitivne razine znanja

Najpoznatija taksonomija kognitivnih razina jest Bloomova taksonomija (originalna Bloom i sur. 1956; revidirana Anderson i sur. 2001). Revidirana Bloomova taksonomija obuhvaća dvije dimenzije: znanje i kognitivne procese, koje se dodatno razrađuju i uključuju kategorije niže razine. Nastavni se ishodi prema revidiranoj Bloomovoj taksonomiji mogu kategorizirati u obje dimenzije (tablica 2).

Tablica 2. Taksonomska tablica - Klasifikacija ishoda prema Bloomovoj taksonomiji, (Krathwohl, 2002; Forenhand, 2005)

	DIMENZIJA KOGNITIVNIH PROCESA (vrsta procesa koji se koristi pri učenju)					
DIMENZIJA ZNANJA (vrsta znanja)	**pamćenje**	**razumijevanje**	**primjena**	**analiza**	**vredno-vanje**	**stvaranje**
činjenično znanje	nabrojati	sažeti	razvrstati	poredati	svrstati	kombinirati
konceptualno znanje	opisati	protumačiti	istražiti	objasniti	vrednovati	planirati
proceduralno znanje	utabličiti	predvidjeti	provesti	razlikovati	zaključiti	sastaviti
metakognitivno znanje	koristiti	Izvršiti	napraviti	postići	djelovati	ostvariti
KOGNITIVNA RAZINA	**REPRODUKCIJA**	**KONCEPTUALNO RAZUMIJEVANJE I PRIMJENA**		**RJEŠAVANJE PROBLEMA**		

Prema revidiranoj Bloomovoj taksonomiji (Krathwohl, 2002; Forenhand, 2005), konceptualno znanje obuhvaća međusobne veze između osnovnih elemenata unutar neke veće strukture koje im omogućuju zajedničko funkcioniranje. Konceptualno znanje tako obuhvaća znanja o klasifikacijama i kategorijama, znanja o principima i generalizacijama (poopćavanjima) te znanja o teorijama, modelima i strukturama. Taksonomska tablica se koristi tako da se u dimenziji znanja kategoriziraju imenice, tj. pojmovi i koncepti povezani s nastavnim sadržajima koji objašnjavaju zadatak ishoda, a u dimenziji kognitivnih procesa se kategoriziraju aktivni glagoli. Tri kognitivne razine znanja koje se koriste u nastavi biologije mogu se razlikovati po oba kriterija. Korištenje taksonomske tablice u nastavi, prema Krathwohlu (2002) omogućuje nastavnicima da lako analiziraju svoju nastavu kako bi unaprijedili planiranje nastave i način rada kako bi se ostvarila željena razina usvojenosti nastavnog sadržaja kod učenika.

Premda na prvi pogled izgleda jednostavno, Bloomovu taksonomiju u nastavi biologije nije uvijek jednostavno slijediti, osobito zbog toga što se nastavnici suočavaju s poteškoćama u diferenciranju između kategorija znanja i kognitivnih procesa. Zbog toga mnogi autori predlažu prilagođavanje taksonomije kako bi se lakše slijedila. Tako Webb (2002) razlikuje četiri razine znanja. Pritom se kod učenika može mjeriti dubina i širina usvojenosti sadržaja, koja je usmjerena na složenost sadržaja prema propisanim standardima za određeni uzrast učenika. Obrazovni ishodi usmjereni su na dubinu razumijevanja sadržaja. Dubina znanja nije određena aktivnim glagolima korištenima u Bloomovoj taksonomiji, već se određuje ovisno o kontekstu i dubini razmišljanja potrebnoj za ostvarenje ishoda. Prva

razina znanja obuhvaća reproduktivno, automatsko znanje. Druga razina traži klasifikaciju, procjenu, uspoređivanje itd., odnosno korištenje vještina i razumijevanje koncepata koje je na višoj razini od reprodukcije. Treća razina traži tumačenje i strateško mišljenje, a četvrta razina sveobuhvatno razmišljanje.

Crooks (1988) predlaže tri razine: reproduktivno znanje, razumijevanje i primjena te rješavanje problema. Reproduktivno znanje je temeljeno na memoriji, obuhvaća reprodukciju zaključaka i objašnjenja usvojenih tijekom učenja ili iz literaturnih izvora te razumijevanje teksta. Razumijevanje i primjena uključuje konceptualno razumijevanje sadržaja koje je rezultat konceptualne promjene tijekom učenja i osnova je trajnog znanja. Do konceptualnog razumijevanja često dolazi u potrebi primjene znanja kad se moraju stvoriti veze iz prethodno postojećih znanja i onih novostečenih. Razina rješavanja problema prema Bloomovoj taksonomiji obuhvaća analizu, vrednovanje i stvaranje, međutim u nekim se slučajevima rješavanje zadataka može svesti na razinu reprodukcije i razinu primjene, ako se provjerava činjenično znanje uz zanemarivanje kognitivne razine i konteksta provjere koncepta (Radanović i sur., 2017). Prema Garašić i sur. (2013), nastavnici Republike Hrvatske odabrali su u nastavi primjenjivati navedeni Crooksov model.

1.4. Utvrđivanje pogrešnih koncepcija i ispitivanje konceptualnog razumijevanja

U Hrvatskoj se, kao i u svijetu, pokazalo da učenici u nastavi biologije uglavnom ostvaruju dobre rezultate u pitanjima u kojima se provjeravaju njihove kompetencije na nižim kognitivnim razinama (Garašić i sur., 2013; Wood, 2009; Momsen i sur., 2010). Uzrok tome djelomično se može pronaći u načinu ispitivanja, jer nastavnici – ispitivači često sastavljaju pitanja veće razine težine, ali na nižim kognitivnim razinama te im je teško uočiti razliku između dvaju pojmova.

Prema Tanner i Allenu (2005), učitelji često u poučavanju kreću od pretpostavke da je učeničko znanje *tabula rasa*, što je jedan od uzroka nastanka pogrešnih koncepcija tijekom formalnog obrazovanja. Pri kreiranju nastave, u obzir se uzimaju mnogi kriteriji, poput dobi učenika, socijalnih čimbenika i okoline. U skladu s time, nastava bi se trebala kreirati i prema prethodnim znanjima učenika, stoga se kao jedan od vrlo važnih ciljeva nastave na početku spominje utvrđivanje miskoncepcija. Nekoliko je istraživanja pokazalo da se utvrđivanjem učeničkih miskoncepcija i promjenama nastavnog pristupa na temelju tih rezultata vjerojatnost smanjenja učeničkih miskoncepcija može povećati (Michael i sur., 2002; Modell, 2000; Modell i sur., 2005). Navedena i slična istraživanja nude rezultate koji pokazuju veliku

sličnost i dosljednost miskoncepcija na širokom uzorku, stoga se mogu iskoristiti kao polazišna točka za kreiranje nastave s promijenjenim načinom poučavanja u svrhu postizanja konceptualne promjene kod učenika.

S obzirom da se još uvijek nedovoljno ispituje konceptualno razumijevanje učenika, prethodno opisani biološki konceptni okviri trebali bi se koristiti kao instrument upravo za ispitivanje konceptualnog razumijevanja. U tu svrhu nastavnici često u nastavu uvode istraživački pristup, koji se međutim nije pokazao uspješnim za uklanjanje pogrešnih koncepcija (Barker i Carr, 1989). Isti autori predlažu konstruktivistički pristup nastavi, u kojem se utvrđuju predkoncepcije učenika te na primjeru fotosinteze, čak 71 % učenika po završetku nastave postiže konceptualno razumijevanje. Osim toga, nastavne strategije koje zahtijevaju aktivni angažman učenika smatraju se korisnijima i efikasnijima u otklanjanju miskoncepcija i dostizanju konceptualne promjene. Jedan od najučinkovitijih pristupa jest učenje otkrivanjem, koje povećava mogućnosti suočavanja s miskoncepcijama (Lorenzo i sur, 2006., prema Lukša, 2011), a kao rezultat ima bolje vještine u znanstvenom rasuđivanju i konceptualno razumijevanje. Bez obzira na to što se stručnjaci slažu da je ova strategija poučavanja izrazito korisna i efikasna, njena primjena u nastavi u svim razinama obrazovanja još uvijek nije raširena.

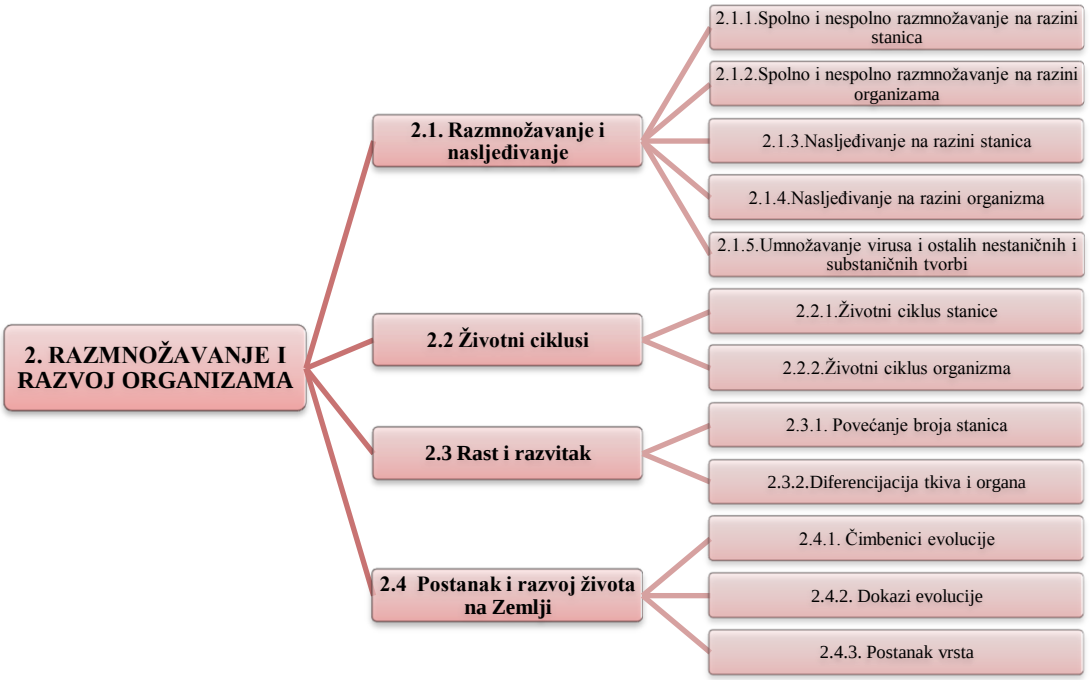
Pri ispitivanju konceptualnog razumijevanja, pitanja se trebaju formirati tako da se u središte postavi osnovni koncept za određeno područje, a distraktori bi trebali biti razvijeni tako da prikazuju široko prihvaćene miskoncepcije (Garvin-Doxas i sur., 2007; prema Lukša, 2011). Tanner i Allen (2005) tvrde kako su učenički pogrešni odgovori najbolji alat u poučavanju i kreiranju uspješnog učenja i usvajanja znanja. Zbog toga je važno učenike ispitati prije usvajanja nekog nastavnog sadržaja, kako bi se utvrdile njihove predkoncepcije i miskoncepcije, te na kraju nastavnog ciklusa utvrdilo je li postignuta konceptualna promjena. Osim tipičnog oblika ispitivanja s višestrukim odgovorima, u tu svrhu mogu se koristiti alternativne metode ocjenjivanja, poput kreiranja konceptualnih mapa (Novak i Cañas, 2008).

U Republici Hrvatskoj se kao mjerilo uspješnosti obrazovanja u prirodoslovnom području, a tako i biologiji, u posljednje vrijeme koriste rezultati raznih ispita koje provodi Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja te PISA istraživanja provedena 2009., 2012. i 2015. godine. Međutim, ispitivanja znanja hrvatskih učenika osnovnih i srednjih škola (nacionalni ispiti 2007./2008.; državna matura od 2008. do 2015.) velikim dijelom zasnivaju se na pitanjima različite težine, međutim većinom orijentiranima na reprodukciju znanja, a

vrlo malo na provjeru primjene znanja i vještina (Radanović i sur., 2010, 2017 a; Ristić-Dedić i sur, 2011). Na Nacionalnim ispitima (2007./2008.), gdje su sastavljači pitanja bili nastavnici s dugogodišnjom praksom, vidi se relacija programa nastave biologije u školi koji se temelji na velikom opsegu činjenica i pojmova, a ne na gradnji konceptualnog razumijevanja. Radanović i sur. (2008) navode kako se na temelju analize navedenog ispita preporuča izmjena nastavnog programa prirode i biologije, koja bi se trebala orijentirati na konceptualno razumijevanje i razvoj prirodoslovne pismenosti (Radanović i sur., 2017 a i b)

1.5.Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* u nastavi prirode i biologije u osnovnoj školi

Pitanja koja se pojavljuju na županijskom natjecanju iz biologije povezana su s nastavnim sadržajem biologije u 7. razredu osnovne škole, propisanim Nastavnim planom i programom za osnovnu školu (MZOŠ, 2006). Nastavni sadržaji i nazivi nastavnih tema u ovom radu odnose se na teme propisane istim dokumentom. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* zastupljen je u nastavnim sadržajima prirode i biologije za učenike od 4. do 8. razreda osnovne škole. Ključni koncepti razmnožavanja (slika 1) pojavljuju se u različitoj zastupljenosti u nastavnim sadržajima za pojedini razred (tablica 3).



Slika 1. Shema – opis područja Razmnožavanje i razvoj organizama (Radanović i sur., 2015)

Tablica 3. Zastupljenost ključnih koncepata unutar područja *Razmnožavanje i razvoj organizma* tijekom osnovnoškolskog obrazovanja.

	PRIRODA I DRUŠTVO	PRIRODA		BIOLOGIJA	
KLJUČNI KONCEPTI	**4. razred**	**5. razred**	**6. razred**	**7. razred**	**8. razred**
Razmnožavanje i nasljeđivanje	+	+		+	+
Životni ciklusi		+		+	+
Rast i razvitak	+	+		+	+
Postanak i razvoj života na zemlji				+	

U četvrtom razredu osnovne škole, u nastavnim sadržajima predmeta Priroda i društvo od ključnih koncepata mogu se izdvojiti Razmnožavanje i nasljeđivanje te Rast i razvitak. Kroz nastavne teme vezane uz ljudsko tijelo te život biljaka i životinja učenici se upoznaju s ljudskom reprodukcijom te oblicima razmnožavanja, što pripada konceptu spolnog i nespolnog razmnožavanja na razini organizma.

U petom razredu u nastavi predmeta Priroda, naglasak je na ključnim konceptima *Razmnožavanje i nasljeđivanje, Životni ciklusi te Rast i razvitak*. Oni obuhvaćaju nastavne sadržaje vezane uz opstanak vrsta te oblike razmnožavanja, koji se prožimaju kroz nekoliko nastavnih tema vezanih uz građu i ulogu životinjskih i biljnih organizama. U nastavnoj temi *Od stanice do mnogostaničnog organizma* učenici se upoznaju sa staničnim diobama, odnosno konceptom *životnog ciklusa stanice*. *Ljudska reprodukcija* koncept je uključen u nastavnoj temi *Pubertet – promjene i teškoće u sazrijevanju*.

U šestom razredu makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* najmanje je zastupljen makrokoncept, a pojavljuje se povremeno kroz sve nastavne teme, uglavnom tijekom stvaranja poveznica između različitih makrokoncepata gdje se povezuju odnosi živih bića u životnim zajednicama s bioraznolikosti i opstankom vrsta.

U sedmom razredu osnovne škole, u sadržajima predmeta Biologija, makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* zastupljen je kroz sve nastavne teme. Učenici se upoznaju sa životnim ciklusom stanice kroz temu *Stanične diobe*, a ovaj je ključni koncept uključen u sve ostale nastavne teme za 7. razred. Najzastupljeniji je koncept *spolno i nespolno razmnožavanje na razini organizma* koji se pojavljuje tijekom cijele nastavne godine, kroz gotovo sve nastavne teme te ga je tijekom nastave moguće sustavno izgrađivati.

U osmom razredu nastava biologije bavi se čovjekom, pa je najzastupljeniji ključni koncept *Razmnožavanje i nasljeđivanje*, a ponovno se pojavljuje i koncept *životnog ciklusa stanice*. Učenici tijekom učenja biologije u osmom razredu koriste prethodno usvojena znanja o makrokonceptu *Razmnožavanje i razvoj organizma* koja se nadopunjuju na primjeru čovjekova organizma.

Ključni koncepti bi se kroz nastavu prirode i biologije trebali međusobno povezivati i nadograđivati kako bi se uspješno izgradilo konceptualno razumijevanje njih samih, ali i krovnog makrokoncepta.

1.6. Natjecanje iz biologije

Uz redovite pisane provjere znanja u nastavi, jedan od načina provjere znanja su i natjecanja učenika. Natjecanje se organizira uz odobrenje MZO prema uputama u Katalogu natjecanja (HBD, 2017; AZOO, 2017). Natjecanje učenika osnovnih škola u znanju biologije provodi se pisanim ispitima koje izrađuje Državno povjerenstvo (HBD, 2017), a prema Nastavnom planu i programu za osnovnu školu (2006) te u skladu s udžbenicima koje je odobrilo Ministarstvo znanosti i obrazovanja za tekuću školsku godinu. Natjecanje u znanju biologije organizira se u tri razine: školsko natjecanje, županijsko natjecanje i državno natjecanje. Učenici se mogu natjecati u znanju te u istraživačkom radu, a obje skupine učenika rješavaju pisani ispit. Učenici koji sudjeluju na natjecanju iz biologije jesu učenici s velikim interesom za nastavu biologije te ostvaruju izvrsne rezultate u nastavi.

Ispitivanje znanja na natjecanju učenika u biologiji obavlja se pisanim ispitom koji sadržava pitanja različitih tipova. Državno povjerenstvo pri sastavljanju ispita vodi računa o tom da se ispit mora sastojati od zadataka različitih kognitivnih razina i razina zahtjevnosti zadatka. Svaki zadatak nosi određen broj bodova, a taj je broj jasno označen na ispitu. Kod zadataka koji su sastavljeni od više elemenata, ti se elementi zasebno boduju, a bodovi zbrajaju. Županijsko natjecanje iz biologije uključivalo je pitanja zatvorenog i otvorenog tipa. Natjecanje je sadržavalo zadatke alternativnog izbora (u slijedu od 5 koji se boduju zajedno), zadatke višestrukog izbora s jednim točnim odgovorom, zadatke višestrukih kombinacija s dva točna odgovora, zadatke redanja, te dvoslojne zadatke koji su obuhvaćali gore navedene tipove zadataka s dodatnim zadacima produženog odgovora.

Analiza odgovora učenika na pitanja postavljena na pismenom ispitu Natjecanja iz biologije omogućuje uvid u pogrešno razumijevanje nastavnih sadržaja biologije kod izrazito

uspješnih učenika te predviđanje miskoncepcija koje treba imati na umu pri planiranju nastave biologije u školama.

1.7.Konceptualne mape

Konceptualne mape grafički su alat za organiziranje i reprezentaciju znanja, a uključuju koncepte i konceptualne poveznice (Novak i Cañas, 2008) Koncepti su unutar konceptualnih mapa obično označeni kao pojmovi unutar okvira, a međusobno su povezani konceptualnim poveznicama u obliku linija i strjelica s tekstom koji opisuje međusobne odnose dvaju koncepata.

Upotreba konceptualnih mapa u nastavi ima za cilj postići što višu razinu kognitivnih sposobnosti učenika (Latin i sur., 2016). Prema Krathwohlu (2002), upotrebom i kreiranjem konceptualnih mapa mogu se doseći tri vrste razumijevanja: translacija ili prevođenje gdje se stečeno znanje izražava vlastitim riječima, interpretacija ili tumačenje pojmova te sposobnost procjenjivanja i predviđanja učinaka i posljedica.

Za izradu dobre konceptualne mape, važno je početi od domene znanja koja je poznata autoru mape (Novak i Cañas, 2008). Dobro je odrediti ključno pitanje ili problem koji autor želi bolje razumjeti, a koje će služiti kao misao vodilja pri izradi konceptualne mape. Potrebno je odrediti ključne koncepte koji odgovaraju određenoj domeni i problemu, te ih rangirati hijerarhijski, od poopćenog krovnog koncepta koji objedinjuje ostale, do specifičnih koncepata koji nisu generalno primjenjivi. Nakon određivanja ključnih koncepata, oni se vizualno organiziraju te se određuju međusobne veze između njih, odnosno stvaraju se konceptualne poveznice. Konceptualne poveznice trebale bi biti takve da zajedno s konceptima koje povezuju tvore smislenu, samostalnu razumljivu izjavu. Unakrsne poveznice povezuju koncepte različitih domena konceptualne mape (Novak i Cañas, 2008).

Grafičko uređenje mape trebalo bi biti izvedeno tako da olakšava razumijevanje koncepta za koji se mapa izrađuje. U tu svrhu za izradu mapa dobro je koristiti slike, a osobito različite boje koje bi podupirale hijerarhiju ključnih pojmova i kreirane konceptualne poveznice.

Korištenje konceptualnih mapa u nastavi omogućuje jasniji uvid u razlike među učeničkim strukturama znanja (Ruiz-Primo i sur., 2001.) te se mogu primijeniti kao lat za procjenu znanja i konceptualnog razumijevanja kod učenika (Novak i Cañas, 2008). Korištenje konceptualnih mapa pri učenju kod učenika hrvatskih srednjih škola pokazalo se

uspješnom metodom učenja, jer su učenici koji su učili uz konceptualne mape u usporedbi s tradicionalnim metodama pokazali bolje rezultate pri ispitivanju znanja viših kognitivnih razina, a pokazana je i bolja retencija znanja (Latin i sur., 2016).

1.8. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je analizirati učeničke odgovore na pitanja pisanog ispita znanja na Županijskom natjecanju iz biologije kako bi se utvrdila usvojenost i konceptualno razumijevanje makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma* među učenicima 7. i 8. razreda osnovnih škola. U svrhu ostvarenja cilja, istraživanjem se želi:

1. analizirati učeničke odgovore na način da se utvrdi točnost i razina razumijevanja svakog pojedinog odgovora te odredi značenje odgovora u kontekstu konceptualnog razumijevanja
2. utvrditi očekivane miskoncepcije uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* za nastavu biologije u 7. i 8. razredu osnovne škole
3. predložiti konceptualne poveznice koje mogu utjecati na smanjivanje miskoncepcija i podržati kvalitetnu izgradnju koncepta razmnožavanja kod učenika pri poučavanju u osnovnoj školi.

Utvrđene miskoncepcije i konceptualne poveznice omogućit će nastavnicima biologije prednost pri planiranju nastave u osnovnoj školi kako bi uspješno mogli otkloniti miskoncepcije i omogućiti kvalitetnu izgradnju koncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma.*

2. METODE

Istraživanje je provedeno analizom učeničkih odgovora na Županijskom natjecanju iz biologije za učenike 7. razreda osnovne škole 2017. godine te odgovora na pitanja kod učenika 7. i 8. razreda na Županijskom natjecanju 2015. godine, vezana uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*. Izdvojene su provjere 20% najuspješnijih učenika svih županija.

Za izdvojena pitanja određen je tip zadatka, ključni i specifični koncepti 1 i 2 te ishodi zadatka prema Ispitnom katalogu državne mature iz biologije (NCVVO, 2017) kao postojećem konceptualnom okviru učenja biologije u Republici Hrvatskoj. Odgovori učenika na zadatke u ispitu korišteni su za formiranje osnovne tablice koja je obrađena u Microsoft Excel (2007). Učeničkim odgovorima pridodane su apsolutne vrijednosti 0 i 1 (0 za netočan odgovor i nepostojanje odgovora, a 1 za točan odgovor). Svaki odgovor dodatno je procijenjen prema kriterijima točnosti i razine razumijevanja (tablica 4) prema prilagođenoj metodologiji Radanović i sur. (2010). Za dodatnu analizu i interpretaciju odgovora učenika u kontekstu konceptualnog razumijevanja bioloških koncepata korištena je metodologija specifičnog kodiranja biološkog značenja točnih odnosno netočnih učeničkih odgovora prema Radanović i sur. (2016.).

Tablica 4. Skala za procjenu točnosti, razine razumijevanja te problema i miskoncepcija u učeničkim odgovorima

TOČNOST	T	RAZINA RAZUMIJEVANJA	RR	PROBLEMI I MISKONCEPCIJE	PIM
napredno razmišljanje	8	besmisleno	0	moguća miskoncepcija	3
potpuni traženi odgovor	7	konceptualno nerazumijevanje	1	problem pri učenju ili poučavanju	2
djelomično točno	6	reprodukcija	2	problem zbog memoriranja	1
krivo ili nespretno napisano, ali točno razmišljanje	5	prepoznavanje	3	točno ili djelomično točno razmišljanje	0
ispravljeno u točno	4	primjena	4	nema odgovora	9
reproduktivno, djelomično točno	3	djelomično konceptualno razumijevanje	5		
točno ispravljeno u netočno	2	konceptualno razumijevanje	6		
prenesen dio pitanja	1	nema odgovora	9		
netočno	0				
nema odgovora	9				

Prema provedenoj analizi izdvojena su pitanja vezana uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* te utvrđene miskoncepcije učenika kao i pogrešno razumijevanje nastavnih sadržaja vezanih uz taj koncept.

Učenici su prema ukupnom uspjehu u rješavanju provjere znanja na županijskom natjecanju podijeljeni u klase riješenosti (tablica 5).

Tablica 5. Definiranje klasa riješenosti učenika prema postotku uspjeha u rješavanju provjere.

klasa	Uspjeh izražen u %
I	0 – 10
II	10 – 20
III	20 – 30
IV	30 – 40
V	40 – 50
VI	50 – 60
VII	60 – 70
VIII	70 – 80
IX	80 – 90
X	90 – 100

Za pitanja vezana uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* određena je kognitivna razina i indeks lakoće pitanja (p) prema tablici 6. Indeks lakoće/težine pitanja računa se prema riješenosti pojedinog pitanja (CARNet, 2007):

p= broj točnih odgovora/ukupni broj učenika koji su pristupili testu

Tablica 6. Skala za procjenu kognitivnih razina i indeka lakoće pitanja.

kognitivna razina	indeks lakoće	
1 – reprodukcija	vrlo težak zadatak	$p \leq 0{,}20$
2 - konceptualno razumijevanje	težak zadatak	$0{,}21 \leq p \leq 0{,}40$
3 - rješavanje problema	srednje težak zadatak	$0{,}41 \leq p \leq 0{,}60$
	lagan zadatak	$0{,}61 \leq p \leq 0{,}80$
	vrlo lagan zadatak	$p \geq 0{,}81$

Za utvrđivanje miskoncepcija razlike frekvencija pojedinih klasa učenika prema ukupnoj uspješnosti analizirane su $\chi 2$ testom. Povezanosti varijabli utvrđene su uz pomoć indeksa korelacije, Pearsonov koeficijent korelacije (r) u slučajevima linearne povezanosti i normalne distribucije, a pomoću Spearmanovog koeficijentna korelacije (ρ) utvrđena je povezanost uspješnosti pri rješavanju provjere i odgovarajuće kognitivne razine pitanja. Kod interpretacije rezultata korelativne povezanosti korištena je skala prema Hopkinsu (2000).

Tablica 7. Prikaz skale interpretacije korelacija prema Hopkinsu (2000)

Koeficijent korelacije	Opis korelacije
0.0 – 0.1	Trivijalna, vrlo mala, nebitna, malena, praktički nula
0.1 – 0.3	Mala, niska, manja
0.3 – 0.5	Umjerena, srednja
0.5 – 0.7	Velika, visoka, glavna
0.7 – 0.9	Vrlo velika, vrlo visoka, izrazita
0.9 – 1	Gotovo ili praktično, savršena, potpuna, beskonačna

Analize su provedene uz pomoć programskog paketa SPSS te on-line StatsToDo.

Analizirane su ekspertne konceptualne mape uz udžbenik u svrhu utvrđivanja konceptualnih poveznica i načina izgradnje koncepata kao osnova za neophodno i napredno konceptualno razumijevanje razmnožavanja za učenike u osnovnoj školi.

3. REZULTATI

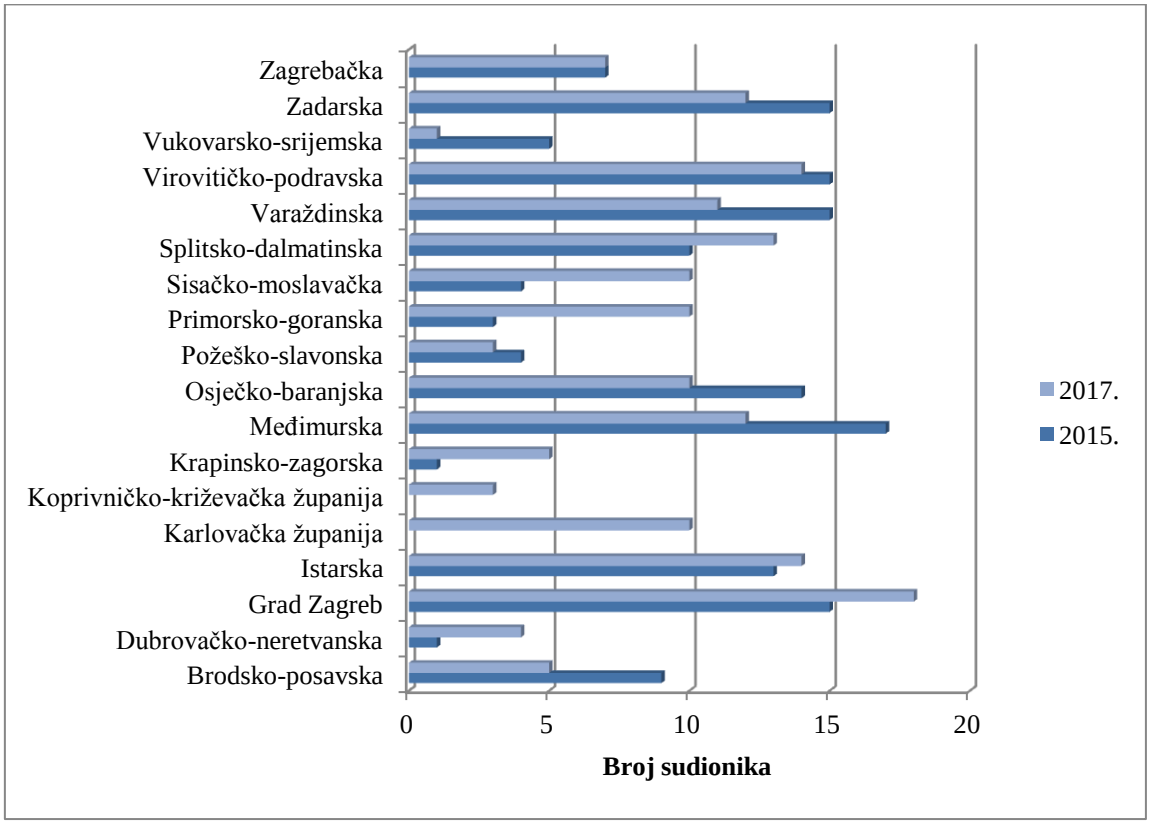
U ovom diplomskom radu korištene su provjere sa Županijskog natjecanja iz biologije 2015. godine za 1. i 2. natjecateljsku skupinu te provjere sa Županijskog natjecanja iz biolgije 2017. godine za 1. natjecateljsku skupinu.

3.1. Analiza pisanih provjera za 7. razred

Analizirane su pisane provjere sudionika Županijskog natjecanja iz biologije 2015. godine te 2017. godine u 1. natjecateljskoj skupini. Izdvojena su pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*, a rezultati analize učeničkih odgovora prikazani su na temelju određenog biološkog značenja, točnosti, razine razumijevanja te mogućih uzroka učeničkih pogrešaka.

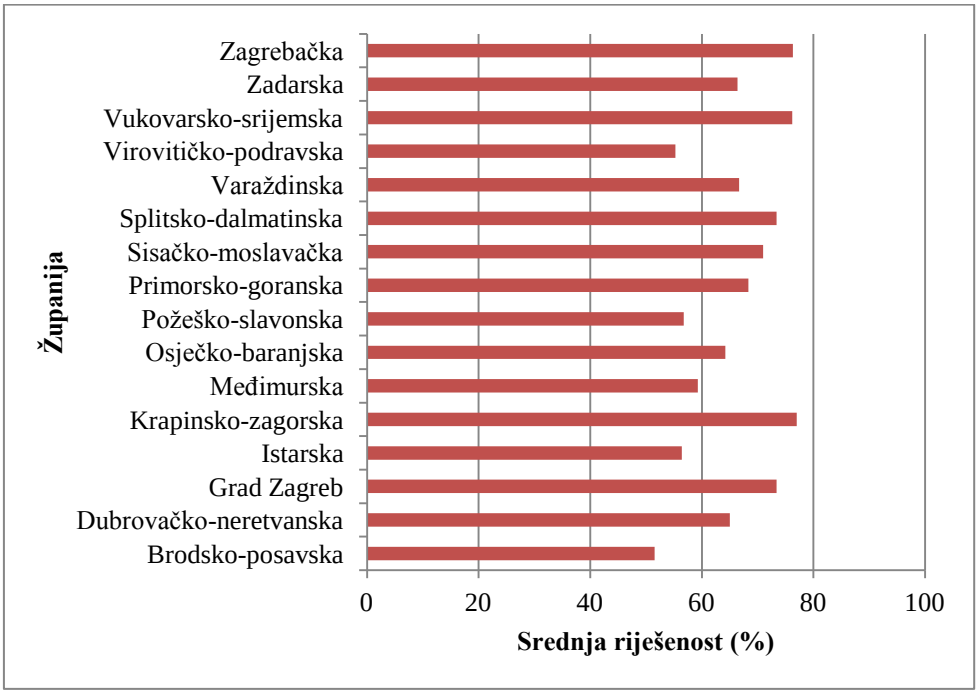
3.1.1. Analiza riješenosti provjere za 7. razred

Na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine sudjelovalo je 148 učenika, a na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine sudjelovalo je 162 učenika 7. razreda. Najveći broj učenika koji su sudjelovali na županijskom natjecanju dolazi iz Međimurske županije i Grada Zagreba (slika 2).

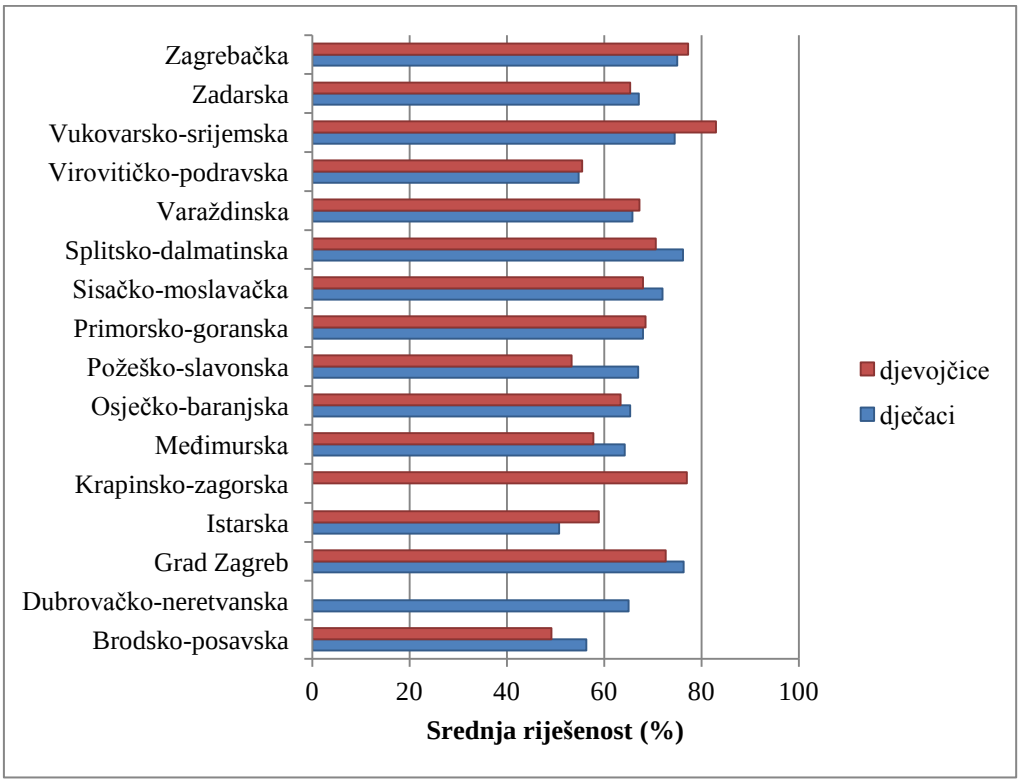


Slika 2.Broj sudionika na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. i 2017. godine prema županiji.

Za županijsko natjecanje 2015. godine, ukupna prosječna riješenost ispita jest 64,44%. Prema županijama, prosječno su najuspješniji učenici iz Krapinsko-zagorske županije (slika 3). Pritom su dječaci bili uspješniji s prosječnom riješenosti provjere 64,37%, dok su djevojčice ostvarile prosječnu riješenost provjere 62,02% (slika 4).

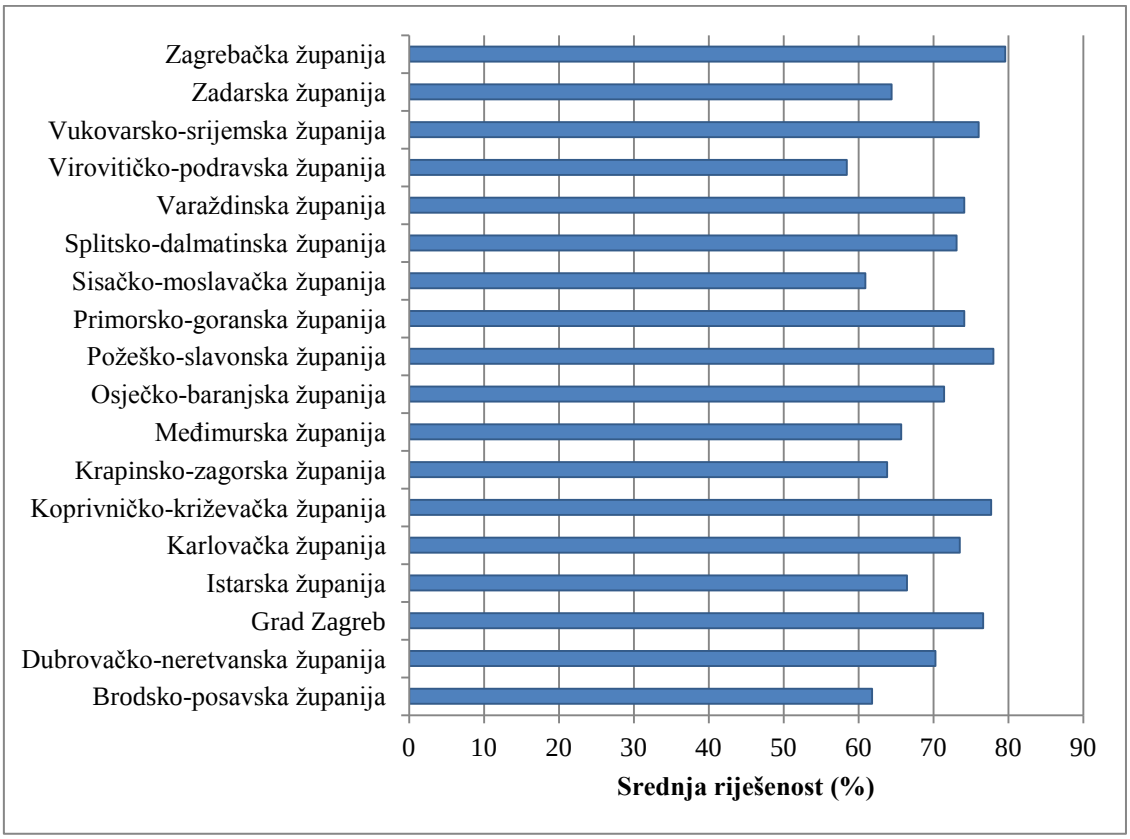


Slika 3. Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2015. godine prema županijama.

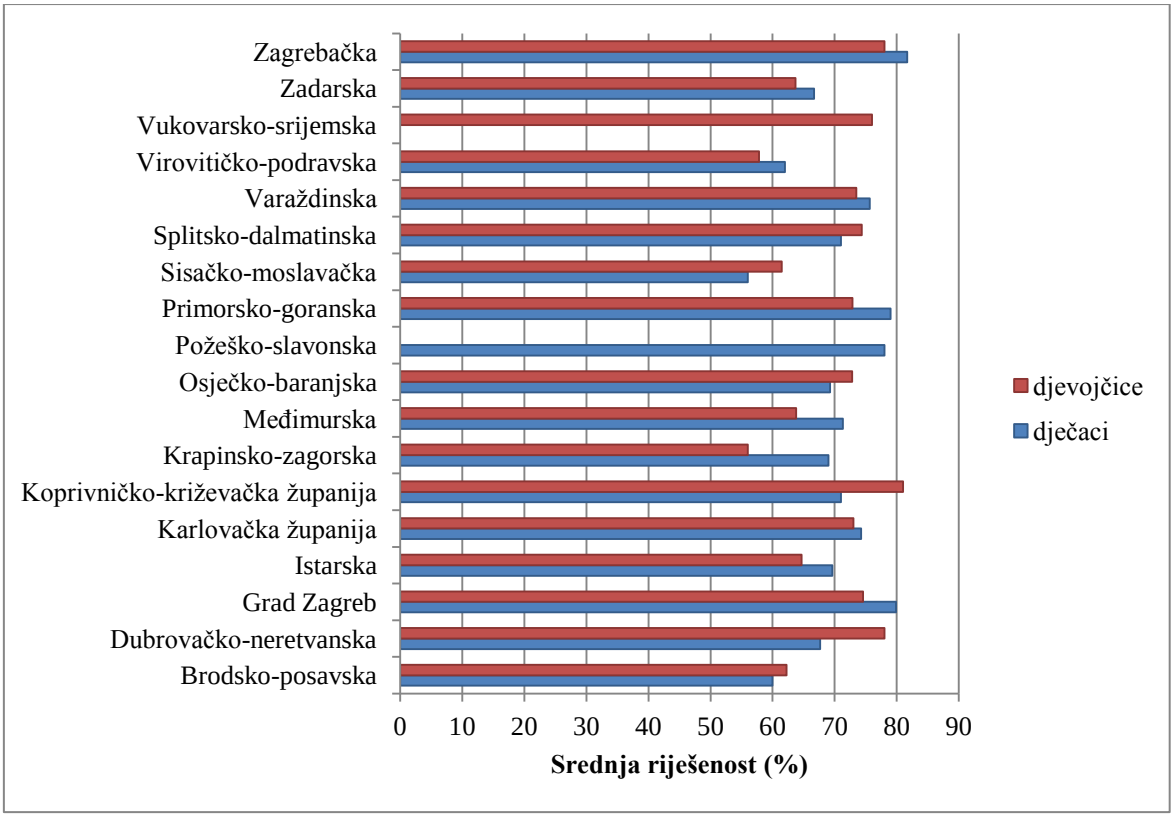


Slika 4. Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2015. godine prema spolu sudionika.

Za županijsko natjecanje 2017. godine, ukupna prosječna riješenost ispita jest 69,51%. Prosječno su najuspješniji bili učenici Zagrebačke županije (slika 5). I u ovom slučaju dječaci su prosječno bili uspješniji u rješavanju ispita od djevojčica, s prosječnom riješenosti provjere 73,56%, dok je kod djevojčica prosječna riješenost iznosila 68,78% (slika 6).



Slika 5.Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2017. godine prema županijama.



Slika 6. Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2017. godine prema spolu sudionika

3.1.2. Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*

Uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* izdvojeno je ukupno 7 pitanja iz provjera Županijskog natjecanja iz biologije za 7. razred 2015. i 2017. godine.

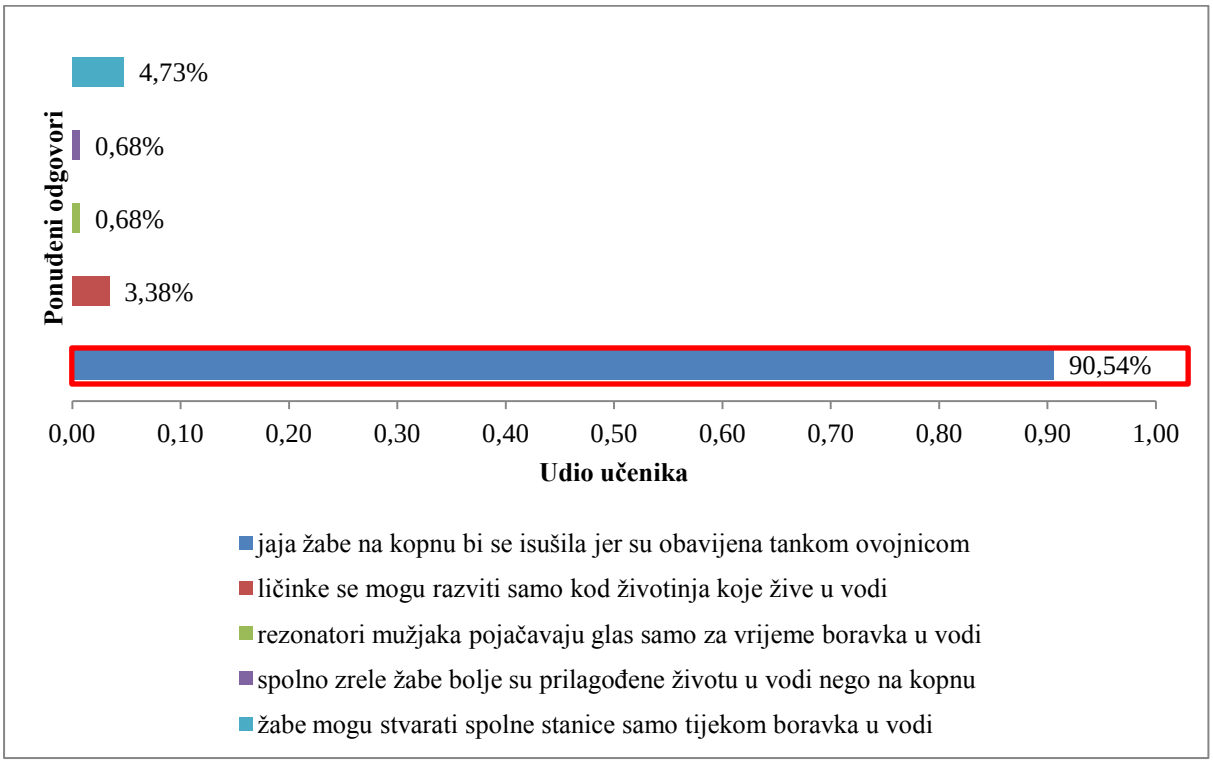
3.1.2.1. Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* s Županijskog natjecanja 2015.

Pitanje 6. Zašto je za razmnožavanje žaba potrebna voda?

Pitanjem se ispituje razumijevanje uloge vode kod razmnožavanja žabe i u njihovom životnom ciklusu. Kako bi uspješno odgovorili na pitanje, učenici trebaju primjeniti znanje o građi i ulozi organa u žaba te se prisjetiti svojih znanja o životnim ciklusima ostalih skupina životinja (tablica 8). Od ukupno 148 učenika, 90,54 % učenika odgovorilo je točno na ovo pitanje, a 9,46 % učenika odgovorilo je netočno (slika 7).

Tablica 8. Karakteristike 6. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Tip pitanja	višestruki izbor	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Životni uvjeti u životnom ciklusu žabe, prilagodbe vodozemaca na život u vodi i na kopnu, ponašanje žaba pri parenju, osnovna fizikalna i kemijska svojstva vode, razvoj spolnih stanica
Koncept	Životni ciklusi organizma	
Ishod (IK DM)	objasniti životni ciklus organizma	



Slika 7. Odgovori učenika na 6. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Kako bi uspješno odgovorili na ovo pitanje, od učenika se očekuje razumijevanje i primjena znanja koja su stekli tijekom 7. razreda, a osobito u nastavnoj cjelini Vodozemci. Ponuđeni odgovori na pitanje mogu se povezati i s nastavnom cjelinom Člankonošci u 7. razredu, a očekuje se i predznanje stečeno u 5. razredu tijekom učenja nastavne cjeline Razmnožavanje i ponašanje životinja. Od učenika se očekuje razumijevanje prilagodbi vodozemaca na život u vodi i na kopnu, poznavanje koncepta životnog ciklusa u životinja te razumijevanje životnog ciklusa žabe, uz razumijevanje koncepta preobrazbe životinja na primjeru žabe, ali uz prisjećanje drugih životinjskih skupina koje prolaze preobrazbu i stadij ličinke.

Točan odgovor *jaja žabe na kopnu bi se isušila jer su obavijena tankom ovojnicom*, dalo je 90,54 % učenika (slika 7). Ovaj odgovor ukazuje na to da velik broj uspješnih učenika koji su sudjelovali na županijskom natjecanju ima ostvareno dobro razumijevanje životnog

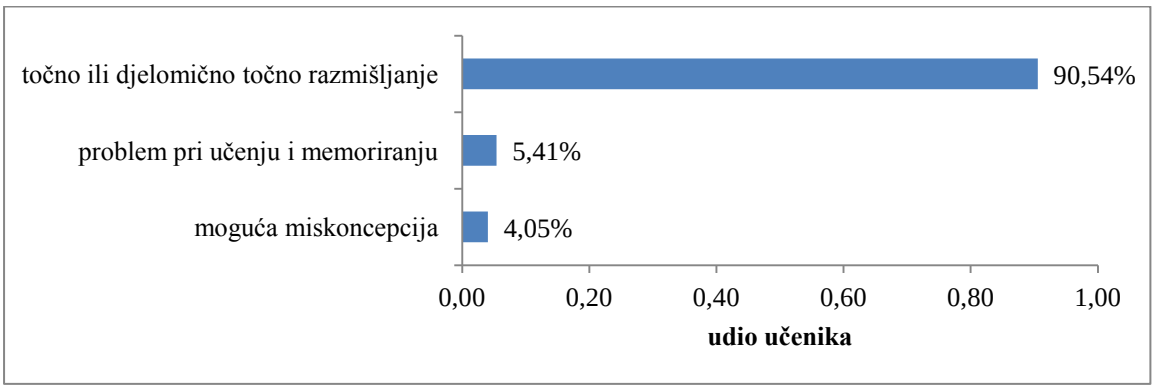
ciklusa žabe te može kritičkim razmišljanjem eliminirati ponuđene netočne odgovore. Učenici pokazuju razumijevanje ključne uloge vode u razvoju jajašaca žaba koje ženka polaže u vodu. Iz oplođenih jajašaca razvijaju se ličinke punoglavci koji nastavljaju život u vodi do preobrazbe u odraslu žabu. Točan odgovor pokazuje i razumijevanje životnih uvjeta u staništu te njihovu povezanost sa prilagodbama različitih stadija u životnom ciklusu.

Odgovor *ličinke se mogu razviti samo kod životinja koje žive u vodi*, dalo je 3,38 % učenika (slika 7). Odgovor upućuje na mogućnost postojanja miskoncepcije (slika 8) da životinje koje ne žive u vodi ne mogu imati razvojni stadij ličinke u svom životnom ciklusu. Moguća miskoncepcija javlja se kod manjeg broja vrlo uspješnih učenika koji sudjeluju na Županijskom natjecanju. Odabirom ovog odgovora učenici pokazuju nedostatke u povezivanju nastavnih sadržaja različitih nastavnih cjelina, npr. Člankonošci, Vodozemci, Mekušci. Također se pojavljuju propusti u razumijevanju koncepta životnog ciklusa u životinja. Ovakva pogrešna shvaćanja životnih ciklusa trebalo bi pokušati otkloniti tijekom učenja i poučavanja stavljajući veći naglasak na međusobno povezivanje nastavnih sadržaja u predmetu Biologija. Učenici rijetko imaju zadatak usporediti i raspraviti sličnosti i razlike različitih skupina životinja, osobito beskralješnjaka i kralješnjaka, a životne cikluse uče napamet. Od učenika bi se tijekom nastave moglo tražiti da usporedi životne cikluse više različitih vrsta životinja, s naglaskom na obrazlaganje povezanosti životnih uvjeta i staništa s pripadajućim razvojnim stadijima životinja.

Odgovor *žabe mogu stvarati spolne stanice samo tijekom boravka u vodi* i odgovor *rezonatori mužjaka pojačavaju glas samo za vrijeme boravka u vodi,* u ovom kontekstu imaju značenje pogrešnog shvaćanja uloge vode tijekom razmnožavanja žabe. Učenici koji su odabrali odgovor vezan uz stvaranje spolnih stanica tijekom boravka u vodi dobro povezuju nužnost vode za razmnožavanje, ali smatraju da spolni organi u žaba trebaju vodu za stvaranje spolnih stanica, pa se tu govori o nerazumijevanju koncepta životnih uvjeta u životnom ciklusu žabe. Mali broj vrlo uspješnih učenika bira ovaj odgovor jer u usporedbi s ostalim ponuđenim distraktorima nudi konkretnije objašnjenje uloge vode u razmnožavanju, tj. ulogu vode direktno povezuje sa spolnim stanicama. Osim toga, samo pitanje moglo bi utjecati na odabir ovog distraktora, jer je samo on konkretno vezan uz nastanak spolnih stanica, dok ostale ponuđene distraktore neki učenici ne bi vezali uz pojam razmnožavanje, već npr. uz razvitak organizma. U populaciji prosječnih učenika, očekivao bi se veći udio učenika koji bi odabrali ovaj odgovor. Netočan odgovor *rezonatori mužjaka pojačavaju glas samo za vrijeme boravka u vodi* ukazuje na nerazumijevanje uloge rezonatora i zova mužjaka

tijekom sezone parenja, a nedostaje i primjena znanja iz svakodnevnog života i fizike o prijenosu zvuka kroz različite medije. Odgovor *spolno zrele žabe bolje su prilagođene životu u vodi nego na kopnu,* ponovno pokazuje nedostatke u razumijevanju međusobne povezanosti životnih uvjeta u staništu, razvojnih stadija u životnom ciklusu te prilagodbi vodozemaca na život na kopnu.

Odgovori *žabe mogu stvarati spolne stanice samo tijekom boravka u vodi* i *spolno zrele žabe bolje su prilagođene životu u vodi nego na kopnu* koje je ukupno dalo 5,41 % učenika ukazuje na probleme pri učenju i memoriranju (slika 8) strogo su povezani sa životnim ciklusom žabe. Može se pretpostaviti da se problem javlja tijekom učenja, jer su učenici skloni zanemariti prethodno stečena iskustvena znanja o prirodi i živim bićima u korist sadržaja u udžbenicima, koje potom pogrešno protumače, kao potrebu vode za spolno razmnožavanje žaba. Uzroci se mogu potražiti i tijekom poučavanja, kad se ne provjerava razumijevanje potrebe vode za razmnožavanje niti razumijevanje samog procesa nastanka spolnih stanica.



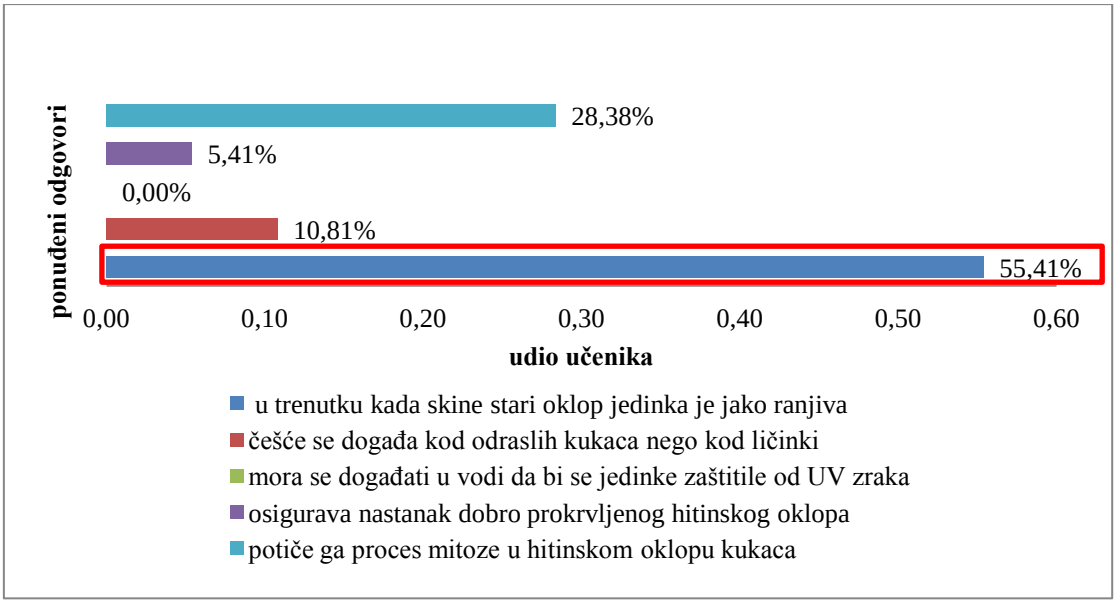
Slika 8. Analiza problema i miskoncepcija učenika uz pitanje 6.

Pitanje 7. Što je od navedenoga točno za proces presvlačenja kukaca?

Pitanjem se ispituje razumijevanje uloge hitinskog oklopa kod kukaca. Kako bi točno odgovorili na ovo pitanje, učenici trebaju poznavati građu hitinskog oklopa u kukaca, primijeniti znanje o ulogama staničnih dioba u organizmu i prisjetiti se obilježja različitih stadija u životu kukaca (tablica 9). Od ukupno 148 učenika, njih 55,41 % odgovorilo je točno na ovo pitanje, a 44,59 % odgovorilo je netočno (slika 9).

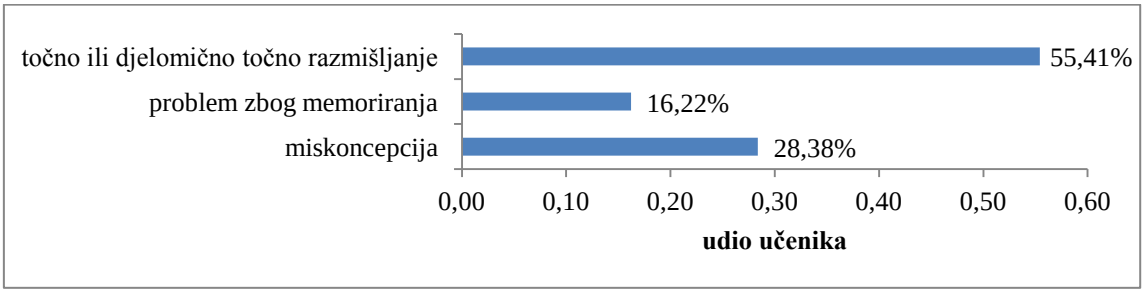
Tablica 9. Karakteristike 7. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Tip pitanja	višestruki izbor	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	životni ciklusi kukaca, potpuna i nepotpuna preobrazba, građa i uloga tijela kukaca, životni uvjeti u životnom ciklusu kukaca, prilagodbe kukaca na životne uvjete, uloga mitoze kod mnogostaničnih organizama
Koncept	Životni ciklusi organizma	
Ishod (IK DM)	Opisati životni ciklus kukaca	



Slika 9. Odgovori učenika na 7. pitanje na Županijskom natjecanju iz Biologije 2015. godine

Kod 44,59 % učenika pojavljuje se netočno razmišljanje, odnosno nerazumijevanje koncepata ispitivanih u zadatku (slika 11). Učenički odgovori ukazuju na moguće probleme pri memoriranju, te postoji naznaka za postojanje miskoncepcije vezano uz koncept rasta i razvitka životinjskog organizma.



Slika 10. Analiza problema i miskoncepcija uz pitanje 7.

Kako bi točno odgovorili na ovo pitanje, od učenika se očekuje reprodukcija, razumijevanje i primjena znanja koja su stekli tijekom 7. razreda, a osobito u nastavnoj cjelini Člankonošci. Ponuđeni odgovori na pitanje mogu se povezati s nastavnim sadržajima Prirode

u 5. i 6. razredu, posebice uz nastavne teme Građa i uloga životinjskog organizma, te Živa bića i stanište i životni uvjeti. Temeljem povezanosti nastavnih sadržaja prirode i biologije, od učenika se očekuje predznanje i razumijevanje prilagodbi životinjskih organizama na životne uvjete u staništu. Potrebno je razumijevanje koncepta životnog ciklusa u životinja na primjeru kukaca te razumijevanje koncepta rasta i razvitka organizma.

Točan odgovor *u trenutku kada skine oklop jedinka je jako ranjiva* dalo je 55,41 % učenika (slika 9). Više od polovine vrlo uspješnih učenika koji su sudjelovali na natjecanju ima razumijevanje koncepta životnog ciklusa na primjeru kukaca (slika 10) te razumije zaštitnu ulogu hitinskog oklopa u građi organizma kukaca, a na temelju tog znanja mogli su kritičkim razmišljanjem eliminirati ponuđene netočne odgovore. Hitinski oklop razvijen je kod kukaca kao tjelesni pokrov te ima potpornu i zaštitnu ulogu za životinjski organizam. Presvlačenje kukaca odvija se u vremenu kada kukci rastu, odnosno između dva razvojna stadija u životnom ciklusu. U tom periodu tijelo životinje je izloženo i osjetljivo te ne postoji oklop koji bi životinju zaštitio od gubitka vode. Točan odgovor ukazuje na razumijevanje prilagodbi životinja na životne uvjete.

Odgovor *potiče ga proces mitoze u hitinskom oklopu kukaca* dalo je 28,38 % učenika (slika 9). Odgovor ukazuje na moguću miskoncepciju vezanu uz ulogu mitoze u rastu u razvitku životinjskog organizma (slika 10). Učenici dobro povezuju rast organizma i rast oklopa s mitozom kao procesom koji omogućuje povećanje broja i obnavljanje stanica. Postoji problem kod povlačenja uzročno-posljedičnih veza u procesu presvlačenja. Učenici koji su dali ovaj odgovor smatraju da je mitoza uzrok presvlačenju, dakle da hitinski oklop raste zbog mitoze stanica u njemu, a potom dolazi do presvlačenja. Ovakvo pogrešno razumijevanje procesa presvlačenja i uloge mitoze u rastu i razvitku organizma može biti uzrokovano učenjem i poučavanjem nastavnih sadržaja vezanih uz stanične diobe, kada ih se često uči napamet, pomoću slikovnih prikaza, bez obrazloženja njihovih uloga u rastu organizma i obnavljanju tkiva na primjerima bliskim učenicima. Učenici bi trebali moći razumjeti da je mitoza proces koji omogućuje, ali ne uzrokuje, rast organizma. Osim toga, vidi se problem u učenju i poučavanju građe tijela kukaca, jer se ne naglašava da sam hitinski oklop nije struktura građena od stanica, nego struktura koju izlučuju stanice epiderme. Prema tome, novi hitinski oklop u kukaca će nastati jer će ga izlučiti nove epidermalne stanice većeg organizma koje su nastale procesom mitoze. U nastavi je tijekom poučavanja staničnih dioba potrebno staviti veći naglasak na primjere procesa u kojima se mitoza odvija. Učenici bi mogli dobivati zadatke u kojima bi trebali poredati slijed događaja npr. u procesu preobrazbe

kukaca te objasniti uzročno-posljedične veze zbog kojih su dali svoj odgovor. Isto bi se moglo učiniti i na primjeru ozljede kože ili regeneracije nekog tkiva, kako bi se kod učenika otklonio problem lošeg uviđanja veza uzroka i posljedica.

Odgovor *češće se događa kod odraslih kukaca nego kod ličinki* dalo je 10,81 % učenika (slika 9), a on ukazuje na problem kod memoriranja. Pokazuje se nedostatak reproduktivnog znanja o procesu preobrazbe kod kukaca, jer se tijekom obrade nastavnih sadržaja uz temu Kukci i ostali člankonošci u 7. razredu od učenika očekuje reprodukcija činjenice da se odrasli kukci ne presvlače. Osim nedostatka reproduktivnog znanja, pokazuje se i nedostatno poznavanje životnog ciklusa kukaca ograničavajući stadije u životnom ciklusu na ličinku i odraslu jedinku.

Odgovor *osigurava nastanak dobro prokrvljenog hitinskog oklopa* dalo je 5,41 % učenika (slika 9). Odgovor ukazuje na problem zbog memoriranja, jer nedostaje reproduktivno znanje o preobrazbi kukaca, odnosno stadijima u životnom ciklusu. Dajući ovaj odgovor učenici zanemaruju presvlačenje kukaca između stadija jajašaca, ličinke i kukuljice te presvlačenjem smatraju samo nastanak oklopa kod odraslog stadija. U smislu poznavanja građe hitinskog oklopa, ovaj odgovor je netočan jer hitinski oklop sam po sebi nije prokrvljen, ali učenici sedmog razreda nisu upoznati s tom razinom poznavanja građe tijela kukaca.

Odgovor *mora se događati u vodi da bi se jedinke zaštitile od UV zraka* nije dao nijedan učenik.

Pitanje 19. Poredaj točnim redoslijedom zbivanja tijekom razmnožavanja trakavice počevši od procesa samooplodnje.

Točan odgovor: **5** stvaranje čahura u mišićima
4 rasprostiranje ličinki krvotokom u tijelu svinje
6 jedenje suhomesnatih proizvoda koji nisu termički obrađeni
1 pohranjivanje i sazrijevanje oplođenih jaja u članku
2 izlazak zrelog članka s izmetom iz tijela domaćina
3 razvoj ličinki u crijevu svinje

Pitanje zahtijeva reprodukciju znanja nastavnog sadržaja o razmnožavanju trakavica; od učenika se očekuje ispravno redanje događaja u razvoju trakavice od samooplodnje. Za rješavanje zadatka dovoljno je memorirati životni ciklus trakavice, međutim netočno riješen

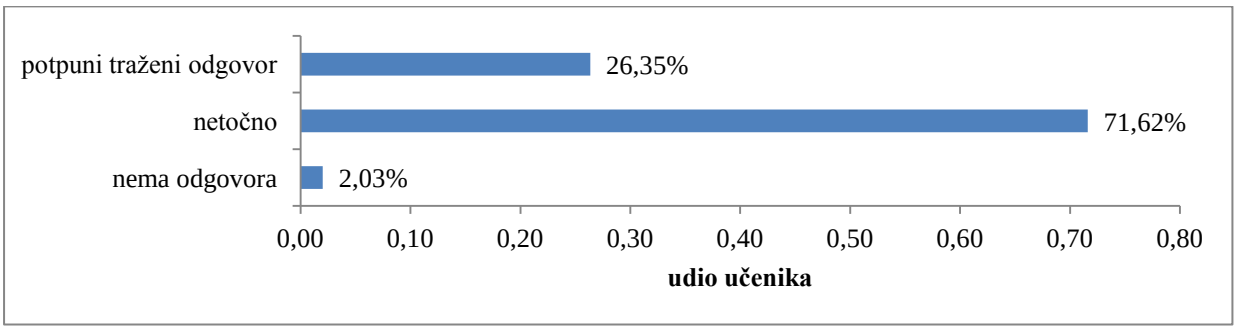
zadatak može ukazati na propuste u konceptualnom razumijevanju i povezivanju uloge domaćina (svinje i čovjeka) u životnom ciklusu trakavice (tablica 10).

Tablica 10. Karakteristike 19. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

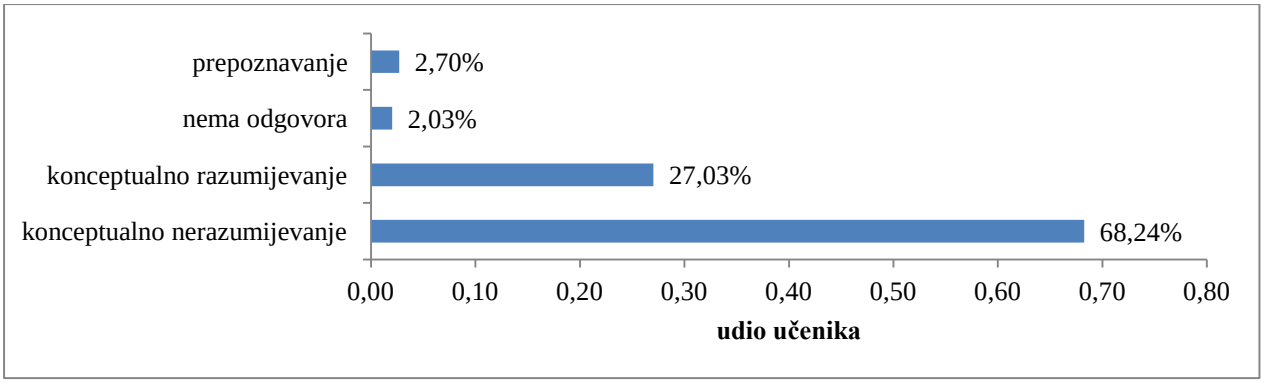
Tip pitanja	Zadatak redanja	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Razvojni ciklus trakavice, prilagodbe na parazitizam, dvospolne jedinke i samooplodnja, prilagodbe na životne uvjete, zaštita od bolesti
Koncept	Spolno i nespolno razmnožavanje na razini organizma, životni ciklusi	
Ishod (IK DM)	Analizirati uspješnost različitih oblika razmnožavanja s obzirom na uvjete života životinja	

Od 148 učenika, njih 26,35 % dalo je potpuno točan odgovor na ovo pitanje (slika 11). Prema specifičnom kodiranju odgovora učenika, ustanovljeno je da 27,03 % učenika ima konceptualno razumijevanje (slika 12); 0,68 % učenika dalo je djelomično točan odgovor koji je vrjednovan kao netočan, međutim greške tih učenika su male pa i kod njih možemo utvrditi konceptualno razumijevanje. Kod 2,70 % učenika govorimo o prepoznavanju (slika 12), jer su njihovi odgovori djelomično točni, međutim ne postoji konceptualno razumijevanje već se radi o prepoznavanju logičnog slijeda u manjem dijelu odgovora.

Točni odgovori učenika na ovo pitanje ukazuju na dobro usvojeno reproduktivno znanje o samom životnom ciklusu svinjske trakavice, razumijevanje uloge svinje kao međudomadara i čovjeka kao domadara u životnom ciklusu trakavice te razumijevanje veze između razvojnih stadija i domadara tj. životne okoline.



Slika 11. Udio točnih i netočnih odgovora učenika na 19. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

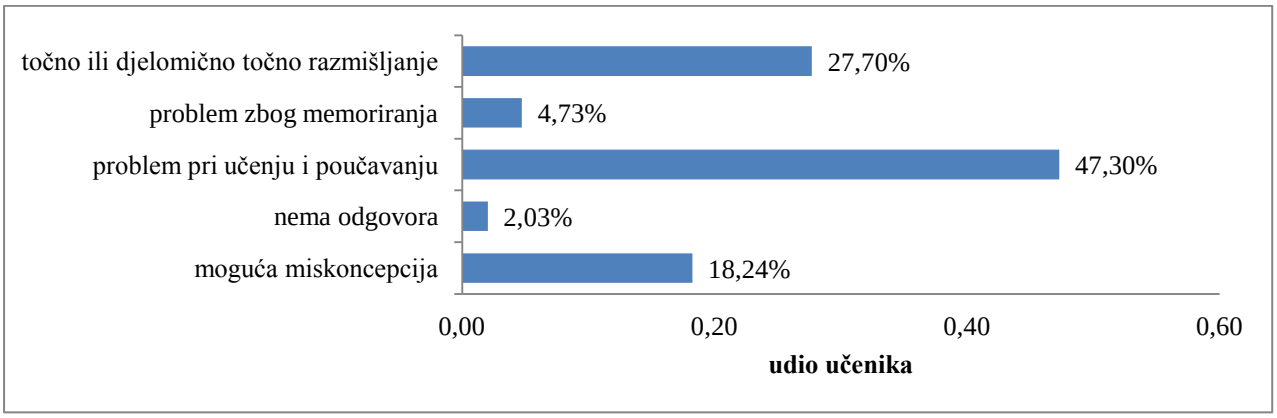


Slika 12. Analiza razine razumijevanja razvoja i životnog ciklusa trakavice prema odgovorima učenika na 19. pitanje.

Ukupno 71,62 % učenika (slika 11) dalo je netočan odgovor, a njih 68,24 % (slika 12) pokazuje konceptualno nerazumijevanje. Interpretacijom značenja učeničkih odgovora ustanovljeno je da je uzrok netočnih odgovora većine učenika problem pri učenju i poučavanju, a kod manjeg broja učenika je moguće postojanje miskoncepcije (slika 13). Učenici kod kojih je moguće postojanje miskoncepcije dali su odgovore u kojima je redoslijed zbivanja tijekom razvoja trakavice pogrešan ili čak besmislen, a samooplodnju i razvoj ličinke smještali su u pogrešan dio ciklusa te u pogrešnu okolinu (domadara). Isti učenici pokazali su i pogrešno razumijevanje uloge zrelog članka u životnom ciklusu trakavice. Prema tome, moguće je postojanje miskoncepcije da se u životnom ciklusu svinjske trakavice čovjek smatra međudomadarom u kojem se ličinke rasprostranjuju te nastaju čahure u mišićima čovjeka, a zreli članci s oplođenim jajima sazrijevaju u tijelu svinje koja je konačni domadar. Uzrok ovoj mogućoj miskoncepciji može se, za početak, potražiti u doslovnom shvaćanju imena svinjske trakavice, koji učenici mogu pogrešno razumjeti kao znak da je svinja konačni domadar ovoj vrsti. Nastavni sadržaji uz plošnjake javljaju se po prvi puta u 7. razredu te učenici nemaju prethodnih znanja s kojima bi mogli povezati životni ciklus trakavice. Učenici bi mogli imati pogrešna razumijevanja trakavice kao nametnika ukoliko su slušali o medicinskim posljedicama infekcije trakavicom kroz konzumaciju svinjskog mesa. Kako bi se ova moguća miskoncepcija uklonila tijekom nastave bilo bi dobro učenicima dati zadatak da u raznim medijima potraže primjere infekcije trakavicom kod čovjeka te da tu infekciju povežu s nastavnim sadržajem uz životni ciklus sadržajem, kroz izradu plakata, modela, igrom uloga (trakavica, svinja, veterinar, čovjek, liječnik), a svakako bi uz istu temu učenici trebali rješavati problemske zadatke.

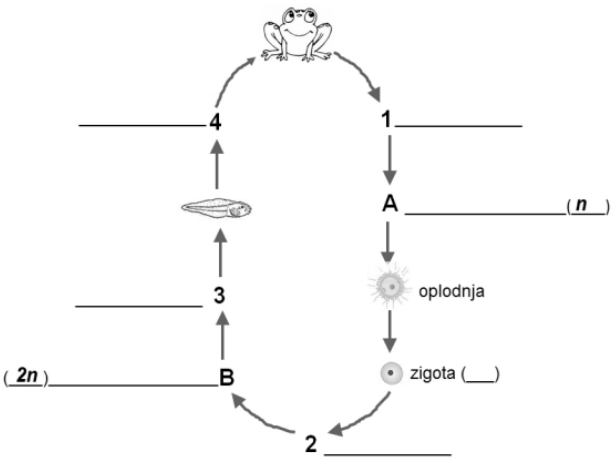
Ostali učenici kod kojih uočavamo problem kod memoriranja, učenja i poučavanja, dali su netočne odgovore kod kojih se uglavnom primjećuje besmislen poredak događaja.

Njihovi odgovori ukazuju na nedostatke pri logičkom zaključivanju i samom čitanju pitanja s razumijevanjem, jer su se neki odgovori mogli točno poredati i bez predznanja. S obzirom da rješavanje ovog zadatka ne zahtijeva nužno konceptualno razumijevanje, kod većine učenika koji su dali netočan odgovor uočava se nedostatak reproduktivnog znanja vezanog uz životni ciklus trakavice, ali i izostanak logičkog razmišljanja pri odabiru odgovora.



Slika 13. Analiza problema i miskoncepcija uz pitanje 19. na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Pitanje 22. Prouči dijagram koji prikazuje životni ciklus žabe i dopuni ga upisivanjem odgovarajućih pojmova na prazne crte. Na prikazanom su dijagramu brojevima označeni procesi, a slovima vrste (tipovi) stanica koje tim procesima nastaju i čiji je broj kromosoma naveden u zagradi. U zagradu uz zigotu također treba upisati odgovarajuću oznaku za broj kromosoma. Napomena: Iste pojmove možeš koristiti više puta.



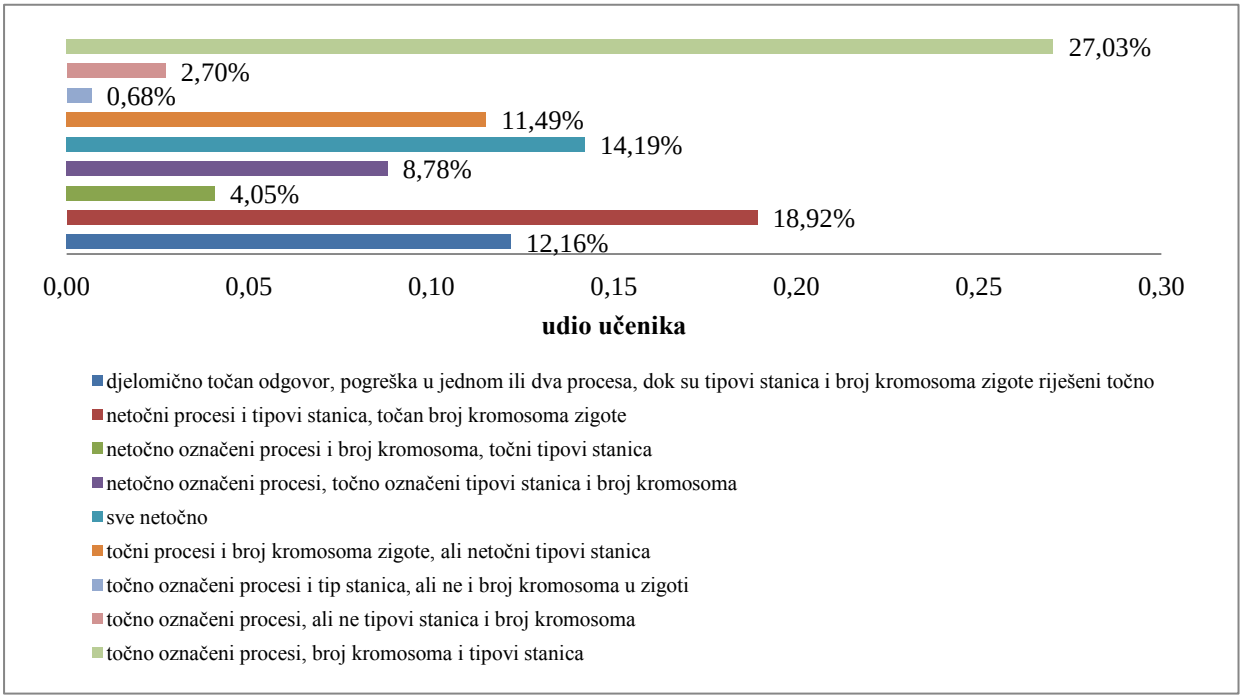
Točan odgovor: 1 mejoza**, A** spolne stanice**, zigota** 2n**, 2** mitoza**, B** tjelesne stanice**, 3** mitoza**, 4** mitoza

Pitanjem se provjerava reproduktivno znanje vezano uz pojedine faze životnog ciklusa, odnosno razumijevanje koncepta spolnog razmnožavanja na razini organizama i koncepta staničnih dioba u organizmu u ulozi rasta i razmnožavanja (tablica 11). Pitanje je usko vezano uz nastavne teme Stanica s jezgrom, Stanične diobe i Vodozemci koje su dio nastavnog sadržaja biologije u 7. razredu.

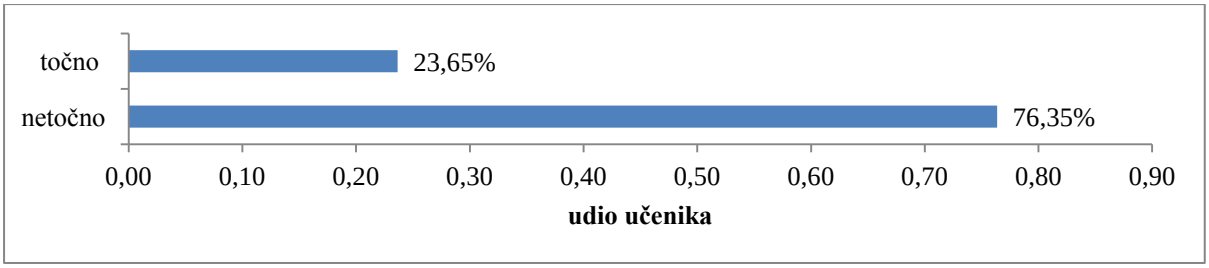
Od 148 učenika, 23,65 % učenika dalo je potpuno točan odgovor (slika 15), a odgovori učenika grupirani su i specifično kodirani (slika 14). Prema specifičnom kodiranju određeno je biološko značenje svake grupe odgovora, te točnost i razina razumijevanja (slika 16, slika 17). Potpuno točan odgovor na ovo pitanje ukazuje na dobro usvojeno reproduktivno znanje o životnom ciklusu žabe i životnom ciklusu stanice koje se odnosi na broj kromosoma i tipove stanica u određenom dijelu ciklusa, te razumijevanje uloge mitoze u rastu i razvitku živih bića kao i uloge mejoze u razmnožavanju.

Tablica 11. Karakteristike 22. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Tip pitanja	Navođenje iz crteža	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Životni ciklus stanice, životni ciklus žabe, uloga mitoze kod mnogostaničnih organizama, uloga mitoze u razmnožavanju mnogostaničnih organizama, promjena broja kromosoma tijekom mejoze, važnost haploidnog broja kromosoma u spolnim stanicama, oplodnja
Koncept	Životni ciklusi organizma	
Ishod (IK DM)	Opisati životni ciklus žabe, analizirati životni ciklus stanice	



Slika 14. Specifično kodiranje odgovora učenika na 22. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

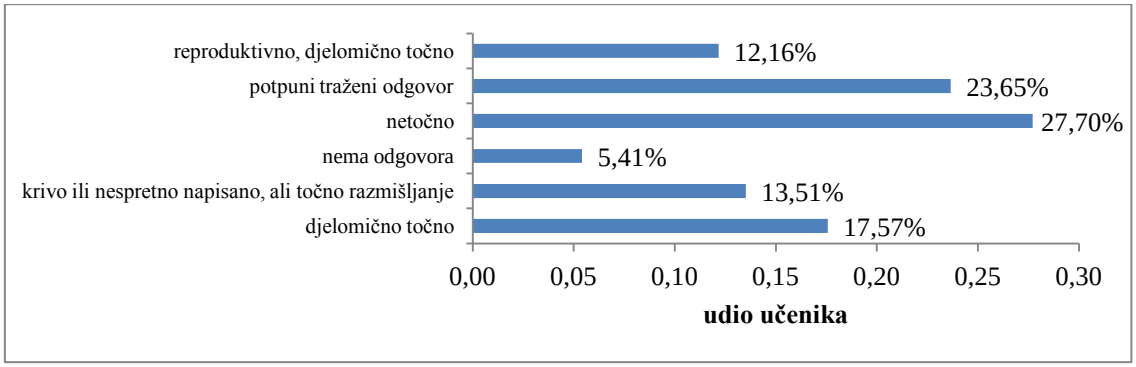


Slika 15. Udio točnih i netočnih odgovora učenika na 22. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

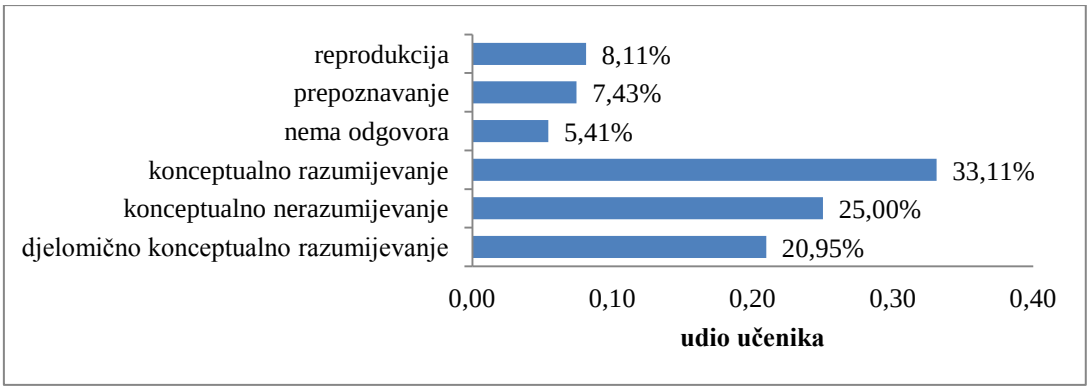
Od 148 učenika, 76,35 % odgovora vrjednovano je kao netočno. Kroz specifično kodiranje i analizu točnosti ustanovljen je velik broj djelomično točnih učeničkih odgovora, stoga velik broj učenika pokazuje djelomično i potpuno konceptualno razumijevanje provjeravanih koncepata (slika 17). Razina razumijevanja reprodukcija i prepoznavanje odnosi se na dio pitanja u kojem učenici trebaju odrediti tip stanice (tjelesne ili spolne) prema već određenom broju kromosoma te ponuditi broj kromosoma u zigoti. Djelomično konceptualno razumijevanje pokazuju učenici koji su pogriješili u imenovanju jednog ili dva procesa u životnom ciklusu, ali su odgovorima pokazali dobro razmišljanje.

Od učenika koji su odgovorili netočno, u najvećoj mjeri uočava se problem u učenju i poučavanju, a u manjem omjeru postojanje moguće miskoncepcije (slika 18). Moguća miskoncepcija povezana je sa životnim ciklusom stanice; jer neki učenici smatraju da je broj kromosoma u zigoti i tjelesnim stanicama haploidan, a u spolnim stanicama diploidan. Velik broj učenika koji su dali takav pogrešan odgovor ipak je dobro odgovorilo na dijelove pitanja koji su se odnosili na nazive procesa (staničnih diobi), čime potvrđuju svoje reproduktivno znanje. Miskoncepcija vjerojatno nastaje tijekom učenja, jer učenici pokazuju nerazumijevanje važnosti haploidnog broja kromosoma kod spolnih stanica kao i diploidnog broja kromosoma u zigoti, što ukazuje da ne povezuju nastanak zigote s nastankom nove jedinke. Tijekom nastave učenici često izrađuju modele staničnih dioba bez povezivanja tih procesa s odgovarajućim primjerima zbivanja u organizmu. Bilo bi dobro kad bi se dinamični modeli izrađivali na način da se u istom prikazu poveže nastanak spolnih stanica mejozom, oplodnja i nastanak zigote, te dalje mitoza tjelesnih stanica u svrhu rasta i razvitka organizma. Također bi bilo dobro tražiti učenike da te procese prikazuju crtežima, stripovima ili stop animacijom u kontekstu životnih ciklusa različitih organizama, stanica i tkiva. Općenito, u nastavi se životni ciklusi organizama uglavnom promatraju samo makroskopski, pa učenici teže povezuju naučene životne cikluse sa zbivanjima na razini stanice. Osim korištenja modela, interaktivne igre u kojima bi učenici mogli određivati tijek opisanih ciklusa te vidjeti kakvo bi značenje njihove pogreške imale za živu stanicu ili organizam, što bi bilo korisno

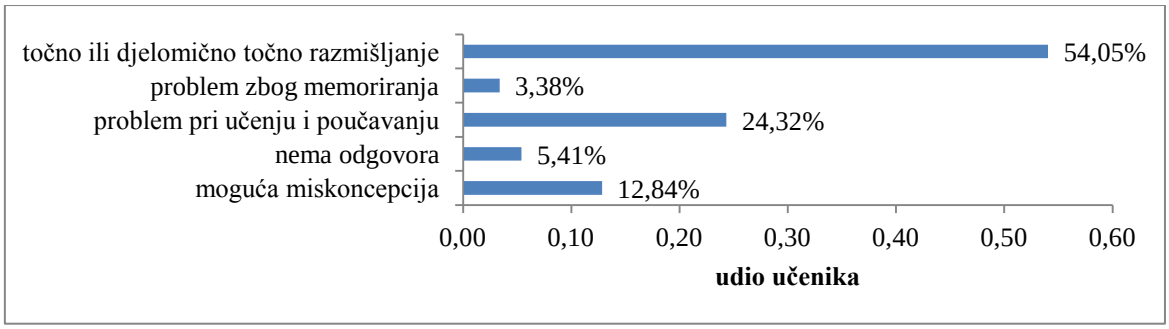
pomagalo pri povezivanju nastavnih sadržaja i uspostavi uzročno-posljedičnih koraka, procesa i pojava.



Slika 16. Analiza točnosti odgovora učenika na 22. pitanje.



Slika 17. Analiza razine razumijevanja životnog ciklusa žabe i životnog ciklusa stanice prema odgovorima učenika na 22. pitanje.



Slika 18. Analiza problema i miskoncepcija uz 22. pitanje

3.1.2.2.Analiza pitanja uz koncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* s Županijskog natjecanja 2017.

Pitanje 12. Za proces razmnožavanja pčela specifično je da se ženke (radilice i matice) razvijaju iz oplođenih jajnih stanica, a mužjaci (trutovi) iz neoplođenih jajnih stanica. Odredi jesu li tvrdnje o potomcima pčela točne ili netočne.

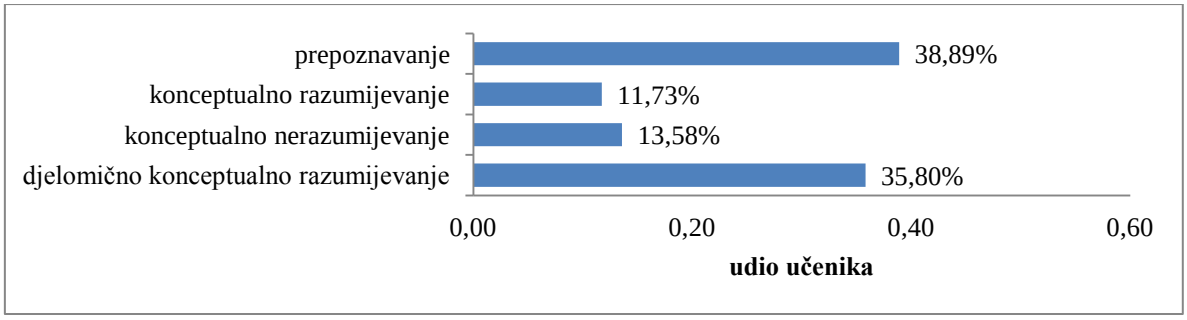
a) Svi trutovi u stanicama imaju potpuno jednake gene. (N)
b) Sve radilice istog legla u stanicama imaju jednake gene.(N)
c) Sve jajne stanice koje polažu matice imaju dvostruki broj kromosoma (N)
d) Stanice koje izgrađuju tijelo matica imaju dvostruki broj kromosoma.(T)
e) Stanice koje izgrađuju tijelo trutova imaju polovičan broj kromosom. (T)

Od 162 učenika koji su sudjelovali na natjecanju, njih 11,73 % dalo je točan odgovor na svih 5 tvrdnji. Točno riješenih 5 tvrdnji vrjednovalo se s 3 boda, 4 tvrdnje s 2 boda, a za tri tvrdnje dodijeljen je 1 bod. Za točan odgovor na jednu ili dvije tvrdnje učenicima nisu dodijeljeni bodovi. Za uspješno rješavanje 12. pitanja, učenici su trebali primijeniti znanja o razmnožavanju i nasljeđivanju, te o razmnožavanju iz neoplođene jajne stanice. Potrebno je reproduktivno znanje o broju kromosoma kod tjelesnih i spolnih stanica (tablica 12) za pojedinačni odgovor, ali pitanje u cjelini daje dobru informaciju o konceptualnom razumijevanju učenika veze oplodnje i broja kromosoma. Pitanje je vezano uz nastavne teme u 7. razredu: Stanične diobe, Kukci i ostali člankonošci, a može se povezati i s nastavom prirode u 5. razredu, posebice s temom Razmnožavanje i ponašanje životinja.

Tablica 12. Karakteristike 12. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

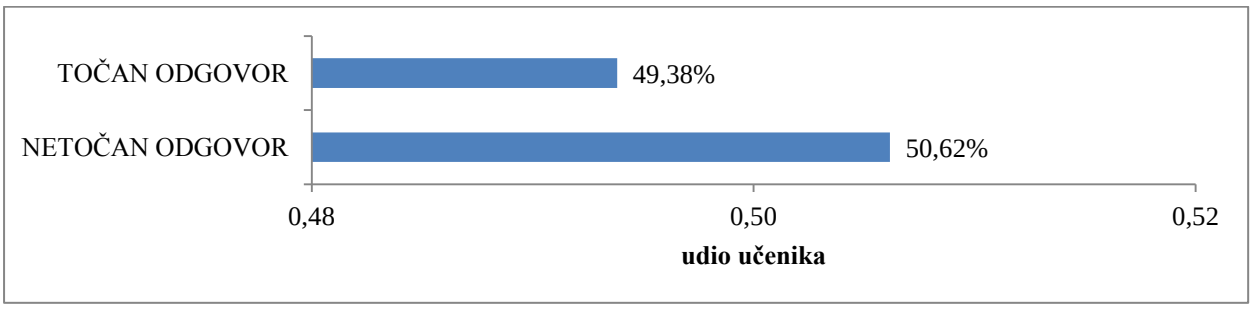
Tip pitanja	Zadatak alternativnog odgovora	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Oplodnja, razvitak iz oplođene jajne stanice, razvitak iz neoplođene jajne stanice, broj kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama, promjena broja kromosoma u mejozi, nasljeđivanje gena od roditelja, raspodjela kromosoma u nove stanice tijekom mejoze
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	analizirati odnose među genima i njihov utjecaj na razini organizma ili pojedine osobine, povezati stalnost broja, građe i oblika kromosoma s definicijom vrste kao reproduktivno izolirane skupine organizama	

S obzirom da svih pet tvrdnji navedenih u zadatku provjeravaju isti koncept, razina razumijevanja koncepta analizirana je za sve tvrdnje kao cjelinu. Najveći broj učenika dalo je točne odgovore na 3 od 5 tvrdnji, što ukazuje da kod njih ne postoji potpuno konceptualno razumijevanje već su odgovori dani na razini prepoznavanja, a djelomično konceptualno razumijevanje pokazuje 35,80 % učenika (slika 19) koji su točno odgovorili na 4 od 5 tvrdnji.



Slika 19. Analiza razine razumijevanja razmnožavanja i nasljeđivanja iz oplođene i neoplođene jajne stanice prema odgovorima učenika na pitanje 12.

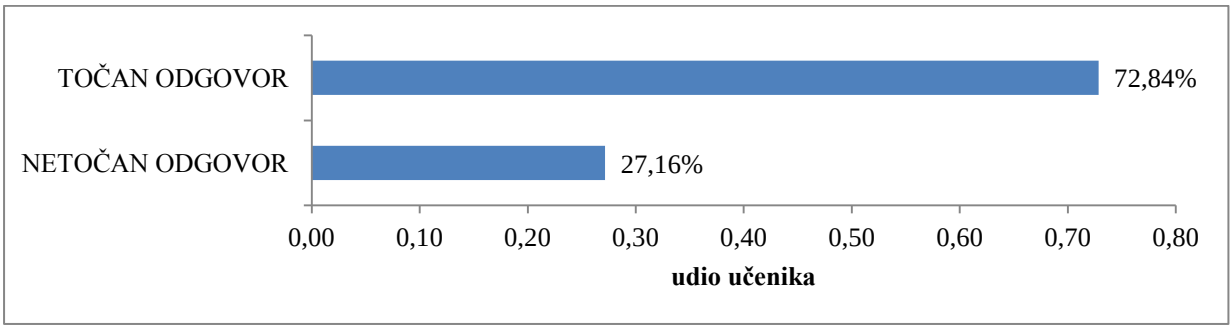
Na pitanje 12.a broj učenika koji su odgovorili točno i netočno je podjednak (slika 20). Učenici koji su pogrešno odgovorili na ovo pitanje pokazuju pogrešno razumijevanje procesa mejoze i raspodjele kromosoma koji nose gene u spolne stanice koje nastaju mejozom. Tijekom nastanka spolnih stanica koje sudjeluju u razmnožavanju događa se odvajanje kopija kromosoma koji nose različite varijante gena i njihova raspodjela u novonastale spolne stanice. Tijekom poučavanja mejoze ovo se objašnjenje često preskoči ili se smatra dostatnim prikazivanje dvije varijante gena u dvije različite boje bez posebnog naglašavanja i pojašnjavanja uloge boja u prikazu. Stoga učenici zanemaruju važnost nasljeđivanja DNA i gena od dva roditelja, zbog čega u tjelesnim stanicama mogu postojati dvije varijante gena, dok se zbog raspodjele kromosoma tijekom nastanka spolnih stanica taj broj smanji na jedan.



Slika 20. Udio točnih i netočnih odgovora učenika na pitanje 12. a "Svi trutovi u stanicama imaju potpuno jednake gene." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Na temelju odgovora na pitanje 12.a i ostalih tvrdnji u pitanju 12 (slika 19), utvrđeno je točno razmišljanje kod gotovo polovine učenika. Kod manjeg udjela učenika javlja se moguća miskoncepcija da svi trutovi istog legla imaju jednake gene, koja nastaje zbog nerazumijevanja nasljeđivanja na razini stanice, tj. raspodjele različitih varijanti gena u kromosomima u novonastale spolne stanice.

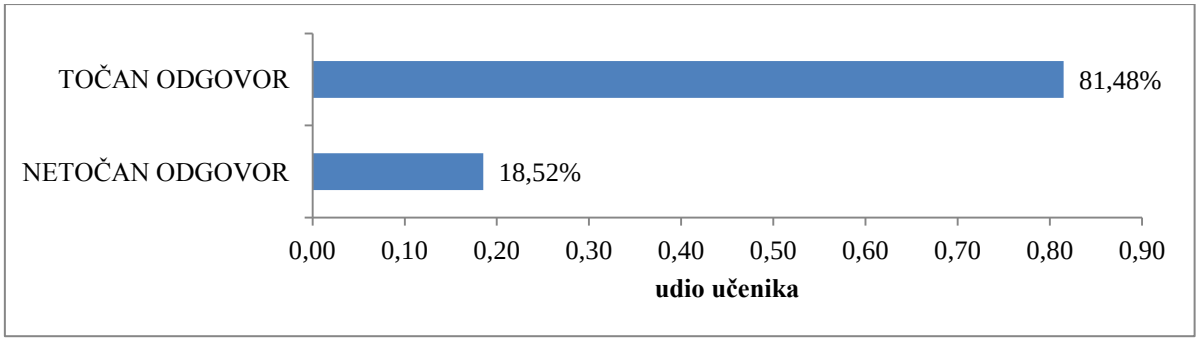
Na pitanje 12.b veći je udio učenika dao točan odgovor (slika 21). Učenici koji su pogrešno odgovorili na ovo pitanje pokazuju potpuno nerazumijevanje značenja spolnog razmnožavanja, tj. oplodnje s obzirom na gene neke jedinke, zanemaruje se prisutnost gena naslijeđenih od drugog roditelja, pokazuje se nerazumijevanje procesa mejoze i raspodjele kromosoma u spolne stanice, kao što je objašnjeno kod tvrdnje 12.a.



Slika 21. Udio točnih i netočnih odgovoraučenika na pitanje 12. b "Sve radilice istog legla u stanicama imaju jednake gene." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Na temelju odgovora na pitanje 12.b i ostalih tvrdnji u pitanju 12, utvrđeno je točno razmišljanje kod većine učenika. Kod manjeg broja učenika javlja se moguća miskoncepcija da sve radilice istog legla imaju jednake gene, uzrokovana istim problemom kao i miskoncepcija kod prethodne tvrdnje.

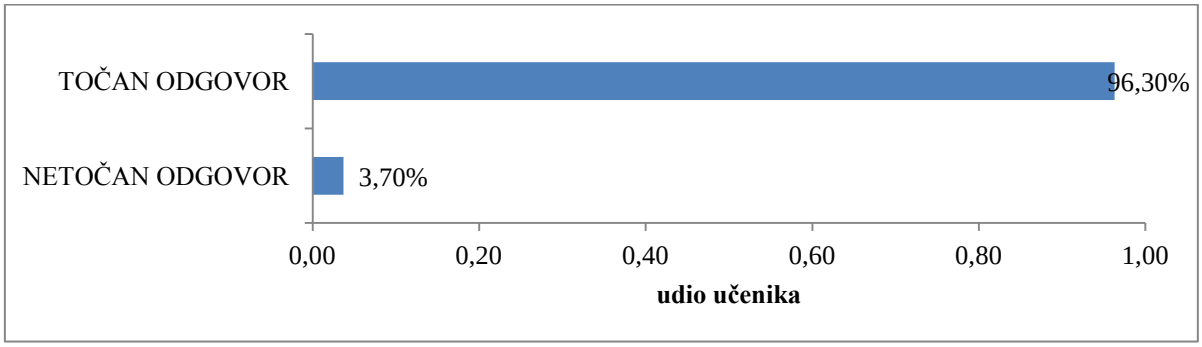
Veći udio učenika dao je točan odgovor na pitanje 12.c (slika 22). Učenici koji su pogrešno odgovorili na ovo pitanje pokazuju nepoznavanje i nerazumijevanje važnosti mejoze u nastanku spolnih stanica, tj. važnost jednostrukog broja kromosoma za spolne stanice. Spolne stanice uvijek imaju haploidan (polovičan) broj kromosoma. Jajne stanice koje polažu matice također su spolne stanice, bez obzira hoće li biti oplođene ili ne, pa stoga imaju haploidan broj kromosoma. Učenici bi u sedmom razredu trebali razumjeti važnost haploidnog broja kromosoma kod spolnih stanica i uloge takvog broja kromosoma u oplodnji, odnosno nastanku zigote. Učenici koji su ponudili odgovor da je ova tvrdnja točna mogli su ga ponuditi jer ne razumiju važnost broja kromosoma u spolnim stanicama ili smatraju da spolne stanice matice moraju biti diploidne jer se iz neoplođenih jajnih stanica razvijaju trutovi.



Slika 22. Udio točnih i netočnih odgovoraučenika na pitanje 12. c "Sve jajne stanice koje polažu matice imaju dvostruki broj kromosoma." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Na temelju odgovora na pitanje 12.c i ostalih tvrdnji u pitanju 12, utvrđeno je točno razmišljanje kod većine učenika. Kod manjeg broja učenika javlja se moguća miskoncepcija da sve jajne stanice koje polažu matice imaju dvostruki broj kromosoma. Ova miskoncepcija izravno je povezana s nerazumijevanjem staničnih dioba i uloge promjene broja kromosoma tijekom nastanka spolnih stanica u mejozi.

Veći udio učenika ponudio je točan odgovor na pitanje 12.d (slika 23). Učenici koji su pogrešno odgovorili na ovo pitanje pokazuju nerazumijevanje važnosti razlike broja kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama. Odgovor ukazuje na zanemarivanje uloge oplodnje spolnom stanicom druge jedinke kojom nastaje zigota, stanica s dvostrukim brojem kromosoma, od koje procesom mitoze nastaju tjelesne stanice nekog organizma. Tjelesne stanice organizma koji se razvija iz oplođene jajne stanice ima dvostruki broj kromosoma koji su naslijeđeni od oba roditelja. Učenici u sedmom razredu trebaju razumjeti da se pri spominjanju dvostrukog broja kromosoma govori o parovima kromosoma, od kojih se jedan kromosom u paru nasljeđuje od majke, a drugi od oca, te da je takvo sparivanje kromosoma moguće upravo zbog oplodnje.

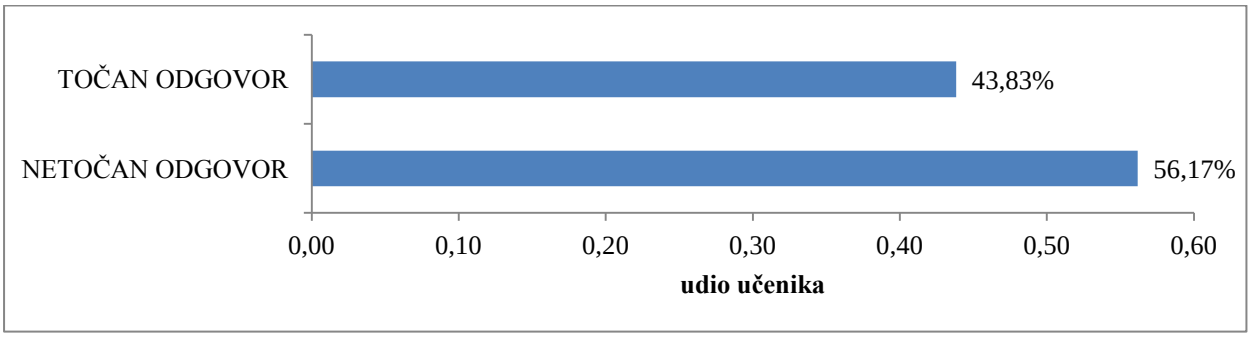


Slika 23. Udio točnih i netočnih odgovoraučenika na pitanje 12. d "Stanice koje izgrađuju tijelo matica imaju dvostruki broj kromosoma." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Na temelju odgovora na pitanje 12.d i ostalih tvrdnji u pitanju 12, utvrđeno je točno razmišljanje kod većine učenika. Kod manjeg broja učenika javlja se moguća miskoncepcija

da tjelesne stanice matica imaju haploidan broj kromosoma, što je uzrokovano nerazumijevanjem procesa oplodnje i promjenom broja kromosoma u stanici u tom procesu. Učenici ovdje pokazuju i nedostatak reproduktivnog znanja o broju kromosoma u tjelesnim stanicama.

Na pitanje 12.e netočno je odgovorilo više od polovice učenika (slika 24). Učenici koji su pogrešno odgovorili na ovo pitanje pokazuju nerazumijevanje izostanka oplodnje kod razvitka trutova te se uočava nepovezivanje broja kromosoma u stanicama sa procesima stanične diobe i oplodnje, te utjecaja tih procesa na promjenu broja kromosoma u stanicama. Trutovi se razvijaju iz neoplođenih jajnih stanica, stoga njihove tjelesne stanice imaju polovičan broj kromosoma. Kod trutova, zbog takvog broja kromosoma, i spolne stanice nastaju procesom mitoze.



Slika 24. Udio točnih i netočnih odgovoraučenika na pitanje 12. e "Stanice koje izgrađuju tijelo trutova imaju polovičan broj kromosoma." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Na temelju odgovora na pitanje 12.e i ostalih tvrdnji u pitanju 12, kod manjeg broja učenika javlja se moguća miskoncepcija da tjelesne stanice trutova imaju diploidan broj kromosoma. Miskoncepcija može nastati zbog nerazumijevanja razvitka organizma iz neoplođene jajne stanice. Ova moguća miskoncepcija povezana je s ostalima prethodno navedenim mogućim miskoncepcijama u analizi pitanja 12, te se u nastavi može ukloniti detaljnim proučavanjem i ilustriranjem nasljeđivanja i životnog ciklusa stanice u zadruzi pčela te izradom konceptualne mape sa središnjim konceptom životni ciklus stanice.

Pitanje 13. Poznato je da neke slatkovodne vrste školjkaša zadržavaju oplođena jajašca između listića škrga. Razvijene ličinke se otpuštaju s vodom koja izlazi iz plaštane šupljine ženke školjkaša i pri prolasku ribe hvataju se za njezine škrge pri čemu joj stvaraju manje ozljede. Na ozlijeđenom mjestu tkivo škrga ribe preraste ličinku. U škrgama ribe ličinka nastavlja razvoj nekoliko tjedana. Kao mlada odrasla jedinka otpušta se sa škrga ribe i pada na dno. Što je od navedenoga točno o opisanom razmnožavanju slatkovodnih školjkaša?

a) Privremeni parazitizam školjkašima osigurava širenje u nove prostore. (T)

b) Škrge ribe osiguravaju ličinki školjkaša stalan dotok kisika i hranjivih tvari. (T)

c) Opisani oblik suživota zaustavlja proces izmjene plinova u škrgama ribe. (N)

d) Obrastanje ličinke školjkaša tkivom škrga ribe omogućuje proces mitoze. (T)

e) Opisano razmnožavanje osigurava preživljavanje većeg broja školjkaša. (T)

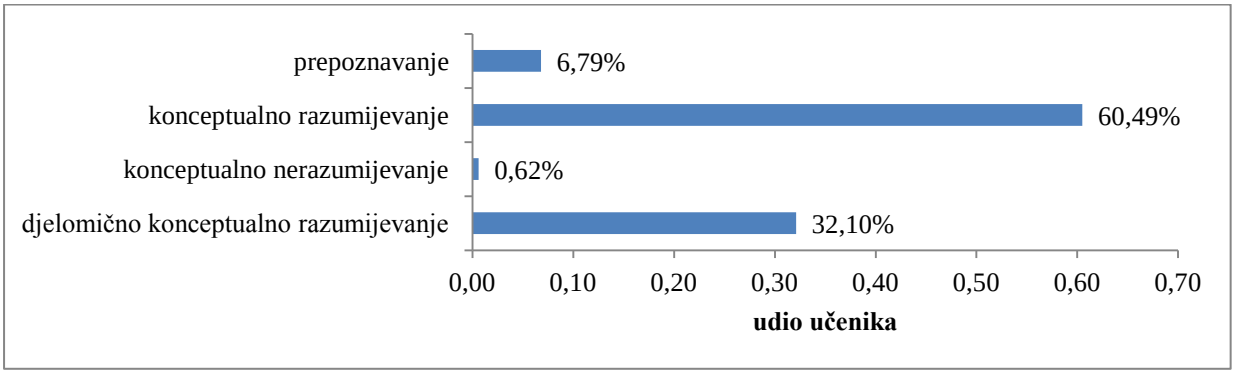
Od 162 učenika, njih 60,49 % dalo je točan odgovor na svih pet tvrdnji u pitanju 13. Točno riješenih 5 tvrdnji vrjednovalo se s 3 boda, 4 tvrdnje s 2 boda, a za tri tvrdnje dodijeljen je 1 bod. Za točan odgovor na jednu ili dvije tvrdnje učenicima nisu dodijeljeni bodovi. Za uspješno rješavanje zadatka, učenici su trebali primijeniti znanja vezana uz nastavne teme Mekušci i Ribe iz nastavnog sadržaja predmeta biologija u 7. razredu. Pitanje se može povezati i s nastavnom temom Stanične diobe, također iz 7. razreda. Pitanje zahtijeva primjenu znanja vezanih uz stanične diobe, primjenu znanja o građi i ulozi organa u tijelu riba te zaključivanje o prilagodbi školjkaša na životne uvjete u slatkim vodama i prednostima parazitizma nad samostalnim životom ličinki školjkaša (tablica 13).

Tablica 13. Karakteristike 13. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

Tip pitanja	**Zadatak alternativnog odgovora**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Životni ciklus stanice, uloga mitoze u mnogostaničnih organizama, izmjena plinova u škrgama ribe, prilagodbe školjkaša na životne uvjete, opstanak vrste, prilagodbe na parazitski način života, prednosti parazitskog načina života, izmjena tvari
Koncept	spolno razmnožavanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	analizirati uspješnost različitih oblika razmnožavanja s obzirom na životne uvjete životinja	

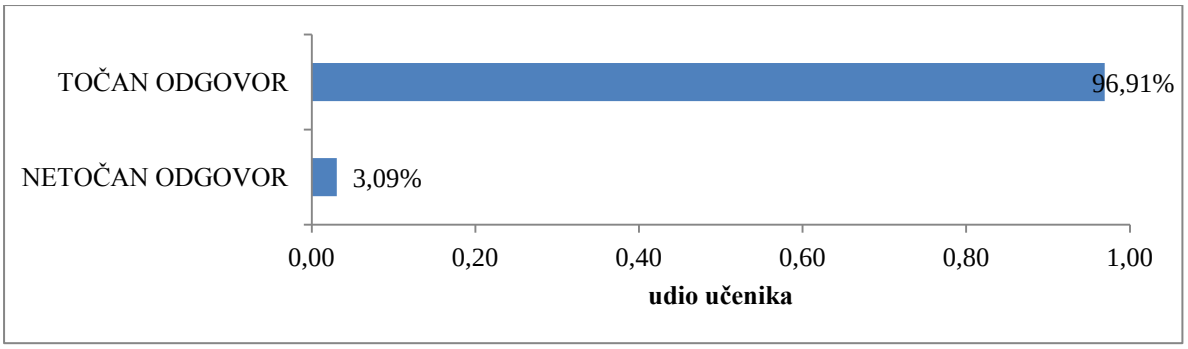
S obzirom da svih pet tvrdnji navedenih u zadatku provjeravaju isti koncept, razina razumijevanja koncepta analizirana je za sve tvrdnje kao cjelinu. Vrlo mali udio učenika (slika 25) pokazuje potpuno konceptualno nerazumijevanje, dok gotovo trećina pokazuje

djelomično konceptualno razumijevanje opisanog koncepta. To su učenici koji su pogrešan odgovor dali na jednu od pet tvrdnji u pitanju 13.



Slika 25. Analiza razine razumijevanja spolnog razmnožavaja na razini organizma s obzirom na različite uvjete života na primjeru privremenog parazitizma ličinke školjkaša na škrgama ribe.

Manji broj učenika koji su pogrešno odgovorili na tvrdnju 13. a (slika 26) pokazuje nerazumijevanje uloga i prednosti parazitizma ličinki školjaša. Parazitiranje ličinki školjkaša na škrgama ribe omogućuje brže širenje ličinki u nove prostore u odnosu na širenje ličinki koje žive slobodno u stupcu vode. Ličinke školjkaša koje ne parazitiraju na škrgama riba imaju kretanje ograničeno strujom vode te se u stajaćim vodama ne bi mogli rasprostraniti na nove prostore. Učenici u sedmom razredu ne uče o privremenom parazitizmu ličinki školjkaša, već se u kontekstu razmnožavanja školjkaša spominje slobodno plivajuća ličinka. Međutim, uvodni tekst zadatka daje im dovoljno informacija prema kojima bi, koristeći svoje prethodno stečeno znanje o parazitskom načinu života, trebali moći logičkim zaključivanjem ponuditi točan odgovor.

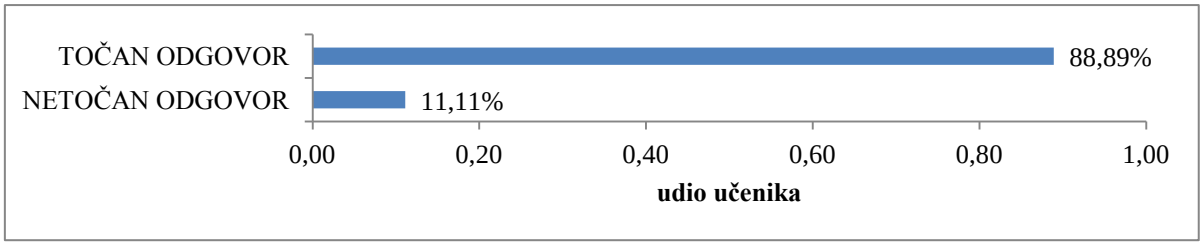


Slika 26. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 13.a "Privremeni parazitizam školjkašima osigurava širenje u nove prostore." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017.

Uz pitanje 13.a ne postoje moguće miskoncepcije kod učenika, a utvrđeno je točno razmišljanje kod većine sudionika Županijskog natjecanja. Uzrok malog broja netočnih odgovora jesu problem pri učenju i poučavanju i problem zbog memoriranja. Kako bi se ovakvi problemi izbjegli, od učenika bi bilo dobro tražiti da usporede i obrazlože uspješnost razmnožavanja i širenja različitih vrsti slatkovodnih školjkaša čije ličinke žive slobodno ili

parazitiraju na škrgama riba na primjeru problemskog zadatka s grafičkim prikazom ili analizom podataka u tablici.

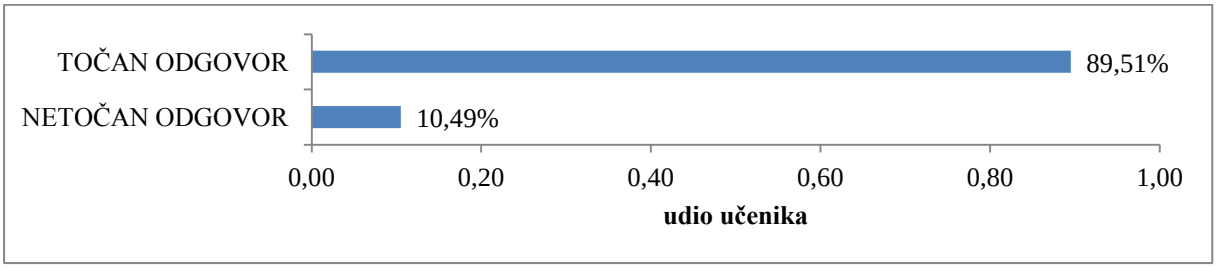
Manji broj učenika koji su pogrešno odgovorili na pitanje 13. b (slika 27) pokazuje nerazumijevanje uloge škrga u organizmu ribe te koristi koje ličinke školjkaša imaju od parazitiranja na škrgama. Učenici ne povezuju smještaj ličinke u tijelu ribe s koristima parazitskog načina života.



Slika 27. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 13.b "Škrge ribe osiguravaju ličinki školjkaša stalan dotok kisika i hranjivih tvari." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017.

Uz pitanje 13.b moguća miskoncepcija da ličinke školjkaša nemaju koristi od riba pri dobivanju hranjivih tvari i kisika javlja se kod vrlo malog broja učenika. Većina učenika koji su dali pogrešan odgovor pokazuje problem u memoriranju uloge škrga u tijelu ribe. Dobro prokrvljene škrge u tijelu ribe imaju ulogu izmjene plinova, kao i u tijelu školjkaša. Ličinke školjkaša hranjive tvari i kisik uzimaju iz okolne vode ili tjelesnih tekućina ribe na kojoj parazitiraju. Učenici koji su netočno odgovorili na ovo pitanje mogli su dobro povezati ulogu škrge s izmjenom plinova u riba, ali zanemariti činjenicu da se školjkaši opskrbljuju kisikom na isti način, tj. procesom difuzije.

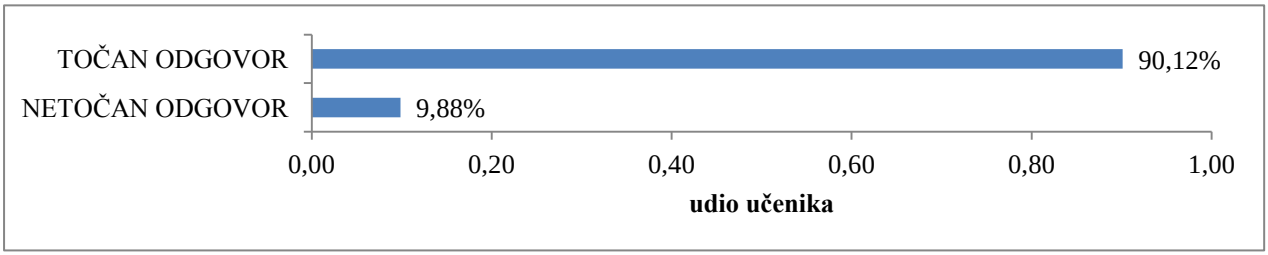
Manji broj učenika koji su pogrešno odgovorili na pitanje 13.c (slika 28) pokazuje nerazumijevanje građe škrga ribe te ukazuje na nerazumijevanje koristi privremenog parazitizma za školjkaše. U slučaju da se proces izmjene plinova u škrgama ribe zaustavi, životinja bi uginula, a time ličinka školjkaša gubi organizam domaćina te koristi koje uživa od parazitskog načina života, posebice dotok kisika i hranjivih tvari.



Slika 28. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 13.c "Opisani oblik suživota zaustavlja proces izmjene plinova u škrgama ribe." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Uz pitanje 13.c ne postoji moguća učenička miskoncepcija. Kod manjeg broja učenika koji su dali pogrešan odgovor postoje problemi u učenju i poučavanju ili problemi u memoriranju. Učenici zanemaruju potrebu ličinke školjkaša da ima koristi od života na škrgama ribe ili ne poznaju uloge škrga u tijelu ribe. Učenici u sedmom razredu trebaju moći na temelju uvodnog teksta i svojih znanja o parazitskom načinu života zaključiti da ličinka školjkaša ima koristi od života na škrgama ribe. U slučaju da se zaustavi proces izmjene plinova, riba ugiba, a samim time ličinka gubi domadara. Ovakav učenički odgovor ukazuje na nedostatak logičkog zaključivanja te na nedostatke u uviđanju veza između tvrdnji u zadatku 13.

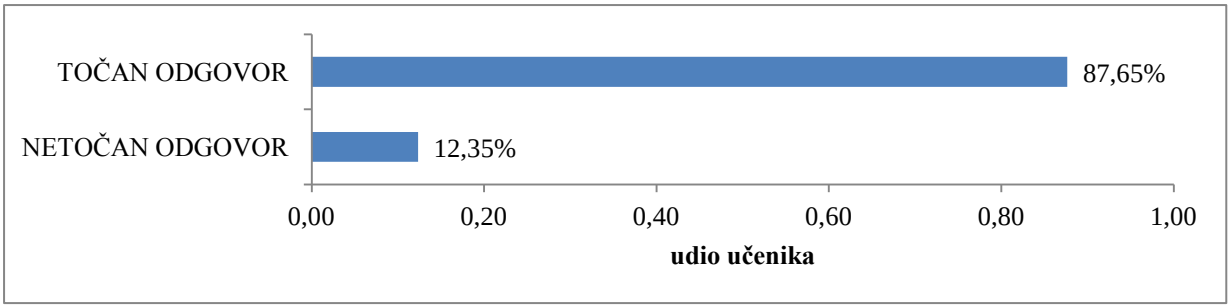
Manji broj učenika koji su pogrešno odgovorili na pitanje 13.d (slika 29) pokazuje nerazumijevanje uloge mitoze u tijelu životinje. Mitoza kod mnogostaničnih organizama kao dioba tjelesnih stanica sudjeluju u rastu i razvitku organizma, a kao primjeri procesa u kojima se odvija mitoza mogu se navesti rast tkiva i zacjeljivanje rana, što je slučaj u ovom pitanju. Ličinka školjkaša prihvaćanjem na škrge ribe stvori ozljedu na škrgama. Proces mitoze omogućuje rast tkiva škrga i obrastanje ličinke školjkaša.



Slika 29. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 13.d "Obrastanje ličinke školjkaša tkivom škrga ribe omogućuje proces mitoze." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Uz pitanje 13.d moguća miskoncepcija da proces mitoze ne omogućuje obrastanje ličinke školjkaša tkivom škrga javlja se kod vrlo malog broja učenika. Ova se miskoncepcija može općenito izraziti kao razmišljanje da proces mitoze ne sudjeluje u rastu tkiva. Podjednak broj učenika koji su dali netočan odgovor (slika 29) pokazuje probleme u učenju i poučavanju te problem u memoriranju. Problem u memoriranju znači nepoznavanje nazivlja staničnih dioba, dok se kod problema u učenju i poučavanju radi o nepovezivanju obrastanja ličinke školjkaša s rastom novog tkiva. Moguć je problem i nedovoljno razjašnjene uloge mitoze u organizmu, odnosno nedostatak primjera u kontekstu životnih situacija različitih organizama na kojima bi učenici usvojili značenje rasta i razvitka organizma koji se spominju u važnosti i ulozi procesa mitoze kod mnogostaničnih organizama.

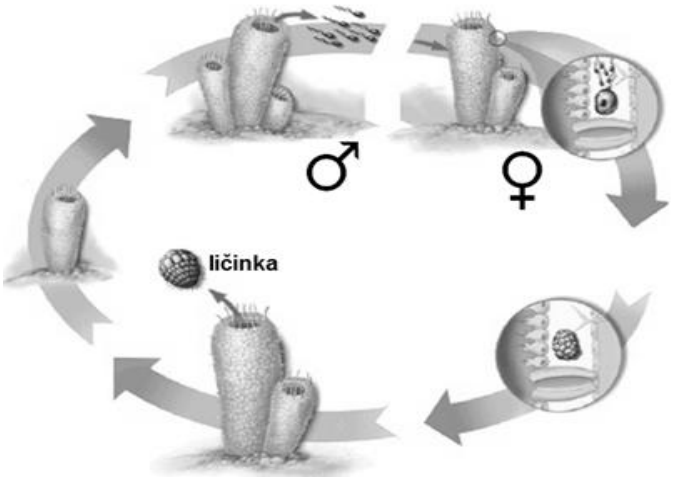
Manji broj učenika koji su pogrešno odgovorili na pitanje 13.e (slika 30) pokazuje nerazumijevanje važnosti i prednosti privremenog parazitizma za uspješnije razmnožavanje i rasprostranjivanje vrste. Privremeni parazitizam u slatkovodnih školjkaša omogućuje lakše rasprostranjivanje vrste na nova staništa, čime se mogu osnovati nove populacije te vrste školjkaša. Na škrgama ribe ličinke su zaštićene te preko škrga dobivaju hranjive tvari i kisik, sve dok se ne razviju u mlade, odrasle jedinke spremne na samostalan život. S obzirom da školjkaši odjednom otpuštaju velik broj ličinki koje se primaju za škrge riba, njihov privremeni parazitizam omogućuje i preživljavanje velikog broja potomaka i širenje istih u nova staništa, što je za slabo pokretne odrasle jedinke gotovo nemoguće.



Slika 30. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 13.e "Opisano razmnožavanje osigurava preživljavanje većeg broja školjkaša." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

Za pitanje 13.e ne postoji moguća učenička miskoncepcija. Kod manjeg broja učenika koji su dali pogrešan odgovor postoje problemi u učenju i poučavanju ili problemi u memoriranju. Učenici zanemaruju koristi koje slatkovodni školjkaši kao skupina imaju od privremenog parazitiranja na škrgama ribe, a koje uključuju veći broj preživjelih potomaka. Pogrešan odgovor na ovo pitanje može se povezati s odgovorima na pitanja 13.a i 13.b, koja također govore o prednostima parazitizma ličinki školjkaša na škrgama ribe.

Pitanje 15. Temeljem promatranja slike razvojnog ciklusa jedne vrste spužve odredi jesu li navedene tvrdnje točne ili netočne.



a) Muške spolne stanice mogu oploditi i jajne stanice udaljenih jedinki. (T)

b) Oplodnja se događa u prostoru između stanica koje grade tijelo spužve. (T)

c) Ličinka se iz oplođene jajne stanice razvija procesom mejoze. (N)

d) Mlada spužva može živjeti kao samostalna jedinka ili kao dio zadruge. (T)

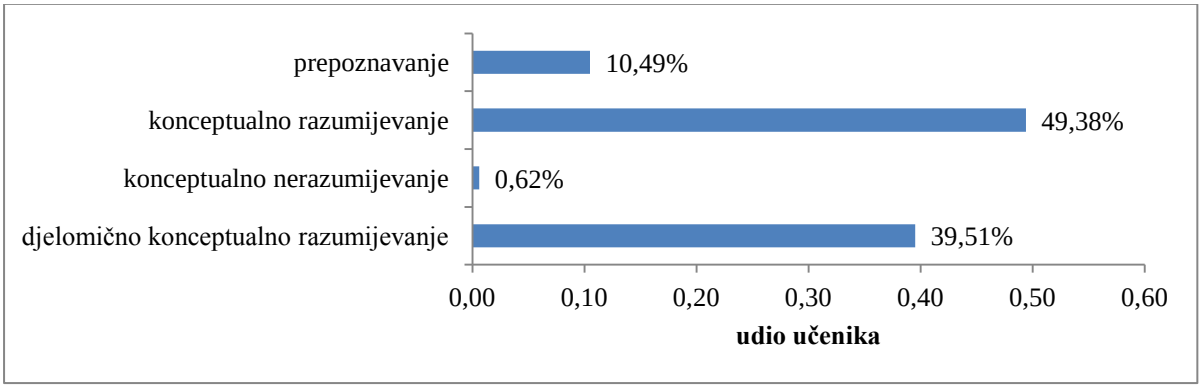
e) Uključivanje mladih spužvi u zadružni život preduvjet je za spolnu zrelost. (N)

Od 162 učenika koji su sudjelovali na natjecanju, njih 49,38 % dalo je točan odgovor na svih 5 tvrdnji. Točno riješenih 5 tvrdnji vrjednovalo se s 3 boda, 4 tvrdnje s 2 boda, a za tri tvrdnje dodijeljen je 1 bod. Za točan odgovor na jednu ili dvije tvrdnje učenicima nisu dodijeljeni bodovi. Za uspješno rješavanje 15. pitanja učenik ne mora imati konceptualno razumijevanje da bi mogao točno odgovoriti na svih pet tvrdnji. Rješavanje pojedinih tvrdnji zahtijeva većinom reproduktivno znanje vezano uz nastavnu temu Spužve, te konceptualno razumijevanje uz temu Stanične diobe iz nastavnog sadržaja biologije za 7. razred (tablica 14). Bez obzira što za rješavanje pitanja ne treba imati konceptualno razumijevanje, kombinacija odgovora na pet tvrdnji može ukazati na propuste u razumijevanju. Učenici trebaju moći uočiti prilagodbe životinje na životne uvjete i povezati ih s uspješnosti razmnožavanja.

Tablica 14. Karakteristike 15. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine.

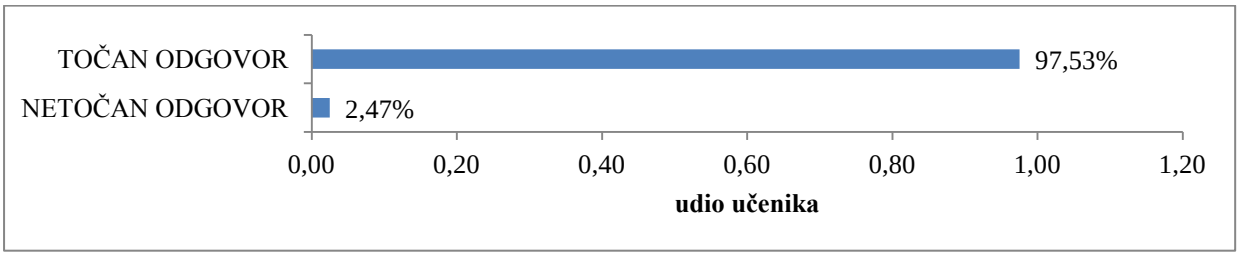
Tip pitanja	Zadatak alternativnog odgovora	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Razvojni ciklus spužvi, vanjska oplodnja, zadružni život, građa tijela spužve, prednosti vanjske oplodnje, uloga mitoze i mejoze kod rasta i razmnožavanja mnogostaničnih organizama
Koncept	spolno razmnožavanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	analizirati uspješnost različitih oblika razmnožavanja s obzirom na životne uvjete životinja	

S obzirom da svih pet tvrdnji navedenih u zadatku provjeravaju isti koncept, razina razumijevanja koncepta analizirana je za sve tvrdnje kao cjelinu. Najveći broj učenika dalo je točne odgovore na svih pet tvrdnji što ukazuje na postojanje konceptualnog razumijevanja kod polovine vrlo uspješnih učenika, sudionika županijskog natjecanja (slika 31). Vrlo mali broj učenika pokazuje potpuno konceptualno nerazumijevanje,a ostatak učenika pokazuje postojanje reproduktivnog znanja traženog u zadatku ili sposobnost prepoznavanja točnih odgovora na temelju priložene slike.



Slika 31. Analiza razine razumijevanja razvojnog ciklusa spužvi.

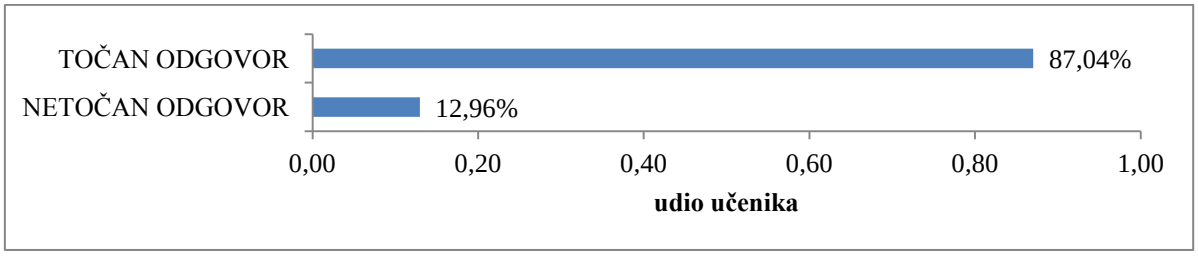
Najveći broj učenika dalo je točan odgovor na tvrdnju 15.a (slika 32), što ukazuje da učenici mogu prepoznati utjecaj životnih uvjeta na način razmnožavanja spužvi. Učenici su točan odgovor mogli dati zbog dobrog tumačenja slikovnog prikaza, ali i zbog postojanja reproduktivnog znanja i konceptualnog razumijevanja prilagodbi životinja na životne uvjete u vezi s uspješnosti razmnožavanja.



Slika 32. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 15.a "Muške spolne stanice mogu oploditi i jajne stanice udaljenih jedinki." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

Kod malog broja učenika koji su dali netočan odgovor pokazuju se problemi pri učenju i poučavanju. U takvim slučajevima učenici nemaju reproduktivno znanje o načinu širenja muških spolnih stanica spužvi kroz vodu, ali ne pokazuju niti sposobnost zaključivanja o istom. Tijekom nastave problem se može ukloniti izradom modela širenja spolnih stanica spužve strujanjem vode, kojim bi si učenici sami mogli ilustrirati prednost ovakvog načina razmnožavanja. Isti model ili simulacija može se primijeniti za konceptualno poučavanje razmnožavanja i rasprostranjivanja sesilnih organizama, kretanja planktona i slično.

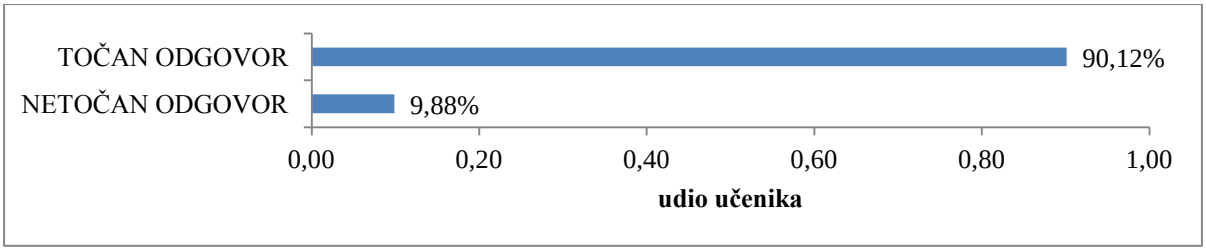
Veći broj učenika dalo je točan odgovor na tvrdnju 15.b, što ukazuje da učenici imaju reproduktivno znanje o građi tijela spužve te o procesu oplodnje. Točan odgovor pokazuje i sposobnost učenika da dobro protumače slikovni prikaz i prepoznaju točan odgovor. Netočan odgovor kod manjeg broja učenika (slika 33) pokazuje nedostatak znanja na reproduktivnoj razini.



Slika 33. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 15.b "Oplodnja se događa u prostoru između stanica koje grade tijelo spužve." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

Kod malog broja učenika koji su dali netočan odgovor pokazuju se problemi pri učenju i poučavanju te problem u memoriranju. U takvim slučajevima učenici nemaju reproduktivno znanje o građi tijela spužve i o njihovom razmnožavanju, a koje bi svakako trebali imati s obzirom da se u udžbenicima uz temu Spužve nalazi prikaz građe tijela, a također i pojašnjenje da se oplodnja odvija u središnjoj šupljini tijela spužve. Na slikovnom prikazu u zadatku jasno je istaknuto postojanje šupljine u tijelu spužve te je ilustrirana i sama oplodnja. Učenici ne pokazuju sposobnost tumačenja slikovnog prikaza, koji bi se zbog toga u nastavi trebali više koristiti kao način ispitivanja i utvrđivanja usvojenosti obrazovnih ishoda, a manje kao loše iskorišteni izvori znanja. S obzirom da pitanje ispituje znanje na reproduktivnoj razini, postojanje miskoncepcija se ne može utvrditi.

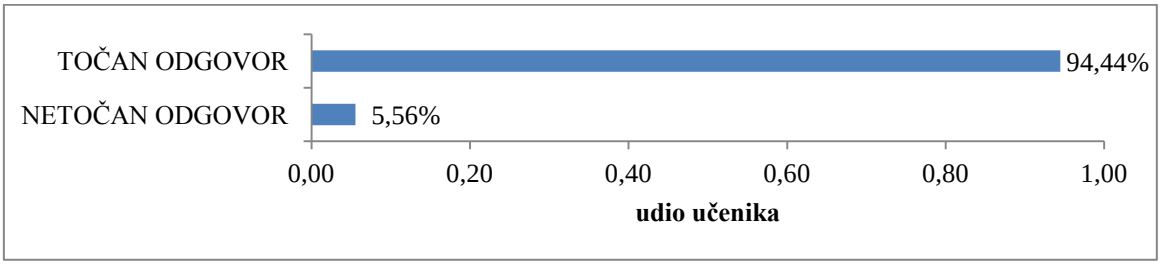
Veći broj učenika dalo je točan odgovor na tvrdnju 15.c (slika 34) što ukazuje da učenici imaju reproduktivno znanje o staničnim diobama te njihovim ulogama u rastu i razmnožavanju mnogostaničnih životinja. Točan odgovor ukazuje na razumijevanje broja kromosoma u spolnim stanicama, zigoti i stanicama ličinke.



Slika 34. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 15.c "Ličinka se iz oplođene jajne stanice razvija procesom mejoze." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

Kod malog broja učenika koji su dali netočan odgovor pokazuju se problemi pri učenju i poučavanju te problem u memoriranju, što se odražava na nedostatak reproduktivnog znanja. Problem u memoriranju znači nepoznavanje nazivlja staničnih dioba, dok se kod problema u učenju i poučavanju radi o nedovoljno razjašnjenoj ulozi mitoze i mejoze u organizmu, odnosno nedostatak primjera na kojima bi učenici usvojili značenje rasta i razvitka organizma koji se spominju u važnosti i ulozi procesa mitoze kod mnogostaničnih organizama, kao što je slučaj i kod pitanja 13.d, s istim omjerom pogrešnih odgovora učenika. Kod vrlo malog broja učenika pojavljuje se mogućnost miskoncepcije koja se može općenito izraziti kao pogrešno razumijevanje mejoze kao diobe tjelesnih stanica, tj. nerazumijevanje promjene broja i strukture setova kromosoma kroz procese mitoze i mejoze.

Pitanje 15.d provjerava reproduktivno znanje o razvojnom ciklusu spužvi, a velik udio točnih odgovora (slika 35) pokazuje i sposobnost učenika da dobro protumače slikovni prikaz priložen u zadatku.

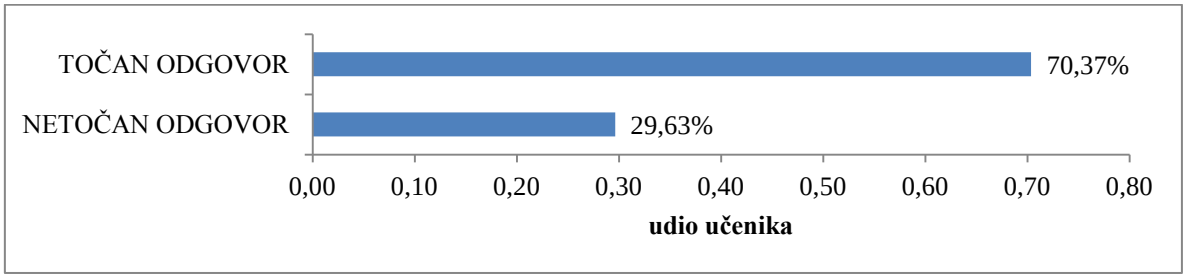


Slika 35. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 15.d "Mlada spužva može živjeti kao samostalna jedinka ili kao dio zadruge." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

Kod manjeg udjela učenika koji su dali netočan odgovor na ovu tvrdnju postoje problemi zbog memoriranja i problem pri učenju i poučavanju. Učenici nemaju znanja o razvojnom ciklusu spužve na reproduktivnoj razini, a ne mogu ispravno protumačiti slikovni prikaz. Pri učenju i poučavanju do problema može doći ako se kao nastavno sredstvo koriste prikazi u kojima učenicima nije jasno označeno da mlade spužve mogu živjeti i samostalno i u zadruzi, pa učenici tijekom učenja isključuju jednu od navedenih mogućnosti. Takvi prikazi

obično služe u prikazivanju građe tijela spužve, a pritom se građa tijela ne povezuje s načinom života.

Pitanje 15.e provjerava reproduktivno znanje o razvojnom ciklusu spužvi, a velik udio točnih odgovora (slika 36) pokazuje i sposobnost učenika da dobro protumače dio slikovnog prikaza priloženog u zadatku. Učenici koji su dali pogrešan odgovor na ovo pitanje nemaju reproduktivno znanje o životnom ciklusu spužvi.

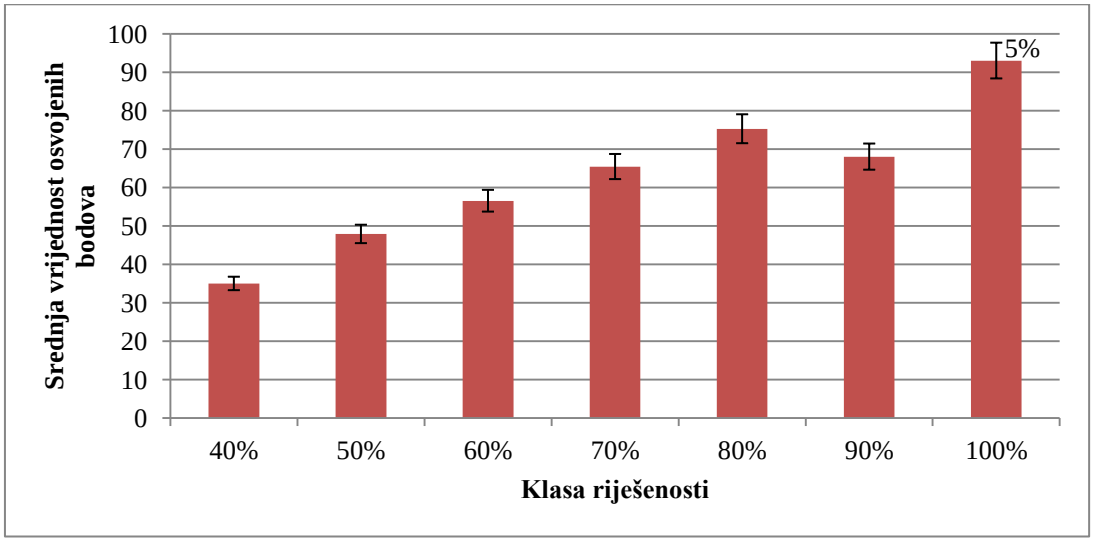


Slika 36. Udio točnih i netočnih odgovora na pitanje 15.e "Uključivanje mladih spužvi u zadružni život preduvjet je za spolnu zrelost." na Županijskom natjecanju iz biologije 2017. godine

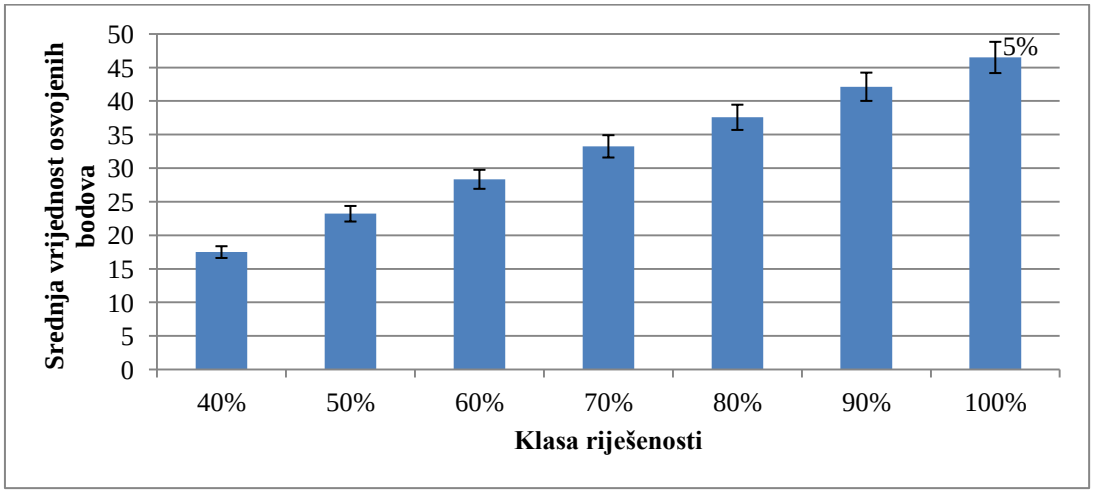
Učenici nemaju znanja o razvojnom ciklusu spužve na reproduktivnoj razini, a ne mogu ispravno protumačiti slikovni prikaz. Pri učenju i poučavanju do problema može doći ako se kao nastavno sredstvo koriste prikazi u kojima učenicima nije jasno označeno da mlade spužve mogu živjeti i samostalno i u zadruzi i tako doseći spolnu zrelost. Nastavnici rijetko tijekom poučavanja raznjašnjavaju etape životnog ciklusa spužvi, ali i mnogih drugih skupina organizama, pa učenici nemaju dovoljno informacija prema kojima bi mogli izvesti dobar zaključak za odgovor na ovu tvrdnju.

3.1.3. Analiza odgovora na pitanja na osnovu klasa riješenosti

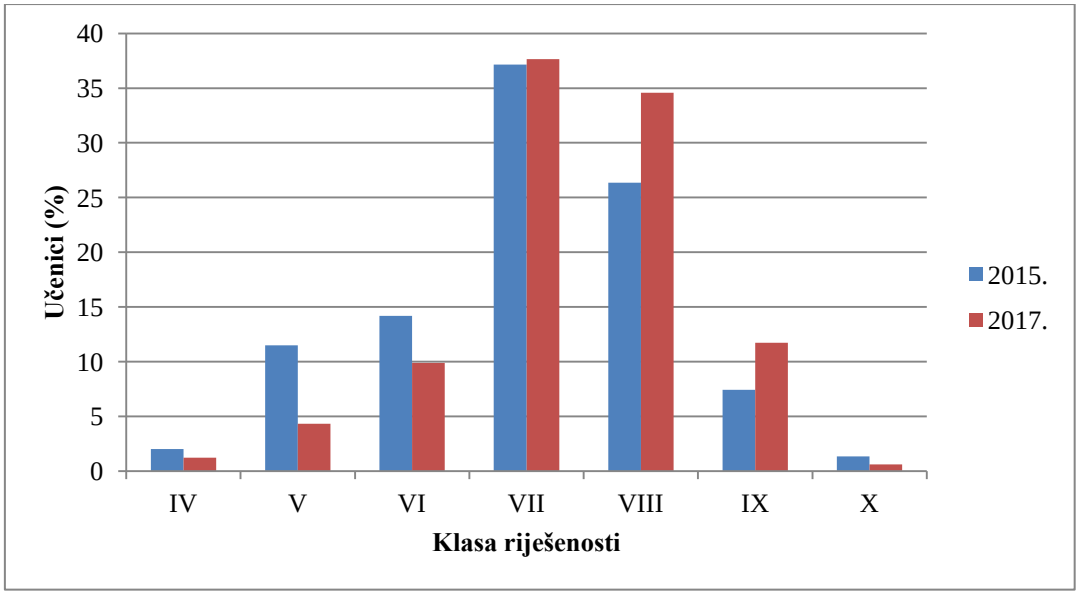
Prema ukupnom uspjehu učenika u rješavanju provjere, definirano je deset klasa riješenosti (tablica 5), a srednja riješenost testa za svaku klasu vidljiva je na slikama 37 i 38. Udio ukupnog broja učenika prema klasama riješenosti provjere prikazan je na slici 39.



Slika 37. Srednja vrijednost osvojenih bodova prema klasama riješenosti provjere na Županijskom natjecanju 2015.



Slika 38. Srednja vrijednost osvojenih bodova prema klasama riješenosti provjere na Županijskom natjecanju 2017.

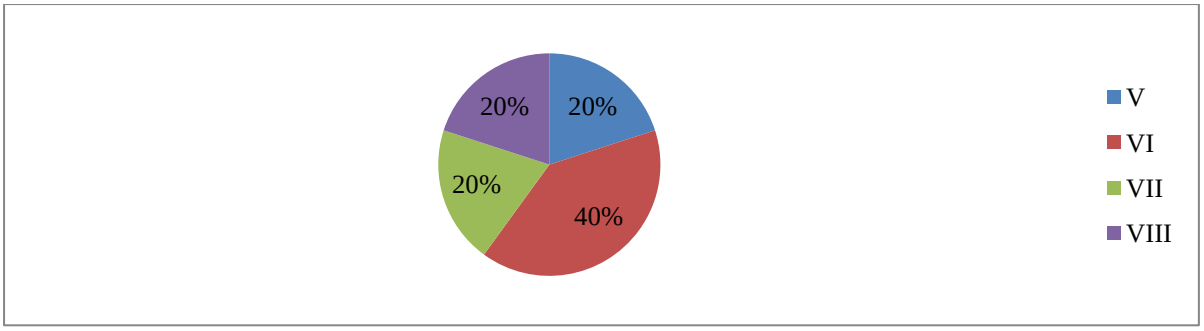


Slika 39. Udio učenika prema klasama riješenosti provjere na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. i 2017. godine.

3.1.4. Pojave miskoncepcija prema klasama riješenosti provjere

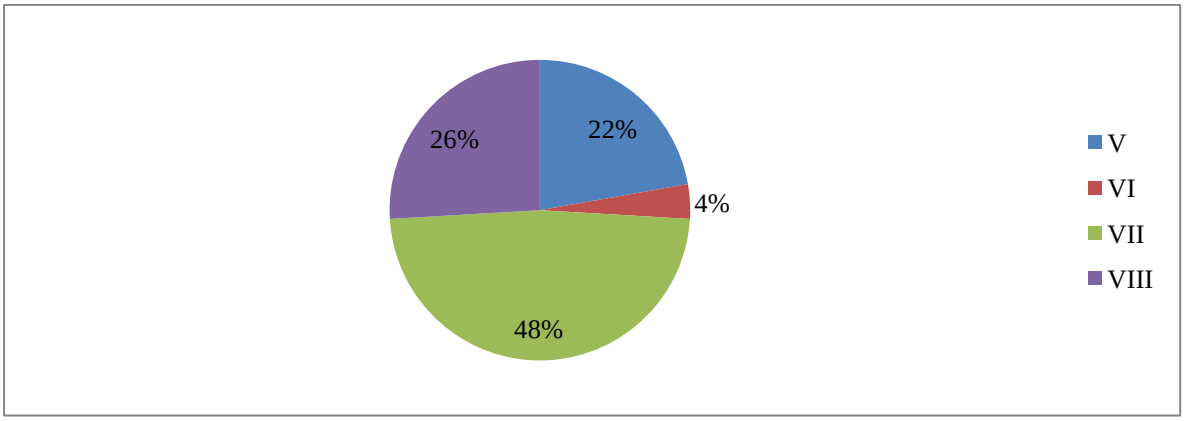
Prema učeničkim odgovorima na izdvojena pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*, izdvojene su moguće miskoncepcije te je analizirana raspodjela učenika kod kojih se javljaju miskoncepcije s obzirom na klase riješenosti provjere. O pojavi miskoncepcija možemo govoriti kada se pogrešno razumijevanje kroz učenički odgovor identificira podjednako kod svih skupina učenika prema klasama riješenosti provjere, a osobito ako se neko pogrešno razmišljanje podjednako pojavljuje kod učenika koji su provjeru riješili slabo i onih koji su bili vrlo uspješni.

Miskoncepcija uz pitanje 6 na županijskom natjecanju 2015. godine jest da životinje koje ne žive u vodi ne mogu imati stadij ličinke u svom razvojnom ciklusu. Navedeno pogrešno razumijevanje javlja se podjednako kroz tri od ukupno pet skupina učenika prema klasama riješenosti provjere, a izostaje kod vrlo uspješnih učenika (slika 40). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti (χ^2 = 0,2635, df = 5, p = 0,99). Ukupan broj učennika kod kojih susrećemo ovo pogrešno razmišljanje vrlo je malen, stoga ne možemo govoriti o uvriježenoj miskoncepciji, već o njenom sporadičnom javljanju.



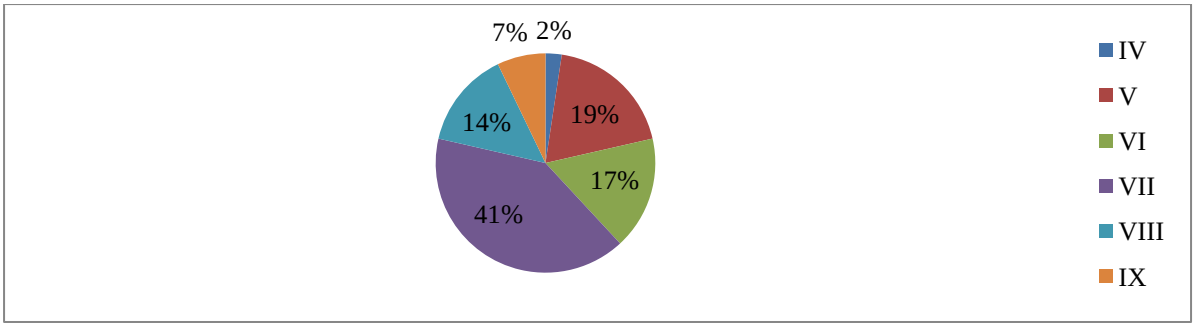
Slika 40.Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "Životinje koje ne žive u vodi tijekom razvojnog ciklusa ne mogu imati stadij ličinke." uz pitanje 6. na natjecanju 2015. godine prema klasama riješenosti provjere.

Uz pitanje 19 na natjecanju 2015. godine, učestalo se javlja pogrešno razmišljanje o životnom ciklusu svinjske trakavice. Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti (χ^2 = 2,99 df = 41, p = 0,99). Navedeno pogrešno razumijevanje ne javlja se podjednako kod svih skupina učenika prema klasi riješenosti provjere (slika 41), stoga u ovom slučaju ne možemo govoriti o miskoncepciji. Pogrešni odgovori učenika na pitanje 19. stoga se mogu pripisati neznanju na 1. i 2. kognitivnoj razini.



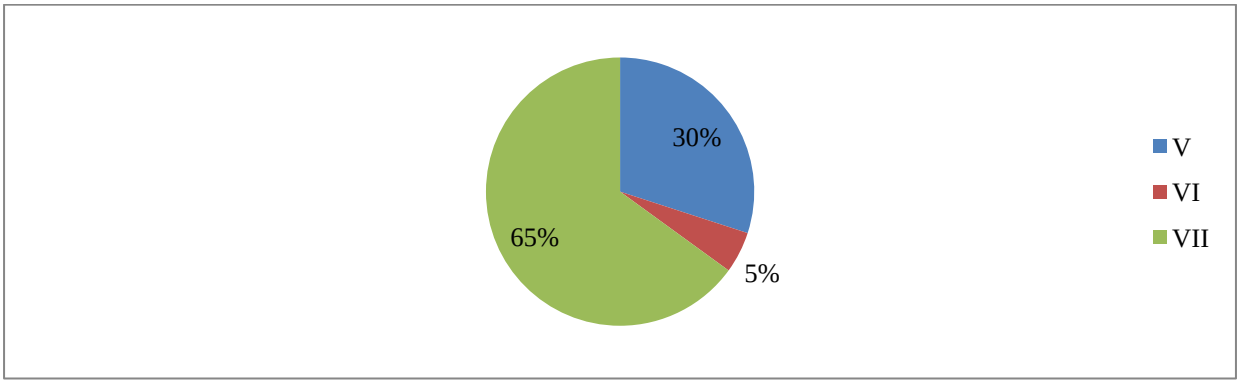
Slika 41. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "U životnom ciklusu svinjske trakavice, svinja je konačni domadar u čijem se tijelu odvija sazrijevanje zrelih članaka s oplođenim jajašcima, dok je čovjek međudomadar u čijem se tijelu rasprostranjuju ličinke i stvaraju čahure u mišićima." uz pitanje 19. na natjecanju 2015. godine prema klasama riješenosti provjere.

Pogrešno razumijevanje da je proces mitoze uzrok rastu oklopa kukaca javlja se kroz sve klase riješenosti provjere, s time da se u najmanjem omjeru javlja kod učenika koji su relativno slabo riješili provjeru (slika 42). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti (χ^2 = 1,53, df = 26, p = 0,99). Odgovor je najviše zastupljen u klasi VII, dok je u klasama V, VI i VIII zastupljen podjednako. Odgovor koji odgovara ovoj tvrdnji najčešće je odabiran distraktor, dok su ostale distraktore izabirali učenici slabijeg uspjeha, što ukazuje na njihovo neznanje. Stoga u ovom slučaju možemo govoriti o postojanju miskoncepcije.



Slika 42. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "Proces mitoze uzrok je za rast oklopa kukaca/rast organizma." uz pitanje 7 na natjecanju 2015. godine prema klasama riješenosti provjere.

Pogrešno razumijevanje životnog ciklusa stanice uz 22. pitanje na županijskom natjecanju 2015. javlja se kroz tri skupine učenika prema klasama riješenosti provjere, a izostaje kod slabih i vrlo uspješnih učenika (slika 43). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti (χ^2 = 1,58, df = 18, p = 0,99). Pogrešno razmišljanje ne javlja se u podjednakim frekvencijama kod svih klasa učenika, stoga u ovom slučaju ne možemo govoriti o miskoncepciji, nego o nedostatku znanja na 1. i 2. kognitivnoj razini.

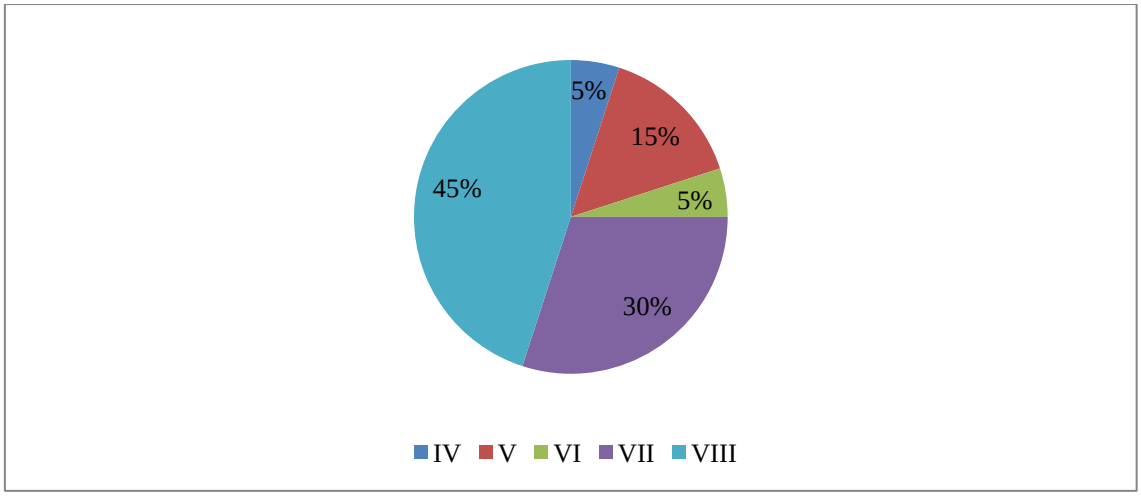


Slika 43. Udio učenika kod kojih se pojavljuje miskoncepcija "U životnom ciklusu stanice, zigota i tjelesne stanice imaju haploidan broj kromosoma i dijele se procesom mejoze. Spolne stanice imaju diploidan broj kromosoma i dijele se procesom mitoze." uz pitanje 22 na natjecanju 2015. godine prema klasama riješenosti provjere.

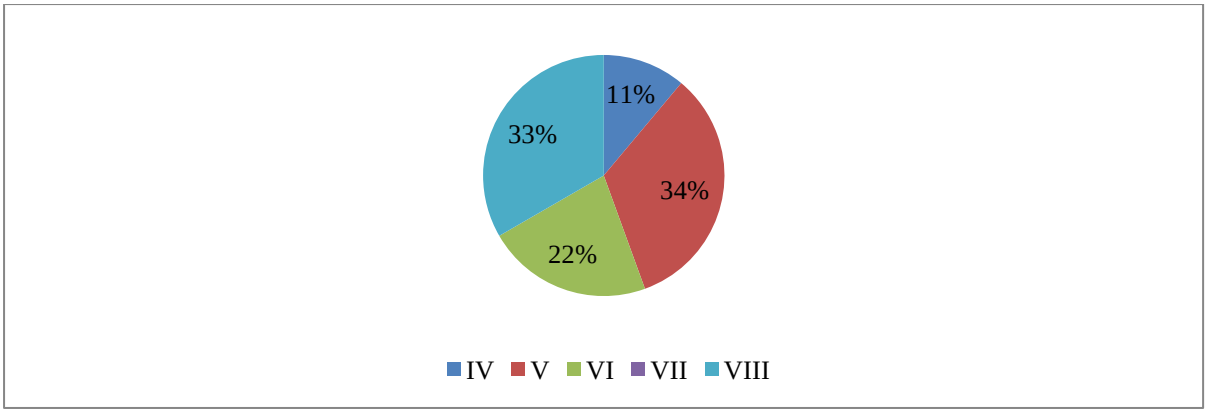
Uz pitanje 12 vežu se tri moguće miskoncepcije usko vezane uz životni ciklus stanice, odnosno razmnožavanje i nasljeđivanje na razini stanice. Prva miskoncepcija tiče se nasljeđivanja gena u leglu trutova, odnosno radilica (slika 44). Moguća miskoncepcija javlja se u svim klasama riješenosti provjere, osim kod vrlo uspješnih učenika, međutim u različitim frekvencijama. Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti (χ^2 = 1,97, df = 21, p = 0,99). U najvećoj frekvenciji javlja se kod učenika VII i VIII klase uspješnosti, što ukazuje na problem u učenju i poučavanju, a ne na postojanje miskoncepcije.

Moguća miskoncepcija da jajne stanice koje izliježu matice imaju dvostruki broj kromosoma javlja se u podjednakoj frekvenciji kod nekoliko klasa uspješnosti, izuzev vrlo uspješnih učenika (slika 45). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi^2 = 1,02$, df = 8, p = 0,99). S obzirom na ukupan uspjeh riješenosti 12. pitanja koje je konceptualno povezano i provjerava konceptualno razumijevanje, možemo govoriti o postojanju miskoncepcije.

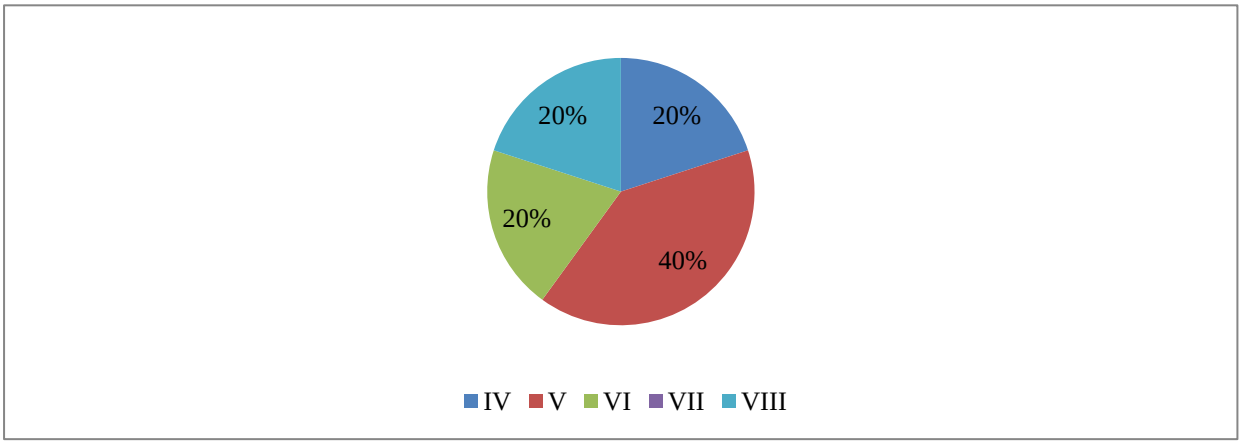
Posljednja tvrdnja u 12. zadatku provjerava konceptualno razumijevanje spolnog i nespolnog razmnožavanja na razini organizma, odnosno razvitak organizma iz oplođenih i neoplođenih jajnih stanica. Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi moguće miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi^2 = 1,03$, df = 19, p = 0,99). Moguća miskoncepcija javlja se podjednako kroz većinu klasa učenika prema riješenosti provjere (slika 46), osim kod vrlo uspješnih učenika. Kao i prethodna tvrdnja, konceptualno je povezana s ostatkom 12. zadatka. Stoga vrlo uspješni učenici pokazuju konceptualno razumijevanje za sve razine koncepta razmnožavanja i nasljeđivanja ispitivane u ovom zadatku, a kod ove tvrdnje za sve ostale skupine učenika možemo govoriti o pojavi miskoncepcije.



Slika 44. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "Svi trutovi istog legla imaju iste gene; sve radilice istog legla imaju iste gene." uz pitanje 12 na natjecanju 2017. godine prema klasama riješenosti provjere.



Slika 45. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "Jajne stanice koje izliježu matice imaju dvostruki broj kromosoma." uz pitanje 12 na natjecanju 2017. g prema klasama riješenosti provjere.



Slika 46. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija "Tjelesne stanice matice imaju haploidan broj kromosoma, a tjelesne stanice trutova koji se razvijaju iz neoplođenih jajnih stanica imaju diploidan broj kromosoma." uz pitanje 12 na natjecanju 2017. g prema klasama riješenosti provjere.

Moguće miskoncepcije izdvojene kroz analizu pitanja 13 "mitoza nije proces kojim raste i obnavlja se tkivo škrge" te u pitanju 15 "ličinke spužvi rastu i razvijaju se procesom mejoze" javljaju se u cijelosti u jednoj skupini učenika prema klasama riješenosti provjere, klasi V (13. pitanje), odnosno IV (15. pitanje), stoga u tim slučajevima ne možemo govoriti o miskoncepciji, nego o neznanju.

Analizom Županijskih natjecanja, za natjecanje održano 2015. može se utvrditi mogućnost pojava miskoncepcija kod učenika koji pripadaju klasama uspješnosti V-IX. Za natjecanje održano 2017. godine miskoncepcije se mogu javljati kod učenika koji pripadaju klasama VI-IX.

3.1.5. Analiza kognitivne vrijednosti pitanja

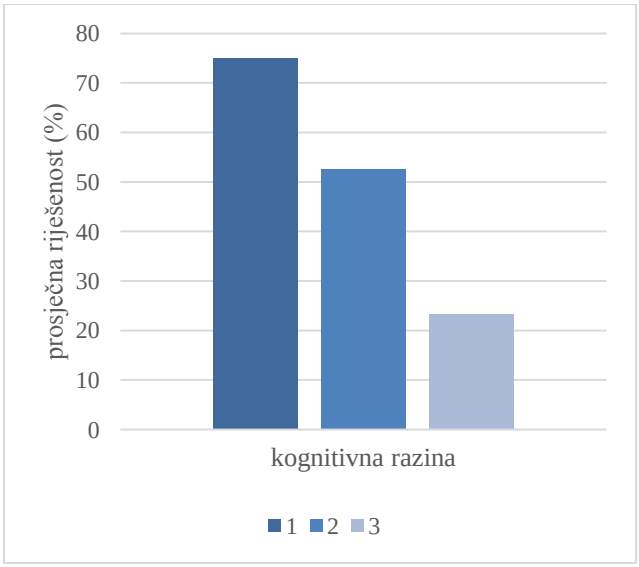
Pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* procijenjena su prema kognitivnoj razini znanja potrebnoj za rješavanje zadatka prema skali u tablici 6, te se prema riješenosti ispita odredio indeks lakoće za svako pitanje (tablica 15).

Tablica 15. Procjena kognitivne razine i indeksa lakoće pitanja na Županijskom natjecanju 2015. i 2017. gpdine.

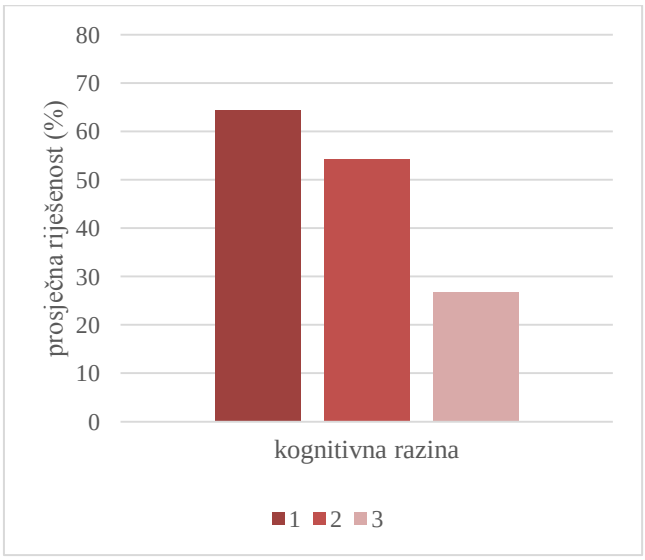
pitanje	kognitivna razina	riješenost (%)	indeks lakoće (p)
2015/6	2	90,54	0,9054
2015/7	2	55,41	0,5541
2015/19	2	26,35	0,2635
2015/22	2	23,65	0,2365
2017/12a	2	49,38	0,4938
2017/12b	2	72,84	0,7284
2017/12c	2	81,48	0,8148
2017/12d	2	96,3	0,963
2017/12e	2	43,83	0,4383
2017/13a	1	96,91	0,9691
2017/13b	2	88,89	0,8889
2017/13c	1	89,51	0,8951
2017/13d	2	90,12	0,9012
2017/13e	2	87,65	0,8765
2017/15a	1	97,53	0,9753
2017/15b	1	87,04	0,8704
2017/15c	2	90,12	0,9012
2017/15d	1	94,44	0,9444
2017/15e	1	70,37	0,7037

Na županijskom natjecanju 2015. godine, 50% pitanja izdvojenih uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* prema indeksu lakoće jesu teška pitanja, dok se na županijskom natjecanju 2017. ne pojavljuje niti jedno teško pitanje (tablica 15). 2017. godine se ukupno 73,33 % pitanja smatra vrlo laganim zadatkom.

Mjera povezanosti kognitivne razine pitanja i uspješnosti u rješavanju pitanja na provjerama Županijskog natjecanja iz biologije određena je vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije. U interpretaciji rezultata korištena je skala u tablici 7 prema Hopkinsu. Za provjeru 2015. godine utvrđena je značajna negativna korelacija ($\rho = -0,57$; $p < 0,05$), kao i za provjeru 2017. ($\rho = -0,53$; $p < 0,05$). U obje provjere učenici su vrlo uspješno rješavali zadatke 1. kognitivne razine, a najmanju riješenost imala su pitanja 3. kognitivne razine (slika 47, slika 48).



Slika 47. Prosječna riješenost pitanja na županijskom natjecanju 2015. prema kognitivnoj razini.



Slika 48. Prosječna riješenost pitanja na županijskom natjecanju 2017. prema kognitivnoj razini.

3.1.6. Analiza vrjednovanja provjere

Pearsonovim koeficijentom korelacije određena je međusobna povezanost vrjednovanja učeničkih odgovora na županijskim natjecanjima između županijskog i državnog povjerenstva. Za inerpretaciju rezultata korištena je skala prema Hopkinsu (tablica 7).

Za županijsko natjecanje iz biologije 2015. godine određena je savršena korelacija u vrjednovanju provjere (r = 0,997), što znači da se procjena točnosti odgovora i vrjednovanje

istih gotovo u potpunosti podudara kod nastavnika u županijskim povjerenstvima te nastavnicima u državnom povjerenstvu.

Za županijsko natjecanje 2017. godine određena je vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije r = 0,58, odnosno visoka razina podudarnosti procjene točnosti učeničkih odgovora na razini županijskog i državnog povjerenstva. Za provjeru 2017., korelacija vrjednovanja odgovora učenika određena je za svako pitanje izdvojeno uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*.

U županijskom natjecanju 2017. godine sva pitanja vezana uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* bila su pitanja alternativnog izbora. Pitanja su uključivala pet tvrdnji, a odgovori učenika vrjednovali su se na sljedeći način:

5/5 točnih odgovora – 3 boda

4/5 točnih odgovora – 2 boda

3/5 točnih odgovora – 1 bod

1/5, 2/5 točnih odgovora – bez bodova.

U svim izdvojenim pitanjima određena je savršena povezanost vrjednosvanja odgovora županijskog i državnog povjerenstva, što je bilo i očekivano, s obzirom da se radi o pitanjima zatvorenog tipa, gdje je interpretacija odgovora vrlo jasna i način dodjele bodova precizno opisan.

Neslaganja županijskog i državnog povjerenstva kod procjene i bodovanja odgovora učenika na županijskom natjecanju 2017. godine vezana su uz pitanja otvorenog tipa 2. i 3. kognitivne razine. U tim su se slučajevima učenici imali priliku slobodno izražavati, pa se procjena točnosti odgovora razlikuje na razini županijskog i državnog povjerenstva. Moglo se uočiti kako državno povjerenstvo u većini slučajeva učeničke odgovore na pitanja otvorenog tipa boduje s više bodova od županijskog povjerenstva. Razlog tome može se pronaći u strogom tumačenju smjernica za vrjednovanje odgovora od strane nastavnika u županijskom povjerenstvu. U slučajevima gdje se dodijeljeni broj bodova na dvije razine povjerenstva razlikuje, nastavnici u županijskom povjerenstvu nisu uvažavali točne odgovore učenika koji nisu izraženi na način vrlo sličan ili jednak predloženom točnom odgovoru u smjernicama za vrjednovanje. Državno povjerenstvo uvažavalo je sve točne odgovore učenika, ako je njihovo značenje bilo odgovarajuće za postavljeno pitanje. Također se moglo uvidjeti kako se neslaganja u bodovanju uglavnom pojavljuju kod učenika iz istih županija.

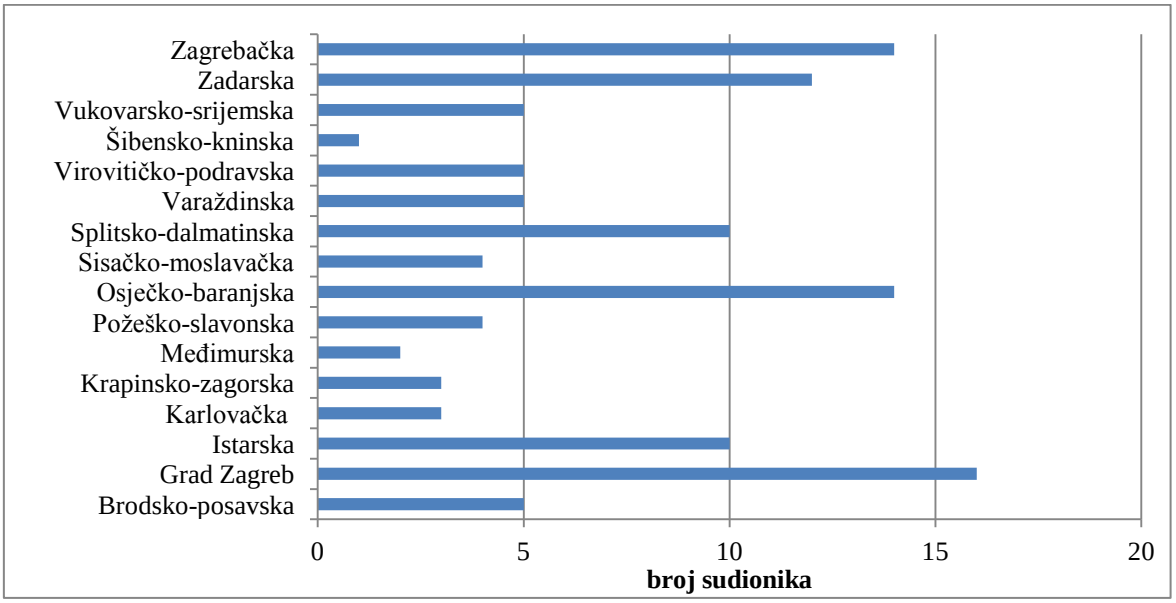
U slučajevima kada je državno povjerenstvo umanjilo broj dodijeljenih bodova učenicima, radilo se o pogrešnom vrjednovanju odgovora na pitanja otvorenog tipa, gdje su učenici trebali odgovoriti jednom riječju ili brojem. U tim su pitanjima točni odgovori bili precizno propisani u smjernicama za vrjednovanje, a nastavnici županijskog povjerenstva priznavali su i drugačije odgovore kao točne.

3.2.Analiza pisanih provjera za 8. razred osnovne škole

Analizirane su pisane provjere sudionika Županijskog natjecanja iz biologije u 2. natjecateljskoj skupini. Izdvojena su pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*, a rezultati analize učeničkih odgovora prikazani su na temelju određenog biološkog značenja, točnosti, razine razumijevanja te mogućih uzroka učeničkih pogrešaka.

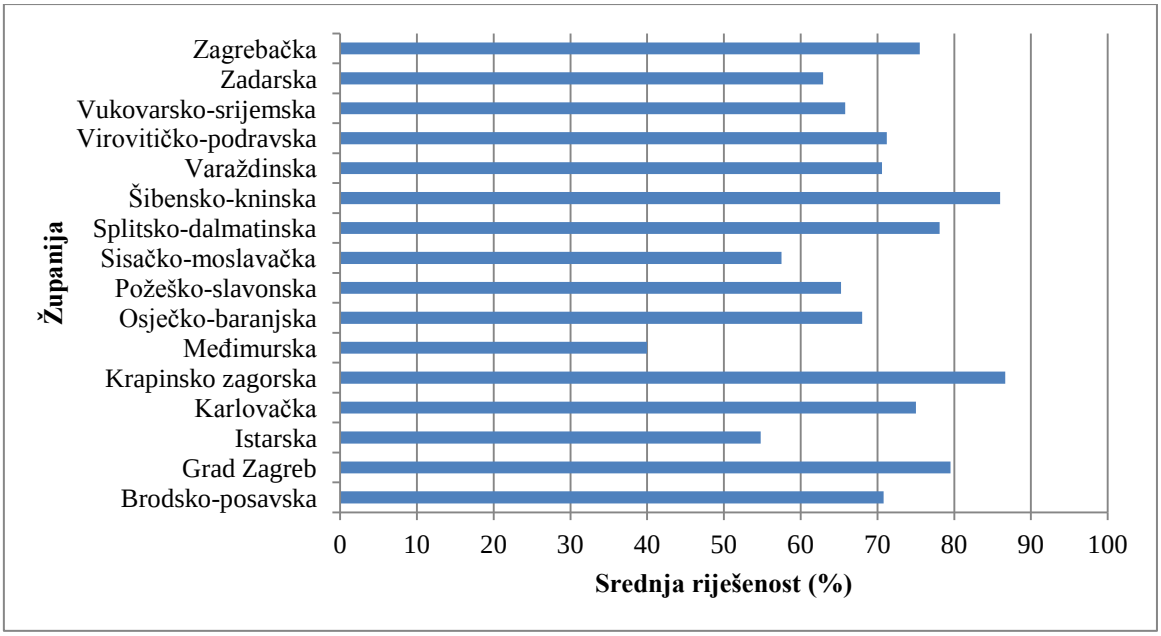
3.2.1. Analiza riješenosti provjere za osmi razred

Na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine sudjelovalo je 113 učenika 8. razreda. Najveći broj učenika dolazi iz Grada Zagreba (slika 49).

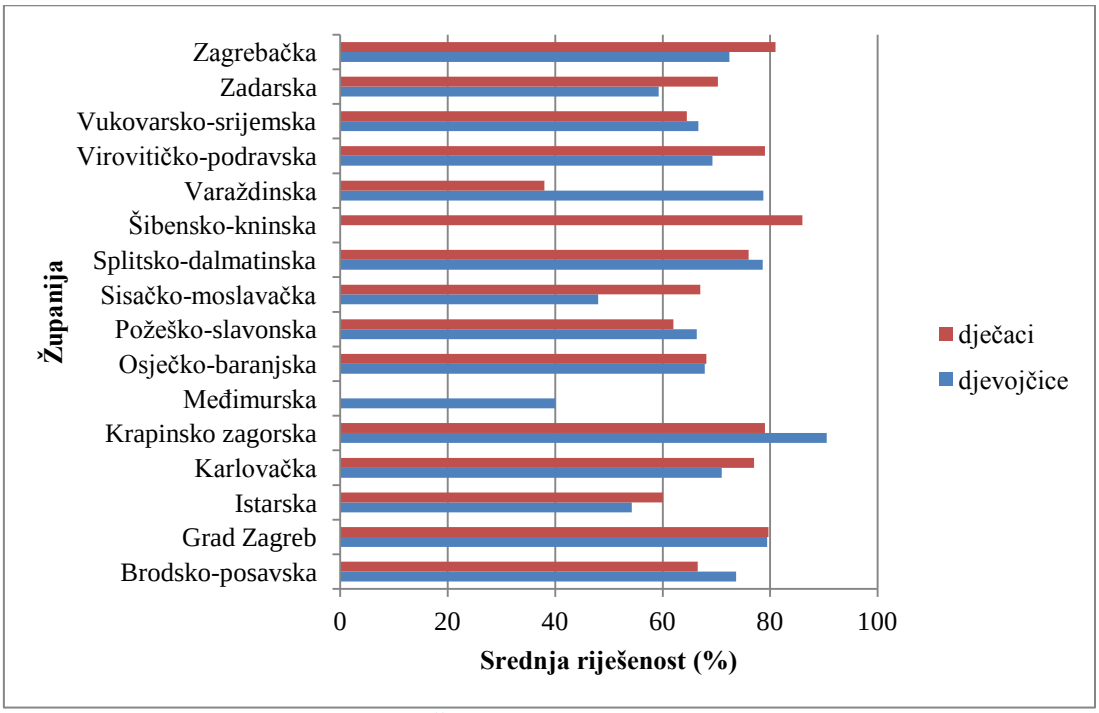


Slika 49. Broj sudionika na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine prema županiji.

Ukupna prosječna riješenost ispita je 69,90 %. Prema županijama, najuspješniji su bili učenici iz Krapinsko-zagorske županije (slika 50). Pritom su uspješniji bili dječaci sa srednjom riješenosti provjere 71,56 %, dok su djevojčice ostvarile srednju riješenost 69,13 % (slika 51).



Slika 50. Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2015. godine prema županijama.



Slika 51. Srednja riješenost ispita Županijskog natjecanja 2015. godine prema županijama.

3.2.2. Analiza pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*

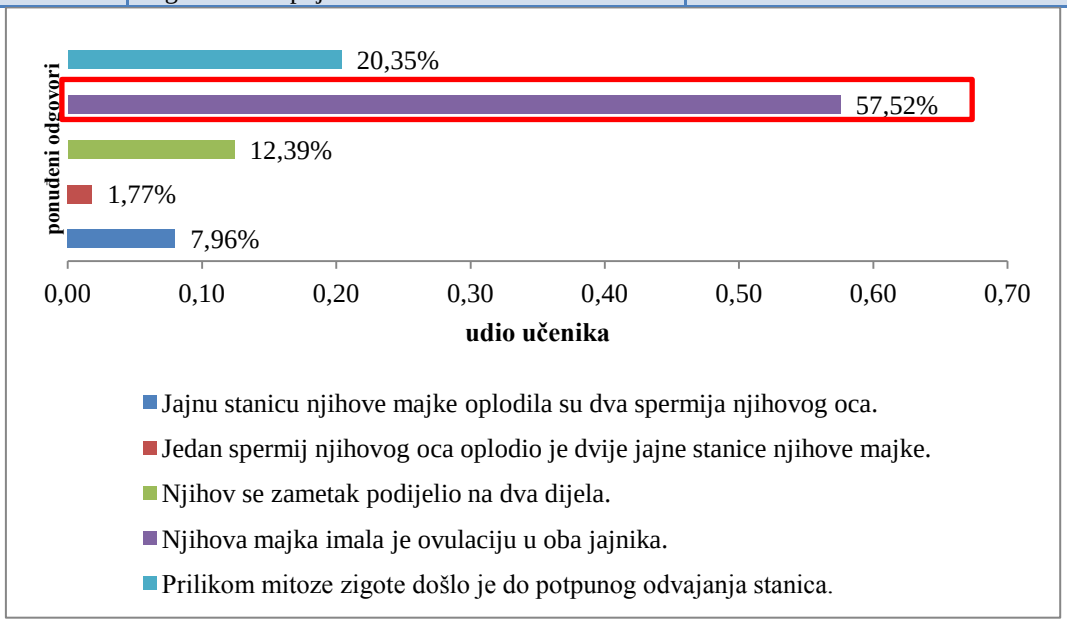
Uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* izdvojeno je devet pitanja sa Županijskog natjecanja 2015. za osmi razred.

Pitanje 3. Iva i Ana su blizanke. Vrlo su slične, ali njihovi prijatelji ih razlikuju po obliku ušnih resica i usana. Kako su Iva i Ana nastale?

Pitanjem se ispituje razumijevanje nasljeđivanje na razini organizma te razumijevanje procesa oplodnje i razvoja zigote kod trudnoće s dvojajčanim blizancima. Kako bi uspješno odgovorili na pitanje, učenici se trebaju prisjetiti dominantnih i recesivnih svojstava koja se ispoljavaju kod čovjeka, prisjetiti se i analizirati proces oplodnje i razvoja zigote te svoje znanje primijeniti kako bi mogli eliminirati ponuđene netočne odgovore (tablica 16). Učenici trebaju prepoznati da se radi o dvojajčanim blizankama na temelju opisa njihovih različitosti te se prisjetiti kako može doći do dvojajčane trudnoće. Od ukupno 113 učenika, točan odgovor na ovo pitanje dalo je 57,52 % učenika, a 42,48 % učenika odgovorilo je netočno. (slika 52).

Tablica 16. Karakteristike 6. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine

Tip pitanja	**višestruki izbor**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Životni ciklus stanice, stanične diobe, gametogeneza, ovulacija, oplodnja, razvoj zigote, odnosi genotipa i fenotipa, varijante gena, dominantna i recesivna svojstva
Koncept	Spolno i nespolno razmnožavanje na razini organizma; Nasljeđivanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	Objasniti gametogenezu kao preduvjet spolnog razmnožavanja na primjeru čovjeka. Analizirati odnose među genima i njihov utjecaj na razini organizma ili pojedine osobine.	



Slika 52. Odgovori učenika na 3. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

Kako bi uspješno odgovorili na ovo pitanje, od učenika se očekuje prisjećanje i primjena znanja koja su stekli u osmom razredu, posebice u nastavnoj temi Roditelji i potomci te Građa i uloga spolnih organa. Od učenika se očekuje prepoznavanje razlike u obliku usana i ušnih resica kao svojstava određenih genima koji su međusobno u dominantno-recesivnom odnosu. Na temelju tog podatka, učenici trebaju zaključiti da se radi o dvojajčanim blizancima te se prisjetiti kako dolazi do takve trudnoće. Učenici također trebaju primjeniti svoja znanja o oplodnji i razvoju zigote kako bi mogli sa sigurnošću eliminirati netočne odgovore.

Točan odgovor *njihova majka imala je ovulaciju u oba jajnika dalo* je 57,52 % učenika (slika 52). Ovaj odgovor ukazuje na to da većina učenika može razlikovati dvojajčane i jednojajčane blizance na temelju opisanih nasljednih svojstava te razumije da je uvjet za dvojajčanu trudnoću postojanje dvaju jajnih stanica koje su se razvile tijekom istog menstruacijskog ciklusa. Učenici pokazuju da razumiju koncept oplodnje te ih ne zbunjuju ponuđeni distraktori, te potvrđuju razumijevanje koncepta nasljeđivanja na razini organizma.

Odgovor *prilikom mitoze zigote došlo je do potpunog odvajanja stanica* dalo je 20,35 % učenika, a odgovor *njihov se zametak podijelio na dva dijela* dalo je 12,39 % učenika (slika 52). Oba navedena odgovora upućuju na to da učenici nisu na temelju opisa razlike u nasljednim svojstvima mogli zaključiti da se radi o dvojajčanim blizancima, nego smatraju da su blizanke u pitanju jednojajčane. Ovakvi odgovori ukazuju na problem pri primjeni znanja iz svakodnevnog života, ali i onih stečenih tijekom nastave biologije, jer bi učenici svakako trebali znati da su jednojajčani blizanci gotovo identični, a dvojajčani blizanci se izgledom razlikuju jer nemaju jednake gene. Učenici dobro zaključuju da se kod jednojajčanih blizanaca mora dogoditi podjela stanica, pritom je odgovor *prilikom mitoze zigote došlo je do potpunog odvajanja stanica* bolji, jer se oplođena jajna stanica odmah mitozom podijeli na dvije, potpuno identične, odvojene stanice koje se potom neovisno razvijaju. Odgovor *njihov se zametak podijelio na dva dijela* nije dobar niti kad bi se primjenio na jednojajčanu trudnoću, jer ukazuje da učenici ne razumiju da zametak čini nakupina više stanica koje su nastale mitozom zigote, a jednojajčani blizanci nastaju prvom podjelom oplođene jajne stanice.

Odgovori *jajnu stanicu njihove majke oplodila su dva spermija njihovog oca* (7,96 % učenika) i *jedan spermij njihovog oca oplodio je dvije jajne stanice njihove majke* (1,77 % učenika) ukazuju na potpuno nerazumijevanje procesa oplodnje, bez obzira na to kako su

učenici prepoznali blizance iz pitanja. Oplodnja je proces u kojem dolazi do spajanja jezgara jedne muške spolne stanice i jedne ženske spolne stanice te nastaje zigota koja nosi ukupno 46 kromosoma – po 23 kromosoma od majke i oca. Ovi netočni odgovori ukazivali bi na to da učenici smatraju da se jajna stanica oplođena s dva spermija razvija u zigotu s ukupno 69 kromosoma, od kojih bi 46 bilo očevih, a samo 23 majčina. Odgovor *jedan spermij njihovog oca oplodio je dvije jajne stanice njihove majke* je besmislen i ukazuje na suštinsko nerazumijevanje spolnih stanica i oplodnje, s obzirom da se njegovo značenje može tumačiti kao sudjelovanje jedne stanice u dvama vremenski odvojenim procesima oplodnje u nepromijenjenom obliku, što je nemoguće jer se tijekom oplodnje spajaju jezgre spolnih stanica, a jedan spermij nema dvije jezgre koje bi mogle sudjelovati u dvije oplodnje.

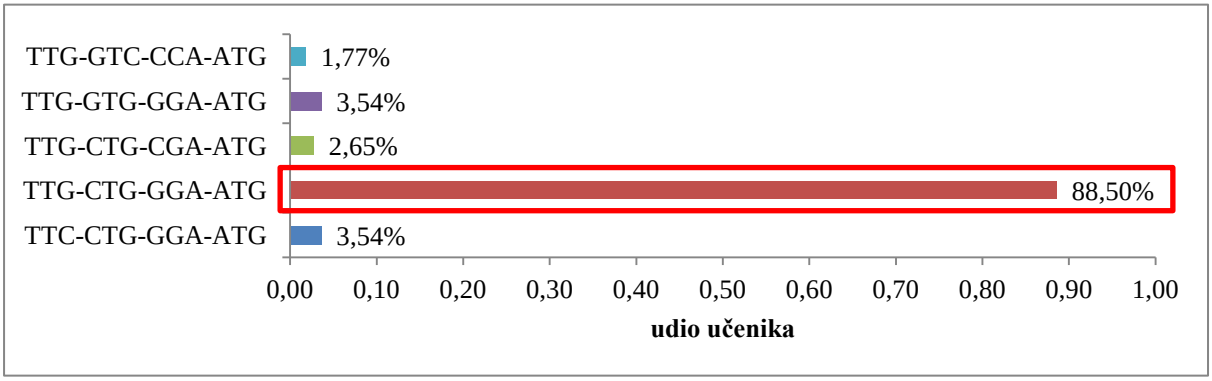
S obzirom da je za uspješno rješavanje ovog zadatka bilo dovoljno znanje na razini prepoznavanja i primjene, ne može se utvrditi konceptualno razumijevanje učenika. Iz netočnih odgovora učenika može se utvrditi konceptualno nerazumijevanje koncepta oplodnje koje se pojavljuje kod ukupno 9,73 % učenika. Ukupno 42,48 % učenika ne razlikuje jednojajčane i dvojajčane blizance, odnosno nisu usvojili međusobne odnose gena na razini organizama i nasljednih svojstava. Kod 20,35 % učenika koji su dali netočan odgovor na pitanje, može se utvrditi postojanje razumijevanja procesa oplodnje i nastanka jednojajčanih blizanaca. Manji dio učenika ne razlikuje pojmove zigota i zametak, pa se pritom očituje problem u učenju i poučavanju. Za uklanjanje takvih problema u nastavi bi se trebalo poslužiti problemskim zadacima u kojima bi učenici trebali tumačiti i analizirati tijek trudnoće uz slike i sheme, kako bi se tijekom primjene znanja bolje upoznali sa značenjem nekih od ključnih pojmova.

Pitanje 4. U jednom lancu DNA slijed dušičnih baza je AAC-GAC-CCT-TAC. Koji je slijed dušičnih baza u drugom lancu DNA?

Pitanjem se ispituje prepoznavanje komplementarnih parova dušičnih baza u dvolančanoj molekuli DNA. Kako bi točno odgovorili na ovo pitanje, učenici se trebaju prisjetiti principa uparivanja dušičnih baza s dva lanca u molekuli DNA (tablica 17). Točan odgovor na ovo pitanje dalo je 88,50 % učenika (slika 53).

Tablica 17. Karakteristike 4. pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine

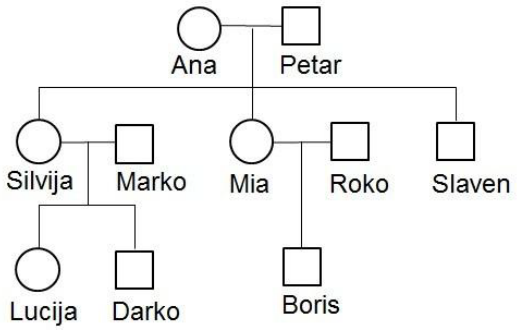
Tip pitanja	**višestruki izbor**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Molekula DNA, genska šifra kao triplet nukleotida na molekuli DNA (kod)
Koncept	Nasljeđivanje na razini stanica	
Ishod (IK DM)	Obrazložiti zašto su geni funkcionalni dijelovi molekule DNA	



Slika 53. Odgovori učenika na 4. pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

Manji udio učenika koji su dali pogrešan odgovor na ovo pitanje pokazuje nedostatak znanja na reproduktivnoj razini, odnosno nepoznavanje principa sparivanja dušičnih baza na komplementarnim lancima unutar molekule DNA. S obzirom da je ovo pitanje 1. razine i ispituje reproduktivno znanje i prepoznavanje točnog odgovora, ne može se utvrditi postoji li kod učenika konceptualno razumijevanje niti prisutnost mogućih miskoncepcija. Problem kod 11,50 % učenika koji su dali netočne odgovore jest u memoriranju, što se može popraviti tijekom nastave i samostalno ponavljanjem i zadacima za vježbanje povezivanja komplementarnih parova dušičnih baza u molekuli DNA. Dodatni problem kod ovog zadatka je što su razlike u odgovorima bazirane na bazama C i G, a kako su ta slova oblikom slična mogla su utjecati na odgovore učenika, posebno kod učenika s disleksijom.

Pitanje 5. Na crtežu je prikazano rodoslovlje jedne obitelji kroz tri generacije.



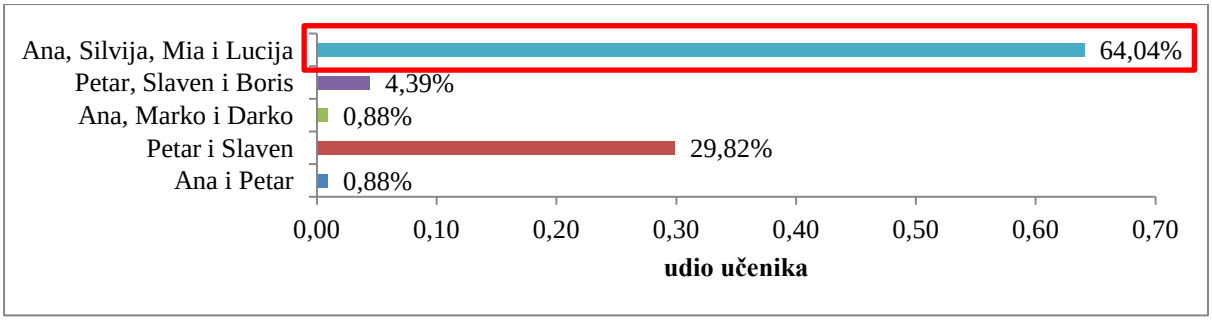
Pitanjem se provjerava razumijevanje koncepta majčinskog nasljeđivanja mitohondrijske DNA te spolno vezanog nasljeđivanja na primjeru hemofilije. Kako bi točno odgovorili na ovo pitanje, učenici trebaju poznavati princip majčinskog nasljeđivanja mitohondrijske DNA i svoja znanja primijeniti pri čitanju rodoslovlja. Učenici trebaju poznavati oznake dominantnih i recesivnih nasljednih svojstava te oznake vezanih gena u spolno vezanom nasljeđivanju. Učenici trebaju poznavati princip određivanja spola kod ljudi te spolne kromosome X i Y (tablica 18). Zadatak je podijeljen na tri pitanja višestrukog izbora koji provjeravaju navedene koncepte, a svako pitanje je vrjednovano zasebno.

Tablica 168. Karakteristike 5. pitanja na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine,

Tip pitanja	**višestruki izbor**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Molekula DNA, majčinsko nasljeđivanje, vezani geni, mitohondrijska DNA, dominantna i recesivna svojstva, spolni kromosomi, spolno vezano nasljeđivanje, određivanje spola, rodbinske veze prikazane u rodoslovlju
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma, Umnožavanje virusa i ostalih nestaničnih i staničnih tvorbi	
Ishod (IK DM)	Obrazložiti sposobnost mitohondrija da se umnaža neovisno o dijeljenju stanice. Analizirati odnose između gena na razini organizma i nasljednih svojstava.	

a) Koji članovi obitelji imaju jednaku mitohondrijsku DNA?

Pitanje 5.a provjerava sposobnost učenika da točno pročitaju srodstvene veze prikazane u rodoslovnom stablu u zadatku, te dobivene informacije povežu s prethodno stečenim znanjem o oplodnji i staničnim dijelovima. Ukupno 64,04 % učenika točno je odgovorilo na ovo pitanje (slika 54).



Slika 54. Odgovori učenika na 5.a pitanje na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

Točan odgovor većine učenika ukazuje da ti učenici dobro čitaju srodstvene odnose u prikazu rodoslovlja te imaju razumijevanje majčinskog nasljeđivanja mitohondrijske DNA. Mitohondrijska DNA kod ljudi, ali i kod većine živućih vrsta, nasljeđuje se samo po majčinskoj liniji, dok se očeva mitohondrijska DNA odbacuje neposredno prije oplodnje. To znači, u ovom slučaju, da sva Anina djeca i njeni unuci po kćerima imaju jednaku mitohondrijsku DNA.

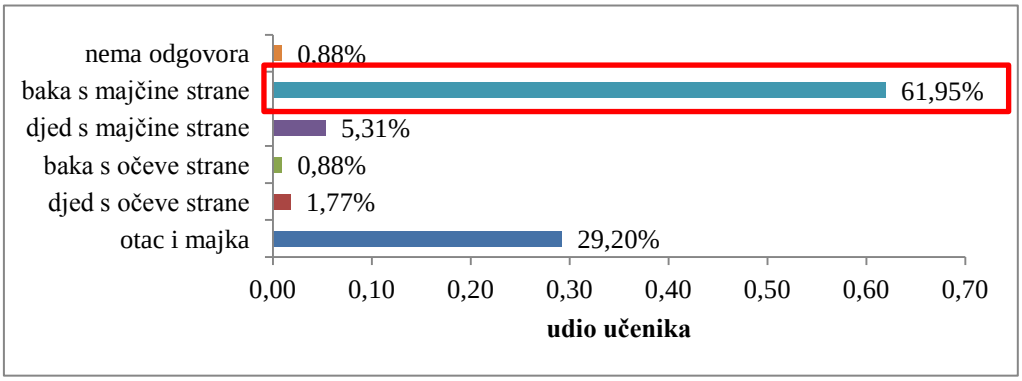
Netočan odgovor *Petar i Slaven* koji je dalo 29,82 % učenika (slika 54) ukazuje na postojanje moguće miskoncepcije da se mitohondrijska DNA nasljeđuje po muškoj liniji, odnosno da se prenosi samo s oca na sina. Moguće je da učenici smatraju da je nasljeđivanje mitohondrijske DNA vezano uz Y kromosom. Miskoncepcija se u nastavi može utvrditi primjenom zadataka sličnih ovome, što nažalost nije čest slučaj, jer se u osmom razredu mitohondrijska DNA i majčinsko nasljeđivanje uglavnom zanemaruje ili spominje tek usputno. U ovom slučaju, za provjeravanje konceptualnog razumijevanja nasljeđivanja i oplodnje, u uvodni tekst u zadatku može se dodati informacija da neposredno prije stapanja jezgara spermija i jajne stanice, spermij odbacuje svoj mitohondrij. U tom slučaju učenici bi imali dovoljno informacija prema kojima bi mogli uspješno riješiti zadatak, ako imaju razumijevanje nasljeđivanja. Za otklanjanje miskoncepcije učenicima se može zadati aktivnost izrade ilustracije, stripa ili modela oplodnje u kojima bi se trebalo jasno prikazati genetski materijal u jezgri stanice te mitohondrij s naglaskom na odbacivanje očinske mitohondrijske DNA neposredno prije oplodnje.

Preostali netočni odgovori ukazuju na neispravno čitanje rodoslovnog stabla, odnosno pogrešno tumačenje srodstvenih veza između članova u rodoslovnom stablu. Učenici povezuju mitohondrijsku DNA osoba koje nisu u međusobnom srodstvu, pa prema tome ne mogu imati jednaku DNA. Problem se može otkloniti dodavanjem legende za čitanje rodoslovnog stabla u zadatak te tijekom nastave, korištenjem rodoslovnih stabla u nastavi,

kao zadatak za učenike koji bi trebali kreirati svoje rodoslovno stablo. To rodoslovno stablo može se kreirati i u svrhu utvrđivanja pojavljivanja nekih dominantnih i recesivnih nasljednih svojstava unutar obitelji, npr. boja očiju. Pritom učenici na primjeru uviđaju neka pravila nasljeđivanja lako vidljivih nasljednih svojstava te uče bilježiti srodstvene odnose.

b) Ti imaš istu mitohondrijsku DNA kao tvoji/a…

Pitanje zahtijeva primjenu znanja o nasljeđivanju mitohondrijske DNA na primjeru vlastite obitelji učenika, slično kao u zadatku 5.a. S obzirom da se provjeravao isti koncept, i rezultati učenika su slični, s 61,95 % točnih odgovora učenika (slika 55).



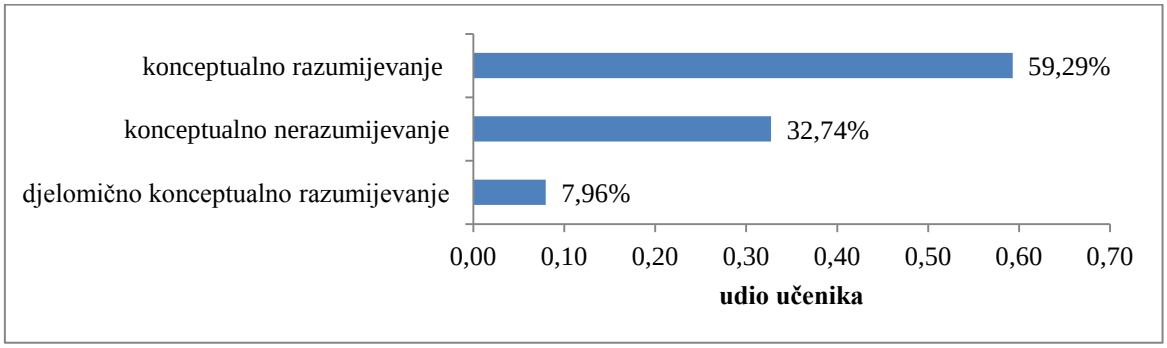
Slika 55. Odgovori učenika na pitanje 5.b na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

Učenici koji su dali točan odgovor na pitanje 5.b pokazuju dobro razumijevanje majčinskog nasljeđivanja mitohondrijske DNA i sposobni su eliminirati ponuđene netočne odgovore.

29,20 % učenika koji su dali odgovor *otac i majka* pokazuju nepoznavanje procesa oplodnje, jer smatraju da se mitohondrijska DNA nasljeđuje od oba roditelja. Ova tvrdnja može se povezati s postojanjem moguće miskoncepcije, koja se može otkloniti modeliranjem oplodnje s naglaskom na odbacivanje očinskog mitohondrija neposredno prije stapanja jezgri spermija i jajne stanice.

Učenici koji su odgovorili *djed s očeve strane* smatraju da se mitohondrijska DNA nasljeđuje po očinskoj liniji, a moguće je da smatraju da je nasljeđivanje mitohondrijske DNA vezano uz Y kromosom. Ukupno 6,19 % učenika koji su odgovorili *djed s majčine strane* i *baka s očeve strane* ne vežu nasljeđivanje mitohondrijske DNA uz spol roditelja, ali njihovo tumačenje principa nasljeđivanje mitohondrijske DNA nije jasno iz ovakvih ponuđenih odgovora.

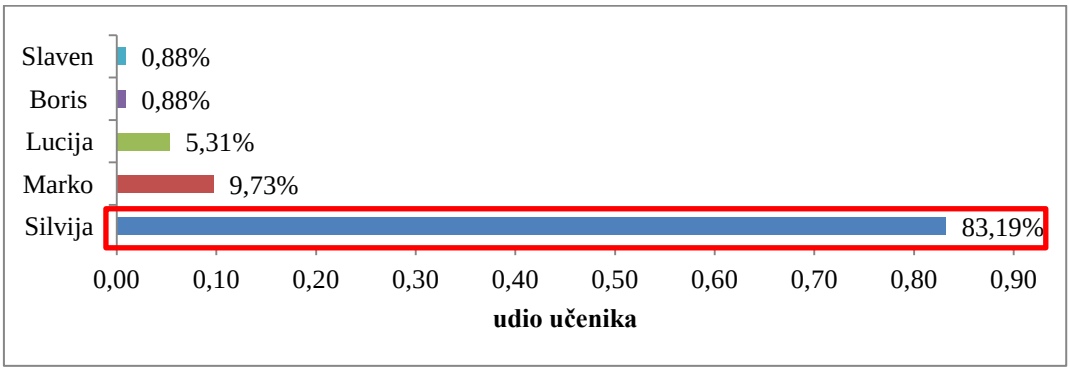
Prema odgovorima učenika na pitanja 5.a i 5.b, utvrđeno je konceptualno razumijevanje kod većeg udjela učenika, dok se kod trećine učenika javlja konceptualno nerazumijevanje uzrokovano miskoncepcijama ili problemima u tumačenju srodstvenih odnosa (slika 56).



Slika 56. Analiza razine razumijevanja koncepta majčinskog nasljeđivanja mitohondrijske DNA prema odgovorima učenika na pitanja 5.a i 5.b.

c) Darko je nositelj gena za hemofiliju (Xh). Za kojeg člana obitelji možemo s potpunom sigurnošću tvrditi da je nositelj istog gena?

Pitanje provjerava sposobnost tumačenja srodstvenih odnosa iz prikaza rodoslovnog stabla neke obitelji te razumijevanje spolno vezanog nasljeđivanja hemofilije. Za uspješno rješavanje pitanja, učenici trebaju znati protumačiti oznaku Xh kao svojstvo vezano uz X kromosom te poznavati određivanje spola kod ljudi. Ukupno 83,19 % učenika točno je odgovorilo na ovo pitanje (slika 57).



Slika 57. Odgovori učenika na pitanje 5.c na Županijskom natjecanju iz biologije 2015. godine.

Učenici koji su točno odgovorili na pitanje 5.c pokazuju da znaju točno čitati srodstvene odnose iz prikaza rodoslovlja u zadatku te razumiju određivanje spola kod ljudi. Ti učenici razumiju da je nasljeđivanje gena za hemofiliju vezano uz nasljeđivanje X kromosoma koji muškarci nasljeđuju od majke, što u ovom primjeru znači da jedino majka muškog nositelja sigurno jest roditelj koji nosi isti gen.

Učenici koji su dali odgovor *Marko* (9,73 %) pokazuju pogrešno razumijevanje spolno vezanog nasljeđivanja i određivanja spola u ljudi. Gen za hemofiliju vezan je uz X kromosom, što je učenicima u pitanju naznačeno, a muškarci od oca ne nasljeđuju kromosom X, već kromosom Y. Ovaj pogrešan odgovor upućuje na nerazumijevanje određivanja spola u ljudi, tj. nepoznavanje kromosomske garniture muškaraca i žena na reproduktivnoj razini, što uvjetuje nemogućnost primjene znanja na rješavanje primjera.

Manji udio učenika dalo je odgovor *Lucija*, što se može povezati s dobrim tumačenjem srodstvenih odnosa u rodoslovnom stablu. Međutim, pokazuje se nerazumijevanje mogućnosti kombinacije i podjele spolnih kromosoma roditelja u gamete, odnosno učenici koji su dali ovaj odgovor smatraju da je nužno da Lucija i Darko od majke naslijede jednaki X kromosom koji nosi hemofiliju. Čak i ovakvom slijedu razmišljanja, susreće se nužnost postojanja Xh kromosoma kod majke Silvije, ili u pogrešnom tumačenju određivanja spola kod oca Marka, pa se može govoriti o nerazumijevanju spolno vezanog nasljeđivanja.

Vrlo malen broj učenika koji su odgovorili *Boris* i *Slaven* vjerojatno ima problema s čitanjem srodstvenih odnosa u rodoslovnom stablu, a pokazuju i potpuno nerazumijevanje spolno vezanog nasljeđivanja i nasljeđivanja općenito, jer jednake gene ne traže u najbližim srodnicima, već u srodnicima koji su udaljeni jedno ili više koljena u rodoslovlju.

Uz ovo pitanje veže se moguća miskoncepcija da se kod ljudi X kromosom nasljeđuje od oca. Moguća miskoncepcija javlja se se kod 9,73 % učenika. U nastavi se ona može identificirati i otkloniti tijekom rješavanja zadataka spolno vezanog nasljeđivanja ili izradom modela oplodnje u kojima bi se odvojeno prikazala oplodnja jajne stanice spermijem koji nosi X kromosom, odnosno Y kromosom i razvoj ženskog, odnosno muškog potomka. Kod 7,97 % učenika susrećemo se s nedostatkom konceptualnog razumijevanja određivanja spola i spolno vezanog nasljeđivanja uzrokovanih problemima u učenju i poučavanju, kada učenici ne usvoje točan način određivanja spola kod ljudi, odnosno zanemare nužnost nasljeđivanja X kromosoma od majke.

Pitanje 7. Osobe s Klinefelterovim sindromom imaju tri spolna kromosoma, XXY, pa je ukupan broj njihovih kromosoma 47. Kako mogu nastati takve jedinke?

a) do greške je došlo je je spermij s XY kromosomima oplodio jajnu stanicu

b) do greške je došlo u I. mejotičkoj diobi u jajniku majke

c) dva su spermija, jedan s X, a jedan s Y, oplodila jajnu stanicu

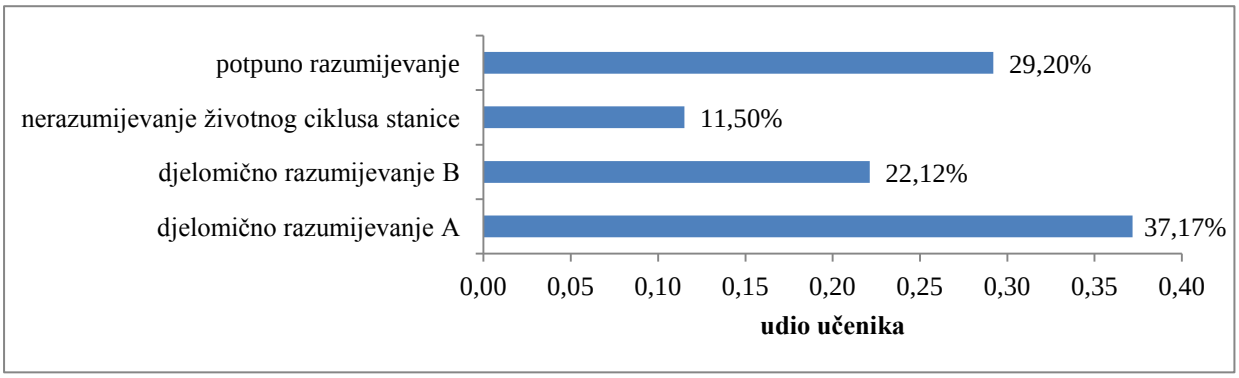
d) nisu se razdvojile kromatide X kromosoma u II. mejotičkoj diobi prilikom nastanka spermija

e) X kromosom se udvostručio prilikom ulaska zigote u mitozu, ali se nije podijelio.

Pitanje provjerava konceptualno razumijevanje koncepta nasljeđivanje na razini organizma i životnog ciklusa stanice (tablica 19). Da bi točno odgovorili na pitanje, učenici moraju primijeniti znanje o promjeni strukture i broja kromosoma u stanici tijekom mejoze, poznavati određivanje spola u ljudi te prepoznati koji spolni kromosom se nasljeđuje od majke, a koji od oca. Učenici trebaju primijeniti znanja o procesu oplodnje kako bi prepoznali netočnu tvrdnju. Potpuno točan odgovor na pitanje dalo je 29,20 % učenika, dok se 59,29 % učenika dalo djelomično točan odgovor (slika 58).

Tablica 19. Karakteristike 7. pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine.

Tip pitanja	**višestruki izbor s dva točna odgovora**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Spolni kromosomi, određivanje spola kod ljudi, promjena broja kromosoma, broj i tip kromosoma u određivanju vrste, mitoza i mejoza, gametogeneza, oplodnja
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma, Životni ciklusi	
Ishod (IK DM)	Identificirati uzroke mutacija i moguće posljedice na razini jedinke/populacije/vrste. Analizirati životni ciklus stanice.	



Slika 58. Značenje odgovora učenika na 7. pitanje

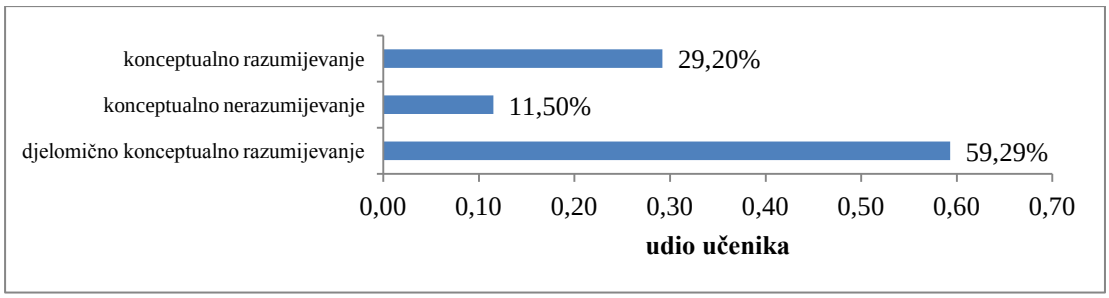
Učenici koji su dali potpuno točan odgovor pokazuju potpuno razumijevanje određivanja spola kod ljudi te pokazuju konceptualno razumijevanje gametogeneze, tj. procesa mejoze pri nastanku spolnih stanica. Odabrani odgovori ukazuju na to da učenici

razumiju promjene broja i strukture kromosoma u stanici tijekom mejoze i ulogu tih zbivanja u nastajanju novih spolnih stanica. Točni odgovori pokazuju točno razumijevanje uzroka greške u broju spolnih kromosoma koja može biti uzrokovana u gametogenezi spermija i jajne stanice. U oba slučaja radi se o nerazdvajanju spolnih kromosoma u I. mejotičkoj diobi, što uzrokuje daljnje zajedničko nasljeđivanje oba kromosoma. U oplodnji u kojoj sudjeluje stanica s dva spolna kromosoma nastaje potomak s tri spolna kromosoma u stanicama, odnosno ukupno 47 kromosoma u stanici.

Učenici koji su dali odgovor opisan kao "djelomično razumijevanje A", točno su odgovorili da se uzrok može tražiti u spermiju s dva spolna kromosoma, X i Y, koji se tijekom oplodnje spaja s jajnom stanicom s normalnim brojem kromosoma, ali su drugi mogući uzrok nastanka osobe s tri spolna kromosoma tražili u pogrešnom dijelu životnog ciklusa stanice ili su smatrali da se jedna jajna stanica može oploditi s dva spermija.

Učenici koji su dali odgovor opisan kao "djelomično razumijevanje B" dali su točan odgovor da do greške dolazi tijekom I. mejotičke diobe pri nastajanju jajne stanice, ali drugi uzrok traže u oplodnji jedne jajne stanice s dva spermija ili smatraju da se greške događaju u pogrešnom dijelu životnog ciklusa stanice.

Nerazumijevanje životnog ciklusa stanice uočava se kod 11,50 % učenika, koji su dali potpuno pogrešne odgovore, pa uzroke za nastanak jedinke s tri spolna kromosoma traže u pogrešnim dijelovima životnog ciklusa stanice ili u oplodnji jedne jajne stanice s dva spermija. Kod takvih učenika uočavamo potpuno konceptualno nerazumijevanje (slika 59).



Slika 59. Analiza razine razumijevanja koncepta životnog ciklusa stanice u vezi s uzrocima nastanka jedinki s promijenjenim brojem kromosoma.

Učenici koji su dali odgovor *dva su spermija, jedan s X, a jedan s Y, oplodila jajnu stanicu* pokazuju nedostatak znanja na svim razinama vezanih uz koncept oplodnje, jer je oplodnja stapanje jezgara jedne jajne stanice i jednog spermija. Isti koncept ispitivan je i u prethodno analiziranim zadacima, te netočni odgovori učenika upućuju na moguću miskoncepciju da je tijekom oplodnje moguće stapanje jezgre jedne jajne stanice s jezgrama

dvaju spermija. Ta se moguća miskoncepcija javlja kod 9,73 % najuspješnijih učenika, sudionika županijskog natjecanja. U nastavi je moguće izraditi modele i ilustracije procesa oplodnje kako bi se utvrdila pojava ove miskoncepcije, a moguće ju je otkloniti rješavanjem radnih listova uz gledanje videozapisa u kojima bi učenici jasno trebali vidjeti da se u oplodnji stapaju samo dvije jezgre spolnih stanica, dok ostatak spermija više ne može svoj genski materijal spojiti s onime u jajnoj stanici. U istu svrhu učenici bi tijekom učenja trebali koristiti konceptualne mape za razvoj konceptualnog razumijevanja.

Druga moguća miskoncepcija "*Prilikom mitoze zigote se X kromosom udvostručio, ali se nije razdvojio u dvije nove stanice, pa se razvija osoba s Klinefelterovim sindromom*", javlja se kod 34,52 % učenika, koji smatraju da se uzrok pojavi tri spolna kromosoma u stanici treba tražiti nakon oplodnje, odnosno tijekom dijeljenja zigote i razvoja nove jedinke. Takav bi odgovor značio da se u nekim stanicama čovjeka može naći tri spolna kromosoma, a kod nekih samo jedan Y kromosom, što nikako nije točno. U nastavi se teže dolazi do otkrivanja ovakve miskoncepcije, jer se rijetko od učenika traži da odrede u kojoj se fazi razvoja jedinke definiraju njeni geni, smatrajući da je svima jasno da geni ovise o kromosomima koje potomci nasljeđuju od roditelja. I ova se miskoncepcija može ukloniti izradom modela životnog ciklusa stanice, oplodnje i razvoja zametka iz zigote, posebno obraćajući pažnju na vrste i broj kromosoma koji u tim procesima sudjeluju. Aktivnost bi se mogla izvršiti tako da se učenici podijele u više grupa od kojih će svaka modelirati drugačiju mutaciju broja kromosoma, npr. Klinefelterov sindrom, Downov sindrom, itd. pazeći da grešku naprave namjerno u pravom dijelu životnog ciklusa stanice, te da pripaze da se tijekom dijeljenja zigote i razvoja u zametak stanice ne mijenjaju, već nastaju njihove identične kopije.

Pitanje 8. Marko i Ana su par koji će uskoro dobiti dijete. Marko je normalnog vida, a otac mu je daltonist. Anina majka je također daltonistica dok su Ana i njezin otac normalnog vida. Roditelji su u neizvjesnosti koju osobinu će naslijediti njihovo dijete pa su posjetili liječnika. Što im je liječnik rekao?

a) I Marko i Ana su prenositelji daltonizma.

b) Dijete ovog para, bez obzira na spol, može biti daltonist.

c) Ukoliko se rodi djevojčica, sigurno će biti normalnog vida.

d) Ana ima 50% vjerojatnosti da je prenositeljica daltonizma.

e) Ukoliko se rodi dječak, vjerojatnost je 50% da će biti daltonist.

Pitanje provjerava koncept spolno vezanog nasljeđivanja te određivanje spola kod ljudi. Za uspješno rješavanje pitanja, učenici trebaju razumjeti i primijeniti znanja o određivanju spola kod ljudi te se prisjetiti da je daltonizam recesivno svojstvo koje se nasljeđuje vezano uz X kromosoma (tablica 20). Učenici također trebaju znanja primijeniti kako bi pretpostavili koja je vjerojatnost da dijete para iz zadatka bude nositelj daltonizma ili daltonist. Točan odgovor na ovo pitanje dalo je ukupno 40,71 % učenika (slika 60).

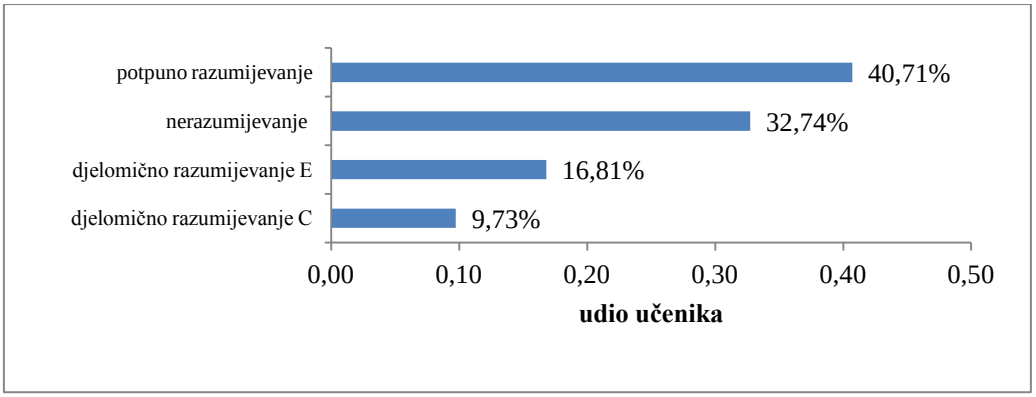
Tablica 170. Karakteristike 8. pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine.

Tip pitanja	**višestruki izbor s dva točna odgovora**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	Spolni kromosomi, određivanje spola kod ljudi, promjena broja kromosoma, broj i tip kromosoma u određivanju vrste, gametogeneza, oplodnja, recesivna i dominantna svojstva
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	Identificirati uzroke mutacija i moguće posljedice na razini jedinke/populacije/vrste.	

Učenici koji su točno odgovorili na ovo pitanje pokazuju dobro razumijevanje određivanje spola kod ljudi i nasljeđivanje spolnih kromosoma. Isti učenici razumiju spolno vezano nasljeđivanje daltonizma uz X kromosom te nasljeđivanje recesivnih nasljednih svojstava, što se vidi po odabiru odgovora *Ukoliko se rodi djevojčica, sigurno će biti normalnog vida,* jer takav odgovor znači da učenici razumiju da je za ispoljavanje nekog recesivnog svojstva nužno naslijediti recesivno svojstvo od oba roditelja.

Učenici koji pokazuju djelomično razumiju koncept spolno vezanog nasljeđivanja recesivnog svojstva na primjeru daltonizma dijele se u dvije skupine, označene kao "djelomično razumijevanje C" i "djelomično razumijevanje E" (slika 60). Kod tih učenika pokazuje se razumijevanje da je daltonizam recesivno nasljedno svojstvo, čije je nasljeđivanje vezano uz spolni kromosom.

Potpuno nerazumijevanje susreće se kod 32,74 % učenika, koji ne razumiju da je daltonizam recesivno svojstvo, pa smatraju da je šansa da je Ana prenositeljica daltonizma 50 %. S obzirom da je Anina majka daltonistica, što znači da nosi gen za daltonizam na oba X kromosoma, sa sigurnošću se može tvrditi da je Ana prenositelj daltonizma. Ti učenici također smatraju da dijete para može biti daltonist bez obzira na spol, što znači da ne razumiju spolno vezano nasljeđivanje daltonizma, jer ne razumiju da Marko nema gen za daltonizam na X kromosomu, jer ga nije mogao naslijediti od oca. Moguće je da ti učenici ne prepoznaju da se daltonizam nasljeđuje vezano sa spolnim kromosomima, nego ga tretiraju kao obično nasljedno svojstvo.



Slika 60. Analiza razumijevanja spolno vezanog nasljeđivanja daltonizma na primjeru.

Uz ovo pitanje nema pojave moguće miskoncepcije, a svi problemi koji su uzrokovali netočne odgovore učenika potječu iz učenja i poučavanja, gdje učenici imaju problema s praćenjem spolno vezanog nasljeđivanja svojstava. Ovakav rezultat učenika na pitanju nije u skladu s odgovorima na pitanje 5.c, koje je provjeravalo isti koncept na drugačijem primjeru.

Pitanje 9. Štakor ima 42 kromosoma u okusnoj stanici okusnog pupoljka jezika. Spolni su mu kromosomi X i Y. Koje tvrdnje o broju kromosoma i molekulama DNA u stanicama štakora su točne?

a) U jezgri jajne stanice ima 21 tjelesni kromosom.

b) Okusna stanica u jezgri ima 42 tjelesna kromosoma.

c) Stanica u jajniku nastala procesom mejoze ima 21 molekulu DNA.

d) Jezgra okusne stanice koja ulazi u staničnu diobu ima 168 lanaca molekule DNA.

e) Okusna stanica nakon stanične diobe ima 42 kromosoma i 42 lanca molekule DNA.

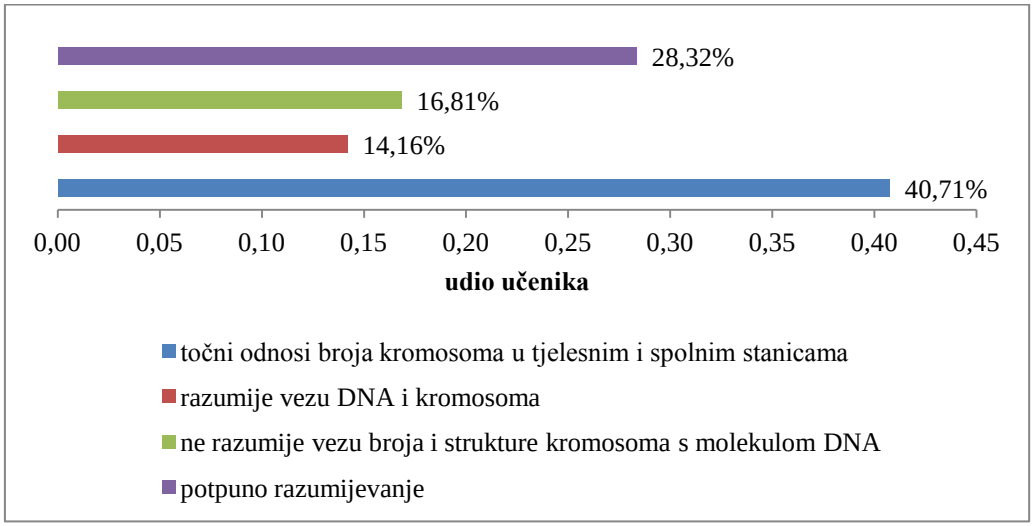
Pitanjem se provjerava razumijevanje životnog ciklusa stanice s obzirom na promjenu strukture i broja kromosoma tijekom mejoze i mitoze. Da bi točno odgovorili na pitanje, učenici se trebaju prisjetiti broja kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama, trebaju razumjeti vezu kromosoma, kromatide i molekule DNA, odnosno strukture kromosoma i broja molekula DNA (tablica 21).

Tablica 21. Karakteristike 9. pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine.

Tip pitanja	**višestruki izbor s dva točna odgovora**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	DNA, kromosom, tjelesni kromosom, spolni kromosom, mitoza, mejoza, redukcijska dioba, veza DNA-kromosom, kromatide
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma, Životni ciklus stanice	
Ishod (IK DM)	Povezati stalnost broja, građe i oblika kromosoma s definicijom vrste kao reproduktivno izolirane skupine organizama	

Ukupno 28,32 % učenika ponudilo je potpuno točan odgovor na ovo pitanje (slika 61). Učenici koji su točno odgovorili na pitanje razumiju promjenu broja kromosoma tijekom staničnih dioba te mogu dobro povezati broj molekula DNA, lanaca molekule DNA s brojem kromosoma i kromatida u određenom dijelu staničnog ciklusa.

Ostali učenički odgovori podijeljeni su u tri skupine prema njihovom biološkom značenju. Najveći dio učenika točno razumije odnos broja kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama, ali postoje problemi pri povezivanju strukture i broja kromosoma s brojem molekula DNA u staničnoj jezgri. Moguć je i problem u krivom tumačenju odgovora, jer učenici zanemaruju da je molekula DNA dvolančana molekula, pa bi stoga broj lanaca DNA trebao biti dvostruko veći od broja kromosoma. 14,16 % učenika (slika 61) razumije vezu između broja i strukture kromosoma i broja molekula DNA, ali zanemaruju postojanje spolnih kromosoma u svim stanicama, tj. učenici smatraju da su svi kromosomi u stanicama tjelesni. Dio takvih netočnih odgovora može se pripisati i nepažnji prilikom rješavanja pitanja. 16,81 % učenika dalo je odgovore koji ukazuju na potpuno nerazumijevanje međusobne povezanosti kromosoma i molekula DNA, a pogrešno tumače i odnos broja kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama.



Slika 61. Značenje učeničkih odgovora na 9. pitanje.

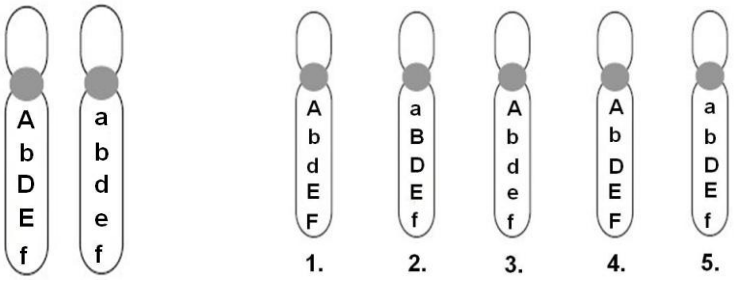
Kao moguća miskoncepcija izdvaja se tvrdnja *"Svi kromosomi u stanici su tjelesni kromosomi"* koja se javlja kod 24,78 % učenika. Miskoncepcija može nastati zbog doslovnog tumačenja naziva tjelesne i spolne stanice, kada učenici tumače da u tjelesnoj stanici ne mogu postojati spolni kromosomi. Miskoncepcija se može otkloniti inzistiranjem da se pri rješavanju zadataka broj kromosoma kod čovjeka ne piše kao 2n = 46 ili n = 23, nego s jasno istaknutim spolnim kromosomima, npr. n = 22+X. Isto bi se trebalo zahtijevati i na primjeru drugih živih bića, tijekom ranijeg učenja biologije u sedmom razredu. Pri ilustraciji stanične

jezgre tjelesne stanice neke životinje ili čovjeka, spolni kromosomi mogli bi se istaknuti nekom drugom bojom i tako naglasiti njihovo prisustvo u svim stanicama.

Kod učenika koji pokazuju djelomično razumijevanje nekog dijela provjeravanog koncepta, susrećemo se s problemima u učenju i poučavanju, jer učenici ne povezuju kromosome i molekule DNA. Za uklananje nedoumica učenika, bilo bi dobro na nastavi koristiti praktičan rad u kojem bi učenici imali zadatak sami modelirati kromosom namatanjem nekog materijala poput vune ili vrpce koji bi predstavljao dvolančanu molekulu DNA, kako bi mogli iskustveno usvojiti građu molekule DNA te vezu DNA i kromosoma. Time bi se učenicima mogla približiti važnost promjene broja kromosoma tijekom staničnih dioba, jer u ovom kontekstu oni dobivaju na značenju u nasljeđivanju.

Pitanje 13. Na slici je prikazan homologni (istovjetni) par kromosoma s genima za određena svojstva označena slovima A, B, D, E, F. Stanica s prikazanim kromosomskim parom nalazi se u sjemeniku i ulazi u mejotsku diobu.

a) Koja bi se dva kromosoma, od predloženih pet, mogla naći u spermijima koji su nastali mejozom početnog homolognog para?

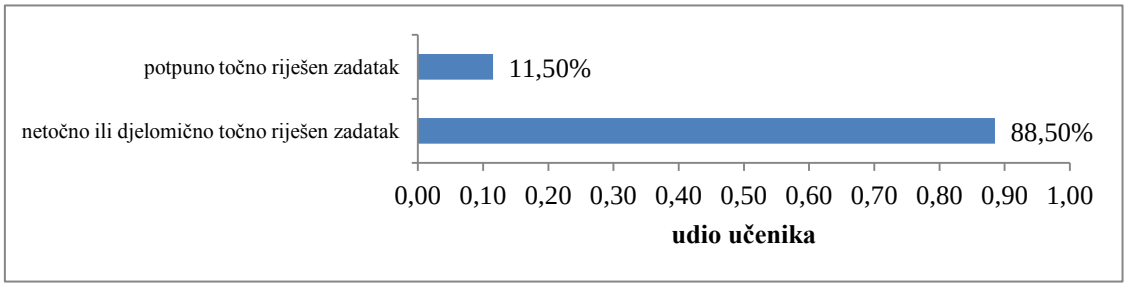


b) Obrazloži kako dolazi do prikazanih promjena i u kojem dijelu mejoze se mogu dogoditi. Kakav je njihov značaj za spolno razmnožavanje i raznolikost unutar vrste?

Vezanjem potpitanja a) i b) se provjerava konceptualno razumijevanje promjene broja i strukture kromosoma tijekom gametogeneze tj. mejoze. Da bi uspješno riješili zadatak, učenici trebaju primjeniti prethodno usvojena znanja o procesu mejoze, odnosno analizirati promjene na kromosomima koje se događaju u pojedinoj fazi mejoze i objasniti ih na konkretnom primjeru. Učenici se trebaju prisjetiti utjecaja spolnog razmnožavanja na gensku raznolikost neke vrste te prepoznati moguće promjene na genima unutar jedne stanice (tablica 22). Većina učenika ovaj je zadatak riješila netočno ili djelomično točno (slika 62).

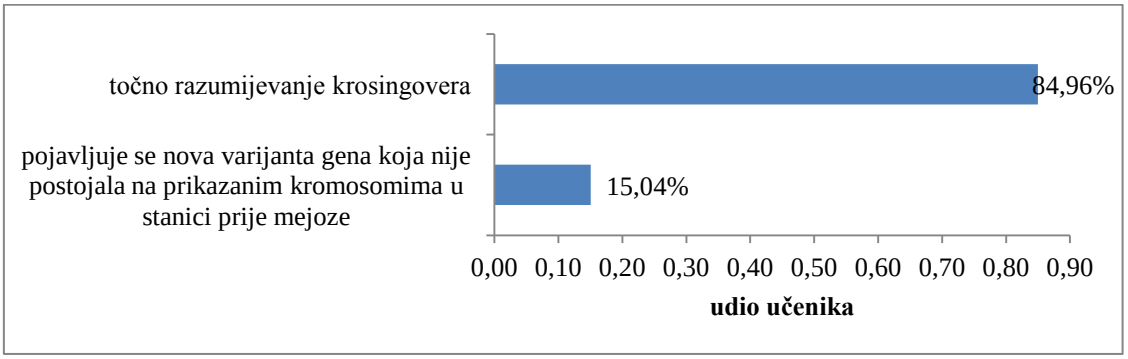
Tablica 22. Karakteristike 13. pitanja na Županijskom natjecanju 2015.

Tip pitanja	Višestruki izbor, otvoreni tip	Neophodni koncepti za odgovor učenika
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	DNA, kromosom, crossing-over, mejoza, bioraznolikost, genska raznolikost, spolno razmnožavanje
Koncept	Nasljeđivanje na razini organizma, Životni ciklus stanice	
Ishod (IK DM)	Analizirati odnose među genima i njihov utjecaj na razini organizma ili nasljedne osobine. Analizirati životni ciklus stanice.	



Slika 62. Udio točnih odgovora na 13. pitanje.

U 13.a pitanju, učenici su se trebali usporediti ponuđene odgovore i prepoznati točne na temelju označenih varijanti gena u homolognom paru kromosoma s početka mejoze. Zadatak je uspješno riješilo 84,96 % učenika. Ostatak učenika odabirao je odgovore u kojima se pojavljuju varijante gena koje nisu bile prisutne u početnom homolognom paru kromosoma (slika 63), što znači da učenici smatraju da se tijekom mejoze u stanici mogu pojaviti nove varijante gena koje u tom organizmu prije nisu postojale. Takvi odgovori ukazuju na moguće postojanje miskoncepcije, koja se javlja kod 15,04 % učenika.

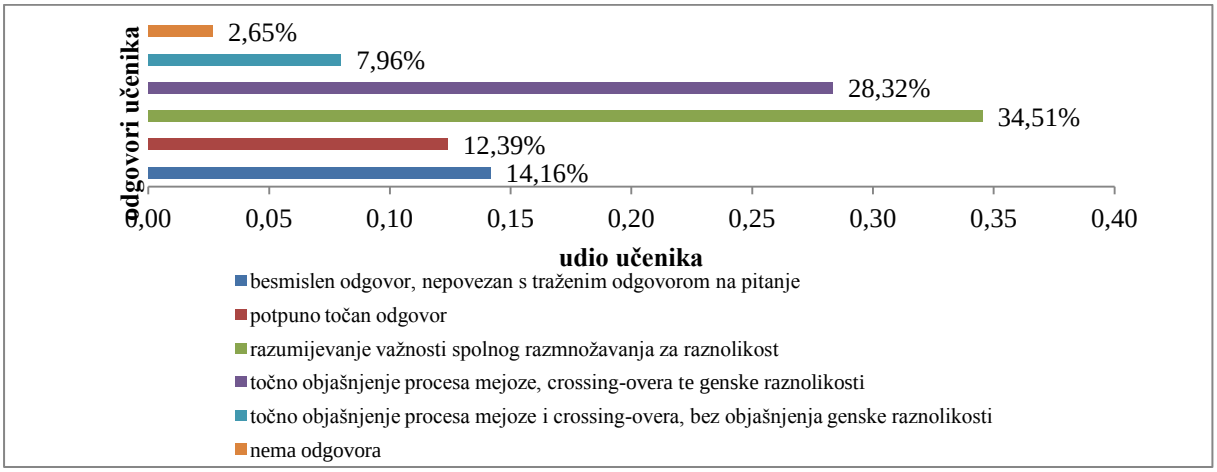


Slika 63. Odgovori učenika na 13.a pitanje.

13.b pitanje otvorenog tipa od učenika je zahtijevalo obrazloženje prikazane promjene kromosoma i značaja spolnog razmnožavanja za raznolikost vrste. Učenicima je potpuno točan odgovor vrjednovan ako je bio sadržajno ekvivalentan sljedećem:

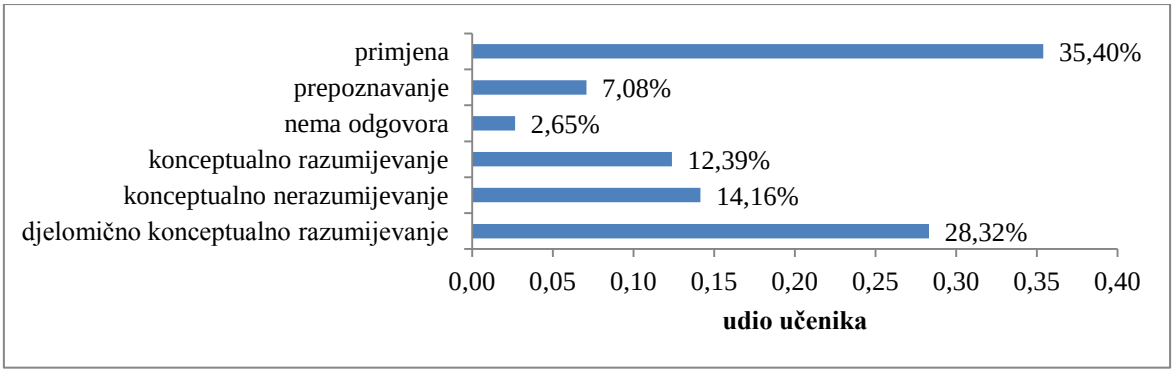
"Homologni kromosomi se sparuju i pritom mogu izmijeniti dijelove kromatida. To se naziva crossing over. Odvija se tijekom prvog dijela mejoze. Nastaju spermiji koji su međusobno genski različiti, što pridonosi raznolikosti jedinki nastalih spolnim razmnožavanjem."

Učenički odgovori specifično su kodirani i podijeljeni u skupine prema njihovom značenju za razumijevanje ispitivanog koncepta (slika 64). Samo 12,39 % učenika ponudilo je potpuno točan odgovor na pitanje, dok je većina učenika točno objasnila utjecaj crossing-overa na spolno razmnožavanje i raznolikost vrste, a pogrešno odredila dio životnog ciklusa stanice u mejozi tijekom kojeg se prikazane promjene na genima događaju. Učenici razumiju važnost spolnog razmnožavanja i izmjene gena za raznolikost unutar vrste, ali nedostaju im znanja na reproduktivnoj razini, tj. nisu upamtili da se crossing over odvija u prvoj mejotičkoj diobi, što je bio razlog za izostanak točno vrjednovanog odgovora kod većine učenika.



Slika 64. Odgovori učenika na 13. b pitanje.

Ako se uzmu u obzir odgovori učenika na oba dijela 13. zadatka, konceptualno razumijevanje promjene strukture kromosoma, odnosno izmjene gena tijekom mejoze ima 12,39 % učenika (slika 65). U toj su skupini učenici koji su ponudili potpuno točan odgovor na oba dijela zadatka, te oni koji su se nepotpuno izrazili, ali su pokazali točno razmišljanje u dijelu zadatka 13.b. Razinu prepoznavanja ostvarili su učenici koji su točno riješili samo 13.a. zadatak, a razinu primjene oni koji su točno riješili pitanje 13.a te obrazložili prikazane promjene. Djelomično konceptualno razumijevanje ostvarili su učenici koji su obrazložili prikazane izmjene, no nisu spomenuli spolno razmnožavanje, dok su gensku raznolikost vrste dobro objasnili.



Slika 65. Analiza razine razumijevanja koncepta izmjene gena tijekom mejoze.

Problemi koji uzrokuju netočne odgovore učenika mogu se pronaći u memoriranju, kada učenici nemaju reproduktivno znanje da se crossing over odvija u prvoj mejotičkoj diobi, a problemi mogu nastati i tijekom učenja i poučavanja. U tom slučaju učenici nisu usvojili utjecaj spolnog i nespolnog razmnožavanja na gensku raznolikost vrste. U tom slučaju učenici bi mogli tijekom nastave dobiti zadatak koristeći se multimedijskim izvorima (znanstveni časopisi, internet,...) odabrati slike i videozapise populacija genetski identičnih jedinki te populacija genetski različitih jedinki, s time da populacije ne moraju pripadati istoj vrsti. Učenici bi na temelju pronađenih materijala trebali usporediti izgled, veličinu, ponašanje, stanište i slične lako uočljive karakteristike te ih usporediti, navesti i obrazložiti njihove prednosti i ograničenja. Tako bi učenici na primjeru mogli usvojiti važnost genske raznolikosti unutar vrste.

Pitanje 14. Na crtežu su opisani postupci prilikom kloniranja ovce.

a) Koja ovca ima jednak genetski materijal u svim stanicama kao klonirana ovca?

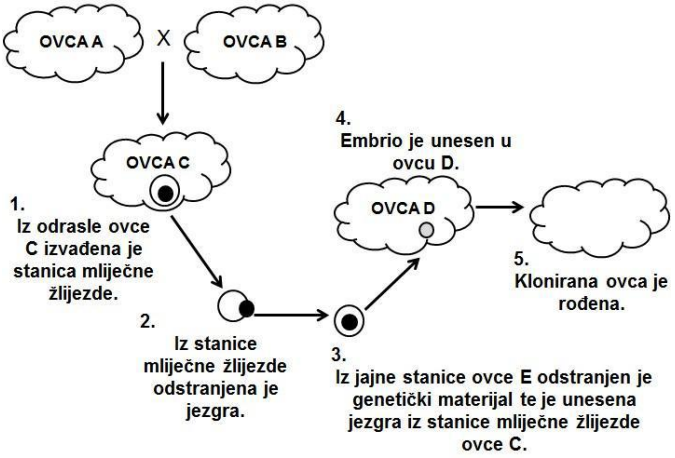
1. ovca A

2. ovca B

3. ovca C

4. ovca D

5. ovca E



b) Što je kloniranje? Obrazloži kako ono utječe na bioraznolikost.

Pitanjem se provjerava konceptualno razumijevanje postupka kloniranja na primjeru kloniranja ovce. Da bi točno odgovorili na pitanje, učenici moraju imati reproduktivno znanje

o definiciji kloniranja, a u zadatku 14.a provjerava se primjena tog znanja. Učenici trebaju razumjeti mogućnost nespolnog razmnožavanja, odnosno razvitka organizma iz nespolne stanice (tablica 23). Pitanje je potpuno točno riješilo 58 % učenika.

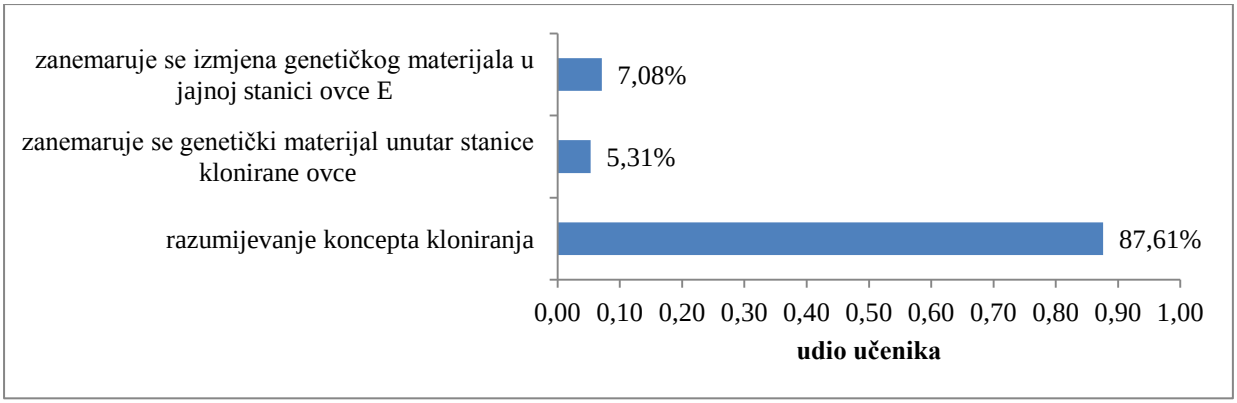
Tablica 23. Karakteristike 14. pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine.

Tip pitanja	**Višestruki izbor, otvoreni tip**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	DNA, jezgra stanice, izmjena genetičkog materijala, kloniranje, nespolno razmnožavanje, razvoj iz tjelesnih stanica
Koncept	Spolno i nespolno razmnožavanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	Analizirati uspješnost različitih oblika razmnožavanja s obzirom na uvjete života životinja.	

Pitanje 14.a točno je riješilo 87,61 % učenika (slika 66). Pritom su učenici trebali teoretsko znanje o kloniranju primijeniti na tumačenje crteža u smislu praćenja genetskog materijala od roditelja do potomka, a zatim i zamjenu jezgri stanica.

Dio učenika koji su pogrešno riješili zadatak zanemarili su izmjenu genetičkog materijala, tj. jezgre u jajnoj stanici ovce E te smatraju da se bez obzira na izmjenu jezgre nasljeđuje njen genetički materijal. To ukazuje da učenici ne razumiju da se nasljedna uputa za sva živa bića nalazi u jezgri stanice. Pojavljuje se moguća miskoncepcija *"Klonovi su identični jedinki iz čije su se jajne stanice razvili, bez obzira na zamjenu genetičkog materijala"* kod 7,08 % učenika. Miskoncepcija se tijekom nastave može utvrditi i ukloniti upotrebom problemskih zadataka kod kojih bi učenici u nekoliko složenih slučajeva s izmjenom jezgara u stanici tijekom kloniranja trebali odrediti koji su organizmi genetski identični klonovima.

Manji dio učenika odgovorio je da je klonirana ovca genetski identična ovci D, zanemarujući činjenicu da niti jedan dio stanice pri nastanku klona nije potekao od ovce D. Učenici koji su dali ovaj odgovor roditeljima u genetičkom smislu ne smatraju organizme koji su izvor genetičkog materijala za potomka, već organizam u kojem se odvija razvoj ploda.



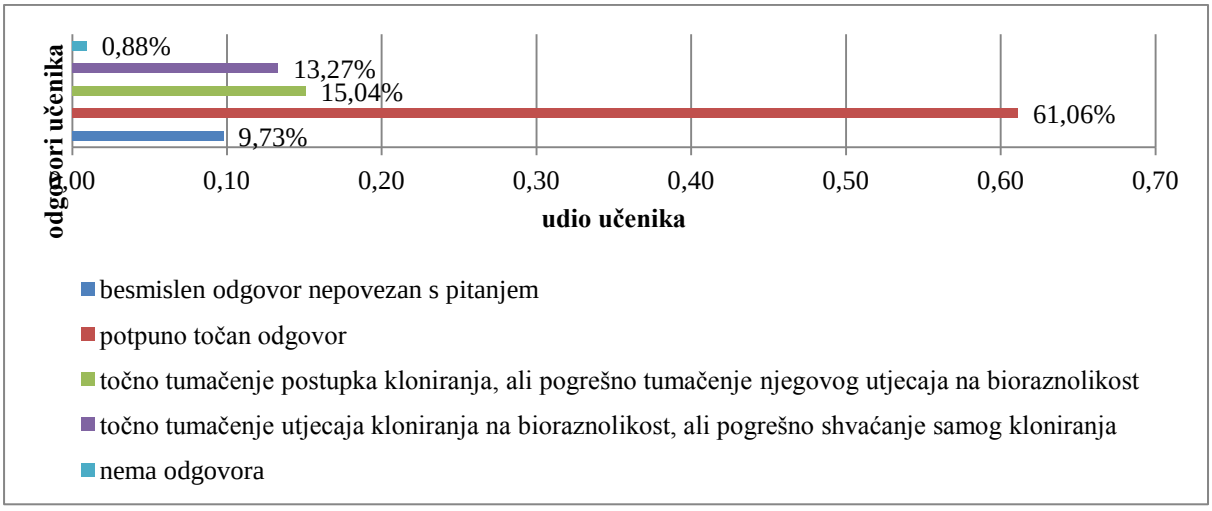
Slika 66. Značenje odgovora učenika na pitanje 14.a.

U pitanju 14.b od učenika se očekuje obrazloženje utjecaja kloniranja na bioraznolikost, pri čemu se kao točan odgovor vrjednovalo učeničke odgovore koji su imali isto značenje kao sljedeće:

"Kloniranje je oblik nespolnog razmnožavanje, proces kojim se iz tjelesnih stanica stvaraju potomci ili postupak za dobivanje identičnog potomka. Bioraznolikost se smanjuje jer pri tome nastaju potomci koji su genetski jednaki roditeljskom organizmu i međusobno."

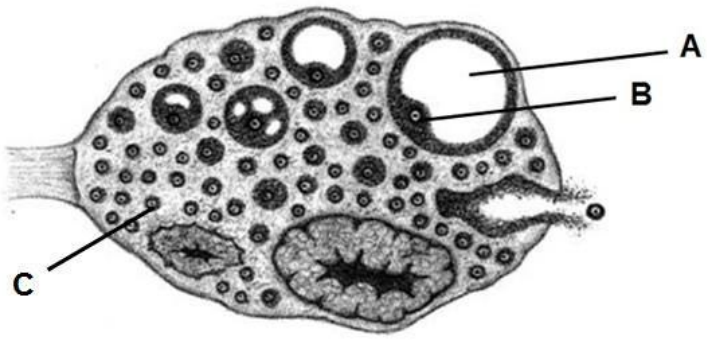
Većina učenika dala je točan odgovor na ovo pitanje (slika 67), dok je manji, podjednak omjer učenika dao dobar odgovor na dio pitanja. Čak 9,73 % učenika dalo je besmislen odgovor u potpunosti nepovezan s pitanjem, pri čemu nisu objasnili kloniranje niti njegov utjecaj na bioraznolikost.

Problemi koji se pojavljuju kod manjeg broja učenika u razumijevanju postupka kloniranja nastaju tijekom učenja i poučavanja, a moguće ih je ukloniti uporabom problemskih zadataka u nastavi ili primjenom prikaza navedenih procesa u više primjera.



Slika 67. Značenje odgovora učenika na pitanje 14.b.

Pitanje 15. Prouči sliku ljudskog jajnika i odgovori na pitanja.



a) Kako se naziva proces prsnuća strukture označene slovom A?

b) Koliki je broj kromosoma u stanici označenoj slovom C?

c) U kojem životnom razdoblju žene započinju procesi iz pitanja a)?

d) Kako se naziva period u životu žene kada se prestanu događati procesi iz pitanja a)?

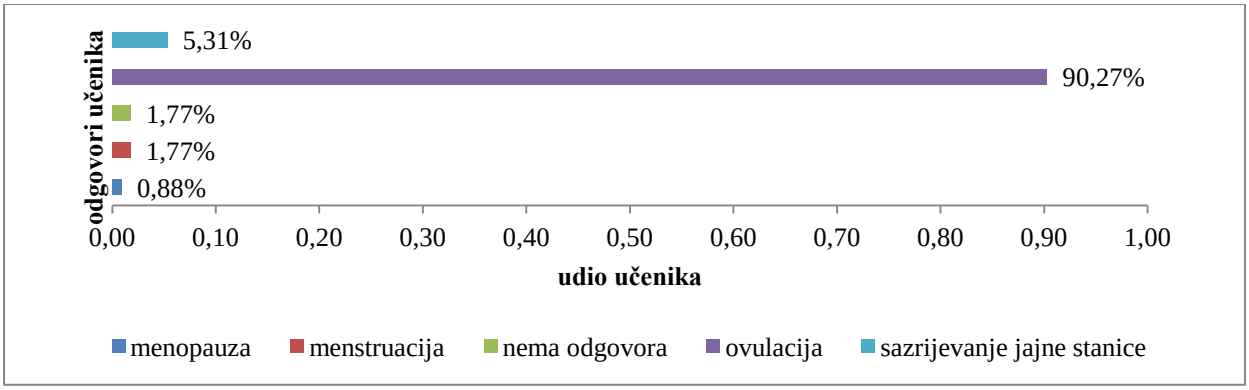
e) U kojem životnom razdoblju žene se stvaraju strukture označene slovom C?

Pitanjem se ispituje poznavanje građe reproduktivnog sustava ljudi na razini prepoznavanja crteža, te poznavanje životnog ciklusa čovjeka te menstruacijskog ciklusa na razini prisjećanja i reprodukcije. Da bi točno odgovorili na pitanje, učenici trebaju moći na slici prepoznati označene dijelove te se prisjetiti reproduktivnog znanja o broju kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama, prisjetiti se faza razvoja čovjeka i definicija ovulacije (tablica 24). Potpuno točan odgovor na pitanje dalo je 27,43 % učenika.

Tablica 24. Karakteristike 15. pitanja na Županijskom natjecanju 2015.

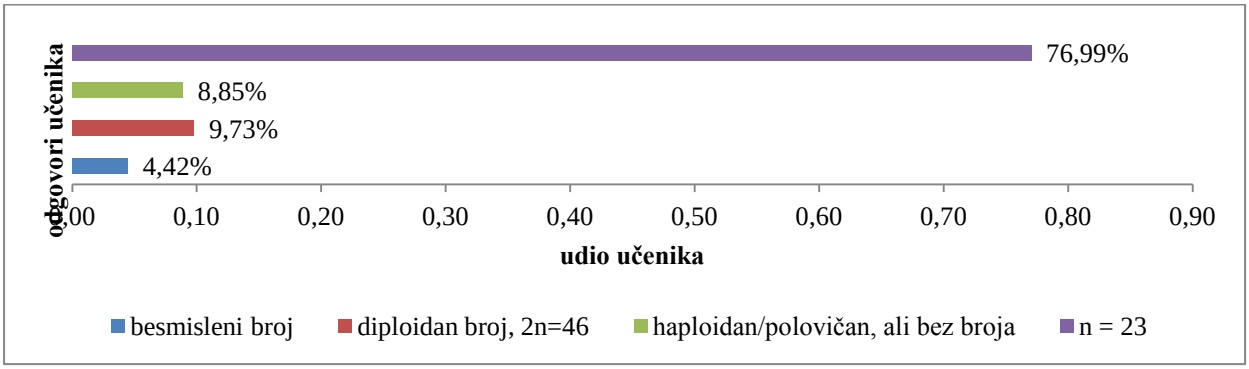
Tip pitanja	**Višestruki izbor, otvoreni tip**	**Neophodni koncepti za odgovor učenika**
Makrokoncept	Razmnožavanje i razvoj organizma	DNA, jezgra stanice, izmjena genetičkog materijala, kloniranje, nespolno razmnožavanje, razvoj iz tjelesnih stanica
Koncept	Spolno i nespolno razmnožavanje na razini organizma	
Ishod (IK DM)	Analizirati uspješnost različitih oblika razmnožavanja s obzirom na uvjete života životinja.	

Na pitanje 15.a točno je odgovorilo 90,27 % učenika (slika 67), što ukazuje na to da učenici imaju reproduktivno znanje o definiciji ovulacije te mogu prepoznati dijelove reproduktivnog sustava žene na slici. Pogrešni odgovori koje je ponudio manji broj učenika pokazuje nedostatak reproduktivnog znanja uza definiranje procesa i faza u životu žene.



Slika 67. Odgovori učenika na pitanje 15.a.

Učenici su na pitanje 15.b većinom odgovorili točno (slika 68). Manji udio učenika ima dobro prepoznavanje broja kromosoma u spolnim stanicam a čovjeka, ali njihov odgovor nije bio dovoljno precizan da bi bio vrjednovan kao točan. 9,73 % učenika na slici nije prepoznalo spolnu stanicu, ili ne poznaje broj kromosoma u spolnim stanicama čovjeka, što ukazuje na nedostatak znanja na reproduktivnoj razini.

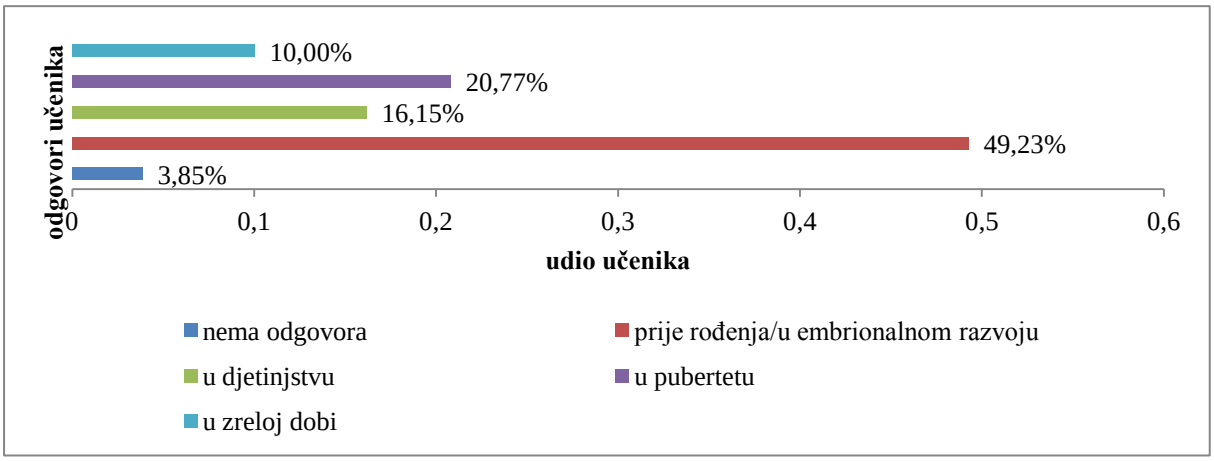


Slika 68. Odgovori učenika na pitanje 15.b.

Na pitanje 15.c točan odgovor *pubertet* je dalo 94,69 % učenika, dok su ostatak učenika dao odgovore poput starost ili djetinjstvo. Takvi odgovori ukazuju na nedostatak razumijevanja faza u spolnom sazrijevanju čovjeka te nedostatak reproduktivnog znanja o psihofizičkim značajkama čovjekama u određenim fazama života. Na pitanje 15.d točan odgovor *menopauza* dalo je 82,30 % učenika. Ostatak učenika dalo je odgovore starost ili klimakterij, što ukazuje da mogu povezati promjene u tijelu žene s dobi u kojima se one odvijaju, ali nisu memorirali ispravne nazive pojava u životu žene.

Na pitanje 15.e učenici su lošije odgovarali nego na prethodna pitanja, s 49,23 % točnih odgovora (slika 69). Manji udio učenika smatra da se nastanak jajnih stanica u žene odvija tijekom puberteta, što ukazuje na moguću miskoncepciju koja se javlja kod 20,77 % učenika. Uzrok miskoncepciji može se pronaći u objašnjavanju puberteta kao razdoblja kada osobe dostižu spolnu zrelost, što učenici povezuju sa sazrijevanjem spolnih stanica. Međutim,

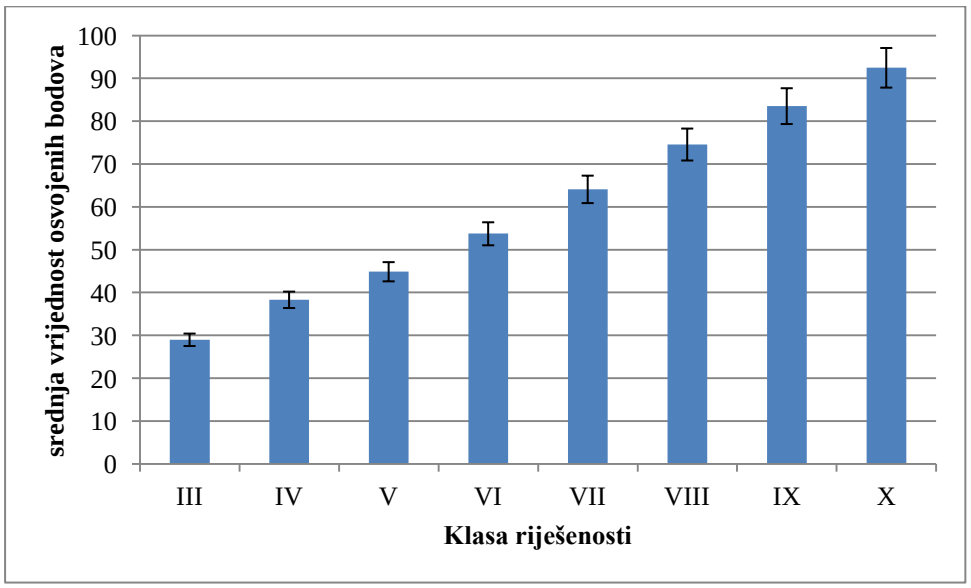
jajne stanice u jajnicima nastaju već tijekom embrionalnog razvoja, a u pubertetu sazrijevaju i izlaze iz jajnika. 10 % učenika smatra da do nastanka spolnih stanica dolazi u zreloj dobi, a 16,15 % učenika smatra da se spolne stanice stvaraju u djetinjstvu. Za rješavanje ovog pitanja bilo je dostatno reproduktivno znanje o spolnom sustavu žene, a moguć uzrok velikog broja netočnih odgovora jest i nerazlikovanje stvaranja i sazrijevanja jajnih stanica.



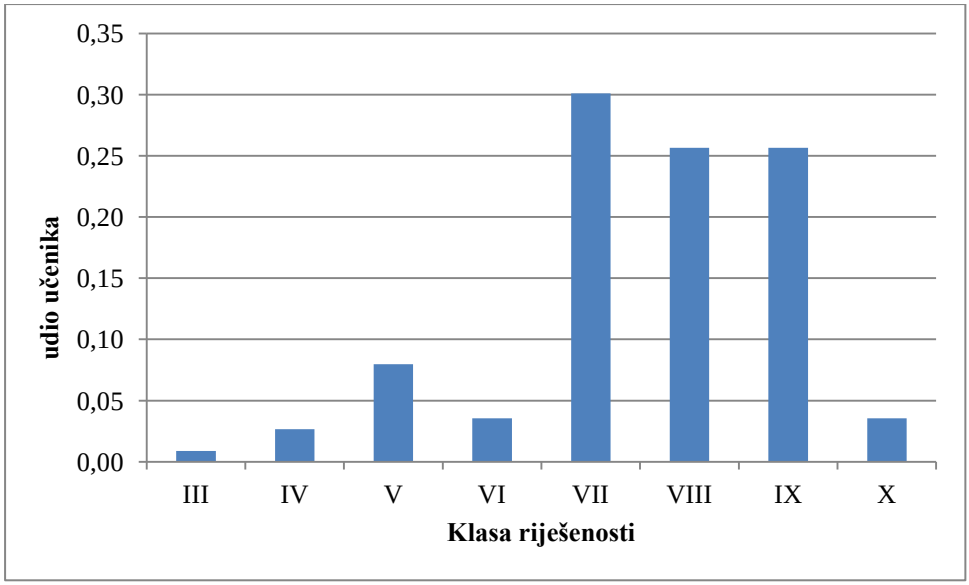
Slika 69. Odgovori učenika na pitanje 15.e.

3.2.3. Analiza odgovora učenika na osnovu klasa riješenosti

Prema ukupnom uspjehu učenika u rješavanju provjere, definirano je deset klasa riješenosti (tablica 5), a srednja riješenost provjere za svaku klasu prikazana je na slici 70. Udio ukupnog broja učenika koji su sudjelovali na natjecanju prema klasama riješenosti prikazan je na slici 71.



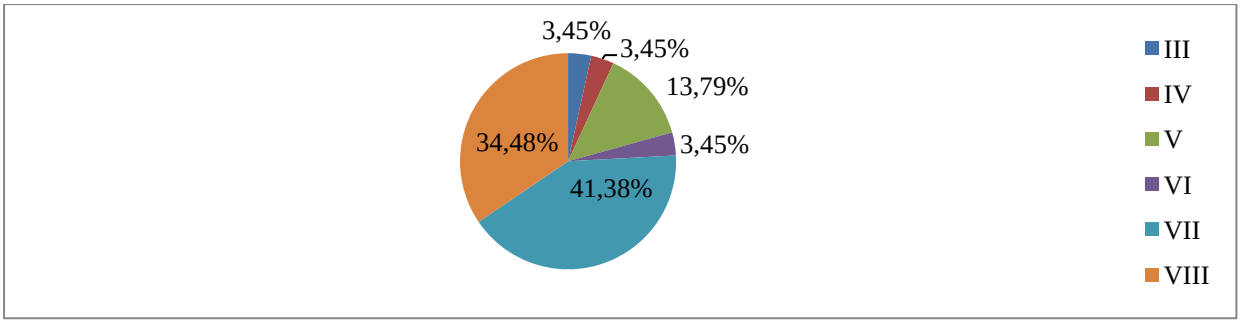
Slika 70. Srednja vrijednost osvojenih bodova prema klasama riješenosti provjere na Županijskom natjecanju 2015.



Slika 71. Udio učenika prema klasama riješenosti provjere na Županijskom natjecanju 2015. godine.

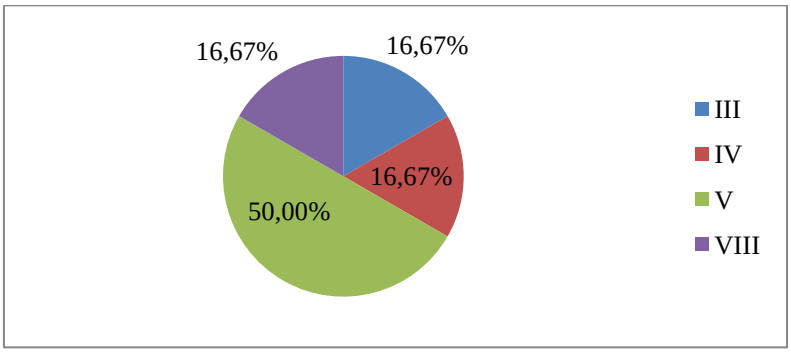
3.2.4. Pojave miskoncepcija prema klasama riješenosti provjere

Uz pitanje 5.a javlja se moguća miskoncepcija *da se mitohondrijska DNA nasljeđuje po muškoj liniji.* Tvrdnja je vezana uz poznavanje procesa oplodnje te građe stanice, čijim se razumijevanjem i primjenom znanja može provjeriti i razumijevanje koncepta nasljeđivanja na primjeru mitohondrijske DNA. Ova tvrdnja može se izraziti i kao mišljenje učenika da se tijekom oplodnje odbacuje mitohondrij iz jajne stanice, a zadržava mitohondrij iz spermija. Navedeno pogrešno razumijevanje ne javlja se podjednako kod učenika svih klasa riješenosti provjere, ali je podjednako zastupljeno u klasama VII, VIII i IX (slika 72). Zastupljenost pojave miskoncepcije u pojedinoj klasi razmjeran je udjelu sudionika natjecanja prema klasama. Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 2,96$, $df = 27$, $p = 1$). Možemo govoriti o postojanju miskoncepcije, jer se ona javlja kod gotovo svih klasa prema riješenosti provjere, a izostaje samo kod učenika klase X.



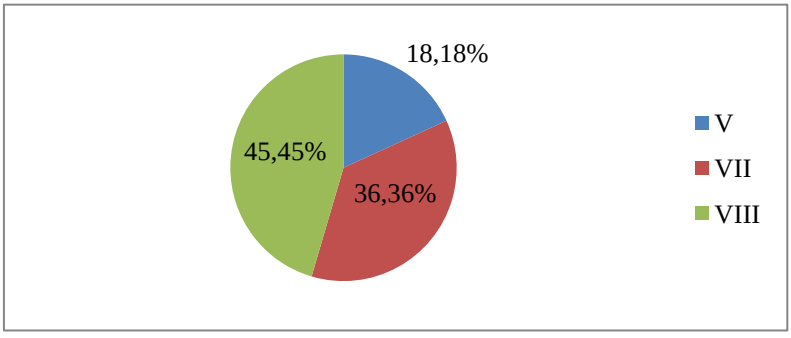
Slika 72. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija uz pitanje 5.a. prema klasama riješenosti provjere.

Uz pitanje 5.c javlja se moguća miskoncepcija *da se nasljeđivanje hemofilije odvija preko očinske linije*. Moguća miskoncepcija zastupljena je kod vrlo malog broja učenika i u najvećem omjeru pojavljuje se kod učenika koji pripadaju klasi riješenosti provjere V. U podjednakom se omjeru pojavljuje kod klasa III, IV i VIII (slika 73). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 0{,}98$, df = 6, p = 0,96). U ovom slučaju, zbog reproduktivnog karaktera pitanja u provjeri, ne možemo govoriti o miskoncepciji, nego o nedostatku znanja na reproduktivnoj razini.



Slika 73. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija uz pitanje 5.c. prema klasi riješenosti provjere.

Uz pitanje 7 javlja se moguća miskoncepcija *da se jedna jajna stanica može oploditi istovremeno sa dva spermija*. Moguća miskoncepcija se pojavljuje kod tri klase učenika prema riješenosti provjere te nije podjednako zastupljena kod tih klasa (slika 74). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 0{,}74$, df = 12, p = 0,99). S obzirom da se ne pojavljuje podjednako kod učenika svih klasa riješenosti provjere te izostaje kod učenika sa slabijim uspjehom na provjeri i onih koji su vrlo uspješno riješili provjeru, ne možemo govoriti o uvriježenoj miskoncepciji, nego o njenom sporadičnom javljanju.

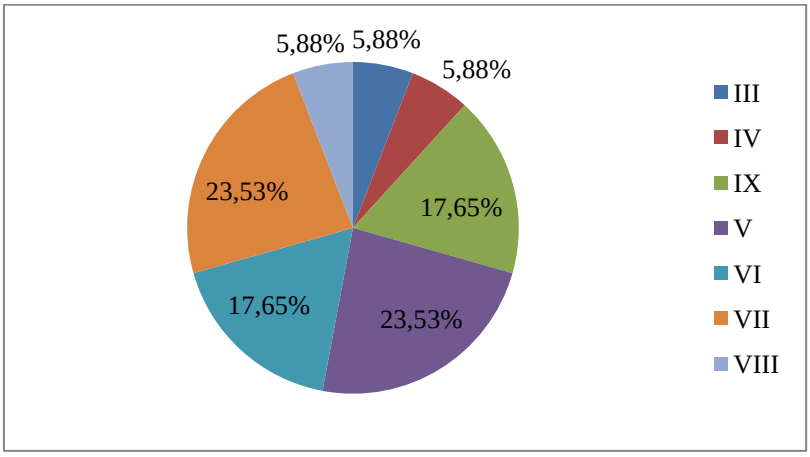


Slika 74. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija uz pitanje 7. prema klasama riješenosti provjere.

Uz pitanje 9 pojavljuje se pogrešno razmišljanje *da su svi kromosomi u stanicama tjelesni kromosomi*. Ovakvo razmišljanje zastupljeno je u podjednakom omjeru kod učenika

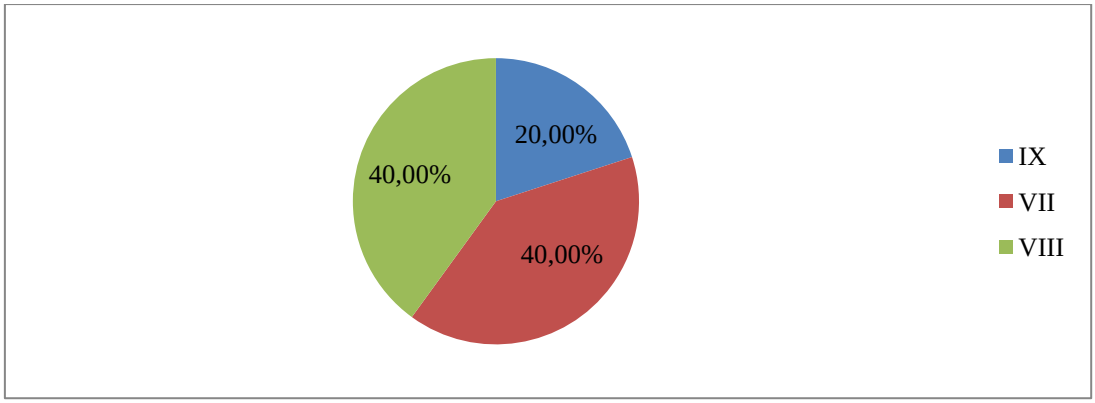
klasa riješenosti V i VI, međutim, radi se o manjem broju učenika pa se u tim slučajevima ne može govoriti o miskoncepciji, nego o neznanju.

Uz pitanje 13 javlja se moguća miskoncepcija *da se tijekom mejoze na kromosomima mogu pojaviti varijante gena koje nisu postojale na homolognom paru kromosoma s početka mejoze*. Moguća miskoncepcija pojavljuje se u omjerima koji su razmjerni udjelu broja učenika prema klasama riješenosti od ukupnog broja sudionika provjere. Moguća miskoncepcija pojavljuje se u podjednakim omjerima kroz četiri klase riješenosti provjere (slika 75). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 0,86$, df = 17, p = 0,97). U ovom slučaju možemo govoriti o postojanju miskoncepcije kod učenika koji pripadaju klasama riješenosti V, VI, VII i IX.



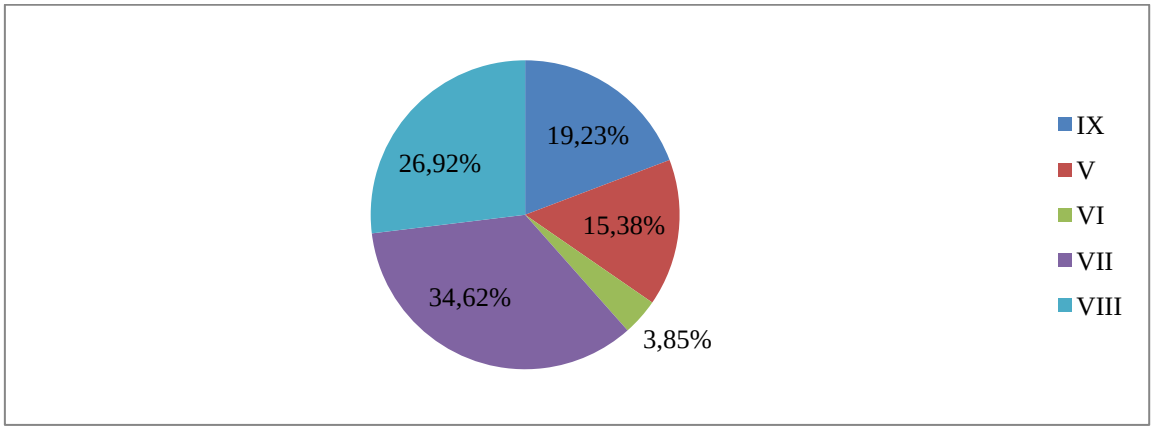
Slika 75. Udio učenika kod kojih se pojavljuje moguća miskoncepcija uz pitanje 13 prema klasama riješenosti provjere.

Uz pitanje 14.a javlja se moguća miskoncepcija *da su klonovi identički jedinki iz čije su se jajne stanice razvili, bez obzira na zamjenu genetičkog materijala (jezgre) stanice*. Miskoncepcija se javlja podjednako kod dvije klase riješenosti provjere (slika 76). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 0,09$, df = 5, p = 0,99). Zbog malog broja učenika kod kojih se javlja ovakvo pogrešno razmišljanje, ne može se tvrditi da je riječ o miskoncepciji, nego se radi o neznanju.



Slika 76. Udio učenika kod kojih se javlja moguća miskoncepcija uz pitanje 14.a prema klasama riješenosti provjere.

Uz pitanje 15.e javlja se moguća miskoncepcija *da jajne stanice nastaju u pubertetu*. Miskoncepcija se javlja u podjednakim omjerima kroz četiri klase riješenosti provjere (slika 77). Nije utvrđena statistički značajna razlika u pojavi miskoncepcije prema različitim klasama riješenosti ($\chi 2 = 0{,}96$, $df = 26$, $p = 0{,}97$). U ovom slučaju može se govoriti o pojavi miskoncepcije koja se javlja kod učenika u klasama riješenosti provjere V, VII, VIII i IX.



Slika 77. Udio učenika kod kojih se javlja moguća miskoncepcija uz pitanje 15.e prema klasama riješenosti provjere.

3.2.5. Analiza kognitivne vrijednosti pitanja

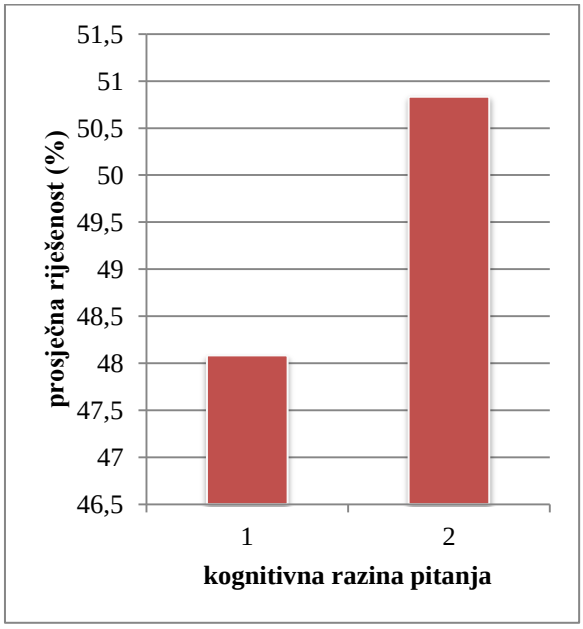
Pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* procijenjena su prema kognitivnoj razini znanja potrebnoj za rješavanje zadatka prema skali u tablici 6, te se prema riješenosti ispita odredio indeks lakoće za svako pitanje (tablica 25).

Tablica 25. Procjena kognitivne ratine i indeksa lakoće pitanja na Županijskom natjecanju 2015. godine.

pitanje	kognitivna razina	riješenost (%)	indeks lakoće (p)
3	2	57,52	0,5752
4	1	88,50	0,8850
5a	2	64,60	0,6460
5b	2	61,95	0,6195
5c	2	82,30	0,8230
7	2	29,20	0,2920
8	2	41,59	0,4159
9	1	28,32	0,2832
13	2	11,50	0,1150
14	2	58,00	0,5800
15	1	27,43	0,2743

Prema indeksu lakoće, 45,45 % pitanja smatra se laganim zadatkom, dok je teških zadataka 27,27 %. Jedno pitanje ili 9,09 % smatra se vrlo teškim zadatkom.

Mjera povezanosti kognitivne razine pitanja i uspješnosti u rješavanju provjere određena je vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacije. U interpretaciji rezultata korištena je skala prema Hopkinsu (tablica 7). Nije utvrđena statistički značajna korelacija kognitivne razine pitanja s uspješnosti u rješavanju pitanja ($\rho = 0{,}1291$, $p = >0{,}5$). Učenici su prosječno podjednako uspješno rješavali pitanja 1. i 2. kognitivne razine, dok na provjeri nije bilo pitanja 3. kognitivne razine (slika 78).



Slika 78. Prosječna riješenost pitanja na Županijskom natjecanju 2015. prema kognitivnoj razini.

3.2.6. Analiza vrjednovanja provjere

Pearsonovim koeficijentom korelacije određena je međusobna povezanost vrjednovanja učeničkih odgovora na županijskom natjecanju između županijskog i državnog povjerenstva. Za interpretaciju rezultata korištena je skala prema Hopkinsu (tablica 7).

Određena je savršena korelacija u vrjednovanju provjere (r = 0,996), što znači da se procjena točnosti odgovora i vrjednovanje istih gotovo u potpunosti podudara kod nastavnika u županijskim povjerenstvima te nastavnicima u državnom povjerenstvu.

Kod pitanja višestrukog izbora nisu utvrđene razlike u vrjednovanju odgovora učenika, jer su odgovori strogo određeni te je njihovo vrjednovanje jasno propisano. Kod pitanja otvorenog tipa, određen je Pearsonov koeficijent korelacije za vrjednovanje učeničkih odgovora. Postojala su malobrojna neslaganja u vrjednovanju pitanja 13.b i 14.b. Za pitanje 13.b određena je gotovo savršena korelacija u vrjednovanju provjere (r = 0,962), kao i za pitanje 14.b (r = 0,906). Mala odstupanja u vrjednovanju provjere nastala su zbog drugačijeg tumačenja učeničkih odgovora, kada je državno povjerenstvo uglavnom smanjivalo broj dodijeljenih bodova zbog neprecizno izraženog odgovora na pitanje.

3.3. Analiza ekspertnih konceptualnih mapa

U nastavi biologije u osnovnim školama u Republici Hrvatskoj, koriste se udžbenici uz koje su predložene konceptualne mape koje popunjavaju učenici, a služe za konstrukciju znanja, te kao priprema za ispit. U izradi ovog rada analizirane su konceptualne mape uz udžbenike biologije za 7. i 8. razred uz koncepte makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma*.

Analizirane su konceptualne mape koje uključuju koncepte unutar makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma*, a prilozi su udžbenicima Biologija 7 (Begić, Madaj Prpić, Novoselić, 2014) i Biologija 8 (Bastić, Begić, Novoselić, Popović, 2014). Konceptualne mape uz udžbenik trebali bi koristiti nastavnici pri poučavanju te učenici kao pomagalo za učenje i razvoj konceptualnog razumijevanja. Mape su osmišljene tako da se u predlošku nalaze neki od ključnih koncepata (ključnih pojmova za koncept) te su upisane poveznice između svih koncepata (pojmova), a učenici prema poveznicama i tumačenjem značenja boja korištenih u mapi trebaju upisati preostale ključne pojmove u prazne okvire.

Konceptualna mapa Od najjednostavnijeg oblika života do stanice

Konceptualna mapa uz temu Od najjednostavnijeg oblika života do stanice (prilog 1) povezuje makrokoncepte *Organiziranost živoga svijeta, Razmnožavanje i razvoj organizama, Tvari i energija u životnim procesima, Ravnoteža i međuovisnosti u živome svijetu*. Navedeni makrokoncepti u konceptualnoj mapi smješteni su odvojeno te označeni različitim bojama. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizama* zastupljen je ključnim konceptima životni ciklus stanice, molekularna osnova nasljeđivanja te oblici razmnožavanja.

Hijerarhijski najviši, temeljni koncept jest stanica, što je vizualno lako uočiti zbog dobre grafičke organizacije mape. Izdvojeni koncepti i ključni pojmovi na različitim su razinama hijerarhije, što je u mapi naglašeno po oblikovanju i sjenčanju tekstualnih okvira.

Poveznice između koncepata sažete su, jasne i odražavaju važne veze između koncepata. Poveznice su napisane tako da učenici koji imaju znanje na razini razumijevanja i primjene mogu lako zaključiti koji koncept je potrebno upisati na prazno mjesto u mapi, tako da se od dva povezana koncepta i njihove poveznice može tvoriti smislena, točna izjava. Kod nekih dijelova mape za rješavanje dostatno je znanje nastavnog sadržaja na reproduktivnoj razini.

Između različitih segmenata u mapi koji odgovaraju makrokonceptima u biologiji postoje poveznice, međutim u organizaciji mape teže ih je uočiti nego poveznice unutar jednog makrokoncepta. Ključni koncepti životni ciklus stanice i oblici razmnožavanja povezani su s konceptom ustrojstvo živih bića i raznolikost, svaki s po jednom poveznicom.

Upisivanjem odgovarajućih pojmova u predviđene okvire u predlošku mape, učenici mogu iskoristiti znanje koje imaju na reproduktivnoj razini te pomoću mape kao pomagala za učenje, organizirati isto znanje te izgraditi konceptualno razumijevanje. Izgradnja konceptualnog razumijevanja olakšana je time što su koncepti na mapi i njihove međusobne poveznice organizirane tako da učenici, prateći usmjerenost poveznica između koncepata, mogu postupno pročitati skup izjava koje tvore smislenu tematsku cjelinu te se međusobno nadopunjuju u objašnjavanju početnog koncepta.

Kod rješavanja mape, kod učenika se mogu provjeriti neka od obrazovnih postignuća iz Nacionalnog plana i programa za osnovne škole (MZOŠ, 2006), posebno ona koja su važna za izgradnju ključnih bioloških koncepata kao što je usporedba broja kromosoma u stanicama koje nastaju mitozom i mejozom. Provjerava se znaju li učenici razlikovati mitozu

i mejozu, a također se provjeravaju ishodi vezani uz nastavne teme predmeta Priroda u 5. razredu, kad se od učenika očekuje da razlikuju različite uloge diobe stanica kod jednostaničnih i mnogostaničnih organizama.

Konceptualna mapa Razvoj kralježnjaka

Konceptualna mapa (prilog 2) povezuje makrokoncepte *Organiziranost živoga svijeta, Razmnožavanje i razvoj organizama, Tvari i energija u životnim procesima,* koji su mapi vizualno odijeljeni rasporedom pojmova te upotrebom različitih boja. Iz makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizama* izdvaja se ključni koncept oblika razmnožavanja.

Hijerarhijski temeljni koncept (pojam) jest kralježnjaci, što je lako uočljivo po smještaju pojma u centar mape. S temeljnim konceptom razmnožavanje je povezano preko koncepta spolno razmnožavanje, a zatim se grana na pojmove unutarnja i vanjska oplodnja. Ne postoje druge poveznice koncepta razmnožavanja s ostalim konceptima prikazanima u mapi. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizama* najmanje je zastupljen koncept u ovoj konceptualnoj mapi.

Poveznice između koncepata jasne su, sažete i dobro prikazuju odnose između izabranih pojmova. Upotreba boja u mapi olakšava učenicima praćenje sadržaja u mapi i organizaciju znanja te razvijanje konceptualnog razumijevanja, što bi u suprotnom vjerojatno izostalo zbog opsežnosti mape i količine poveznica.

Koncepti vezani uz razmnožavanje u mapi nisu razrađeni na način da bi za njihovo rješavanje bilo potrebno znanje na razini primjene i konceptualnog razumijevanja, nego je dostatno reproduktivno znanje, što je utjecano naglascima Nastavnog programa biologije u 7. razredu osnovne škole. Kod ispunjavanja mape ne možemo provjeriti učeničko razumijevanje međusobnih odnosa prednosti i nedostataka unutarnje i vanjske oplodnje niti njihovu povezanost s životnim uvjetima u kojima odgovarajuće skupine životinja žive, što su važnija obrazovna postignuća u 7. razredu.

Konceptualna mapa Razvoj biljaka

Mapa u prilogu 3 uključuje makrokoncepte *Organiziranost živoga svijeta, Razmnožavanje i razvoj organizama, Tvari i energija u životnim procesima, Ravnoteža i međuovisnosti u živome svijetu*. Makrokoncepti su međusobno vizualno odijeljeni

rasporedom pojmova u mapi i upotrebom različitih boja. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizama* zastupljen je kroz ključne koncepte oblici razmnožavanja i opstanak vrsta.

U mapi se kao temeljni koncept izdvaja pojam kopnene biljke, koji se grananjem povezuje s uključenim makrokonceptima. Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizama* povezan je s temeljnim konceptom preko pojmova mahovine, papratnjače i sjemenjače, a postoje i poveznice s konceptima uz životne uvjete. Koncept razmnožavanja dobro je zastupljen u ovoj konceptualnoj mapi.

Poveznice između elemenata u mapi jasne su i sažete te pridonose razumijevanju međuodnosa izabranih koncepata. Poveznice se mogu lako pratiti te njihovim čitanjem učenik može, uz nadopunjavanje praznina u okvirima za koncepte, stvoriti smislenu tematsku cjelinu izjava koje se međusobno nadopunjuju u obrazlaganju koncepta koji ih međusobno povezuje kao koncept više razine u hijerarhiji pojmova.

Za rješavanje dijelova konceptualne mape vezanih uz razmnožavanje, kod učenika je u većem dijelu dovoljno konceptualno znanje koje se rješavanjem mape može organizirati i izgraditi znanje na razini primjene i konceptualnog razumijevanja. Rješavanjem konceptualne mape kod učenika se može provjeriti ispunjenje nekoliko obrazovnih postignuća za biologiju u 7. razredu, kao što je opisivanje načina razmnožavanja mahovina i paprati, ali i ishode koji se spominju u Ispitnom katalogu državne mature (NCVVO, 2016), gdje učenici trebaju povezati načine razmnožavanja sa životnim uvjetima određenih skupina biljaka.

Konceptualna mapa Srodnost, raznolikost i nasljeđivanje

Konceptualna mapa (prilog 4) gotovo isključivo prikazuje makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizama* uz mali broj poveznica i koncepata vezanih uz *Organiziranost živoga svijeta*. Ključni koncepti unutar makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizama* u mapi su odijeljeni rasporednom pojmova i upotrebom različitih boja.

Kao temeljni koncept izdvaja se DNA, koji se povezuje s ključnim konceptima molekularne osnove nasljeđivanja te oblika razmnožavanja. U mapu je uključen i ključni koncept ljudske reprodukcije, s obzirom da se nastavni sadržaji biologije u osmom razredu bave proučavanjem čovjeka.

Poveznice između pojmova i koncepata jasne su, sažete i dobro opisuju međusobne veze između pojmova. Njihovim se čitanjem, kao i kod prethodnih mapi, može složiti

tematski smislena cjelina izjava koje se međusobno nadopunjuju. Za manji dio mape dovoljno je znanje učenika na reproduktivnoj razini, ali uglavnom je potrebna razina razumijevanja. Učenici koji nemaju dostatno znanje na razini razumijevanja mapu bi mogli uspješno riješiti pomoću udžbenika.

Rješavanjem mape kod učenika se može provjeriti velik broj obrazovnih postignuća predviđenih za osmi razred: opisati gene kao nositelje nasljednih osobina; razlikovati spolno od nespolnog razmnožavanja, istaknuti da pri spolnom razmnožavanju sudjeluju oba roditelja - žena/ženka i muškarac/mužjak, odnosno ženska jajna stanica i muška spolna stanica - spermij te da su potomci raznoliki, obrazložiti važnost genske raznolikosti za opstanak života, opisati kako muške spolne stanice (spolni kromosomi X i Y) određuju spol, navesti što je genom, obrazložiti da se genom sastoji od DNA molekula, imenovati DNA i RNA kao nasljednu tvar, istaknuti da DNA sadržava gene koji su nositelji nasljednih svojstava, objasniti što su mutacije (promjene), istaknuti važnost mutacija koje se prenose na potomstvo i glavni su pokretač prilagodbe živih organizama; obrazložiti da mutacije mogu nositi upute za razvoj bolesti koje su tada nasljedne (MZOŠ, 2006).

Konceptualna mapa Sastav tijela, razmnožavanje i razvitak

Konceptualna mapa (prilog 5) vezana je gotovo isključivo uz izgradnju makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizama* te posebno ključnog koncepta ljudska reprodukcija. Mapa uključuje koncepte iz makrokoncepta ustrojstvo živih bića te ravnoteža. Mapa je organizacijom pojmova i upotrebom boje podijeljena na nekoliko segmenata. Ne izdvaja se temeljni koncept koji je hijerarhijski na višoj razini od ostalih.

Poveznice u mapi su jasne, sažete i smisleno povezuju koncepte. Usmjerenost poveznica olakšava čitanje mape. Za rješavanje mape u velikom omjeru je dostatno znanje na reproduktivnoj razini koje se tijekom učenja pomoću konceptualne mape može razviti u znanje na razini primjene i konceptualnog razumijevanja.

Predložak konceptualne mape može se iskoristiti za provjeravanje očekivanih obrazovnih postignuća za osmi razred, kao što su: povezati građu i ulogu spolnih organa; istaknuti važnost poznavanja menstruacijskog ciklusa; opisati pojavu menstruacije kao znak spolne zrelosti organizma i mogućnosti oplodnje, povezati menstruacijski ciklus s plodnim i neplodnim danima, navesti osnovne načine kontracepcije i obrazložiti ulogu kontracepcije,

opisati razvoj ploda prije rođenja, razlikovati pojmove trudnoća i porođaj, opisati ulogu posteljice i pupčane vrpce, razlikovati pojmove zametak i plod (MZOŠ, 2006).

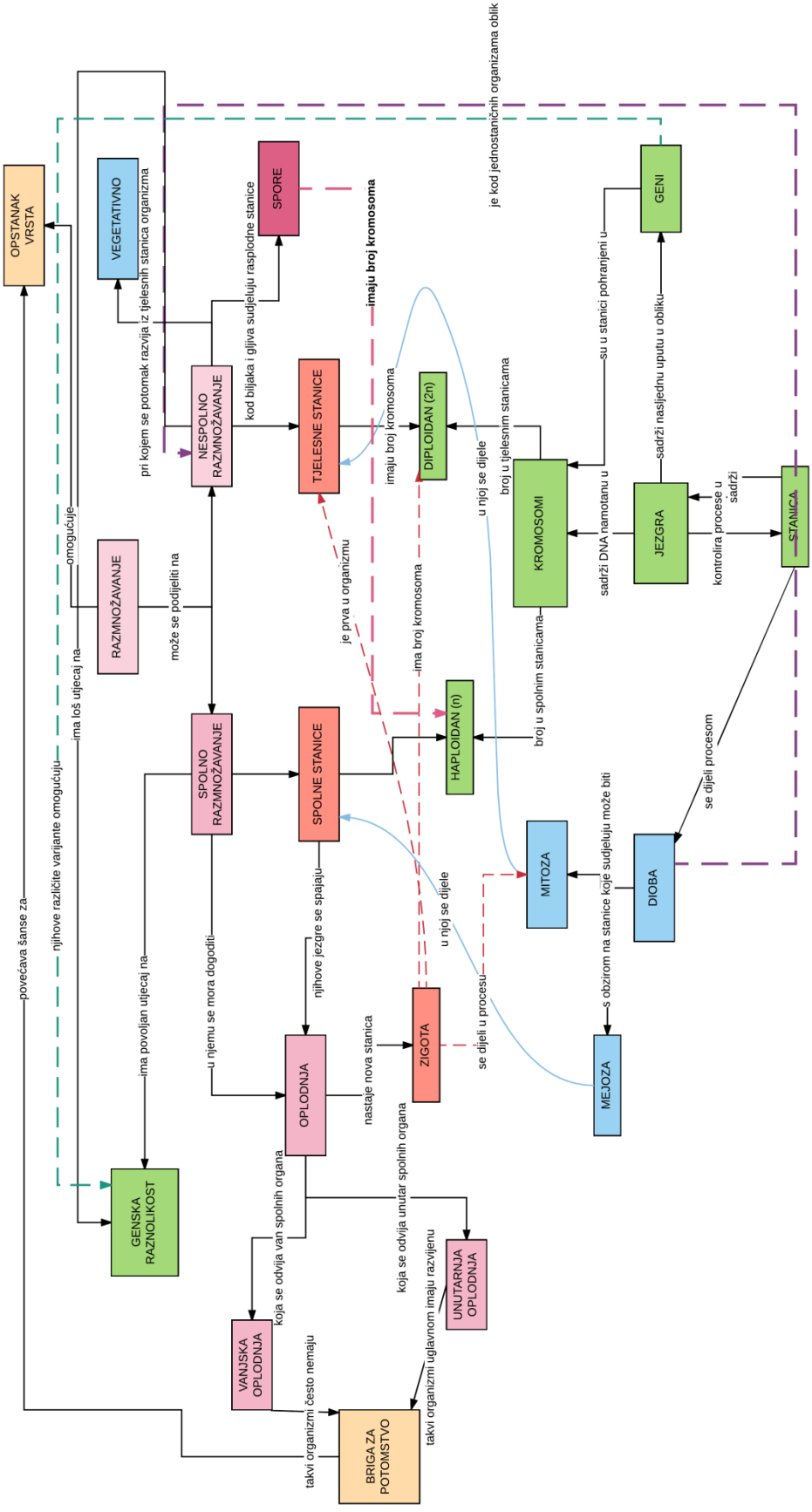
Pojmovi uz koncept razmnožavanje slabo su u mapi povezani s ostalim makrokonceptima; postoji jedna poveznica i to između koncepata organi i spolni organi, dok ostali dijelovi mape nisu povezani. Jedan od razloga takvog opredjeljenja pri izradi ove konceptualne mape je i njeno ograničenje zadanim formatom kao i velik broj pojmova neophodnih za izgradnju ovih koncepata bitnih ne samo za biologiju, već i za život.

Prijedlog konceptualnih mapa uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*

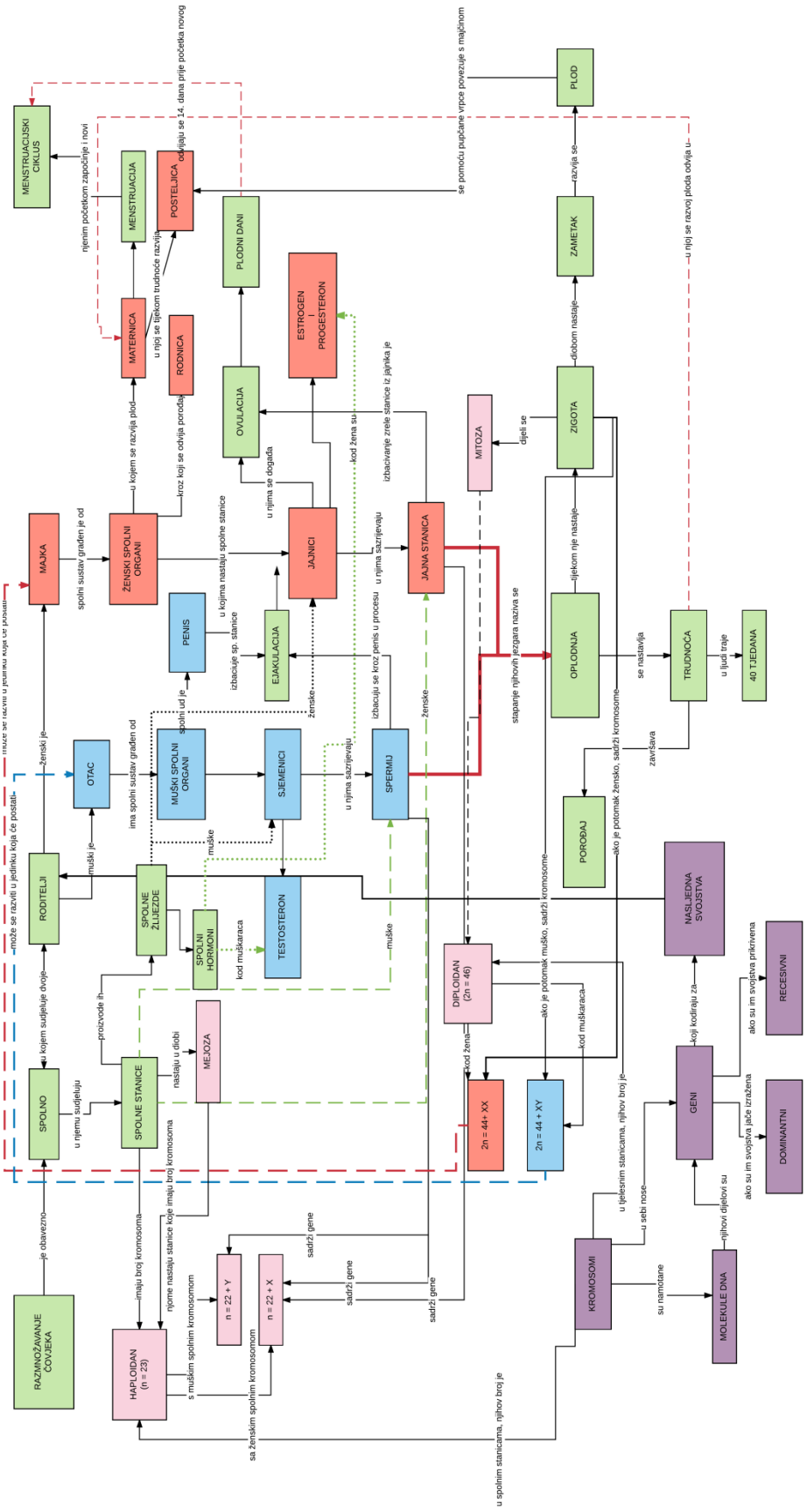
U svrhu izgradnje konceptualnog razumijevanja nastavnih sadržaja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma*, predlaže se izrada osnovne konceptualne mape koja povezuje temeljne koncepte u sklopu navedenog makrokoncepta, a koje učenici trebaju usvojiti u sedmom razredu (slika 79), odnosno izrada konceptualne mape uz koncept razmnožavanje čovjeka za učenika osmog razreda (slika 80).

Kod konceptualne mape za 7. razred prikazani su samo poopćeni, temeljni koncepti, a mapa se može dopuniti te konceptualno razumijevanje još detaljnije izgraditi izradom mape u koju bi se uključili razrađeni koncepti spolnog i nespolnog razmnožavanja u carstvuima životinja, gljiva i biljaka. U takvu mapu trebalo bi uvrstiti i značaj razmnožavanja za rasprostranjivanje vrsta, osobito u vezi razvoja ploda, a važno je i naglasiti razliku između procesa oprašivanja i oplodnje.

U konceptualnoj mapi za osmi razred uz koncept razmnožavanja čovjeka konceptualno razumijevanje dodatno se može nadograditi razradom spolnog sustava žena i muškaraca, jer oni u osnovnoj mapi nisu detaljno objašnjeni. Također se trebaju razraditi razdoblja u razvoju čovjeka od rođenja do smrti te ih povezati s odgovarajućim procesima uz razmnožavanje čovjeka.



Slika 79. Osnovna konceptualna mapa za 7. razred uz makrokoncept Razmnožavanje i razvoj organizma.



Slika 80. Osnovna konceptualna mapa za 8. razred uz koncept razmnožavanje čovjeka.

4. RASPRAVA

Pri analizi odgovora učenika na izdvojena pitanja vezana uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* subjektivnom je procjenom uočeno da se velik broj odgovora učenika iz istih škola, a potom iz istih županija, podudara. Većinu izdvojenih pitanja učenici su rješavali primjenom znanja, a manji udio pitanja reprodukcijom znanja. Uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* nije postojao niti jedan zadatak treće kognitivne razine. Svako izdvojeno pitanje provjeravalo je jedan koncept, odnosno makrokoncept kod složenijih pitanja, što je u skladu s preporukama za autore pitanja za natjecanje (Radanović i sur., 2013). Zastupljenost ključnih koncepata unutar makrokoncepta razmnožavanje na županijskom natjecanju odgovara zastupljenosti istih koncepata u nastavnom sadržaju, te su pitanja usklađena za provjeru ishoda predviđenih Nacionalnim planom i programom za osnovnu školu (MZOŠ, 2006), a s obzirom da su to bitni ishodi za poznavanje biološke osnove, slični ishodi istaknuti su i u ispitnom katalogu državne mature (Radanović i sur., 2015).

Analizom svakog učeničkog odgovora na pojedino pitanje bilo je moguće utvrditi biološko značenje odgovora te izdvojiti pogrešne odgovore koji se učestalo ponavljaju ili imaju isto značenje u razumijevanju ispitivanog koncepta. Odgovori na pitanja dali su uvid u pogrešna razmišljanja koja se često javljaju kod izvrsnih učenika koji sudjeluju na županijskom natjecanju iz biologije.

Na stručnim vijećima nastavnika biologije, nastavnici su izdvojili očekivane miskoncepcije s kojima se kod učenika susreću na kraju osnovnoškolskog obrazovanja (Lukša i sur., 2013). Pri tom su nastavnici izdvojili sljedeće miskoncepcije: “ne razlikuju mitozu i mejozu”; “ne razlikuju broj kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama”; “ne povezuju mitozu i mejozu s tjelesnim i spolnim stanicama”, što će se koristiti kao osnova za usporedbu s rezultatima ovog istraživanja.

Pitanja u županijskom natjecanju iz biologije za sedmi razred 2015. i 2017. godine većim su udjelom provjeravala ključni koncept životnog ciklusa stanice, te su se prema odgovorima učenika izdvojila pogrešna razmišljanja koja odgovaraju navedenim očekivanim miskoncepcijama. Međutim, uzevši u obzir uspjeh učenika i razinu razumijevanja koncepta, ne može se govoriti o pojavi miskoncepcije “ne razlikuju mitozu i mejozu”, jer takva izjava nije dovoljno precizna u definiranju miskoncepcije, a prema rezultatima učenika utvrđeno je da se radi o neznanju učenika slabijeg uspjeha. Kod očekivane miskoncepcije “ne razlikuju

broj kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama", na uzorku učenika sudionika natjecanja 2017. godine utvrđena je izrečena očekivana miskoncepcija na primjeru tjelesnih i spolnih stanica pčela. Kod učenika s natjecanja 2015. godine isti se koncept ispitivao kroz drugi tip zadatka te nije određeno postojanje miskoncepcije, nego nedostatak znanja na 1. i 2. kognitivnoj razini. Velik broj učenika koji je na spomenuto pitanje odgovorilo netočno pripada u VII. klasu riješenosti provjere, što odgovara rezultatima Garašić (2012), prema kojima je prosječna usvojenost bioloških znanja učenika u Hrvatskoj ispod 50 %, s time da je najveća prosječna usvojenost sadržaja na 1. kognitivnoj razini, a opada prema 3. kognitivnoj razini. Očekivana miskoncepcija "ne povezuju mitozu i mejozu s tjelesnim i spolnim stanicama" nije utvrđena na uzorku učenika u ovom istraživanju. Povezani koncept ispitivan je kroz jednu tvrdnju u zadatku alternativnog izbora gdje je čak 90 % učenika odgovorilo točno.

Ukupno, možemo govoriti o slaganju dobivenih rezultata s ranijim istraživanjima, u kojim se najviše problema uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* odnosi upravo na životni ciklus stanice (Lukša i sur., 2016), a ponajviše na proces mejoze, konkretno važnost promjene broja kromosoma u stanici kroz mejozu. S obzirom da se stanične diobe ponavljaju kroz nastavni sadržaj biologije u osnovnoj i srednjoj školi, a učenici i na kraju srednjoškolskog obrazovanja imaju jednake probleme u razumijevanju životnog ciklusa stanice kao i učenici u osnovnim školama, uzroke možemo potražiti u tradicionalnom načinu poučavanja staničnih dioba koji često uključuje predetaljne opise procesa (Lukša, 2011; Lukša i sur., 2016). Isti problem javlja se i u slučajevima kada nastavnici inzistiraju na nazivlju pojedinih faza mitoze i mejoze bez razumijevanja događaja tijekom samih procesa, koji su učenicima apstraktni (Radanović i sur, 2017 a). Kao što ističe Garašić (2012), kod nekih pitanja koja ispituju uloge staničnih dioba lako je moguće da netočan odgovor nije rezultat nerazumijevanja, već zamjene naziva staničnih dioba, koje učenici često nazivom miješaju i lako zaboravljaju. Zbog toga, nastava biologije trebala bi se mijenjati tako da se poučavanje i provjeravanje postignuća ne temelji na nazivlju kojim ne možemo provjeriti znanje na razini razumijevanja, kao što je bio slučaj u dijelovima pitanja 22 (2015. godine, 7. razred), te pitanja 13 i 15 (2017. godine, 7. razred), gdje se točnost odgovora oslanja na prisjećanje naziva određene vrste stanične diobe.

Kod dijela učenika 8. razreda koji su bili sudionici natjecanja 2015. godine uočeno je pogrešno mišljenje da su svi kromosomi u tjelesnim stanicama tjelesni kromosomi, koje se prema istraživanju Garašić (2012) ponovno javlja u uzrastu učenika 3. i 4. razreda gimnazije.

U spomenutom se istraživanju ovo pogrešno razmišljanje nadopunjuje odgovorima učenika prema kojima u spolnim stanicama možemo pronaći samo spolne kromosome. U istom se istraživanju kod učenika 4. razreda gimnazije javljaju problemi pri povezivanju broja molekula DNA u tjelesnim i spolnim stanicama čovjeka, a koji se pojavljuju i kod učenika osmog razreda 2015. godine. S obzirom da se spomenuti koncepti spominju više puta kroz nastavu biologije u osnovnoj i srednjoj školi kao sastavni dio nastavnih sadržaja biologije za sedmi i osmi razred, te za prvi i četvrti razred gimnazije, valjalo bi provjeriti njihovo razumijevanje kod iste generacije učenika više puta tijekom školovanja. Nerazumijevanje veze kromosoma, kromatida, molekule DNA i gena česta je miskoncepcija kod učenika svih uzrasta (Berthelsen, 1999), a loši rezultati kod učenika hrvatskih škola potvrđuju se i istraživanju Lukše i sur. (2016).

Većina učenika sudionika županijskog natjecanja za osmi razred pokazuje dobro poznavanje broja kromosoma u stanicama nakon mitoze i mejoze. U nacionalnim ispitima provedenima 2008. godine, samo je petina učenika ponudila točne odgovore na više pitanja koja su provjeravala taj koncept (Radanović i sur., 2010). S obzirom da su se u izradi ovog rada analizirali odgovori 20% najuspješnijih učenika na Županijskom natjecanju, a isti su učenici u većem dijelu pokazali razumijevanje promjene broja kromosoma kroz stanični ciklus, može se govoriti da se rezultati slažu i ne postoji velika razlika u razumijevanju broja i strukture kromosoma u stanici kroz generacije.

Dio učenika osmog razreda koji su sudjelovali na Županijskom natjecanju 2015. godine pokazuje loše razumijevanje procesa oplodnje, što se provjeravalo kroz nekoliko pitanja na provjeri. U dosadašnjim istraživanjima nisu izdvojena pitanja koja bi se vezala uz koncept oplodnje te stoga nisu uočeni problemi u razumijevanju, ali s obzirom da se radi o odgovorima učenika u 20% najuspješnijih na Županijskom natjecanju, valjalo bi provjeriti kakvo je razumijevanje oplodnje kod čitave generacije učenika osmog razreda.

Na Županijskom natjecanju za sedmi razred 2015. godine pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* bila su različitih tipova – dva zadatka višestrukog izbora, te po jedan zadatak navođenja iz crteža i zadatak redanja. Na Županijskom natjecanju 2017. sva su pitanja vezana uz koncept razmnožavanje bila zadaci alternativnog izbora s po pet konceptualno povezanih tvrdnji. Učenici na natjecanju 2015. godine bili su uspješniji pri rješavanju pitanja višestrukog izbora, iako ponuđeni distraktori nisu bili međusobno konceptualno povezani. Kod zadataka alternativnog izbora, pojedinačne tvrdnje u zadatku

uglavnom su vrlo uspješno rješavane, međutim ukupna riješenost zadatka odstupa od tih rezultata, prema čemu se može zaključiti da određen udio točnih odgovora na pojedinu tvrdnju proizlazi iz pogađanja odgovora te da učenici slabo povezuju tvrdnje unutar istog pitanja kako bi logički došli do točnog odgovora.

Makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* na županijskim natjecanjima u najvećem je udjelu zastupljen pitanjima 2. kognitivne razine, odnosno razinu primjene i konceptualnog razumijevanja. Uspješno rješavanje tih pitanja cilj je koji se želi ostvariti kod što većeg broja učenika biologije. Pri rješavanju složenih zadataka, učenici uglavnom pokazuju djelomično konceptualno razumijevanje. Uzrok tome može se potražiti u načinu učenja i poučavanja biologije koji još uvijek vlada hrvatskim školama, a koji zahtijeva veliku količinu reproduktivnog znanja koje se tek djelomično sustavno izgrađuje i usložnjava na višu kognitivnu razinu. Učenici nisu navikli da se od njih traži primjena znanja, već ih se obično provjerava zadacima prve kognitivne razine gdje često mogu dati odgovor na temelju prepoznavanja ili memoriranja činjenica. Na županijskim natjecanjima, međutim, preporučen je omjer zadataka otprilike 2/3 zadataka 2. kognitivne razine i otprilike 1/3 zadataka 3. kognitivne razine (Radanović i sur., 2013). U sve tri provjere najbolje su rješavani zadaci 1. kognitivne razine, bez obzira na težinu, dok riješenost zadataka pada kod zadataka više kognitivne razine (Begić i sur., 2016, Lugar i sur., 2016). U ovom radu pokazalo se da na županijskom natjecanju ipak dolaze i pitanja 1. kognitivne razine, što bi se trebalo izbjegavati, budući se radi o učenicima koji su vrlo uspješni i ostvaruju iznadprosječne rezultate u nastavi biologije. Međutim, kombinacija pitanja 1. razine koja provjerava ključne činjenice može se uključiti u zadatke viših kognitivnih razina, kao u pitanju 22 na natjecanju 2015. godine. Izdvojena pitanja sa Županijskog natjecanja iz biologije za 8. razred bila su vezana uz koncept nasljeđivanja na razini organizma i stanice te uz razmnožavanje čovjeka. Od izdvojenih pitanja, niti jedno nije bilo 3. kognitivne razine.

Nastavni programi prirode i biologije u hrvatskim školama sadržajno su orijentirani, a sadržaji su vezani uz podjelu biologije prema područjima (Lukša i sur., 2013, prema Radanović i sur., 2009). Slično se može vidjeti i u organizaciji nastave biologije u drugim zemljama, gdje se biologija uči na osnovu pamćenja činjenica bez njihova međusobnog povezivanja (Din Yan Yip, 1998). Tek se unatrag nekoliko godina može pronaći reorganizacija nastavnih sadržaja biologije prema konceptima, npr. u ispitnom katalogu državne mature, gdje se obrazovni ishodi organiziraju prema konceptima koje ispituju te se na taj način tvore konceptualne poveznice između nastavnih tema obuhvaćenih nastavnim

planom i programom za biologiju. U samom načinu učenja i poučavanja biologije, nalazimo probleme jer hrvatski nastavnici nemaju dovoljan uvid u stvarno konceptualno razumijevanje učenika (Lukša, 2011), pa ne mogu ispravno odrediti predkoncepcije i očekivane miskoncepcije, čije bi poznavanje bilo vrlo korisno u planiranju nastave.

Za razvoj konceptualnog razumijevanja bioloških sadržaja, nastava biologije trebala bi biti vođena izgradnjom koncepata što se lakše postiže upotrebom novijih nastavnih strategija u usporedbi s tradicionalnom, predavačkom nastavom. Suvremena nastava trebala bi biti konstruktivistička, gdje učenik svojom aktivnošću može izgraditi svoje znanje na dubljoj razini već u učionici. U tu svrhu, kod izgradnje konceptualnog razumijevanja predlaže se korištenje konceptualnih mapa. Konceptualne mape koristan su alat čijom se primjenom u nastavi kod učenika pospješuje retencija znanja, ali i bolji rezultati u rješavanju pitanja viših kognitivnih razina (Latin i sur., 2016). Učenici koji u nastavi koriste konceptualne mape samostalno uče, povezuju pojmove i kritički razmišljaju, što pridonosi njihovom kasnijem uspjehu pri rješavanju zadataka viših kognitivnih razina (Latin i sur., 2016; Adamov i sur., 2009, Yip, 1998). Učenici koji tijekom učenja izrađuju konceptualne mape uspješniji su u prepoznavanju veza između koncepata (Radanović i sur., 2017).

Uz neke udžbenike biologije u Hrvatskoj dostupne su konceptualne mape, odnosno njihovi predlošci koje učenik treba dopuniti prilikom učenja i tako samostalno graditi konceptualno razumijevanje nastavnih sadržaja. Te su konceptualne mape alat za učenje, ali mogu biti i alat za vrednovanje znanja, jer se kroz njihovo ispunjavanje mogu ispitati brojni obrazovni ishodi propisani Nastavnim planom i programom za osnovnu školu (MZOŠ, 2006). Osim popunjavanja predložaka konceptualnih mapa, učiteljima biologije predlaže se i poučavanje učenika izradi konceptualnih mapa, kojima se također može vrjednovati znanje učenika. Konceptualne mape u nastavi dobro su pomagalo za ostvarivanje konceptualnog razumijevanja, a mogu poslužiti i u ranom otkrivanju miskoncepcija učenika.

Zbog prethodno spomenutih problema s organizacijom nastavnih sadržaja biologije, učenici često ne uviđaju međusobne poveznice ključnih koncepata unutar koncepta razmnožavanje. Učenici ne uviđaju vezu staničnih dioba i njihovih uloga u rastu i razvitku organizma, kao i njihove različite uloge u spolnom i nespolnom obliku razmnožavanja (Lukša, 2011, Garašić, 2013, Lewis i Robinson, 2000). Postoji problem kod povezivanja staničnih diobi i nasljeđivanja, jer učenici ne povezuju kromosome i molekule DNA (Lukša, 2011, Šorgo i Šiling, 2017). Za uspješnu izgradnju temeljnih koncepata, ključni bi se

koncepti trebali međusobno povezivati, nadopunjavati i izgrađivati kroz više godina u tijeku osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja, što bi se čak i postojećoj organizaciji sadržaja biologije u nastavi moglo ostvariti primjenom modela kumulativnog učenja (Gagné, 1958). U slaganju s Garašić i sur. (2013), rezultati ovog rada ukazuju na potrebu promjene načina rada u nastavi biologije u hrvatskim školama uključivanjem strategije aktivnog učenja.

Rezultati dobiveni u ovom radu mogu pomoći pri uvidu u česte probleme u učenju i poučavanju sadržaja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* te otklanjanje miskoncepcija koje se iznova utvrđuju na uzorku učenika hrvatskih osnovnih škola. S obzirom da je istraživanje provedeno na dvije različite pismene provjere provedene u dvije generacije učenika, bilo bi dobro istražiti kakvi bi bili odgovori iste generacije učenika na pitanja iz obje provjere i tako upotpuniti rezultate ovog istraživanja. Razumijevanje koncepta razmnožavanja bilo bi dobro provjeriti kod iste generacije učenika više puta tijekom obrazovanja, s obzirom da se koncept u nastavi sustavno izgrađuje i nadopunjava, te na taj način utvrditi trajnost i otpornost na promjenu miskoncepcija utvrđenih u ovom istraživanju.

5. ZAKLJUČCI

- Učenici bolje rješavaju zadatke niže kognitivne razine te zadatke u kojima za točan odgovor nije potrebno imati konceptualno razumijevanje. Učenici bolje rješavaju zadatke više kognitivne razine akoje za dio zadatka dostatna reprodukcija znanja ili se u zadatku eliminacijom netočnih odgovora i logičnim zaključivanjem može odrediti točan odgovor, što ukazuje na to da se u nastavi kod učenika često ne traži i ne provjerava znanje na višim kognitivnim razinama, iako je znanje na razini razumijevanja važno svim učenicima, a ne samo onima najuspješnijima.
- Utvrđeno je postojanje nekoliko miskoncepcija, usko vezanih uz ključni koncept životni ciklus stanice. Najviše poteškoća učenici imaju u razumijevanju uloge mitoze i mejoze u rastu, razvoju i razmnožavanju organizma. Učenici imaju poteškoća u povezivanju temeljnog koncepta životnog ciklusa stanice s drugim temeljnim konceptima unutar makrokoncepta *Razmnožavanje i razvoj organizma.*
- Veći udio netočnih odgovora na pitanja uz makrokoncept *Razmnožavanje i razvoj organizma* proizlazi iz nedostatnog znanja, lošeg povezivanja znanja te krivog tumačenja zadatka, a ne miskoncepcija, što je povezano s problemima u učenju i poučavanju, odnosno prevladavajućem tradicionalnom obliku nastave u hrvatskim školama.
- Učenici osmog razreda pokazuju lošije razumijevanje koncepta oplodnje te povezanosti kromosoma i molekula DNA u stanici, što potvrđuje rezultate ranijih istraživanja. Loši rezultati povezani su s površnim spominjanjem navedenih koncepata tijekom učenja i poučavanja biologije, pretežito tradicionalnim oblikom nastave te ukazuju na potrebu promjene u kreiranju nastave biologije i primjene novih nastavnih strategija koje će se oslanjati na samostalni rad učenika.
- Konceptualne mape koristan su alat za poučavanje i vrjednovanje znanja, kojima se može pospješiti izgradnja koncepata i uviđanje konceptualnih poveznica, te provjeriti ispunjenost obrazovnih postignuća. Izrada konceptualne mape u nastavi biologije jedna je od metoda aktivnog uključivanja učenika u nastavu čime bi se pozitivno utjecalo na izgradnju konceptualnog razumijevanja i razvijanja znanja na višim kognitivnim razinama kod svakog učenika, što je, sudeći prema rezultatima istraživanja, nužno za učenike biologije osnovnih škola.

6. LITERATURA

1. Adamov, J., Segedinac, M., Cvjetičanin, S., Bakos, R. (2009) Concept maps as diagnostic tools in assessing the acquisition and retention of knowledge in biochemistry. Odgojne znanosti, 1, 53-71.
2. American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2010) Vision and Change: A Call to Action, Washington, DC. http://visionandchange.org/files/2010/03/VC_report.pdf preuzeto 20.4. 2017.
3. Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Bloom, B. S. (2001) A taxonomy for Learning, Teaching and Assessing a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York, NY, Longman
4. Barker, M., Carr, M. (1989) Photosynthesis: can our pupils see the wood for the trees? Journal of Biological Education: 23 (1): 41-44
5. Bastić, M., Begić, V., Novoselić, D., Popović, M. (2014) Biologija 8, udžbenik iz biologije za osmi razred osnovne škole, Alfa, Zagreb
6. Begić, V., Madaj Prpić, J., Novoselić, D. (2014) Biologija 7, udžbenik iz biologije za sedmi razred osnovne škole, Alfa, Zagreb
7. Begić, V., Bastić, M., Radanović, I. (2016) Utjecaj biološkog znanja učenika na rješavanje zadataka viših kognitivnih razina. Educ. biol., 2:13-42.
8. Berthelsen, B. (1999). Students Naïve Conceptions in Life Science. MSTA Journal, 44(1) (Spring'99), pp. 13-19. http://www.msta-mich.org
9. Bransford, J. D., Brown, A.L.,Cocking, R.R. (2000) How People Learn: Brain, Mind, Experience and School. Washington D.C.: National Academy Press: 3-23.
10. CARNet (2007) Samoprocjena i procjena znanja u e-obrazovanju. Teorija procjene znanja. https://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/spzit/pismeni/teorija/analize.html pristupljeno 8.9.2017.
11. Crooks, T.J. (1988) The Impact Of Classroom Evaluation Practices On Students, Review of Educational Research, 58 (4): 438-481
12. Din Yan Yip (1998) Children's misconceptions on reproduction and implications for teaching, Journal of Biological Education, 33:1, 21-26
13. Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., Shouse, A.W. (editors) (2007) Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: National Academy
14. Fisher, K. (1985) A Misconception in Biology: Amino Acids and Translation. Journal Of Research In Science Teaching, Vol.22, 53-62.

15. Gagne, R. M., (1985) The Conditions of Learning and Theory of Instruction. New York: CBS College Publishing.
16. Garašić, D, Radanović, I., Lukša, Ž. (2013) Usvojenost makrokoncepata biologije tijekom učenja u osnovnoj školi i gimnaziji. Metodike u suvremenom odgojno-obrazovnom sustavu, Milanović, D., Bežen, A., Domović, V. (ur.). Akademija odgojno-obrazovnih znanosti Hrvatske, Zagreb, str. 211-239.
17. Garašić, D. (2012) Primjerenost biološkog obrazovanja tijekom osnovnog i gimnazijskog školovanja: doktorska disertacija Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 348 str.
18. Garvin-Doxas, K., Klymkowsky, M., Elrod, S. (2007) Building, using, and maximizing the impact of concept inventories in the biological sciences: report on a National Science Foundation–sponsored conference on the construction of concept inventories in the biological sciences. CBE Life Sci. Educ. 6: 277–282
19. Glynn, S.M., Duit, R. (1995) Learning science meaningfully: Constructing cenceptual models. In S.M. Glynn & R. Duit (Eds.), Learning science in the schools: Research reforming practice. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 3-33
20. HBD (2015) Natjecanje iz biologije 2015. Hrvatsko biološko društvo
21. HBD (2017) Natjecanje iz biologije 2017. Hrvatsko biološko društvo
22. Hopkins, W.G. (2000) A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. http://www.sportsci.org/resource/stats/ preuzeto 15.09.2017.
23. Hrvatski jezični portal (2010.) Novi Liber, Srce, http://hjp.srce.hr/ (28.4.2017.).
24. Krathwohl, D. R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory into practice, 41, 212-218.
25. Krsnik, R. (2008) Suvremene ideje u metodici nastave fizike. Školska knjiga d.d., Zagreb.
26. Latin, K., Merdić, E., Labak, I. (2016) Usvojenost nastavnog sadržaja iz biologije primjenom konceptualnih mapa kod učenika srednje škole. Educ. biol., 2:1-9.
27. Lewis, J., Robinson, C.W. (2000) Genes, chromosomes, cell division and inheritance—do students see any relationship? Int J Sci Educ 22: 177–197
28. Lorenzo, M., Crouch, C.H., Mazur,E. (2006) Reducing the gender gap in the physics classroom. Am J Phys 74: 118–122, doi: 10.1152/advan.00061.2005. preuzeto 1.4.2017.
29. Lugar, L., Mustać, A. (2016) Uspješnost učenika osmog razreda u rješavanju pisanih zadataka iz biologije. Educ. biol., 2:49-66.

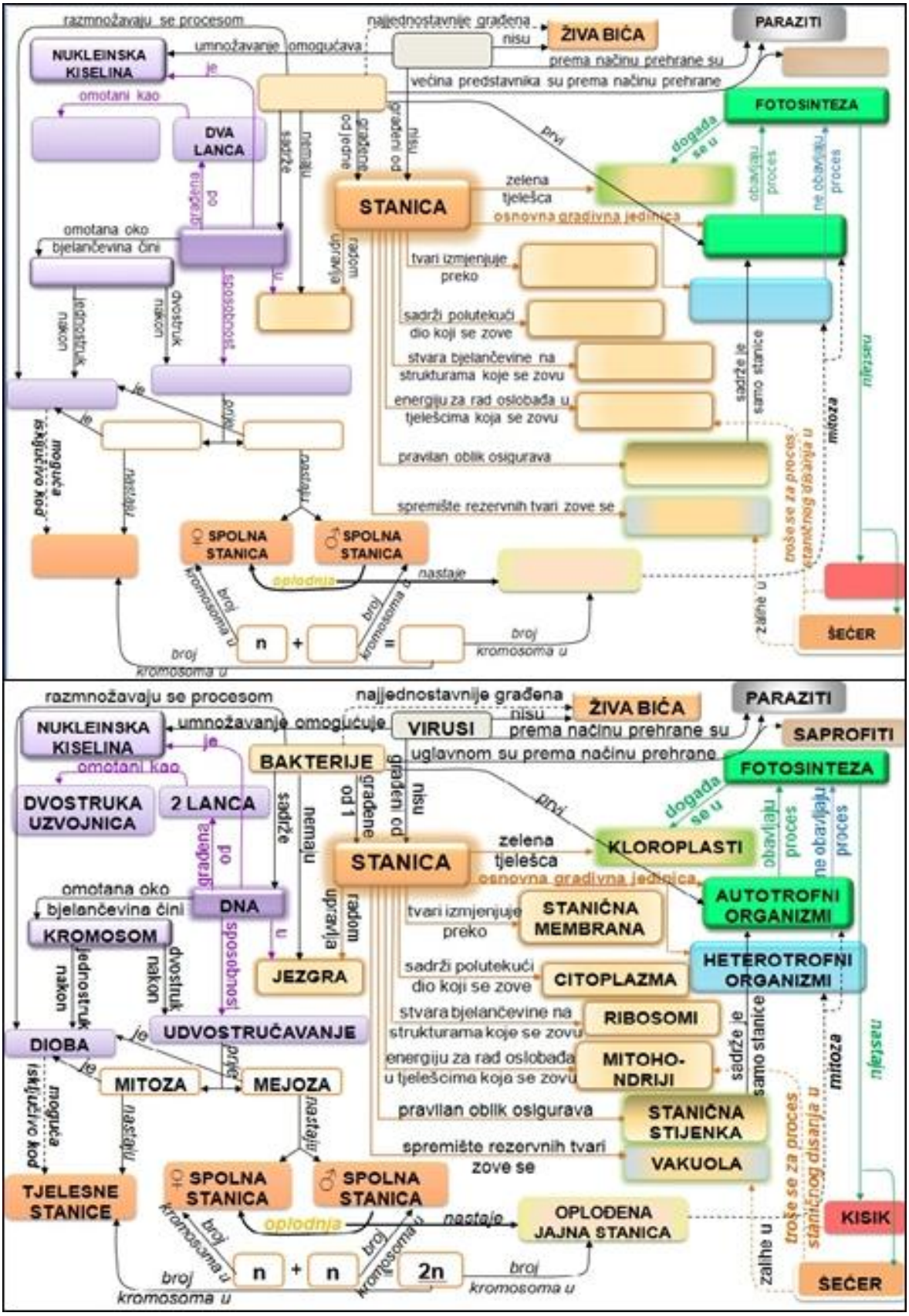
30. Lukša, Ž. (2011) Učeničko razumijevanje i usvojenost osnovnih koncepata u biologiji: doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 317. str.
31. Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013) Konceptualni pristup poučavanju uz definiranje makrokonceptualnog okvira za biologiju, Život i škola, br. 30 (2): 156-171.
32. Lukša Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013) Očekivane i stvarne miskoncepcije učenika u biologiji. Napredak: časopis za pedagogijsku teoriju i praksu. 154(4): 527-548.
33. Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D., Sertić Perić, M. (2016) Misconceptions of Primary and High School Students Related to the Biological Concept of Human Reproduction, Cell Life Cycle and Molecular Basis of Heredity. Journal of Turkish Science Education (TUSED). 13(3): 143-160.
34. Mestre, J. (2001) Cognitive aspects of learning and teaching. National Science Foundation (NSF), 80-94.
35. Michael, J. (2009) The "core principles" of physiology: wath shold students understand? Adv Physiol Educ 33: 10–16
36. Michael, J. A., Wenderoth, M.P., Modell, H.I., Cliff, W., Horwitz, B., McHale, P., Richardson, D., Silverthorn, D., Williams, S., Whitescarver, S. (2002) Undergraduates' understanding of cardiovascular phenomena. Advanced Physiology Education 26, 72–84.
37. Modell, H.I., Michael, J.A., Adamson, T., Horwitz, B. (2004) Enhancing active learning in the student laboratory. Adv Physiol Educ. 28: 107–111
38. Modell, H. I. (2000) How to help students understand physiology? Emphasize general models. Advances inPhysiology Education 23, 101–107.
39. Modell, H., Michael, J., Wenderoth, M.P. (2005.). Helping the learner to learn: the role of uncovering misconceptions. The American. Biology Teacher 67, 20-26.
40. Momsen, J.L., Long, T.M., Wyse, S.A., Ebert-May, D. (2010) Just the Facts? Introductory Undergraduate Biology Courses Focus on Low-Level Cognitive SkillsCBE—Life Sciences Education. Vol. 9: 435–440
41. MZOŠ (2006) Nastavni plan i program za osnovnu školu. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Zagreb. Nakladnik Dragan Primorac, urednici Dijana Vican i Ivan Milanović Litre.

42. Novak, J. D., Cañas, A. J. (2008) The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.
43. Radanović, I., Ćurković, N., Bastić, M., Leniček, S., Furlan, Z., Španović, P. & Valjak, M. (2010): Kvalitativna analiza ispita provedenih 2008. godine u osnovnim školama, Izvješće o projektu – Biologija, Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje, Zagreb.
44. Radanović, I., Bastić, M., Begić, V., Kapov, S., Sumpor, D., Mustać A.(2013) Preporuke za autore i recenzente provjera natjecanja u znanju biologije. HBD. http://www.hbd-sbc.hr/wordpress/wp-content/uploads/2013/06/Preporuke-za-autore-i-recenzente-natjecanja-20131.pdf. Preuzeto 31.7.2017.
45. Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Pongrac Štimac, Z., Bastić M., Kapov S., Karakaš D., Lugarić S., Vidović M. (2015) Ispitni katalog za Državnu maturu iz Biologije. NCVVO, Zagreb. 53 str.
46. Radanović I., Lukša Ž., Begić V., Bastić M., Gotlibović G., Kapov S., Pavunec S., Toljan M. (2017 a) Sadržajna i metodološka analiza ispita državne mature iz Biologije školskih godina 2013./2014. i 2014./2015. NCVVO Zagreb, 101 str.
47. Radanović I., Lukša Ž., Pongrac Štimac Z., Garašić D., Bastić M., Kapov S., Kostanić LJ., Sertić Perić M., Toljan M. (2017 b) Sadržajna i metodološka analiza ispita državne mature iz Biologije u školskoj godini 2015./2016. NCVVO Zagreb, 212 str.
48. Radanović,I., Lukša, Ž., Garašić, D., Sertić Perić, M., Gavric, B., Begić, V., Novoselic, D. (2017 c) The effect of learning experiences using expert concept maps on understanding cell division processes..– ESERA (European Science Education Researche Association), Dublin. Ireland.
49. Ristić Dedić, Z., Jokić, B., Šabić, J. (2011) Analiza sadržaja i rezultata ispita državne mature iz biologije, NCVVO i IDIZ, Zagreb
50. Ruiz-Primo, M., Schultz, S., Li, M., & Shavelson, R. (2001) Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. Journal of Research in Science Teachinf 38, 260-278.
51. Šorgo, A., Šiling, R. (2017) Fragmented Knowledge and Missing Connections between Knowledge from Different Hierarchical Organisational Levels of Reproduction among Adolescents and Young Adults, Center for Educational Policy Studies Journal, v7 n1: 69-91.

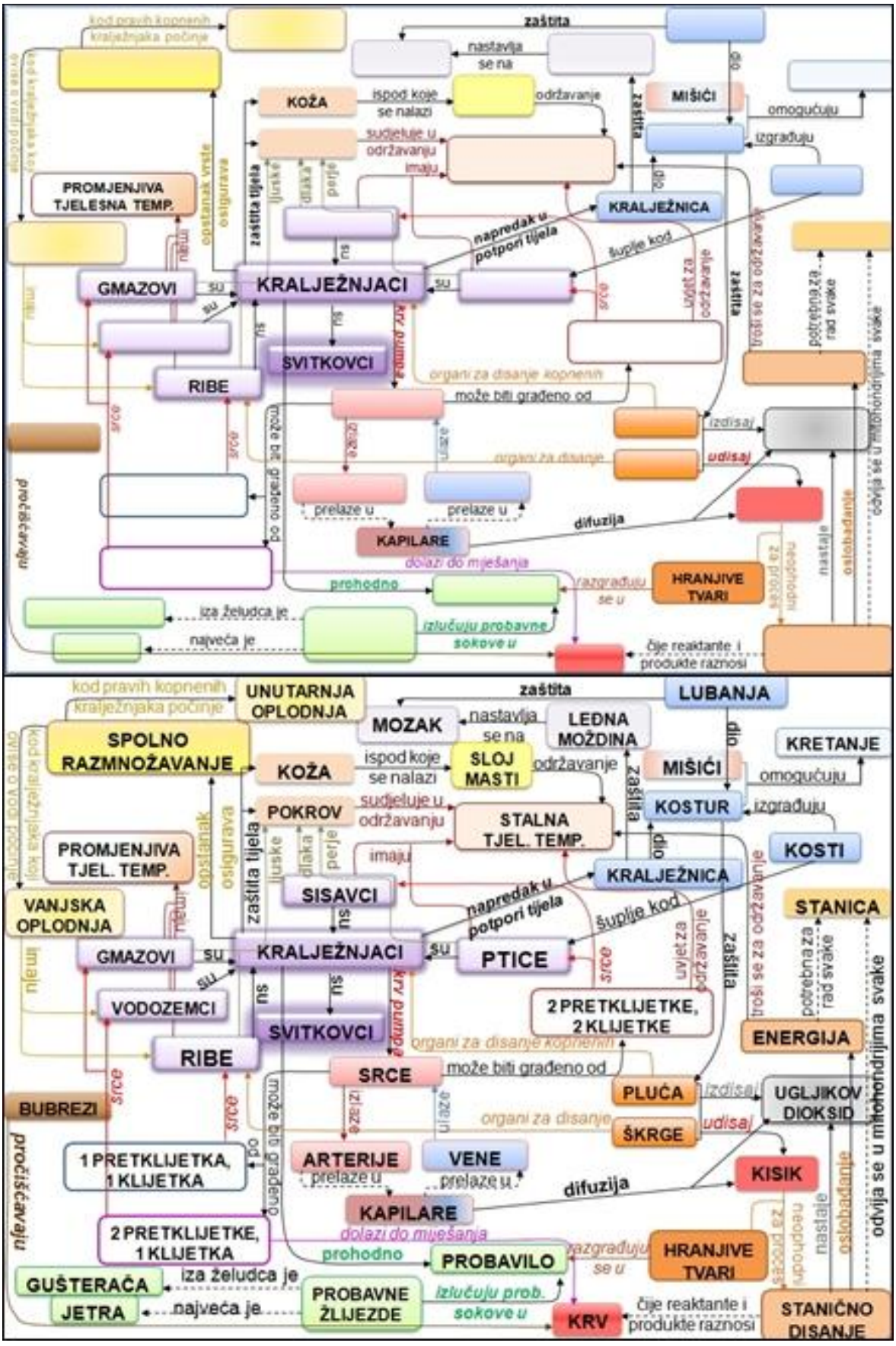
52. Tanner, K., Allen, D. (2005) Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers—Teaching toward Conceptual Change. Cell Biology Education, Vol. 4: 112–117.
53. Wandersee, J.H., Mintzes, J.A., Novak, J.D. (1994) Research on alternative conceptions in science. In: Handbook of Research on Science Teaching and Learning, edited by DL Gabel. New York: Macmillan, 131–210
54. Webb, N. (2002) Depth-of-Knowledge Levels for Four Content Areas http://www.nciea.org/publications/DOKscience_KH08.pdf preuzeto 2.4.2017.
55. Westbrook, S., et al. (1990) An Analysis of the Relationship of Formal Reasoning, Science Process Skills, Gender and Instructional Treatment to Conceptual Shifts in Tenth Grade Biology Students. National Association for Research in Science Teaching (63rd, Atlanta, GA, April 8-11, 1990).
56. Wood, W.B. (2009) Revising the AP biology curriculum. Science 325: 1627–1628

7. PRILOZI

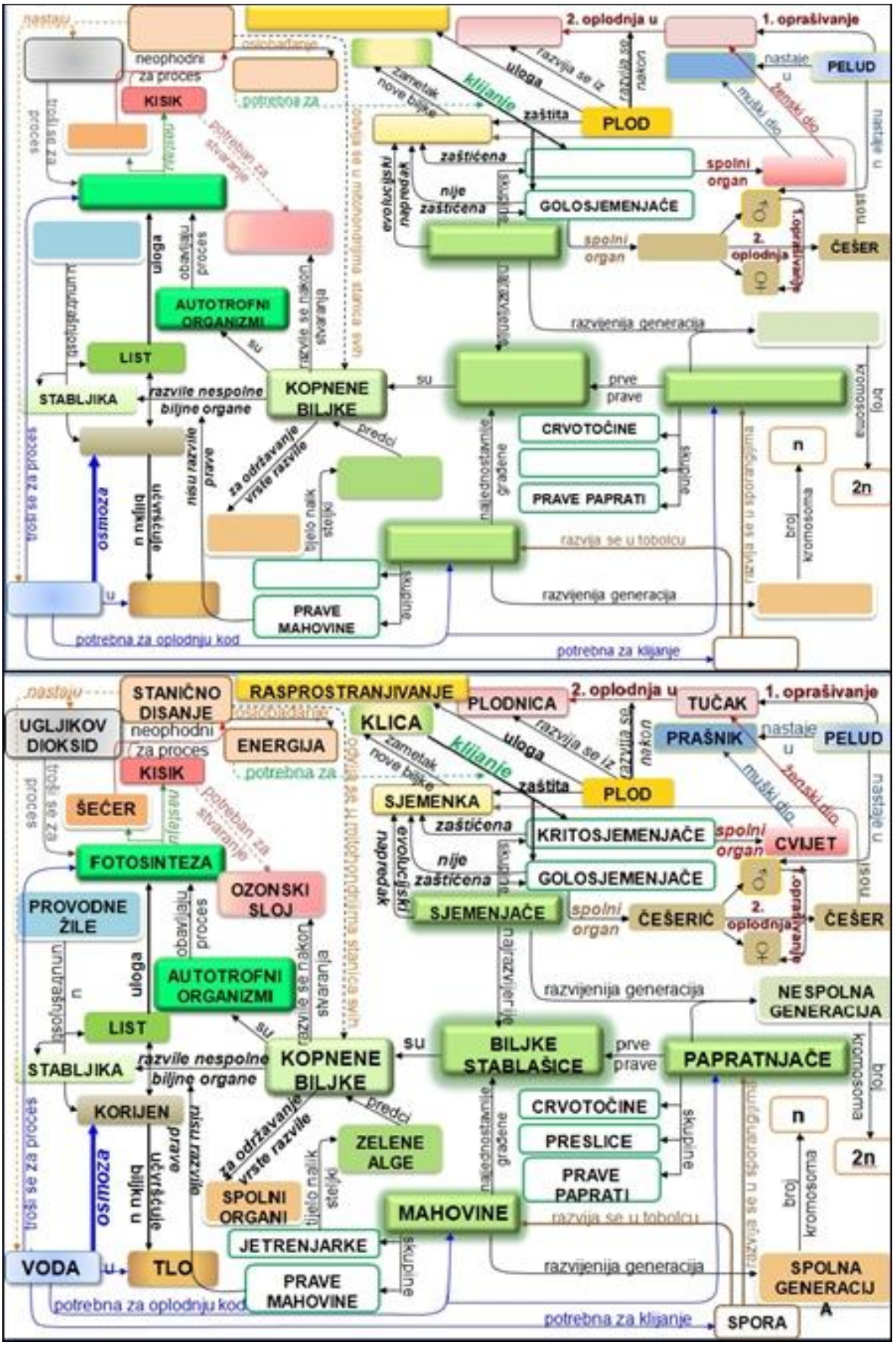
Prilog 1. Konceptualna mapa Od najjednostavnijeg oblika života do stanice (Biologija 7)



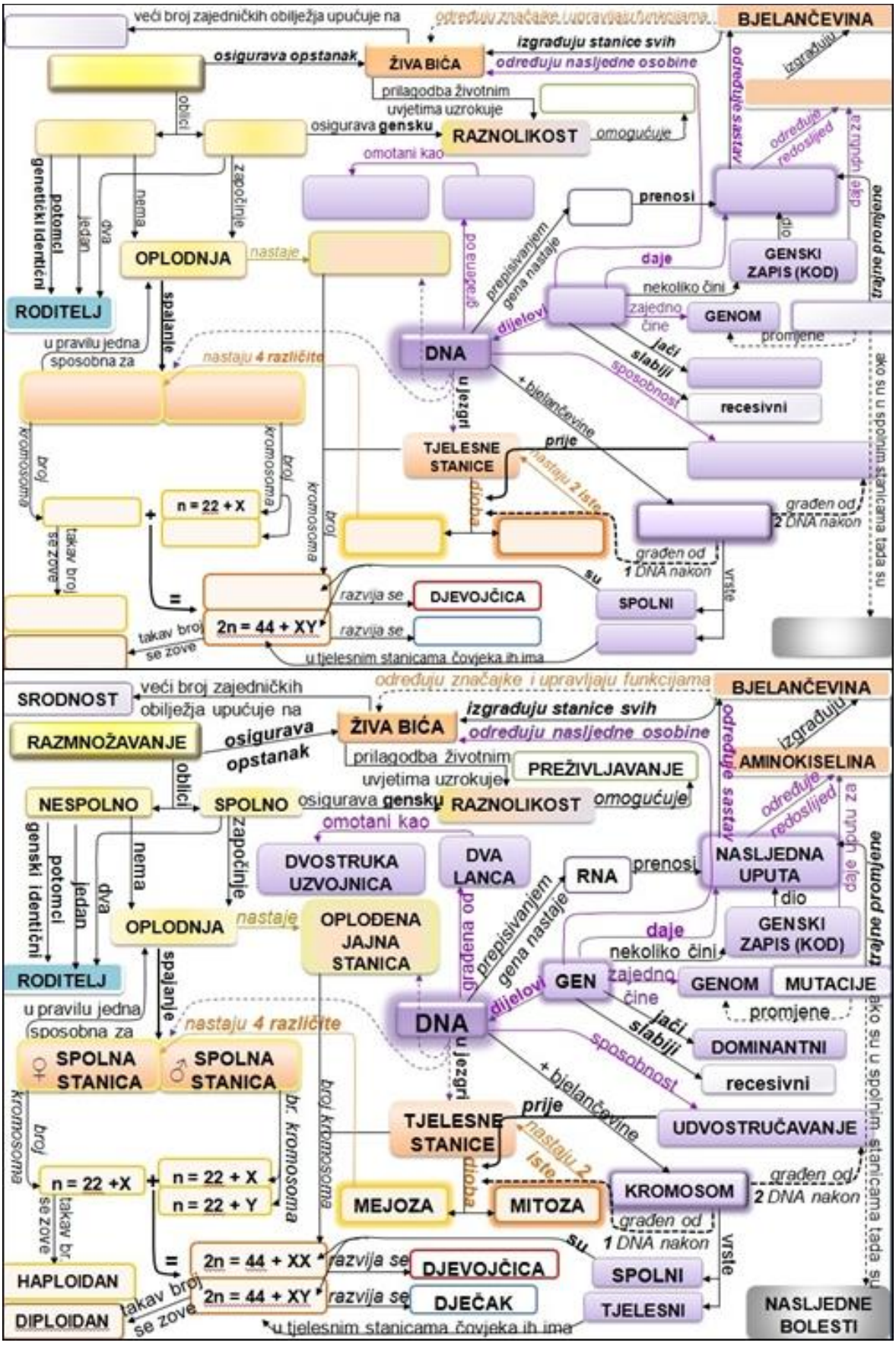
Prilog 2. Konceptualna mapa Razvoj kralježnjaka (Biologija 7)



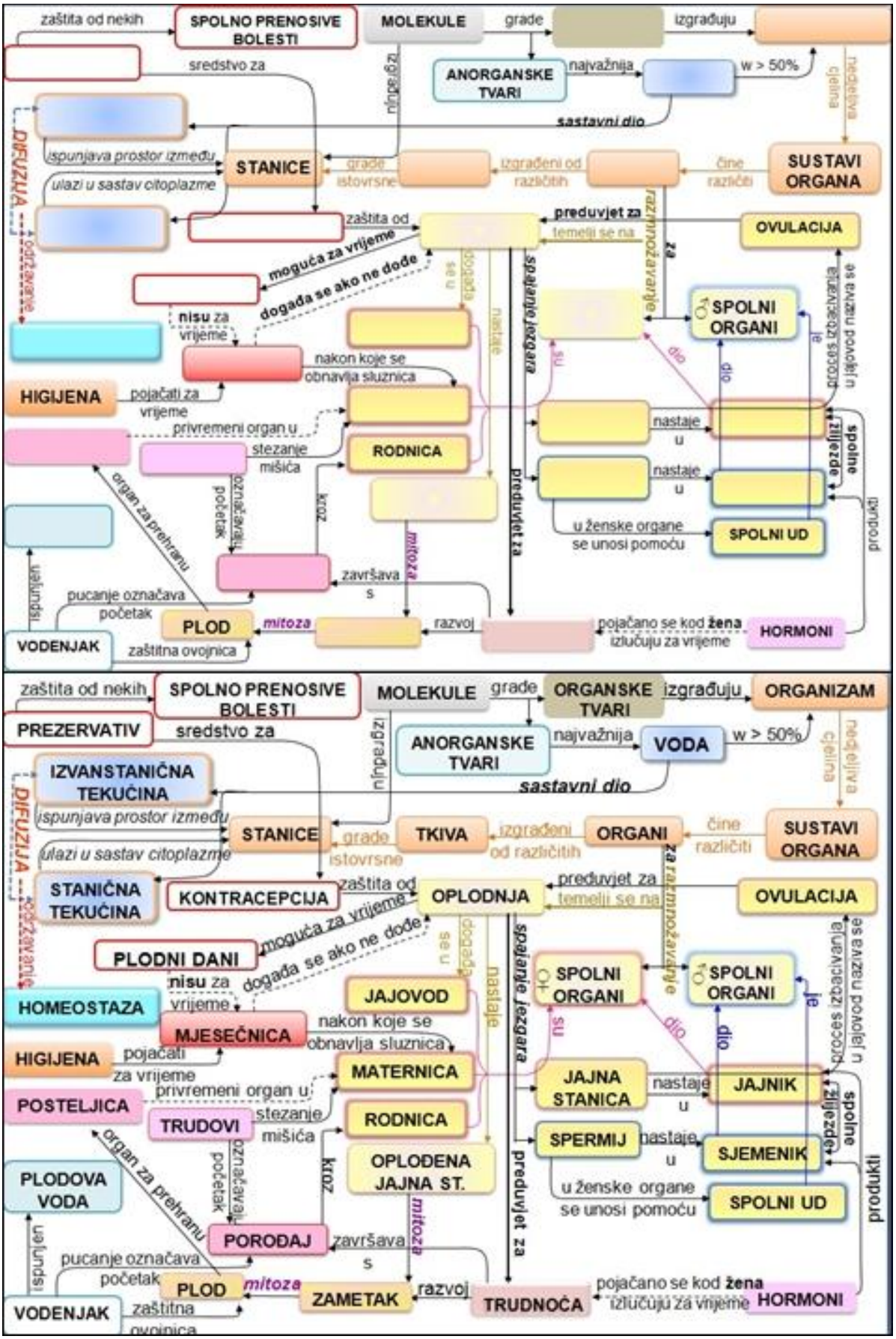
Prilog 3. Konceptualna mapa Razvoj biljaka (Biologija 7)



Prilog 4. Konceptualna mapa Srodnost, raznolikost i nasljeđivanje (Biologija 8)



Prilog 5. Konceptualna mapa Sastav tijela, razmnožavanje i razvitak (Biologija 8)



ŽIVOTOPIS

OSOBNE INFORMACIJE

Monika Golubić

Odvojak Ostrova 2c, Topolovac, 44 202 Topolovac

095/5565-054

golubic.monika@gmail.com

Spol Ž | Datum rođenja 8.4.1994. | Državljanstvo Hrvatsko

RADNO ISKUSTVO

9.10.2017. -sad

Učiteljica prirode i biologije

OŠ Sunja, Ljudevita Posavskog 55a, 44 210 Sunja

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

18.7.2012. – sad

Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije, smjer: nastavnički

Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2008. – 2012.

Maturant jezične gimnazije

Gimnazija Sisak

OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik: Hrvatski jezik

Ostali jezici

	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski jezik	C1	C1	C1	C1	C1
Njemački jezik	B2	B2	B2	B2	B2

Stupnjevi: A1/2: Temeljni korisnik - B1/B2: Samostalni korisnik - C1/C2 Iskusni korisnik
Zajednički europski referentni okvir za jezike

Komunikacijske vještine

- dobre komunikacijske vještine stečene pri radu s djecom i adolescentima tijekom slobodnih aktivnosti i dobrovoljnog rada
- dobre komunikacijske vještine pri korištenju stranih jezika
- sposobnost prilagodbe u timskom radu

Organizacijske / rukovoditeljske vještine

- smisao za organizaciju aktivnosti, rada ili događaja

- iskustvo samostalne organizacije i vodstva skupine mladih na izlete i posebne programe udaljene od mjesta prebivališta u sklopu slobodnih aktivnosti i dobrovoljnog rada

Digitalna kompetencija

SAMOPROCJENA

Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Iskusni korisnik	Iskusni korisnik	Samostalni korisnik	Iskusni korisnik	Samostalni korisnik

Stupnjevi: Temeljni korisnik - Samostalni korisnik - Iskusni korisnik
Informacijsko-komunikacijske tehnologije - tablica za samoprocjenu

- dobro poznavanje rada u MS Office paketu (Word, Excel, Powerpoint, Publisher)

- dobro poznavanje rada u računalnim programima za obradu fotografija

- uređivanje sadržaja web stranica te službenih stranica na društvenim mrežama

Vozačka dozvola

B