

# Miskoncepcije i primjena konceptualne mape u vrednovanju

---

**Matović, Doris**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:249000>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**ODJEL ZA  
BIOLOGIJU**  
Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za Biologiju

Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Doris Matović

## **Miskonceptije i primjena konceptualne mape u vrednovanju**

Diplomski rad

Osijek, 2019

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Diplomski rad**

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku | Odjel za biologiju**

**Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički**

**Znanstveno područje:** Prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** Biologija

**Miskonceptije i primjena konceptualne mape u vrednovanju**

Doris Matović

**Rad je izrađen na:** Odjel za biologiju

**Mentor:** Dr. sc. Irena Labak, doc.

**Kratak sažetak diplomskog rada:** Utvrđivanje miskonceptija i konceptualnog razumijevanja vezanih uz fotosintezu i stanično disanje provedeno je među 49 učenika 3. razreda Opće gimnazije u Osijeku u školskoj godini 2018./2019. Učenici postižu slabe rezultate na pisanoj provjeri znanja te su na osnovi ukupnog uspjeha svakog pojedinog učenika definirane klase uspješnosti. Jedan od mogućih načina uklanjanja miskonceptija upotreba je konceptualne mape. Analizom pisane provjere znanja i konceptualne mape evidentirana je ista miskonceptija miješanja kloroplasta i klorofila. Rezultati konceptualne mape ne razlikuju se kod najboljih i najlošijih učenika te su uočeni slični odgovori učenika što nam ukazuje na nedostatak prakse i iskustva u korištenju mapa prilikom učenja ili procjenjivanja. Analizom ankete o navikama učenja može se zaključiti da većina učenika još uvijek smatra da je profil nastavnika ključan za uspjeh u njihovom učenju te odbijaju preuzeti odgovornost za vlastito učenje. Većina učenika za učenje koristi samo prezentacije s nastave, bez upotrebe alata za učenje, poput konceptualne mape, koji bi potaknuli konceptualno razumijevanje i postizanje više kognitivne razine znanja.

**Broj stranica:** 79

**Broj slika:** 31

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 64

**Broj priloga:** 3

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** biološki koncepti, konceptualno razumijevanje, ekspertna konceptualna mapa miskonceptije

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

**Rad je pohranjen:** na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagreb.

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Master thesis**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek** | Department of Biology

**Graduate university study programme in Biology and Chemistry**

**Education Scientific Area:** Natural sciences

**Scientific Field:** Biology

**Misconceptions and using conceptual maps as a way of evaluating**

Doris Matović

**Thesis performed at:** Department of Biology

**Supervisor:** Irena Labak, PhD, assistant professor

**Short Abstract:** Determination of misconceptions and conceptual understanding related to photosynthesis and cellular respiration was conducted among 49 3rd grade students of the General High School in Osijek in the school year 2018/2019. Results show students' poor understanding of the concepts which corresponds with the written proficiency testing. Based on the overall success of each student, performance classes are defined. One possible way to eliminate misconception is to use a concept map. The analysis of the students' conceptual map corresponds with their written knowledge assessment and reveals the same misconception of mixing chloroplasts and chlorophylls. Furthermore, there is no difference between more and less successful students when it comes to the results of the concept map. Similar student responses indicate a lack of practice and experience in using the maps. The analysis of the survey on the learning habits shows that most students still consider the teacher as a crucial role in their learning success. This indicates their lack of responsibility for autonomous learning. Most students use only teacher presentations for learning, and they do not use teaching aids such as a concept map that can improve their conceptual understanding and help them reach a higher cognitive level of knowledge.

**Number of pages:** 79

**Number of figures:** 31

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 64

**Original in:** Croatian

**Keywords:** biological concepts, conceptual understanding, conceptual maps, misconceptions

**Date of the thesis defence:**

**Reviewers:**

**Thesis deposited:** on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

*Prije svega, veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici, doc. dr. sc. Ireni Labak na strpljivošću, savjetima, stručnom vodstvu, profesionalnošću i dostupnošću koji su mi uvelike olakšali izradu ovoga rada. Najviše joj se zahvaljujem na izvrsno osmišljenoj nastavi i zanimljivim predavanjima na kojima sam posebno osjetila učiteljski poziv. U osmišljavanju i provođenju nastave, uvijek ću se rado sjetiti njenih savjeta koji su imali veliki utjecaj na moj profesionalni rast i razvoj.*

*Posebno se želim zahvaliti svom kolegi i prijatelju, magistru edukacije biologije i kemije, Filipu Babiću, prije svega na divnim godinama studiranja, na kojima mi je bio velika podrška i motivator, a prvenstveno prijatelj koji je vjerovao u mene i poticao da dam svoj maksimum u svemu što radim. U svezi ovoga istraživanja i rada, zahvaljujem mu se na svim ustupljenim materijalima, podršci, pomoći i profesionalnom pristupu s kojima mi je olakšao provođenje ovoga istraživanja. Posebno me veseli činjanica da u današnjem sustavu obrazovanja postoji učitelj kao što je on, a koji svojim predanim radom i znanjem može jako puno učiniti za učenike.*

*I na kraju, ništa od ovoga danas ne bi bilo da nije moje obitelji i mojih prijatelja koji su vjerovali u mene i onda kada ja nisam. Prvenstveno se zahvaljujem svojim roditeljima i bratu Marku koji su zajedno sa mnom slavili svaki moj uspjeh pa tako i ovaj danas. Ponekad je bilo teško shvatiti moje odluke, hvala im što su pri svakoj čvrsto stajali uz mene.*

*Svim srcem se zahvaljujem svom djedu koji nažalost nije danas sa mnom, ali mi je puno pomogao da dođem do ovoga dana.*

*Ovaj rad posvećujem mami Jadranki koja mi je svojom ljubavlju i vjerom u mene pomogla da postanem ovo što sam danas.*

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Miskoncepcije .....	2
1.2. Konceptualne mape .....	4
1.2.1. Vrednovanje konceptualne mape i vrednovanje pomoću mape .....	7
1.3. Cilj rada .....	9
<b>2. MATERIJALI I METODE</b> .....	9
2.1. Uzorak .....	9
2.2. Tijek istraživanja .....	9
2.3. Instrumenti istraživanja.....	11
<b>3. REZULTATI</b> .....	12
3.1. Analiza pisane provjere znanja provedene među učenicima 3. razreda Opće Gimnazije u Osijeku.....	12
3.2. Analiza ukupne uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja te analiza uspješnosti rješavanja s obzirom na razine.....	14
3.3. Utvrđivanje miskonceptija.....	15
3.3.1. Utvrđivanje miskonceptija u pisanoj provjeri znanja.....	16
3.4. Analiza konceptualnih mapa .....	29
3.5. Analiza ankete o navikama učenja.....	36
<b>4. RASPRAVA</b> .....	45
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	53
<b>6. METODIČKI DIO</b> .....	54
6.1. Priprema nastavnog sata za nastavnu temu „Stanično disanje“.....	54

<b>7. LITERATURA</b> .....	70
<b>8. PRILOZI</b> .....	76
Prilog 1. Prazna konceptualna mapa.....	76
Prilog 2. Polazni tekst za rješavanje mape.....	77
Prilog 3. Anketa o navikama učenja.....	78

## 1. UVOD

Zbog svakodnevnih znanstvenih spoznaja svakodnevno raste i broj činjenica, stoga je izuzetno važno da učenici učeći stvaraju i proširuju koncepte odnosno da umjesto učenja na razini reprodukcije činjenica uče na razini konceptualnog razumijevanja (Tunnicliffe, 2006). Izraz koncept (engl. *concept*) definiran je kao prvobitna ideja ili predodžba, začecje ideje ili pothvata, zamisao o kakvom djelovanju, a u filozofiji označava apstraktnu univerzalnu spoznaju (Lukša, 2011). Prema Lukši (2011), pamćenje koje je organizirano u konceptualne strukture efikasnije je i trajnije od gomilanja nepovezanih pojedinačnih informacija, stoga je bitno poticati ostvarivanje viših kognitivnih razina znanja koje će omogućiti bolje konceptualno razumijevanje.

Kurikulum za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (kao i ostali kurikulumi) pisan je s ciljem razvijanja konceptualnog razumijevanja i sposobnosti rješavanja problema te propisuje nadogradnju i usvajanje makrokonceptata zajedničkih za sve prirodoslovne predmete. U kurikulumu su definirana četiri makrokoncepta: *Organiziranost živoga svijeta*, *Procesi i međuovisnosti u živome svijetu*, *Energija u živome svijetu* te *Prirodnoznanstveni pristup*. Definirani makrokoncepti međusobno se povezuju pružajući učenicima mogućnost sagledavanja najvažnijih ideja u biologiji. Razumijevanje kompleksnosti makrokonceptata izgrađuje se postupno tijekom više godina učenja, uz razvijanje temeljnih kompetencija važnih za svakodnevni život (Kurikulum nastavnog predmeta Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, NN 7/2019).

Često se pri usvajanju makrokonceptata pojavljuju nejasnoće koje mogu izazvati pojavu miskoncepcija odnosno krivih predodžbi koje ako se ne prepoznaju i isprave mogu onemogućiti izgradnju konceptata. Konstruktivistički način učenja umjesto mehaničkog učenja i prihvaćanja informacijskih sadržaja, od učenika zahtijeva aktivnost u izgradnji spoznaje i znanja interakcijom novostečenih informacija s prijašnjim iskustvima (Jukić, 2013). Ovakav način učenja omogućava uočavanje miskoncepcija te njihovim ispravljanjem izgradnju čvrstih konceptata podložnih proširivanju tijekom školovanja i cjeloživotnog obrazovanja. U konstruktivističkom načinu učenja najvažnija je uključenost učenika u ono što se uči, istraživačke aktivnosti te rješavanje problema i suradnju s drugima. Učenicima se zadaju izazovni problemi za rješavanje koji ih potiču na promišljanje i uključivanje u nastavni proces. U konstruktivističkom načinu učenja naglasak je na angažmanu učenika u skupinama pri čemu

i pogreške postaju dijelom nastave. Obrađuju se kompleksni, svakodnevni, životu bliski problemi čime se omogućuje interpretacija novih znanja. Nova znanja stječu se kroz aktivno sudjelovanje u učenju za razliku od tradicionalnog načina učenja koji podrazumijeva prijenos objektivnih znanja, oponašanje ili ponavljanje bez aktivnog sudjelovanja (Barab i Duffy, 2000; Kroll i LaBoskey, 1996). Iz navedenog je razvidno da konstruktivistički orijentirani učitelj/nastavnik umjesto uloge prenositelja znanja ima ulogu voditelja, motivatora, suradnika, suistraživača, poticatelja stvaranja ideja, stavova i mišljenja.

Praćenjem procesa učenja te modificiranjem procesa poučavanja na temelju toga, zadovoljavaju se opisane uloge učitelja/nastavnika. Praćenjem (i procjenjivanjem) učitelj/nastavnik između ostalog utvrđuje miskonceptije te planira njihovu zamjenu ispravnim konceptima. Konceptualna mapa vrlo je pogodna u pružanju povratnih informacija o razini razumijevanja te o prisutnosti miskonceptija. Služi kao tehnika u pristupu vrednovanja za učenje i kao učenje kojim se prati i modificira proces učenja, te u pristupu vrednovanja naučenog u kojem se procjenjuje i ocjenjuje naučeno.

### **1.1. Miskonceptije**

Predkonceptije otežavaju konceptualno razumijevanje učenika te nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama, a zbog različite razine znanja nastavnika i učenika, nastavnici često nisu svjesni njihovog postojanja. Prema Duitu i Treagustu (2003), predkonceptije nisu slučajna objašnjenja već rezultat formalnog ili neformalnog prethodnog učenja koje mogu, ali i ne moraju biti u skladu sa znanstvenim spoznajama. Ovi modeli razumijevanja razumljivi su učeniku kada s nedostatnim znanjem pokušava dati smisao svijetu koji ga okružuje. Većina učenika na nastavu dolazi s nizom predkonceptija koje mogu značajno ograničavati ili onemogućavati razumijevanje novih koncepata u nastavi. Posljedica nerazumijevanja daljnje je produbljivanje ili pak stvaranje miskonceptija kod učenika. U procesu učenja učenici konstruiraju vlastite koncepte o biološkim pojmovima koji se temelje na znanju koje su sami do tada već usvojili, a ako takvi koncepti nisu ispravni nastaju miskonceptije koje se, kada su jednom usvojene, vrlo teško ispravljaju.

Prema Lukši (2013), termin miskonceptije u prijevodu mogu biti krive predodžbe ili pogrešni misaoni modeli, ali kako izraz *miskonceptions* ima vrlo široko značenje, preporučuje

se korištenje izvornog termina miskoncepcije. Također, Lukša (2013) ističe da je korišteni izraz miskoncepcije, po karakteru internacionalan i u skladu s jezičnim pravilima izvornog termina te bi ga najbolje bilo upotrebljavati bez prevođenja. Prema tome, miskoncepcije obuhvaćaju sve učeničke koncepcije koje nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama.

Miskoncepcije pokazuju niz zajedničkih karakteristika u svim znanstvenim disciplinama u kojima su proučavane. Sukladno navedenom, zajedničke osobine za miskoncepcije su: one su u suprotnosti sa znanstvenim konceptima; iste se miskoncepcije često pojavljuju kod većeg broja ljudi; vrlo su otporne na promjene; povijesne mikoncepcije proizlaze iz teorija koje su zamijenjene novima; miskoncepcije su često rezultat nastave u školi, korištenja udžbenika i automatske obrade jezične strukture; određenih iskustava koja su obično zajednička većem broju pojedinaca (Fisher, 1985).

Budući da je učenje aktivan proces koji vodi do izgradnje novih koncepata i ideja na temelju trenutnog znanja, često se događa da učenik odabire i pretvara podatke, konstruira hipoteze i donosi odluke oslanjajući se na prethodne kognitivne strukture. Nove koncepcije se organiziraju prema prethodnim iskustvima što omogućava pojedincu njihovo usvajanje (Pintrich, 2000). Na temelju navedenog, tijekom procesa učenja kod učenika se pojavljuju brojne intuitivne ideje koje nastaju kao rezultat potrebe da se nešto samom sebi objasni. Takve ideje često i nisu u skladu sa znanstvenim konceptima te kao takve predstavljaju miskoncepcije. Česti uzroci teškog uklanjanja miskoncepcija kod učenika njihova su jednostavnost i intuitivna razumljivost (Cho i sur., 1985).

Prema Delimar (2011) miskoncepcije imaju svoje podrijetlo u učenikovom iskustvu u „stvarnom životu“ i/ili u učionici. Nerijetki slučajevi su da nastavnici koristeći svoju intuiciju, pokušavaju razjasniti koncepte, a vrlo često kod učenika samo utvrde postojeće miskoncepcije, ali ne poduzimaju ništa konkretno u smislu njihova uklanjanja. Osim toga, nastavnici učenicima često pripisuju iste miskoncepcije, iako se one razlikuju kod svakog učenika. Takve utvrđene miskoncepcije učeniku je kasnije još teže ukloniti, a nastavniku ih je teško ispraviti. Lukša (2013) smatra da prvo treba utvrditi učeničke predkoncepcije, identificirati moguće miskoncepcije koje bi mogle ometati učenje te zatim pružiti mogućnosti za povezivanje starih i novih ideja.

Uvjeti za uklanjanje miskoncepcija su sljedeći: učenici ne žele mijenjati postojeće koncepte ukoliko ne postoji nezadovoljstvo učenika s postojećim konceptima; novi koncept će zamijeniti

postojeće miskoncepcije tek kada koncept bude razumljiv, a učenik bude u stanju sagledati njegov smisao; novi koncept mora davati objašnjenje nekog problema za koji postojeća koncepcija nema objašnjenje, tj. mora biti uvjerljiv; novi koncept mora biti plodniji od starog, tj. koristan u rješavanju problema i u realnom svijetu (Strike i Posner, 1985).

Konstruktivistička teorija aktivnost učenika podrazumijeva kao njegovu uključenost u ono što se uči, istraživačke aktivnosti, rješavanje problema i suradnju s drugima. Pravilo konstruktivizma govori da učenikovo znanje mora biti aktivno konstruirano i osobno smješteno, ali da svaki učenik može imati različite puteve za organizaciju znanja (Tsai i Huang, 2002). Konstrukcija koncepta način je pohranjivanja informacija u pamćenje jer na osnovi pojedinačnih primjera uočavamo zajedničke karakteristike. Svaki učenik stvara svoj koncept na određeni način, tj. stvara skup ideja strukturiranih na određeni način. Prema tome, cilj istraživača je identificirati polazne točke za podučavanje i odrediti postojeće miskoncepcije kod učenika, a zatim pronaći načine nadogradnje postojećeg znanja kod učenika (Tunnicliffe, 2006). Jedan od mogućih načina utvrđivanja miskoncepcija izrada je konceptualne mape (Ratković, 2011). Sukladno navedenom, konceptualne mape daju dobru osnovu za formiranje učenikovog konceptualnog, trajnog znanja, a trajno znanje glavno je obilježje uspješne nastave (Latin i sur., 2016).

## **1.2. Konceptualne mape**

Konceptualna mapa je jedan od oblika grafičkih organizatora koji pomaže učeniku (svakom pojedincu) u razumijevanju i uočavanju međudnosa i uzročno posljedičnih veza. Mape predstavljaju mrežu novousvojenih pojmova/ideja/konceptata umreženih u već postojeću kognitivnu strukturu (Adamov i sur., 2009). Konceptualne se mape definiraju kao grafički alati za organizaciju i prezentiranje znanja, odnosno one omogućavaju učenicima prikaz vlastitog znanja s naglašenim međudnosima prikazanih konceptata (Novak i Cañas, 2008). Prema Radanović i sur. (2014), konceptualne se mape definiraju kao shematski prikazi osnovnog koncepta i specifičnih međudnosa ili uvjeta vezanih uz njega.

Prema različitim oblicima za prikazivanje podataka razlikuju se četiri osnovne vrste konceptualnih mapa, a to su paukova konceptualna mapa u kojoj je glavni koncept smješten u središte mape, a pojmovi nižeg reda dodaju se zrakasto; konceptualna mapa slijeda važnosti čiji se podaci prikazuju u padajućem slijedu sa središnjim konceptom na vrhu; nadovezujuća

konceptualna mapa koja polazi od početnog koncepta na koji se nadovezuju sljedeći pojmovi, a organizirana je linearno ili kružno te sistemska konceptualna mapa koja je nadogradnja nadovezujuće konceptualne mape kojoj su dodani ulazeći i izlazeći koncepti (web 1, Gavrić, 2015).

Tehniku izrade konceptualnih mapa razvio je Novak je 1972. godine u istraživanju usvojenosti osnovnih znanstvenih koncepata kod djece prvih i drugih razreda (Gavrić, 2015). U kasnijem istraživanju, Novak i Musonda (1991) potvrdili su važnost poučavanja znanstvenih predmeta u ranijoj dobi te vrijednost konceptualne mape kao reprezentativnog alata za poticanje kognitivnih promjena. U istraživanju Novak i Cañas (2008) potvrđena je važnost konceptualne mape kao jednog od ključnih alata za provjeravanje konceptualnog razumijevanja budući da su u tehnici intervjua učenika uvidjeli poteškoće u identifikaciji promjena u učeničkom razumijevanju znanstvenih koncepata.

Prema Novaku i Cañasu (2008), za izradu dobre konceptualne mape bitno je na samom početku odrediti kontekst o kojemu ovisi struktura mape, a pravilan način određivanja konteksta je postavljanje fokusnog pitanja na koje će mapa dati odgovor. Budući da svaka konceptualna mapa odgovara na neko fokusno pitanje, što je ono bolje, to je mapa bogatija konceptima. Zatim slijedi identifikacija ključnih koncepata kod kojih je poželjno koncepte rangirati od najobuhvatnijih prema specifičnijim. Sljedeći korak je grupiranje koncepata u domene i preslagivanje istih u odgovarajući raspored. Vrlo je bitna selektivnost u identifikaciji i odabiru poveznica te preciznost u odabiru riječi povezivanja kako bi učenici uočili povezanost koncepata. Najzahtjevniji dio konstrukcije konceptualne mape je formiranje propozicija poveznicama, odnosno određivanje riječi povezivanja koje jasno prikazuju odnos dva koncepta (Novak i Cañas, 2008; Gavrić, 2015).

Uz konceptualne mape koje učenici sami izrađuju, postoje i mape s različitim stupnjem kontrole ili usmjerenosti. Izrađivači konceptualnih mapa daju strukturu konceptualnoj mapi te popis pojmova i riječi povezivanja koje će učenici koristiti za popunjavanje predviđenih mjesta na mapi (Ruiz-Primo i sur., 2001). Konceptualna mapa koju pripreme stručnjaci može služiti kao stručna osnova za izradu detaljnije mape koju će učenici nadograditi (Novak i Cañas, 2008). Ruiz-Primo i sur. (2001) dokazali su da visoko usmjerena tehnika nadopune kostura mape postiže maksimalni mogući stupanj povezivanja koncepata, odnosno konceptualnog razumijevanja te da izrađene mape koje treba nadopuniti pojmovima ili riječima povezivanja daju jasniji uvid u različite strukture znanja učenika.

Vrlo važno je istaknuti da konceptualne mape imaju široku primjenu u nastavi doviskoškolskog i visokoškolskog obrazovanja. Prije svega, koriste se u planiranju učenja, zatim u samom procesu učenja, u izradi bilježaka, rješavanju problema i procjeni naučenog. Sukladno navedenom, one pomažu učenicima u razumijevanju veza između pojmova stvarajući tako svoju vizualnu mapu. Konceptualne mape koriste se i za procjenu napretka tijekom učenja (učenici sami izrađuju konceptualnu mapu o jednoj temi više puta tijekom učenja), identifikaciju učenikovih miskoncepcija, planiranje gradiva (nastavnik najprije izrađuje vlastitu konceptualnu mapu koju koristi za organizaciju znanja i informacija koje će prezentirati učenicima na satu), ocjenjivanje (konceptualne mape koriste se za procjenjivanje znanja i razumijevanja), kognitivnu tipologiju (konceptualna mapa prikazuje razinu kognitivne strukture koju učenici koriste za organizaciju znanja), identifikaciju stručnosti (konceptualna mapa prikazuje mjerljive razlike u znanju između stručnjaka i učenika početnika) i timski rad (konceptualna mapa povezuje različita znanja u timu, utječe na razumijevanje i suradnju) (Hay i sur., 2008).

Latin i sur. (2016) ističu kako učeniku u formiranju vlastitog znanja može pomoći kreiranje konceptualnih mapa jer tijekom njihova kreiranja učenik samostalno uči, kritički razmišlja i donosi određene odluke. Također je Latin (2016) u svom istraživanju utvrdila da nakon procesa učenja primjenom konceptualnih mapa učenici postižu veću uspješnost u rješavanju zadataka viših kognitivnih razina u odnosu na učenike koji su poučavani frontalnim oblikom rada i koji nisu koristili konceptualne mape. Potvrđeno je kako učenici koji uče aktivnim metodama rada, koristeći određene tehnike učenja poput konceptualnih mapa, duže zadržavaju stvorene koncepte u odnosu na učenike koji su pasivni sudionici nastavnog procesa (Allen i Tanner, 2006).

### **1.2.1. Vrednovanje konceptualne mape i vrednovanje pomoću mape**

Vrednovanje u odgojno - obrazovnom procesu obuhvaća sve aktivnosti kojima dolazimo do informacija o tome jesu li ostvareni planirani odgojno - obrazovni ciljevi (Mužić i Vrgoč, 2005) i bitan je element svakog kurikulumu (Matijević, 2004). Vrednovanje se odnosi na proces praćenja učenja i poučavanja, procjenjivanja znanja i aktivnosti te ocjenjivanja odnosno procjene ostvarenosti postignuća u odnosu na zadani standard. Sukladno navedenom odvija se tijekom učenja/poučavanja (formativno vrednovanje) i nakon njega (sumativno vrednovanje).

Formativno vrednovanje je proces u kojem učitelj kontinuirano promatra i bilježi učenikov napredak i napore tijekom procesa učenja te na temelju tako dobivene povratne informacije mijenja i poboljšava vlastiti način poučavanja i usmjerava učenika u upravljanju učenjem. Jedan od glavnih ciljeva takvog vrednovanja je poboljšanje učenikove motivacije i rezultata učenja (Popham, 2013). Formativno vrednovanje podrazumijeva planirani proces u kojem učitelji poboljšavaju vlastiti način poučavanja na osnovi rezultata praćenja učenika, kao i učenici u svrhu poboljšanja učenja. Fokus je na poboljšanju učiteljevog načina poučavanja i učeničkog učenja (Popham, 2013). Glavna svrha formativnog vrednovanja je poticanje učenika na učenje, odnosno motivacija učenika. Kako bi nastavnici postigli taj cilj trebaju kontinuirano pratiti učenikov rad, ponašanje, znanje, vještine i razumijevanje te dati povratne informacije koje sadrže nove strategije i poruku da su i pogreške dio svakog učenja (McMilan, 2010). Cilj formativnog vrednovanja nije razvrstavanje učenika na odlične, vrlo dobre itd., nego pomoći učiteljima i učenicima da usmjere pažnju i aktivnosti na propuste i nedostatke kako bi se oni otklonili (Perišić, 1988). Formativno vrednovanje podrazumijeva dva pristupa vrednovanja: vrednovanje za učenje i vrednovanje kao učenje. Vrednovanje za učenje omogućava unaprjeđenje učenja i poučavanja, a podrazumijeva prikupljanje povratne informacije o procesima učenja i usvojenosti znanja i vještina u odnosu na postavljeni standard. Vrednovanje kao učenje temelji se na činjenici da učenici vrednovanjem uče te se aktivno uključuju u proces vrednovanja uz učiteljevu podršku. Glavna ideja ovog pristupa vrednovanja je kontinuirana povratna informacija o procesima učenja i usvojenosti znanja i vještina u odnosu na vlastito postavljene ciljeve učenja te modificiranje učenja na temelju takve procjene. Time se potiče razvoj samoreguliranog i samostalnog učenja. Konceptualna mapa vrlo je pogodna tehnika u navedenim pristupima vrednovanja jer omogućava brzu procjenu razumijevanja te utvrđivanja veza i pojmova koji nedostaju kako bi se mogla formirati čvrsta konstrukcija znanja.

Sumativno vrednovanje provodi se pristupom vrednovanja naučenog. Rezultira ocjenom koja je odraz razine postignuća učenika u odnosu na zadane i učenicima jasno predstavljene kriterije. Ocjena je formirana na temelju prethodne procjene znanja te je i odraz formativnog vrednovanja. Kao metoda procjene može se koristiti ekspertna konceptualna mapa ili vlastito strukturirana (već ovisno o iskustvu učenika u korištenju mape pri učenju).

Prema Vrgoč (2002), učenikovo učenje trebali bi procijeniti na početku školske godine i nastaviti tijekom godine. Izbor instrumenata i postupaka vrednovanja ovisi o tome tko ili što se vrednuje te zašto se vrednuje. Svako vrednovanje temeljeno je na podacima (uz nastojanje da oni budu što objektivniji) pa stoga dolazi u obzir širok raspon postupaka i instrumenata prikupljanja podataka kao na primjer: pretraživanje relevantne dokumentacije, promatranje odgojno-obrazovnih događanja, razgovori, razne ankete, testovi (Mužić i Vrgoč, 2005).

Od pojave konceptualnih mapa korišteno je mnoštvo različitih kriterija za njihovo vrednovanje, kojima je zajedničko dodjeljivanje bodova za točne veze, broj hijerarhijskih razina i broj poveznica (Novak i sur., 1983). Dodjeljivanje bodova za relevantne koncepte, oduzimanje bodova za miskoncepte te dodjeljivanje dvostruko više bodova za valjane propozicije iskazane poveznicama (ovisno o hijerarhijskoj razini), najvažnije su karakteristike valjanog i pouzdanog kriterija vrednovanja konceptualnih mapa (Novak i Musonda, 1991).

Prema Åhlbergu (2013), vrlo je važno postojanje slika i usmjerenih numeriranih poveznica u konceptualnoj mapi, a koje omogućuju čitanje konceptualne mape kao običnog teksta. Osim toga, Åhlbergovi kriteriji uključuju i procjenu centralnosti koncepta brojanjem poveznica koje isti vezuju, brojanje relevantnih koncepata te brojanje relevantnih propozicija (Gavrić, 2015). Ruiz-Primo i Shavelson (1996) te Jonassen (2000) u svojim istraživanjima opisuju usporedbu učeničkih konceptualnih mapa s ekspertnim, standardiziranim mapama kao metodu vrednovanja. Čak i kada mape vrednuju različiti ocjenjivači, metoda usporedbe učeničkih s ekspertnim konceptualnim mapama pokazuje visok stupanj pouzdanosti (više od 80%) (Ruiz-Primo i Shavelson 1996; Rye i Rubba, 2002). Stupanj pouzdanosti između strukturalnog i relacijskog vrednovanja iskazuje se kao g-koeficijent (McClure i sur. 1999)

Budući da se konceptualna mapa koristi u procesu usvajanja znanja, ista se može koristiti i kao alat vrednovanja (Novak i Cañas, 2008). Osim toga, tehnologija i kompjuterski programi omogućuju vrlo jednostavnu i brzu izradu, ali i evaluaciju konceptualnih mapa poput CmapTools (Novak i Cañas, 2008) i Visual Understanding Environment (VUE, 2013), stoga se

predviđa sve veća upotreba konceptualnih mapa u procesu usvajanja znanja i postizanju viših kognitivnih razina znanja (Novak i Cañas, 2008).

### 1.3. CILJ RADA

Cilj ovoga diplomskog rada je pisanom provjerom znanja utvrditi postojanje miskoncepcija u razumijevanju konceptata *fotosinteze i staničnog disanja* kod učenika srednje škole te prikazati uporabu konceptualne mape u praćenju procesa učenja odnosno poučavanja i procjenjivanju razumijevanja navedenih konceptata.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Uzorak

U istraživanju koje je provedeno u školskoj godini 2018./2019. sudjelovalo je 49 učenika od kojih je 22 učenika i 27 učenica trećih razreda Opće gimnazije u Osijeku.

### 2.2. Tijek istraživanja

Tijek provedenog istraživanja shematski je prikazan na slici 1.



**Slika 1.** Shematski prikaz tijeka istraživanja

Učenici su prvo pristupili rješavanju pisane provjere znanja. Budući se makrokoncepti (a time i koncepti i ishodi) nisu znatno promijenili u Ispitnom katalogu za državnu maturu u školskoj godini 2018./2019. za predmet Biologija, za potrebe istraživanja pisana provjera znanja preuzeta je od Babić (2018), čija se konstrukcija temeljila na Ispitnom katalogu za državnu maturu u školskoj godini 2016./2017. za predmet Biologija i prilikom koje su

konzultirani i udžbenici iz biologije za gimnazijski program, odobreni od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. Pisanu provjeru znanja učenici su rješavali tijekom jednog školskog sata uz napomenu o anonimnosti pisane provjere znanja te o tome kako rezultati ni na koji način neće utjecati na njihovu ocjenu iz nastavnog predmeta Biologija.

Nakon pisane provjere znanja učenici su popunjavali ekspertnu konceptulanu mapu (prilog 1) koja se sastojala od praznih polja s već naznačenih povezujućim riječima. Uz mapu je učenicima priložen tekst (prilog 2) iz kojeg su morali prepoznati pojmove te ih staviti na odgovarajuće mjesto u mapi. Mapa je ispitivala iste koncepte kao pisana provjera znanja te je za njeno rješavanje bilo predviđeno 25 minuta.

Na kraju su učenici ispunili anketu o navikama učenja (prilog 3). Za potrebe ovoga istraživanja anketa je preuzeta od Babić (2018) i prilagođena uzorku kojega čine učenici, stoga su se koristili termini koji odgovaraju srednjoškolskom obrazovanju (nastavnik, pisana provjera znanja, zapisi sa sata, itd.). Originalna verzija ankete kao i opis korištene skale dostupna je u Babić (2018) dok je u prilogu 3 prikazana modificirana anketa.

Analiza pisane provjere znanja se temeljila na utvrđivanju klasa učenika po uspješnosti rješavanja. Na osnovu utvrđenog ukupnog uspjeha svakog pojedinog učenika postignutog u pisanoj provjeri znanja učenici su podjeljeni u tri klase uspješnosti: najbolja, srednja i najslabija. Budući je najveći postignuti uspjeh iznosio 60% riješenosti, najboljoj klasi učenika su pripali oni koji su pisanu provjeru znanja riješili s uspjehom od 50 – 60 %. Srednjoj klasi pripali su učenici koji su pisanu provjeru znanja riješili s ukupnom uspješnošću između 30 – 40 %, a najslabijoj oni koji su pisanu provjeru znanja riješili s manje od 30 %. Određivanje klasa rađeno je s ciljem utvrđivanja miskonceptija koje se detektiraju kao isti pogrešan odgovor prisutan u svakoj klasi uspješnosti. S obzirom na klase analizirana je i konceptualna mapa. Analiza mape temeljila se na dobivanju povratne informacije kojom se vrši uvid u razumijevanje učenika istraživanih koncepata s obzirom na klase uspješnosti. Na taj način ispitalo se i njeno korištenje u pristupu vrednovanja za učenje. Analiza ankete o navikama učenja rađena je s ciljem razumijevanja dobivenih rezultata pisane provjere znanja i konceptualne mape.

### 2.3. Instrumenti istraživanja

Dodatna analiza pisane provjere znanja podrazumijevala je metrijsku analizu u kojoj je izračunat indeks lakoće ( $p$ ), indeks diskriminativnosti ( $D$ ) te Cronbachov alfa-koeficijent pouzdanosti pisane provjere znanja.

Indeks lakoće ( $p$ ) ukazuje koliko je pojedino pitanje "lako" te treba li se zamijeniti ili preoblikovati za korištenje u budućoj provedbi. Indeks lakoće ( $p$ ) računat je prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\text{broj točnih odgovora na pojedino pitanje}}{\text{ukupan broj učenika}}$$

Vrijednost indeksa kreće se u rasponu od 0 do 1 pri čemu 0 označava da nema točnih odgovora, dok 1 označava da su svi učenici na pitanje odgovorili točno. U skladu s tim, što je vrijednost indeksa veća, to je pitanje lakše. Prema Petzu (2004), pitanja koja imaju indeks lakoće s vrijednošću od 0,3 do 0,7 smatraju se idealnim za testiranje.

Sposobnost zadatka u mjerenju individualnih razlika među učenicima, mjeri se indeksom diskriminativnosti ( $D$ ) koji govori koliko je pojedino pitanje učinkovito u mjerenju razlika među učenicima. Da bi se izračunala vrijednost  $D$ , potrebno je odrediti trećinu najboljih i trećinu najlošijih učenika, u skladu s ukupnim brojem učenika koji su sudjelovali u istraživanju te njihovom uspješnošću koja je odraz njihovog ostvarenog broja bodova te na temelju kojeg su zauzeli određeno mjesto na rang ljestvici (Haladyna, 2002). Indeks diskriminativnosti računa se prema sljedećoj formuli:

$$\frac{2 \times (B-L)}{\text{ukupan broj učenika}}$$

gdje  $B$  označava broj točnih odgovora najboljih učenika, a  $L$  broj točnih odgovora najlošijih učenika. Pitanje s vrijednosti indeksa diskriminativnosti većom od 0,35 smatra se izvrsnim pitanjem, između 0,35 i 0,25 dobrim pitanjem, između 0,25 i 0,15 prihvatljivim, a s vrijednošću manjom od 0,15 neprihvatljivim. Prema Haladyna (2002), što je vrijednost  $D$  veća, to zadatak bolje razlikuje učenike u odnosu na njihovo znanje, a što je ona niža, to pitanje pokazuje slučajnu povezanost zadatka i ukupnog uratka te bi takve zadatke trebalo ukloniti u sljedećim verzijama pisane provjere znanja.

Nadalje, izračunat je i Cronbachov alfa-koeficijent, kojim se procjenjuje pouzdanost pitanja u pisanim provjerama znanja, a koji se računa prema sljedećoj općoj formuli:

$$\left(\frac{k}{k-1}\right) \times \left(1 - \left(\sum \frac{V_i}{V_t}\right)\right)$$

pri čemu je  $k$  broj zadataka,  $V_i$  varijanca pojedinih dijelova, a  $V_t$  varijanca cijele pisane provjere znanja. Uvrštavanjem poznatih vrijednosti u formulu dobije se vrijednost koja procjenjuje pouzdanost testa. Visoke vrijednosti Cronbachovog alfa-koeficijenta ukazuju na veću međusobnu povezanost zadataka. Provjera znanja s vrijednošću ovoga koeficijenta većom od 0,9 smatra se vrlo visoko pouzdanom, iznad 0,8 visoko pouzdanom, iznad 0,7 zadovoljavajuće pouzdanom, iznad 0,6 ona je prihvatljiva uz nužnost određenih korekcija u narednim konstrukcijama, dok se između 0,5 – 0,6 smatra lošom, a ispod 0,5 neprihvatljivom (Bukvić, 1982).

### **3. REZULTATI**

U ovom poglavlju prikazana je analiza pisane provjere znanja prema opisanim indeksima te je njena struktura tablično prikazana. Potom je prikazana analiza ukupne uspješnosti učenika u rješavanju pisane provjere znanja kao i analiza uspješnosti u rješavanju pitanja različitih razina po Crooksu. Pitanja u kojima je uočeno postojanje miskoncepcija prikazana su grafički. Nakon prikaza utvrđenih miskoncepcija prikazana je analiza konceptualnih mapa i analiza provedene ankete.

#### **3.1. Analiza pisane provjere znanja**

Pitanja u pisanoj provjeri znanja konstruirana su prema Crooksovoj taksonomiji (1988) te je svakom pitanju određene razine izračunat indeks lakoće i diskriminativnosti na osnovi odgovora učenika s kojima je provedeno istraživanje. Također je izračunat i Cronbachov alfa-koeficijent koji iznosi 0,57.

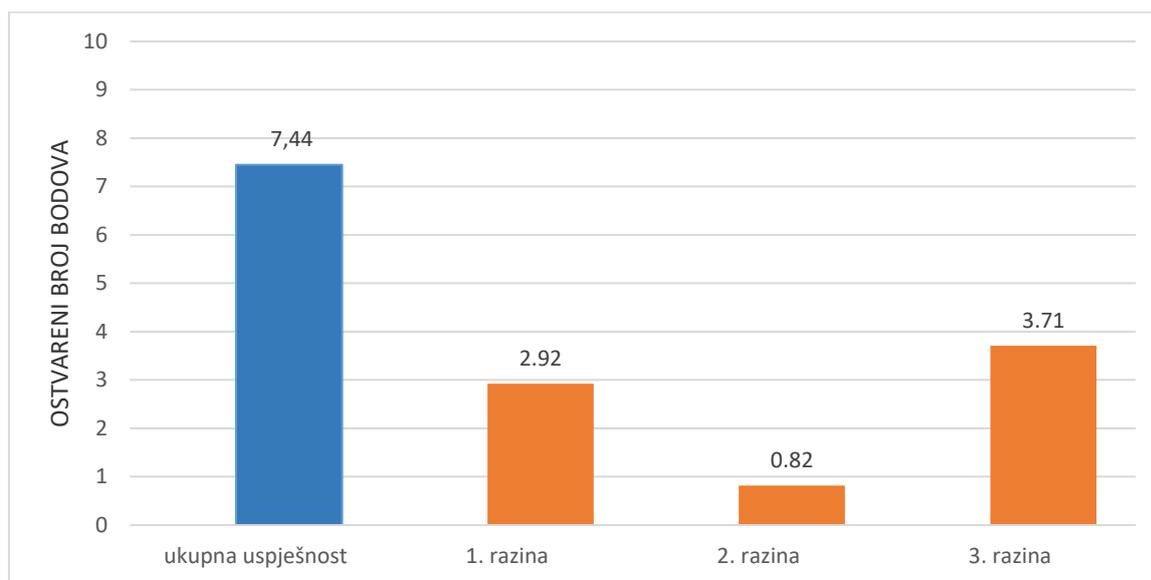
**Tablica 1.** Struktura pisane provjere znanja s obzirom na utvrđeni indeks lakoće ( $p$ ) i indeks diskriminativnosti ( $D$ ) pojedinog pitanja određene razine postignuća prema Crooksovoj taksonomiji (1988)

R. br.	Razina postignuća po Crooksovoj taksonomiji	$p$	$D$
1.	2	0,183673	<b>0,122449</b>
2.	2	0,346939	<b>0,040816</b>
3.	1	0,510204	<b>0,244898</b>
4.	2	0,163265	<b>0,163265</b>
5.	1	0,061224	<b>0,081633</b>
6.	1	0,469388	<b>0,040816</b>
7.	2	0,122449	<b>0,204082</b>
8.1.	1	0,326531	<b>0</b>
8.2.	1	0,571429	<b>0,122449</b>
8.3.	1	0,102041	<b>0</b>
8.4.	1	0,44898	<b>0,163265</b>
8.5.	1	0,428571	<b>0,163265</b>
9.1.	3	0,469388	<b>0,285714</b>
9.2.	3	0,44898	<b>0,408163</b>
9.3.	3	0,346939	<b>0,244898</b>
10.1.	3	0,204082	<b>0,204082</b>
10.2.	3	0,22449	<b>0,367347</b>
10.3.	3	0,163265	<b>0,040816</b>
10.4.	3	0,326531	<b>0,285714</b>
11.1.	3	0,44898	<b>0,44898</b>
11.2.	3	0,428571	<b>0,081633</b>
11.3.	3	0,122449	<b>-0,08163</b>
11.4.	3	0,244898	<b>0,244898</b>
11.5.	3	0,285714	<b>0,326531</b>

U pisanoj provjeri znanja provedenoj među učenicima trećih razreda, prema indeksu lakoće ( $p$ ), pitanja 1., 4., 5., 7., 8.3., 10.1., 10.2., 10.3., 11.3., 11.4. i 11.5. procijenjena su kao teška pitanja. S obzirom na ovo ista pitanja su uspoređena s analizom kvalitete pitanja objavljenom u Babić (2018) te su prema toj analizi u kojoj je sudjelovalo 4 neovisna mjeritelja 1., 4., 5., i 7. pitanje procijenjeno kao vrlo dobro, dok su pitanja 8.3., 10.1., 10.2., 10.3., 11.3., 11.4. i 11.5.

procijenjena kao izvrsna prema kvaliteti pitanja, stoga su uzeta u obzir pri daljnjoj analizi. Pitanja 2., 6., 8.1., 8.2., 8.4., 8.5., 9.1., 9.2., 9.3., 10.4., 11.1., i 11.2. smatraju se idealnim za testiranje. Uzevši u obzir indeks diskriminativnosti ( $D$ ), pitanja 9.2. i 11.1. smatraju se izvrsnim za testiranje te precizno razlikuju odlične od loših učenika. Pitanja 9.1., 10.4., i 11.5. smatraju se dobrim pitanjima, dok se pitanja 3., 4., 7., 8.4., 8.5., 9.3., 10.1., i 11.4. smatraju prihvatljivim pitanjima za testiranje.

### 3.2. Analiza ukupne uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja te analiza uspješnosti rješavanja s obzirom na razine

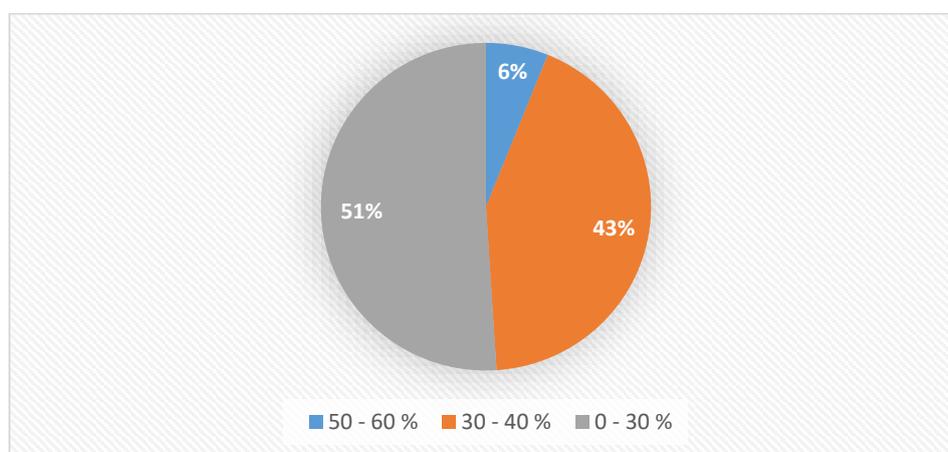


**Slika 2.** Ukupna uspješnost rješavanja pisane provjere znanja i uspješnost u rješavanju pitanja 1., 2. i 3. razine

Ukupna uspješnost rješavanja pisane provjere znanja prikazana je prosječnim brojem ostvarenih bodova. Učenici su ostvarili u prosjeku 7,44 bodova od mogućih 25 bodova. U pisanoj su provjeri znanja u pitanjima 1. razine učenici ostvarili prosječno 2,92 boda od ukupno 8 bodova. U pitanjima 2. razine ostvarili su 0,82 bodova od ukupno 4 boda dok su u pitanjima 3. razine ostvarili prosječno 3,71 bodova od ukupno 13 bodova.

### 3.3. Utvrđivanje miskoncepcija

Na osnovu utvrđenog ukupnog uspjeha u pisanoj provjeri znanja svakog pojedinog učenika definirane su klase uspješnosti pa su tako učenici svrstani u 3 klase uspješnosti: 50 – 60 % riješenosti, 30 – 40 % i manje od 30 %. Iz slike 3 vidljivo je da najveći broj učenika, njih 51 %, pripada u klasu s uspješnosti manjom od 30 %, 43 % učenika pripada klasi uspješnosti od 30 do 40 % dok samo 6 % učenika pripada klasi s uspješnosti od 50 do 60 %.



**Slika 3.** Raspodjela učenika 3. razreda po klasama uspješnosti

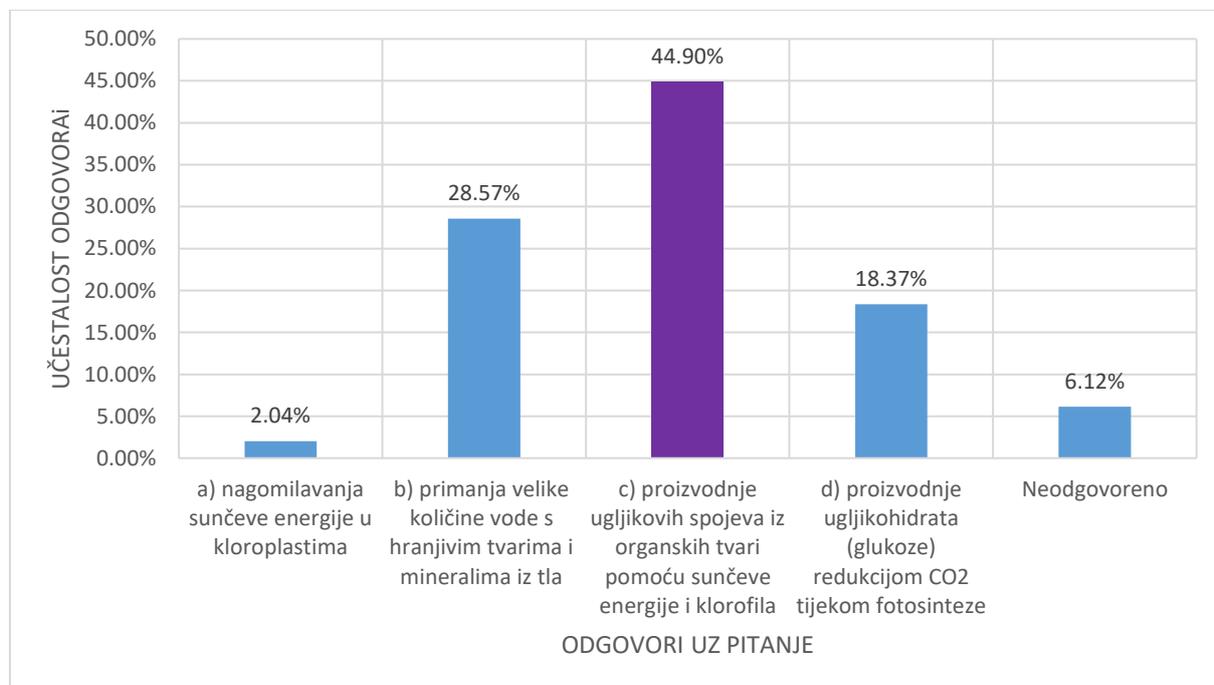
Ukoliko je isti netočan odgovor prisutan u svim klasama smatra se miskoncepcijom koje su prikazane u nastavku. U svakom pitanju, podcrtani odgovor predstavlja točan odgovor, a podebljani stupac u grafu predstavlja prisutnu miskoncepciju.

### 3.3.1. Utvrđene miskoncepcije u pisanoj provjeri znanja

#### 1. pitanje:

**Masa mladice gorskog javora (*Acer pseudoplatanus*) se povećala 30 puta nakon 5 godina uzgoja u kontroliranim uvjetima. Povećanje biljne mase rezultat je:**

- a) nagomilavanja sunčeve energije u kloroplastima
- b) primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla
- c) proizvodnje ugljikovih spojeva iz organskih tvari pomoću sunčeve energije i klorofila
- d) proizvodnje ugljikohidrata (glukoze) redukcijom CO<sub>2</sub> tijekom fotosinteze



**Slika 4.** Učestalost pojedinog odgovora na 1. pitanje (točan je odgovor d), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju)

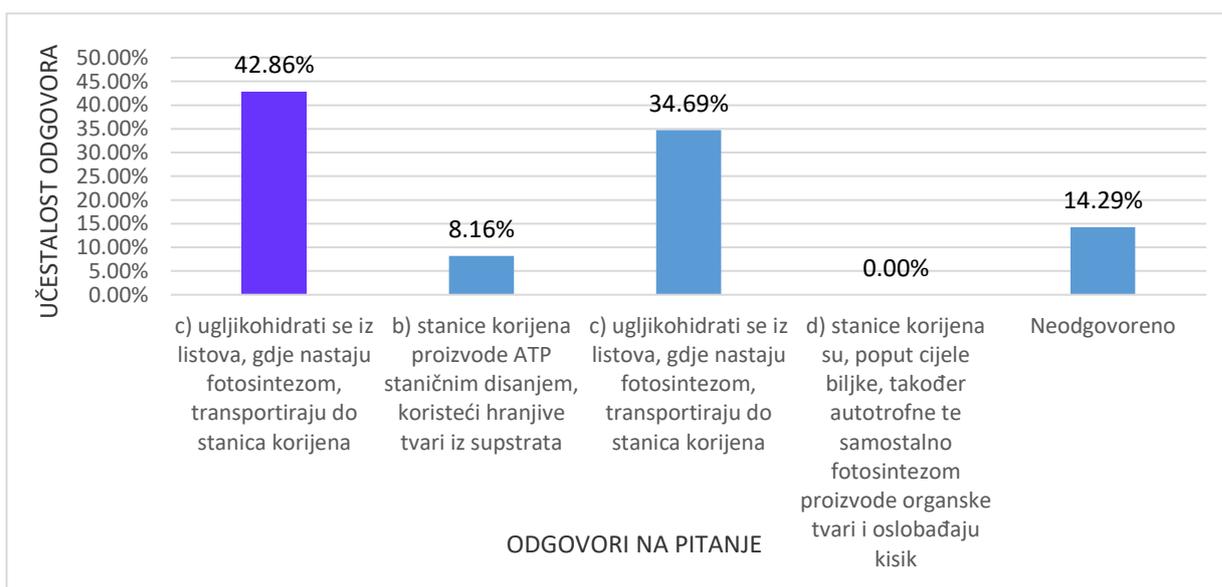
U pisanoj je provjeri znanja na prvo pitanje, 26,53 % učenika ponudio točan odgovor: „d) proizvodnje ugljikohidrata (glukoze) redukcijom CO<sub>2</sub> tijekom fotosinteze“. Najčešći je odgovor kod učenika „c) proizvodnje ugljikovih spojeva iz organskih tvari pomoću sunčeve energije i klorofila“ te se isti pojavljuje u svim klasama učenika pa je označen kao miskoncepcija učenika koji su

sudjelovali u istraživanju. Ovo je pitanje 2. razine, prema indeksu je lakoće ( $p = 0,18$ ) procijenjeno kao teško pitanje, a prema indeksu diskriminativnosti ono je prihvatljivo ( $D = 0,122$ ).

## 2. pitanje:

**Afrička ljubičica (*Saintpaulia ionantha*) stoji na prozorskoj dasci u ukrasnoj keramičkoj posudi i apsorbira Sunčevu energiju. Na koji se način stanice korijena, koje nisu izložene svjetlosnom zračenju, osiguravaju potrebnom energijom za stanični rad, poput primjerice aktivnog transporta kroz membranu?**

- a) u listovima fotosintezom nastaje ATP, koji se transportira do korijena i svih ostalih dijelova biljke
- b) stanice korijena proizvode ATP staničnim disanjem, koristeći hranjive tvari iz supstrata
- c) ugljikohidrati se iz listova, gdje nastaju fotosintezom, transportiraju do stanica korijena
- d) stanice korijena su, poput cijele biljke, također autotrofne te samostalno fotosintezom proizvode organske tvari i oslobađaju kisik



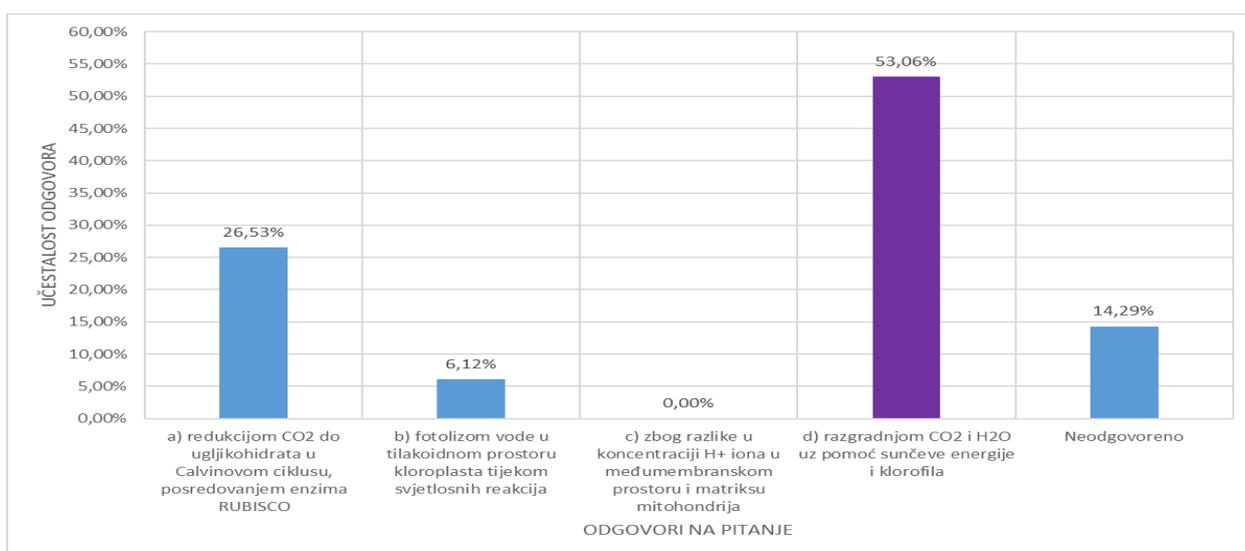
**Slika 5.** Učestalost pojedinog odgovora na 2. pitanje (*točan je odgovor c*), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Netočan odgovor na drugo pitanje: „a) ugljikohidrati se iz listova, gdje nastaju fotosintezom transportiraju do stanica korijena“, utvrđen je kao najčešći s pojavnošću u svim klasama učenika 3. razreda te je iz toga razloga ocijenjen kao miskoncepcija kod učenika koji su sudjelovali u istraživanju, dok 34,69 % učenika točno odgovara na ovo pitanje. Ovo je pitanje 2. razine ocijenjeno kao idealno za testiranje ( $p = 0,34$ ), a prema indeksu diskriminativnosti ( $D = 0,04$ ) ono je prihvatljivo za pisanu provjeru znanja.

## 5. pitanje

### Kisik oslobođen fotosintezom nastaje:

- a) redukcijom CO<sub>2</sub> do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, posredovanjem enzima RUBISCO
- b) fotolizom vode u tilakoidnom prostoru kloroplasta tijekom svjetlosnih reakcija
- c) zbog razlike u koncentraciji H<sup>+</sup> iona u međumembranskom prostoru i matriksu mitohondrija
- d) razgradnjom CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O uz pomoć sunčeve energije i klorofila



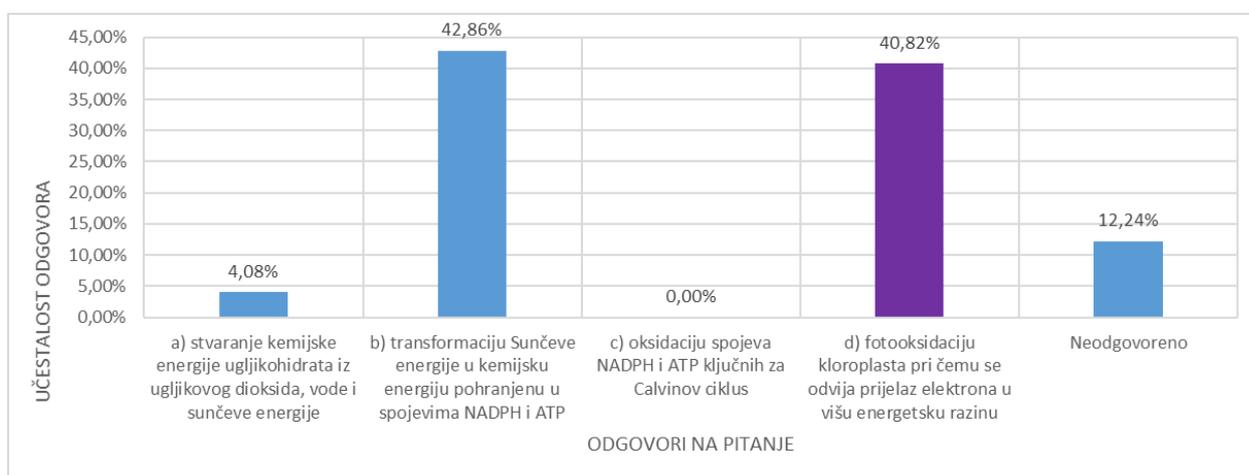
**Slika 6.** Učestalost pojedinog odgovora na 5. pitanje (točan je odgovor b), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Na ovo pitanje točno odgovara samo 6,12 % učenika, dok čak 53,06 % učenika odgovara: „d) razgradnjom CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O uz pomoć sunčeve energije i klorofila“. Kako se ovaj odgovor javlja u svim klasama uspješnosti, ocijenjen je kao miskoncepcija . Ovo je pitanje 1. razine te je prema indeksu lakoće procijenjeno kao teško ( $p = 0,06$ ), dok je prema izračunatom indeksu diskriminativnosti u pisanoj provjeri znanja procijenjeno kao neprihvatljivo pitanje ( $D = 0,08$ ).

## 6. pitanje:

### Svjetlosne reakcije fotosinteze podrazumijevaju:

- a) stvaranje kemijske energije ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida, vode i sunčeve energije
- b) transformaciju Sunčeve energije u kemijsku energiju pohranjenu u spojevima NADPH i ATP
- c) oksidaciju spojeva NADPH i ATP ključnih za Calvinov ciklus
- d) fotooksidaciju kloroplasta pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetska razinu



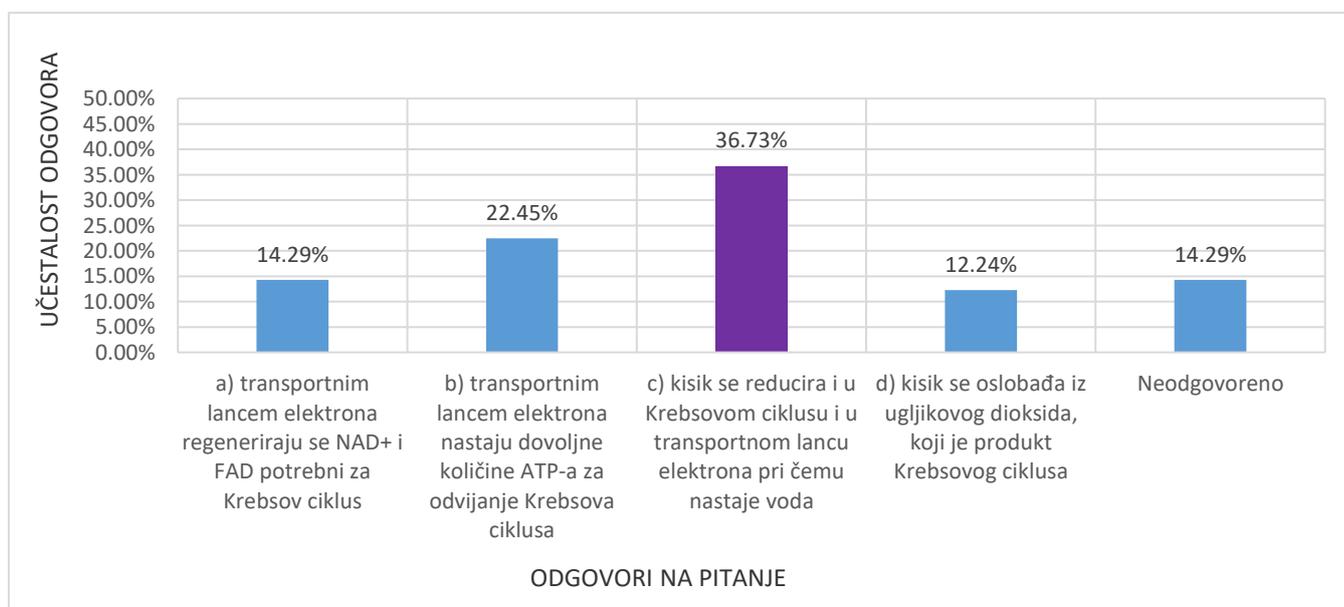
**Slika 7.** Učestalost pojedinog odgovora na 6. pitanje (*točan je odgovor b*), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Većina je učenika koji su sudjelovali u istraživanju, njih 42,86 %, na šesto pitanje u najvećoj mjeri točno odgovorila. Njih 40,82 % odabire odgovor: „d) fotooksidaciju kloroplasta pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetska razinu“, koji je ujedno ocijenjen kao miskoncepcija kod ispitivanih učenika u sve tri klase po uspješnosti. Ovo je pitanje 1. razine procijenjeno kao idealno za testiranje u provjeri provedenoj kod učenika 3. razreda ( $p = 0,46$ ), a prema indeksu je diskriminativnosti ocijenjeno kao neprihvatljivo ( $D = 0,04$ ).

## 7. pitanje:

**Iako kisik sudjeluje samo u posljednjoj etapi staničnog disanja (transportni lanac elektrona) i Krebsov je ciklus (ciklus limunske kiseline) aeroban proces, u odnosu na glikolizu. Zašto je Krebsov ciklus aeroban proces iako ne koristi kisik izravno?**

- a) transportnim lancem elektrona regeneriraju se NAD<sup>+</sup> i FAD potrebni za Krebsov ciklus
- b) transportnim lancem elektrona nastaju dovoljne količine ATP-a za odvijanje Krebsova ciklusa
- c) kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda
- d) kisik se oslobađa iz ugljikovog dioksida, koji je produkt Krebsovog ciklusa



**Slika 8.** Učestalost pojedinog odgovora na sedmo pitanje (*točan je odgovor a*), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Na sedmo pitanje, najveći broj učenika odabire odgovor: „c) kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda“. Taj odgovor se pojavljuje u svim klasama po uspješnosti, stoga je ocijenjen kao miskoncepcija. Njih 14,29 % odgovara točno na pitanje, dok isti broj učenika nije ponudio odgovor na postavljeno pitanje. U provjeri znanja kod učenika 3. razreda ovo je pitanje procijenjeno kao idealno za testiranje ( $p = 0,46$ ), te kao prihvatljivo prema indeksu diskriminativnosti ( $D = 0,20$ )

## 8. pitanje:

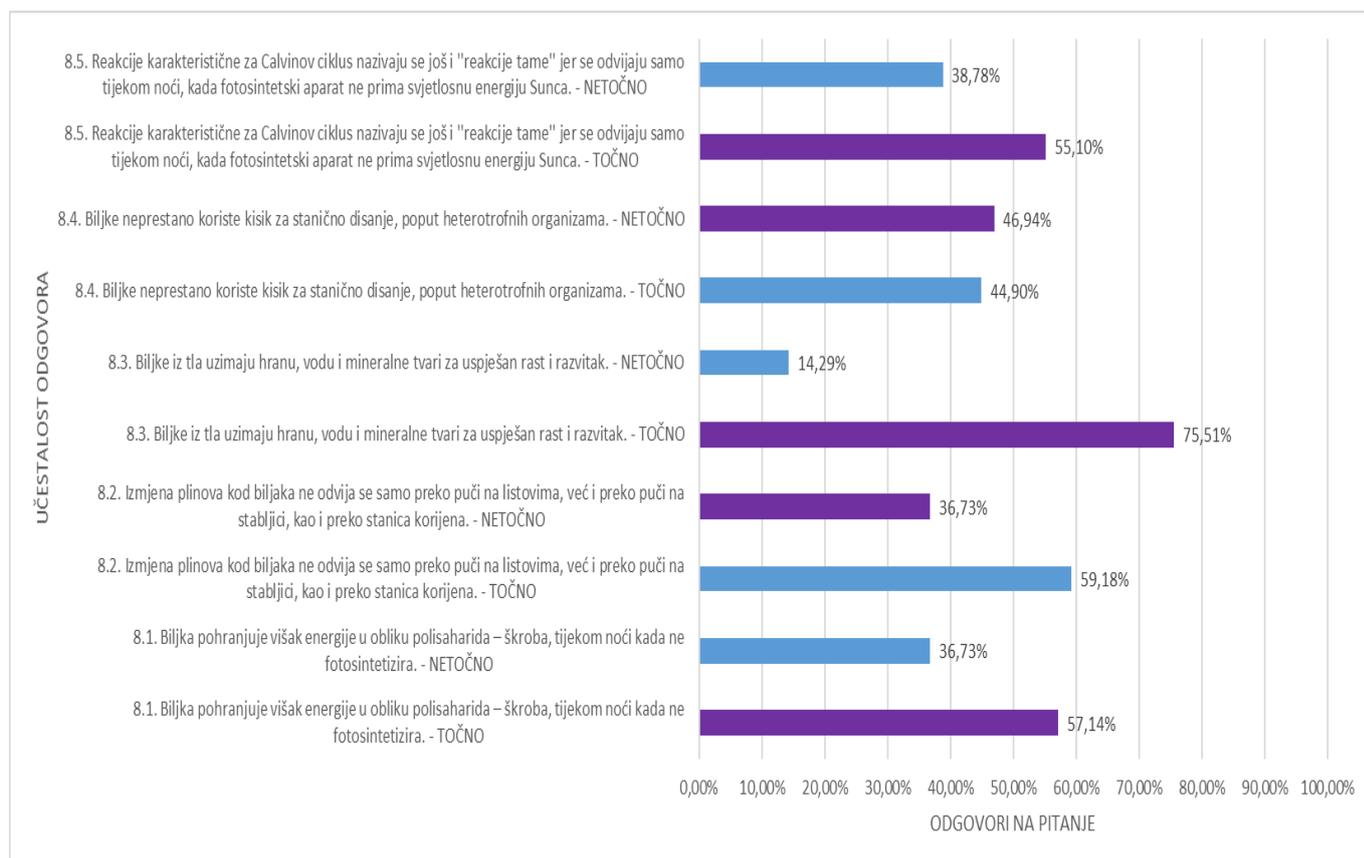
8.1. Biljka pohranjuje višak energije u obliku polisaharida – škroba, tijekom noći kada ne fotosintetizira. - **NETOČNO**

8.2. Izmjena plinova kod biljaka ne odvija se samo preko puči na listovima, već i preko puči na stabljici, kao i preko stanica korijena. - **TOČNO**

8.3. Biljke iz tla uzimaju hranu, vodu i mineralne tvari za uspješan rast i razvitak. - **NETOČNO**

8.4. Biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama. - **TOČNO**

8.5. Reakcije karakteristične za Calvinov ciklus nazivaju se još i "reakcije tame" jer se odvijaju samo tijekom noći, kada fotosintetski aparat ne prima svjetlosnu energiju Sunca. – **NETOČNO**



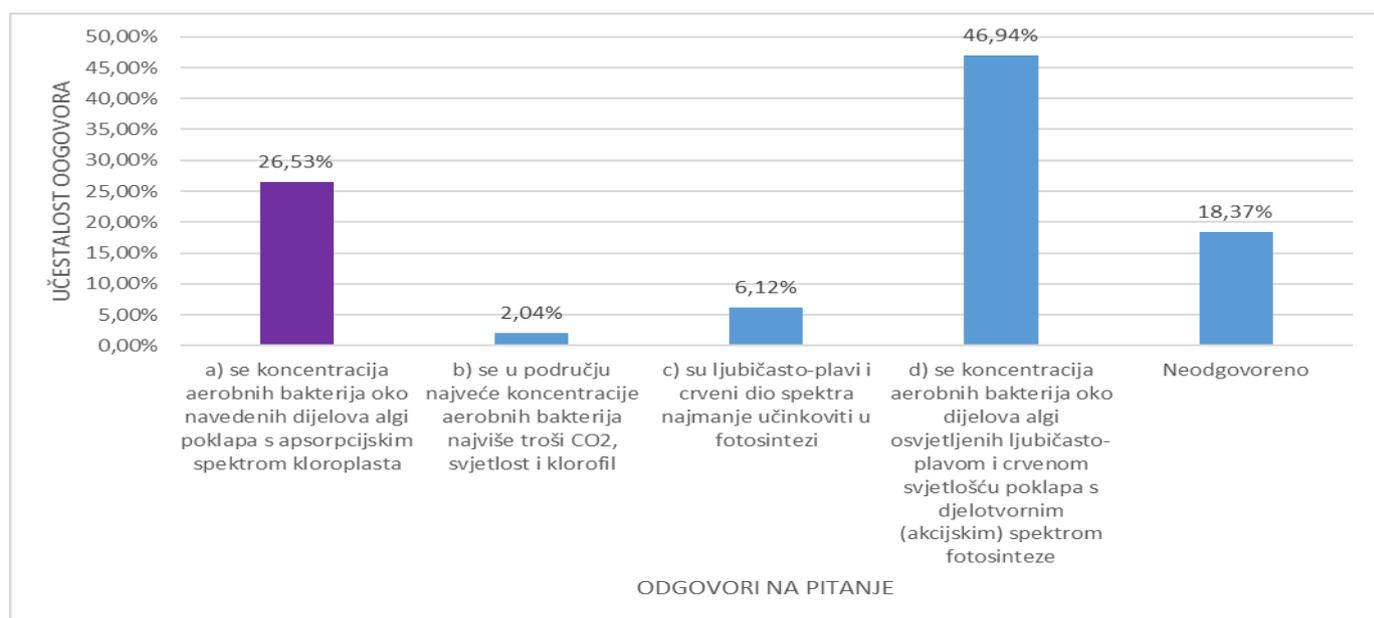
Slika 9. Učestalost pojedinog odgovora na 8. pitanje

Osmo je pitanje alternativnog izbora u kojem su učenici trebali odlučiti je li određena tvrdnja točna ili netočna. Uočen je veliki broj netočnih odgovora koji se pojavljuju u sve tri klase učenika po uspješnosti. Iz toga je razloga i ono obuhvaćeno ovom zajedničkom analizom. Tamnije osjenčani odgovori prikazuju utvrđene miskoncepcije kod učenika. Na pitanje 8.1., 36,73 % učenika točno odgovara na pitanje, dok većina učenika, čak njih 57,14 %, odabire tvrdnju: „*Biljka pohranjuje višak energije u obliku polisaharida – škroba, tijekom noći kada ne fotosintetizira*“, koja je ujedno netočna te predstavlja miskoncepciju koja se pojavljuje u sve tri klase učenika po uspješnosti. Pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje ( $p = 0,32$ ), a prema indeksu diskriminativnosti kao neprihvatljivo pitanje za testiranje ( $D = 0$ ). Dok više od polovice ispitivanih učenika, njih 52,18 %, odgovara točno na pitanje 8.2., ipak, 36,37 % učenika, koji su raspoređeni po svim klasama po uspješnosti, smatra da je tvrdnja o položaju puči na biljci netočna te je odgovor kao takav ocijenjen kao miskoncepcija. Samo 14,29 % učenika točno odgovara na pitanje 8.3., dok čak 75,51 % njih smatra da: „*biljke iz tla uzimaju, pored vode i minerala, također i hranu*“. Isti se odgovor pojavljuje u sve tri klase učenika po uspješnosti i također je ocijenjen kao miskoncepcija. Pitanje je teško ( $p = 0,1$ ;  $D = 0$ ) te je ujedno neprihvatljivo za razlikovanje najboljih od najlošijih učenika. Na pitanje 8.4. točno odgovara 44,90 % učenika, dok njih 46,94 % ne smatra da i biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, kao i heterotrofni organizmi. Taj se netočan odgovor pojavljuje u sve tri klase učenika po uspješnosti te također otkriva postojanje problema u razumijevanju koncepta disanja na razini stanice. Prema indeksu lakoće, pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje ( $p = 0,44$ ), a prema indeksu je diskriminativnosti ono prihvatljivo ( $D = 0,16$ ). Točan je odgovor u 8.5. pitanju ponudilo 38,78 % učenika, dok više od polovice učenika, njih 55,10 % pokazuje nerazumijevanje Calvinova ciklusa i njegova odvijanja neovisno o svjetlosnim uvjetima. Pitanje se pojavljuje u sve 3 klase učenika po uspješnosti te je ocijenjeno kao miskoncepcija. Pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje te kao prihvatljivo prema indeksu diskriminativnosti ( $p = 0,42$ ;  $D = 0,16$ ).

## 9.1. pitanje:

U eksperimentu je dokazano da (zaokružite jedan točan odgovor):

- a) se koncentracija aerobnih bakterija oko navedenih dijelova algi poklapa s apsorpcijskim spektrom kloroplasta
- b) se u području najveće koncentracije aerobnih bakterija najviše troši CO<sub>2</sub>, svjetlost i klorofil
- c) su ljubičasto-plavi i crveni dio spektra najmanje učinkoviti u fotosintezi
- d) se koncentracija aerobnih bakterija oko dijelova algi osvijetljenih ljubičasto-plavom i crvenom svjetlošću poklapa s djelotvornim (akcijskim) spektrom fotosinteze



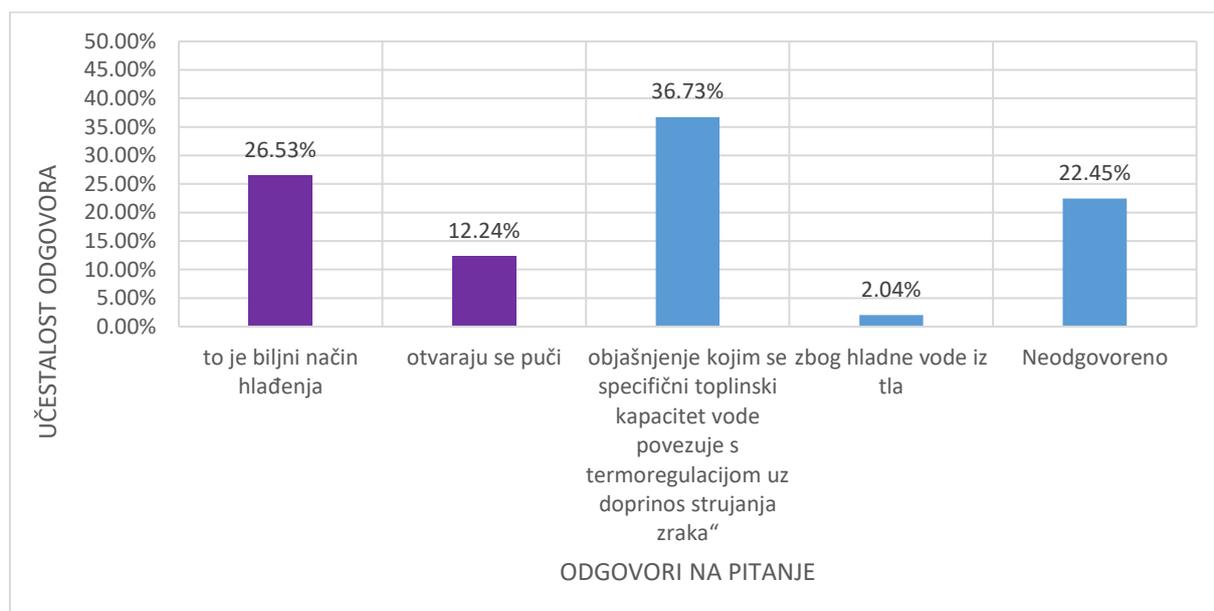
**Slika 10.** Učestalost pojedinog odgovora na 9.1. pitanje (*točan je odgovor d*), a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Na pitanje 9.1., kao dio devetog pitanja treće razine točno odgovora većina učenika, njih 46,94 %. Također, njih 26,53 % na ovo pitanje odgovara netočno: „a) se koncentracija aerobnih bakterija oko navedenih dijelova algi poklapa s apsorpcijskim spektrom kloroplasta“, te se odgovor ocjenjuje kao miskoncepcija, budući se isti pojavljuje u svim klasama po uspješnosti. Prema indeksu lakoće ovo pitanje procijenjeno je kao idealno za testiranje u pisanoj provjeri

znanja ( $p = 0,46$ ), a prema indeksu diskriminativnosti, izvrsno razlikuje najbolje od najlošijih učenika ( $D = 0,36$ ).

### 9.3. Apsorpcija Sunčeve energije u listu rezultira zagrijavanjem. Kada bi se apsorbirala sva dostupna energija, list debljine 300 $\mu\text{m}$ bi se zagrijao na temperaturu od 100 $^{\circ}\text{C}$ svake minute. Na koji način isparavanje vode iz biljke i strujanje zraka doprinose zaštiti od pregrijavanja?

Predložen točan odgovor: očekivani odgovor uključuje povezivanje visokog specifičnog toplinskog kapaciteta vode s termoregulacijom, pri čemu strujanje zraka potpomaže proces isparavanja vode.



**Slika 11.** Učestalost pojedinog odgovora na 9.3. pitanje (točan je odgovor „objašnjenje kojim se specifični toplinski kapacitet vode povezuje s termoregulacijom uz doprinos strujanja zraka“, a tamnije osjenčani stupci označavaju utvrđene miskonceptije u svim klasama učenika)

U pitanju 9.3., 36,73 % učenika točno odgovara na pitanje te nudi objašnjenje kojim se specifični toplinski kapacitet vode povezuje s termoregulacijom uz doprinos strujanja zraka. Bez obzira na točne odgovore, u pitanju su prisutne čak dvije miskonceptije uočene u sve tri klase učenika po uspješnosti. Sukladno tome, 26,53 % učenika odabire odgovor: „To je biljni

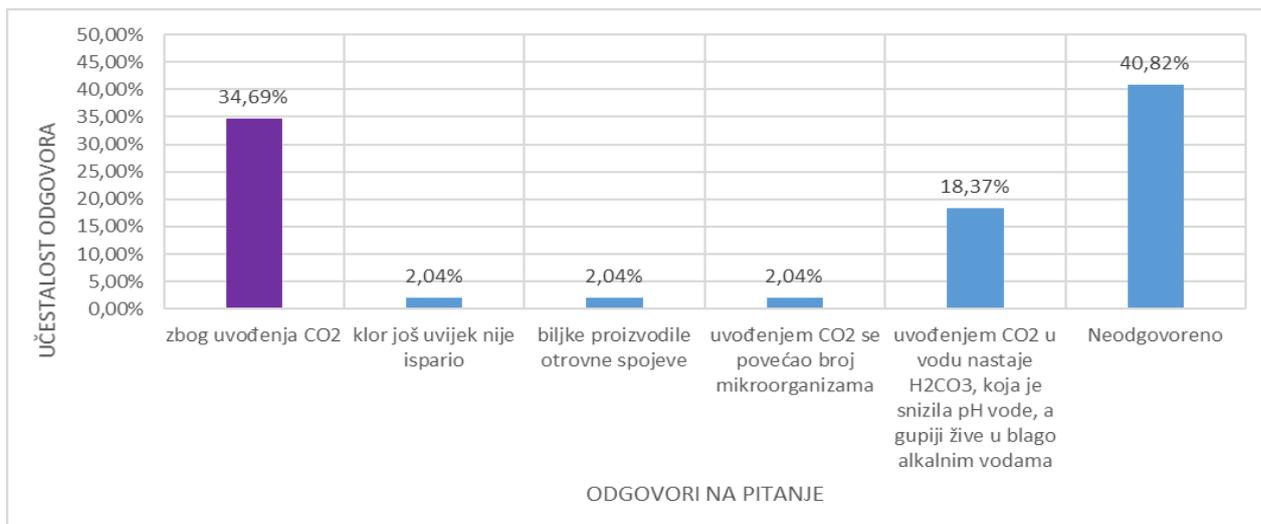
*način hlađenja*“, koji se pojavljuje u sve tri klase učenika te je ocijenjen kao miskoncepcija. Također, miskoncepcijom se smatra i odgovor „*Otvoraju se puči.*“ koji odabire 12,24 % učenika. Oba odgovora pokazuju nerazumijevanje čimbenika koji utječu na zaštitu od pregrijavanja biljke te su ocijenjeni kao miskoncepcije i označeni tamnije osjenčanim stupcima. Prema indeksu lakoće ( $p = 0,34$ ), pitanje je ocijenjeno kao idealno za testiranje te kao prihvatljivo pitanje prema indeksu diskriminativnosti ( $D = 0,24$ ) na osnovu kojega je ovo pitanje prihvatljivo za razlikovanje najboljih od najlošijih učenika.

### **10.3. pitanje:**

**Nakon početnog neuspjeha, Marko se odlučio za ozbiljniji pristup akvaristici te je u akvarij ponovno naselio akvarijske ribice gupi i zasadio zahtjevne biljne vrste, zbog kojih je bio primoran uvoditi dodatne količine ugljikovog dioksida u vodu za njihov uspješan rast i razvitak. Iako je CO<sub>2</sub> dodavao u količinama, koje nisu ometale procese disanja kod ribica, već nakon nekoliko dana bilo je vidljivo da im ne odgovaraju novi uvjeti te je došlo do pojave prvih znakova bolesti i ugibanja.**

**Objasnite na koji je način uvođenje CO<sub>2</sub> u akvarijsku vodu moglo utjecati na razvoj bolesti i ugibanje gupija.**

Predloženi točan odgovor: uvođenjem CO<sub>2</sub> u vodu nastaje ugljična kiselina, koja smanjuje pH vode stvarajući blago kiselo područje, dok je gupijima prirodno stanište blago alkalna voda.

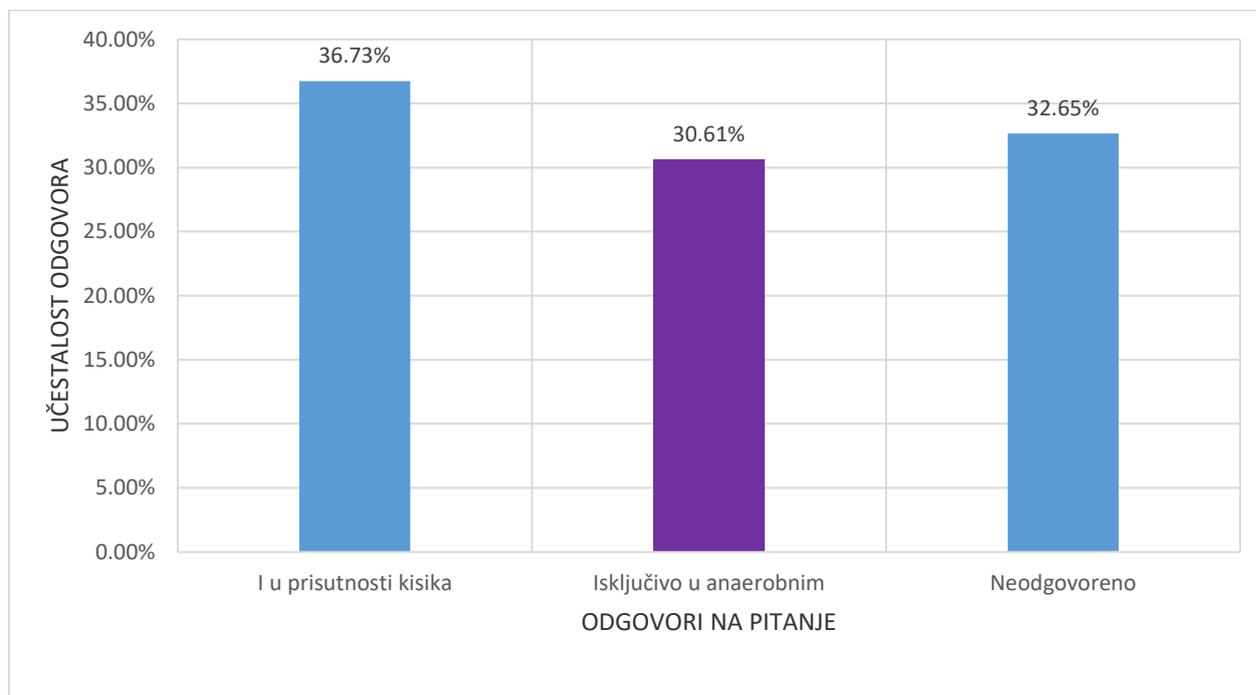


**Slika 12.** Učestalost pojedinog odgovora na 10.3. pitanje (točan odgovor je „*uvođenjem CO<sub>2</sub> u vodu nastaje H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, koja je snizila pH vode, a gupiji žive u blago alkalnim vodama*“)

U pitanju 10.3., učenici su trebali objasniti uzrok ugibanja akvarijskih ribica uslijed uvođenja CO<sub>2</sub>, uz naznaku da ta količina uvedenog plina nije ometala procese disanja. Točan odgovor je: „*uvođenjem CO<sub>2</sub> u vodu nastaje H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, koja je snizila pH vode, a gupiji žive u blago alkalnim vodama*“, a odabire ga 18,37 % učenika. Učenici pokušavaju odgovoriti na pitanje, ali pokazuju nerazumijevanje i neznanje odabirući odgovor „*zbog uvođenja CO<sub>2</sub>*“ koji ni na koji način ne objašnjava navedeno. Pitanje je procijenjeno kao teško za učenike trećeg razreda ( $p = 0,16$ ), dok je prema indeksu diskriminativnosti ono neprihvatljivo pitanje za testiranje ( $D = 0,04$ ).

## 11.2. Može li se reakcija, u kojoj sudjeluju kvaščeve gljivice, odvijati u prisutnosti kisika ili se isključivo odvija u anaerobnim uvjetima?

Predložen točan odgovor: I u prisutnosti kisika.



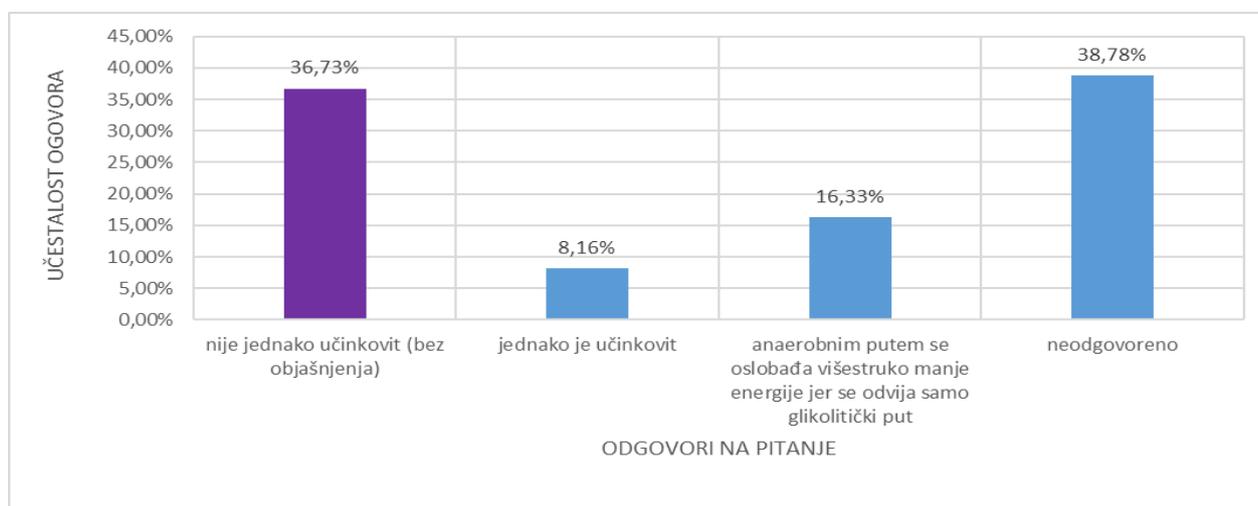
**Slika 13.** Učestalost pojedinog odgovora na 11.2. pitanje (točan je odgovor „i u prisutnosti kisika“, a tamnije osjenčan stupac označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama učenika)

Na ovo pitanje točno odgovara 36,73 % učenika, dok njih 30,61 % daje netočan odgovor: „b) isključivo u anaerobnim uvjetima“, koji je ujedno ocijenjen kao miskoncepcija budući se pojavljuje u sve tri klase učenika po uspješnosti. I u ovom pitanju, velik broj učenik, čak njih 32,65 %, ne odgovara na postavljeno pitanje. Ono je za pisanu provjeru znanja, među ispitivanim učenicima, prema indeksu lakoće procijenjeno kao pitanje idealno za testiranje ( $p = 0,44$ ), a prema indeksu diskriminativnosti procijenjeno je kao izvrsno ( $D = 0,42$ ).

### 11.3. pitanje:

**Na koji se način stanice korijenja poplavljenog kukuruza (*Zea mays*) opskrbljuju energijom kada su izložene hipoksičnim (smanjena koncentracija O<sub>2</sub>) ili čak anoksičnim (potpuni nedostatak O<sub>2</sub>) uvjetima? Je li taj način opskrbe energije jednako učinkovit, kao i onaj u uvjetima s dovoljno kisika?**

Predloženi točan odgovor: U hipoksičnim ili čak anoksičnim uvjetima, korijenje biljaka energiju dobiva anaerobnim (glikolitičkim) putem pri čemu se oslobađa višestruko manje energije, u odnosu na aerobni put razgradnje hranjivih molekula (nastaje manje molekula ATP-a jer se ne odvijaju Krebsov ciklus i transportni lanac elektrona).



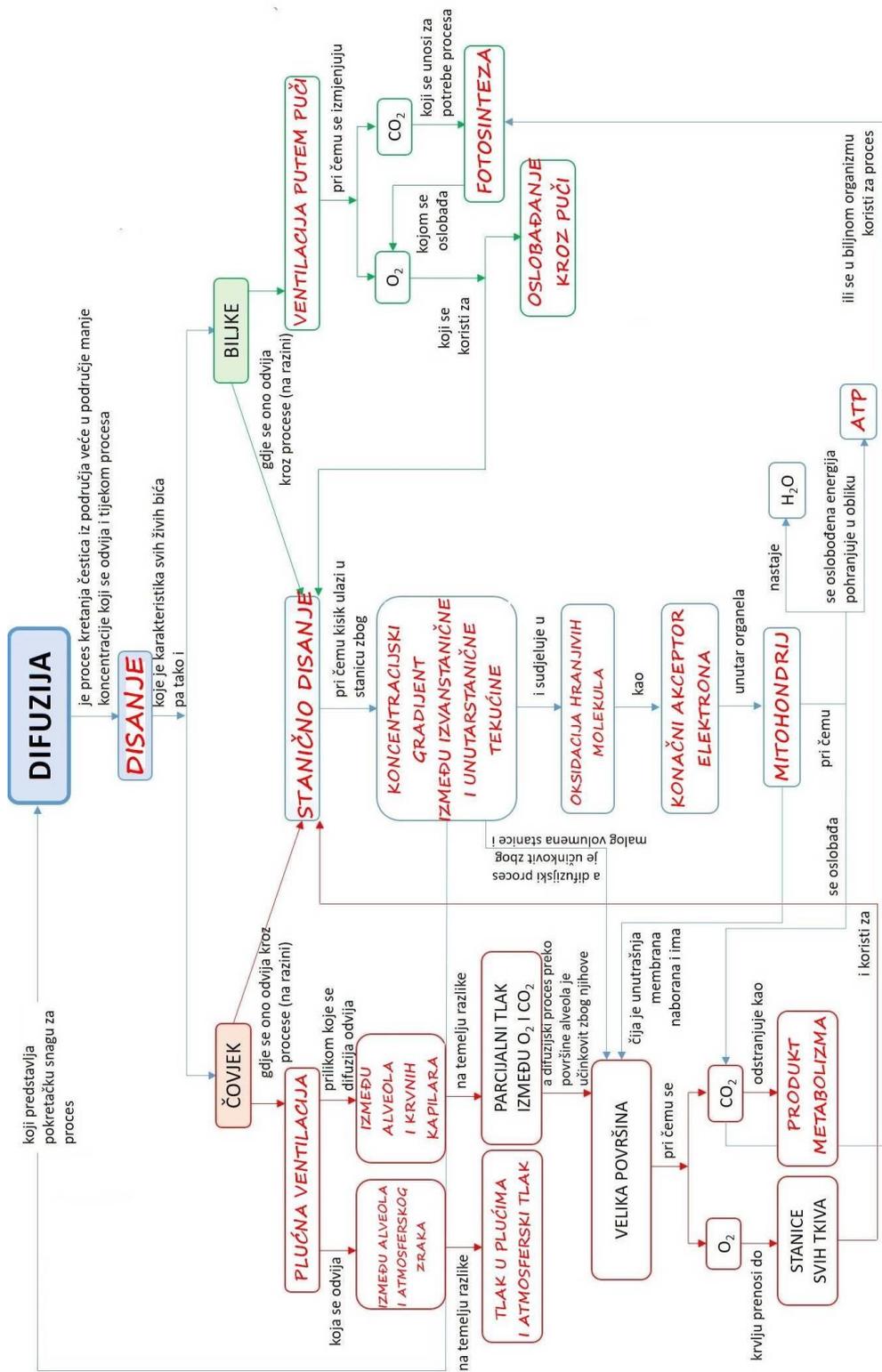
**Slika 14.** Učestalost pojedinog odgovora na 11.3. pitanje (*točan je odgovor „anaerobnim putem se oslobađa višestruko manje energije jer se odvija samo glikolitički put“*)

Učenici su u potpitanju 11.3. unutar 11. pitanja većinom odgovorili: „nije jednako učinkovit“, no bez objašnjenja što je ujedno netočan odgovor utvrđen u svim klasama po uspješnosti. 16,33 % učenika točno odgovara na ovo pitanje dok je i u ovom pitanju, veliki broj učenika, čak njih 38,78 %, koji nisu odgovorili na pitanje. Pitanje je procijenjeno kao teško ( $p = 0,12$ ) i neprihvatljivo ( $D = 0,8$ ).

### **3.4. Analiza konceptualnih mapa**

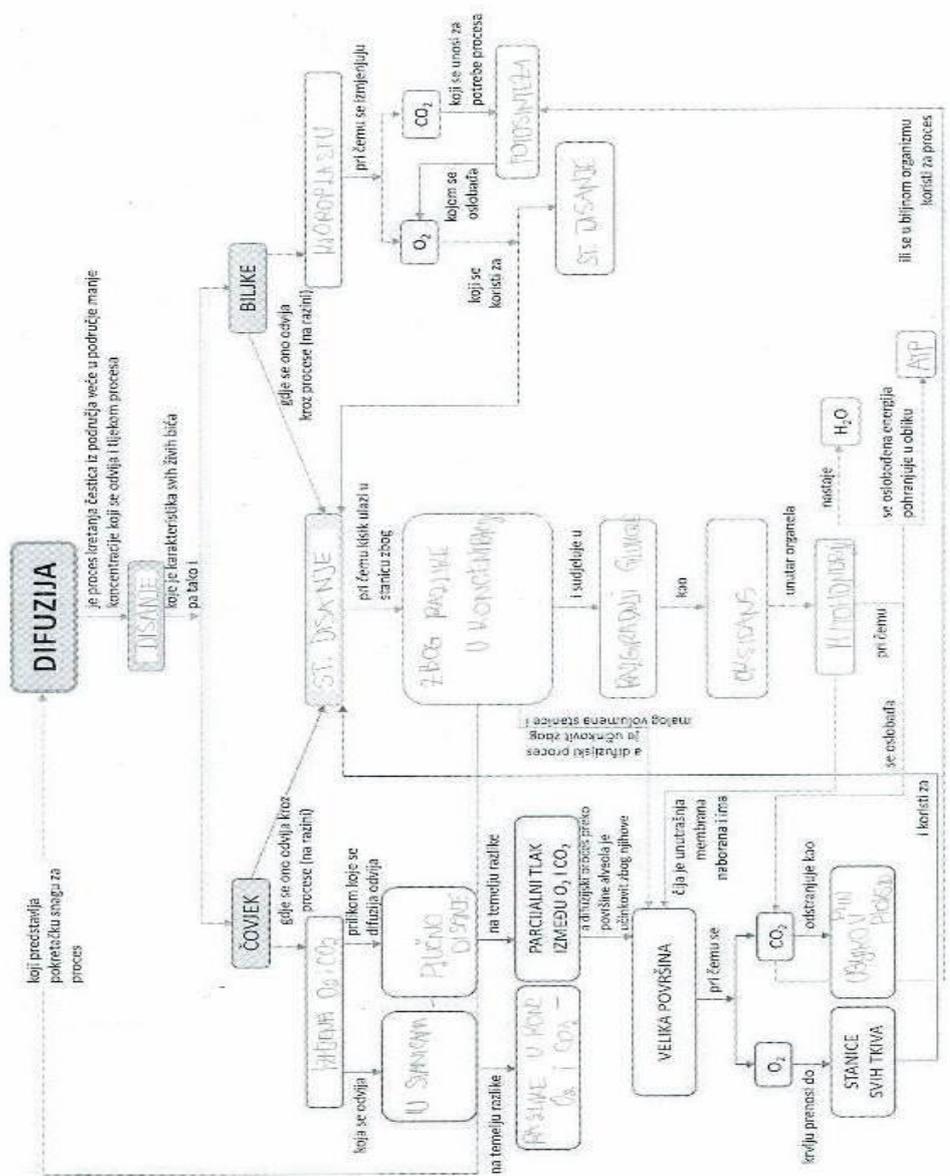
Konceptualne mape analizirane su s ciljem dobivanja dodatnog uvida u razumijevanje istraživanih koncepata *fotosinteze i staničnog disanja*. Iz svake klase uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja izdvojena je po jedna mapa te su uspoređene s ekspertnom mapom (slika 15) i međusobno (slike 16, 17 i 18).

Analizom mapa utvrđen je veliki broj sličnih ili istovjetnih odgovora među učenicima svih klasa po uspješnosti (slike 16, 17 i 18).



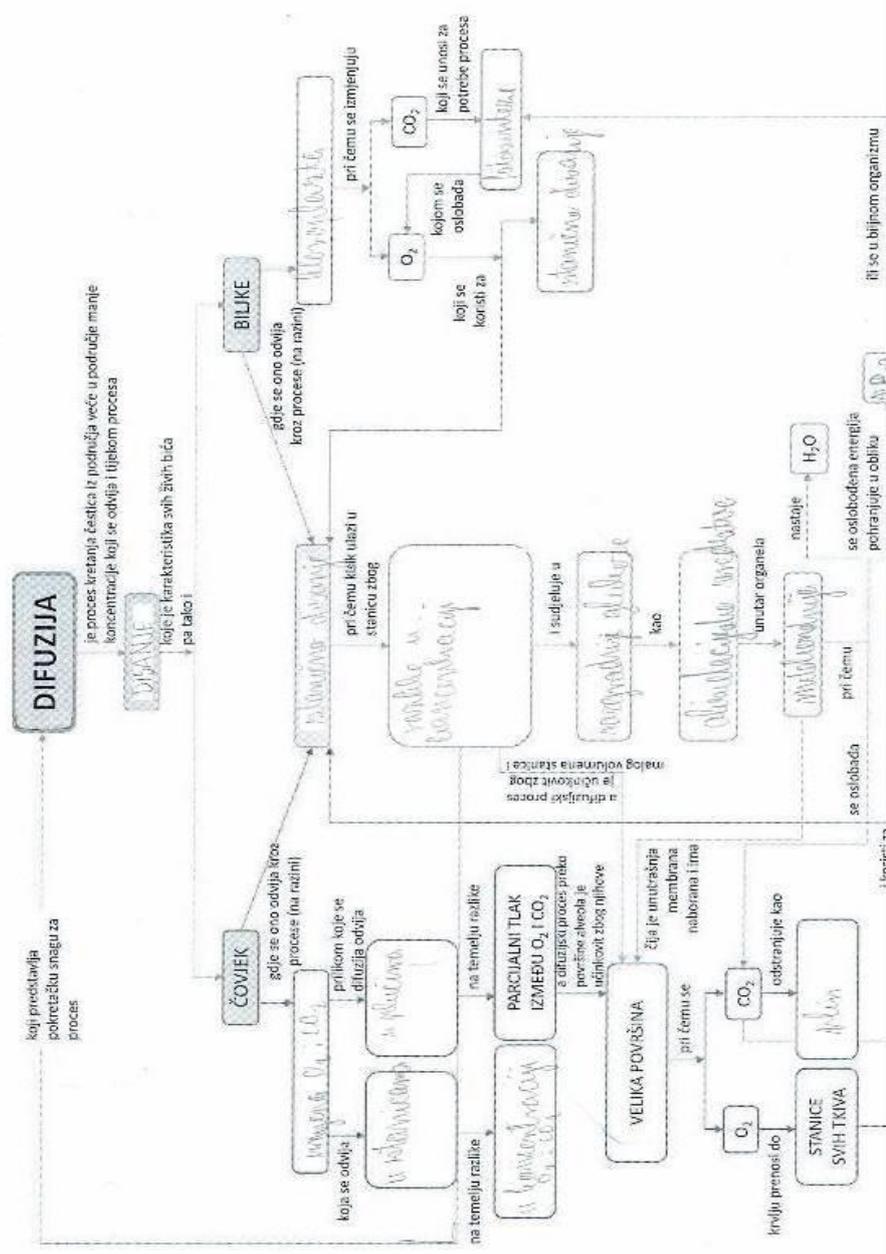
Slika 15. Riješena konceptualna mapa

Podloženi učbenici, rješavajući ove konceptualne mape prikazate sudjelovanje u istraživanju u okviru Diplomskog rada Filipa Batića (autora ove konceptualne mape), a Ključnog za Izradu Diplomskog rada studentice Doroteje Dorišmatović, pod mentorstvom doc. dr. sc. Irene Labak, s ciljem utvrđivanja konceptualnog razumijevanja učesnika gimnazijskog programa, u školskoj godini 2018./2019. Rješavanje konceptualne mape poljuno je anonimno, a uspješnost u rješavanju ispitivanja ni na koji način ne može utjecati na uspjehe u pojedinačnim predmetima tijekom gimnazijskog obrazovanja. Također, molimo Vas da se pridržavate uobičajenih pravila tijekom prisustva provjeri, a vrijeme za rješavanje ove mape je max. 20 minuta.



Slika 16. Primjer riješene konceptualne mape učenika iz 1. klase (50-60 %) po uspješnosti u rješavanju pisane provjere znanja

Poslovanje učionice, opširavarijem ove konceptualne mape pristajato sudjelovati u istraživanju, kao nastavak istraživanja u okviru Diplomskog rada Filipa Babića (autora ove konceptualne mape), a ključnog za izradu Diplomskog rada studentice Dorislavović, pod mentorstvom doc. dr. sc. Irene Labak, s ciljem učvršćivanja konceptualnog razumijevanja učenika gimnazijskog programa, u školskoj godini 2018./2019. Rješavanje konceptualne mape potpuno je anonimno, a uspješnost u rješavanju isporučivanju ni na koji način ne mogu utjecati na uspjehe u pojedinih predmetima tijekom gimnazijskog obrazovanja. Također, molimo Vas da se pridržavate uobičajenih pravila tijekom pristupanja provjeri, a vrijeme za rješavanje ove mape je max. 20 minuta.



Slika 17. Primjer riješene konceptualne mape učenika iz 2. klase (30-40 %) po uspješnosti u rješavanju pisane provjere znanja





Analizom i međusobnim uspoređivanjem odabranih konceptualnih mapa kao i usporedbom s ekspertnom mapom vidljivo je da su učenici podjednaki u uspješnosti rješavanja mape. Iako se očekivalo da će učenici iz klase između 50 i 60 % uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja imati i najbolje rezultate u konceptualnoj mapi, rezultati pokazuju da pojedine točne, kao i netočne odgovore, s gotovo jednakom učestalosti nude kako najbolji (slika 16), tako i najlošiji učenici (slike 18 i 19).

Iako su učenici, uz konceptualnu mapu s prazninama, dobili i polazni tekst pomoću kojega su trebali popuniti navedenu mapu, većinom ne prepoznaju da se disanje odvija na razini plućne ventilacije kod čovjeka i putem puči kod biljaka te na razini stanice, u okviru središnjeg metaboličkog procesa – staničnog disanja, koje je zajedničko svim živim organizmima. Učenici ovdje navode, da se disanje kod čovjeka, osim na razini stanice što učenici uglavnom prepoznaju, odvija i na razini „*izmjene plinova*“ i „*izmjene CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>*“, što su svakako procesi koji se mogu vezati uz procese disanja, ali ne u kontekstu ovog dijela mape. Nadalje, uz biljke povezuju procese disanja s kloroplastom, organelom ključnim u procesu fotosinteze, koji se ni na koji način ne može poistovjetiti s procesima disanja kod biljaka, što otkriva jednu od najčešćih ranije utvrđenih miskoncepcija, vezanu uz poistovjećivanje disanja s fotosintezom kod autotrofnih organizama. Također, može se uočiti da je netočnim rješavanjem „gornjeg“ dijela hijerarhijskog niza mape otežano njegovo daljnje rješavanje prema kraju mape pa se ovdje može uočiti veći broj netočnih, odnosno krivo upotrijebljenih pojmova.

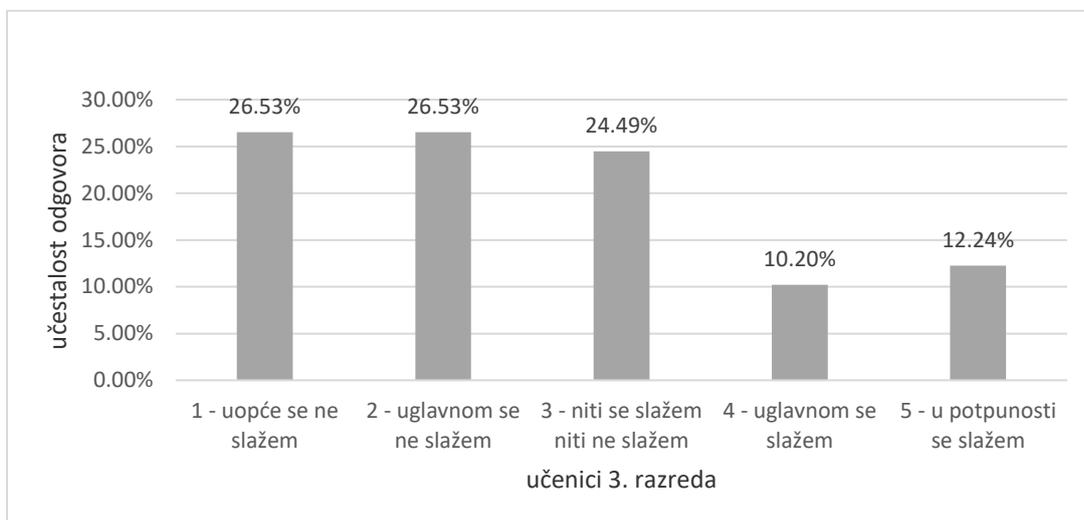
Uz plin CO<sub>2</sub> učenici uglavnom navode da se odstranjuje kao „*plin*“ i „*plin ugljikov dioksid*“, što je samo po sebi jasno, istovremeno zanemarujući da se CO<sub>2</sub> odstranjuje kao „*produkt metabolizma*“, što je u polaznom tekstu jasno navedeno. Ipak, većina ih prepoznaje da se isti iskorištava u procesima fotosinteze te ga s tim procesom unutar mape uspješno povezuju.

Dio konceptualne mape, koji se odnosi na stanično disanje, većina učenika uglavnom uspješno rješava prepoznajući ulazak kisika u stanicu, temeljen na zakonima difuzije uslijed koncentracijskog gradijenta unutarstaničnog i izvanstaničnog prostora te njegovo sudjelovanje u oksidaciji hranjivih tvari, odnosno „*razgradnji glukoze*“, što je uočen kao česti te ujedno točan odgovor učenika, i to kao oksidans, odnosno primatelj elektrona unutar organela mitohondrija, pri čemu nastaje voda, a dio se oslobođene energije pohranjuje u obliku ATP-a.

### 3.5. Analiza ankete o navikama učenja

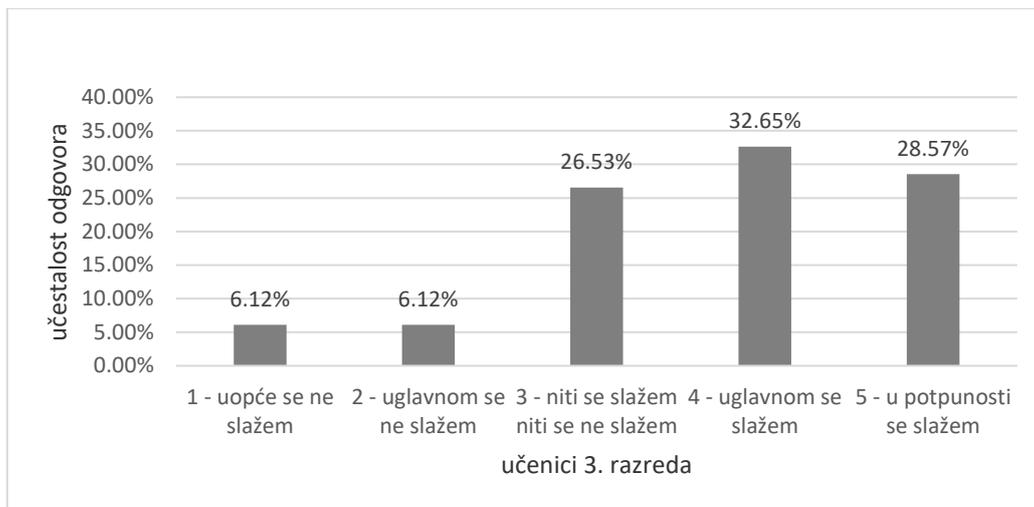
Analiza ankete o navikama učenja učenika rađena je s ciljem interpretacije dobivenih rezultata pisane provjere znanja i konceptualne mape. U daljnjem tekstu prikazane su samo odabrane tvrdnje.

Iz prve je tvrdnje u anketi vidljivo da najveći broj učenika, njih 26,53 % uglavnom se ne slaže s tvrdnjom da uče redovno pripremajući se za ispit dulji vremenski period. Isti broj učenika uopće se ne slaže s tvrdnjom, a njih 24,49 % je neodlučnih te ne pokazuje niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom. Potpuno slaganje s tvrdnjom pokazuje 12,24 % učenika.



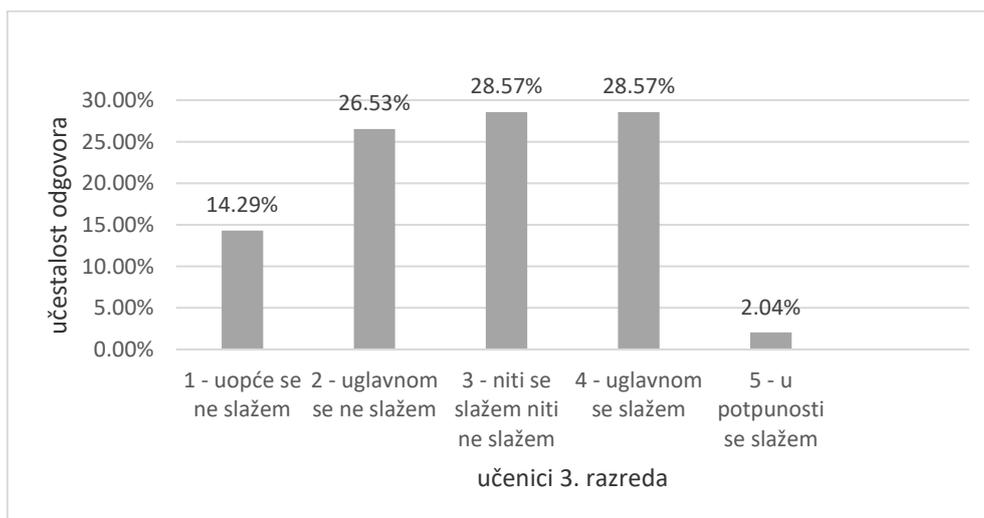
**Slika 20.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju „*Učim redovno pripremajući se za pisanu provjeru znanja dulji vremenski period (puno prije pisane provjere znanja).*“

Većina učenika, njih 32,65 % uglavnom se slaže s tvrdnjom da si tijekom učenja postavljaju pitanja koja ih potiču na razumijevanje, a odmah ih slijedi 28,57 % učenika koji se u potpunosti slažu s navedenom tvrdnjom. Njih 26,53% niti se slaže niti ne slaže s navedenom tvrdnjom. Tek mali broj učenika, njih 6,12 % uglavnom se ne slaže dok se isti broj u potpunosti ne slaže s navedenom tvrdnjom.



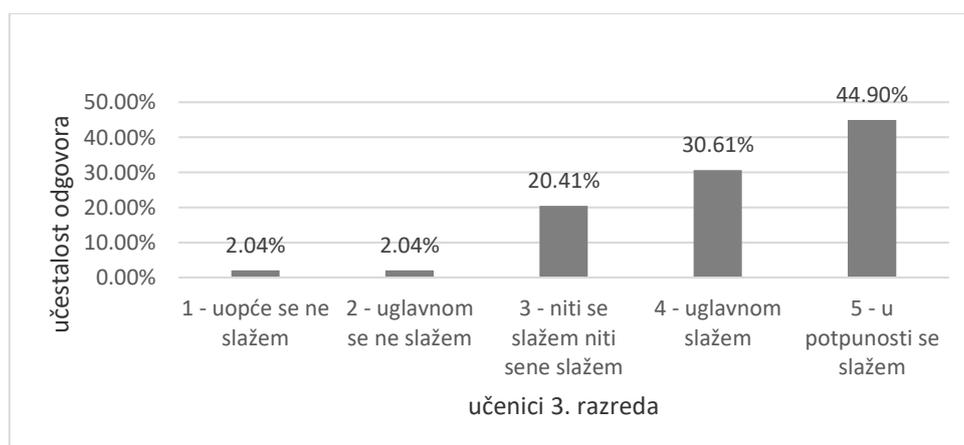
**Slika 21.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju „Tijekom učenja postavljam si pitanja koja me potiču na razumijevanje.“

Pri nerazumijevanju pojedinih dijelova nastavnog gradiva, 28,57 % učenika se uglavnom slaže da po pomoć odlazi kod profesora dok se isti broj niti slaže niti ne slaže s navedenom tvrdnjom. Slijedi ih 26,53 % učenika koji se uglavnom ne slažu s tvrdnjom da pri nerazumijevanju određenog gradiva odlaze po pomoć kod profesora, a njih 14,29 % pokazuje potpuno neslaganje s navedenom tvrdnjom.



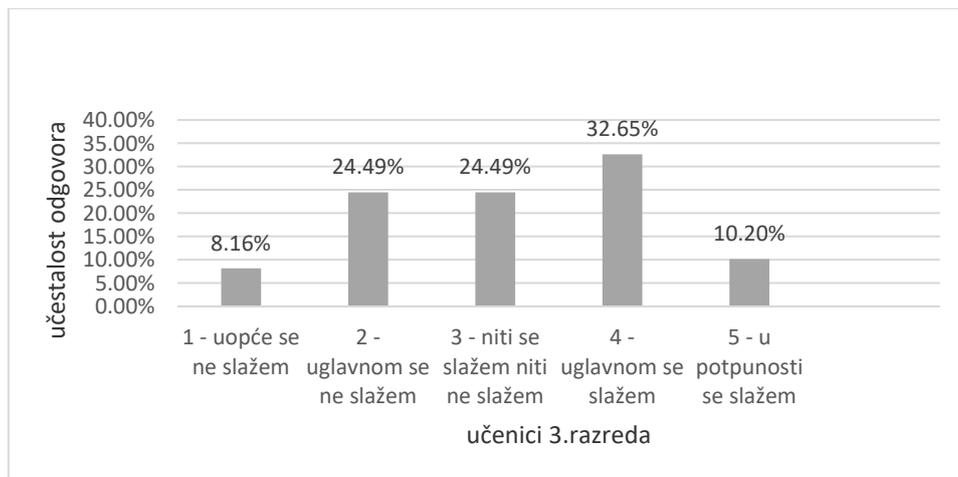
**Slika 22.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju „Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, odlazim po pomoć kod nastavnika.“

Na ovu tvrdnju nadovezuje se sljedeća koja pokazuje zanimljive rezultate prema kojima se najveći broj učenika, čak njih 44,90 % u potpunosti slaže s tvrdnjom da pri nerazumijevanju gradiva, pomoć traže od kolega koji to razumiju, odmah ih slijedi 30,61 % učenika koji se uglavnom slažu s navedenom tvrdnjom. Mali broj učenika, njih 2,04 % uglavnom se ne slaže s navedenom tvrdnjom dok isti broj pokazuje potpuno neslaganje s traženjem pomoći od kolega.



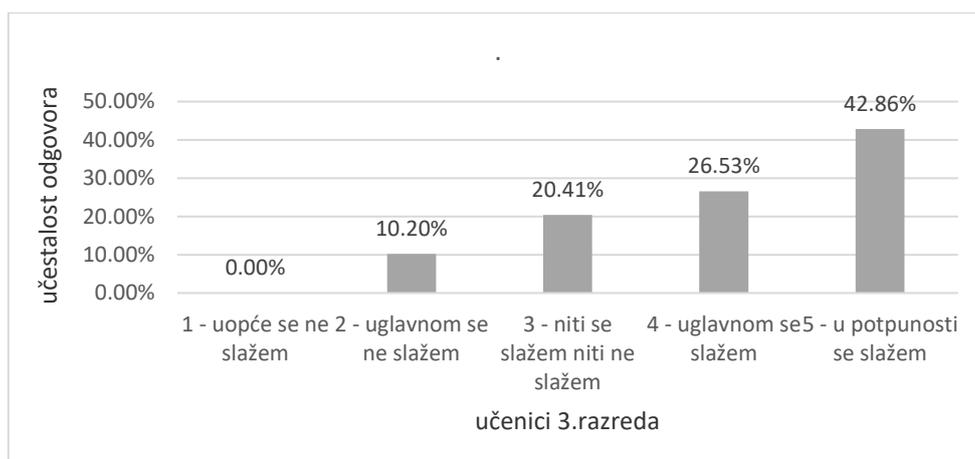
**Slika 23.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju *“Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od ostalih kolega, koji to razumiju.”*

S učenjem samo onih dijelova gradiva, koji su obrađeni na nastavi, bez proširivanja znanja dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz znanosti, uglavnom se slaže 32,65 % učenika, a slijedi ih njih 26,49 % koji se uglavnom ne slažu s tvrdnjom dok je isti broj onih koji su pak glede svoga slaganja s tvrdnjom neodlučni. Manji broj učenika, njih 8,16 % uopće se ne slaže s navedenom tvrdnjom.



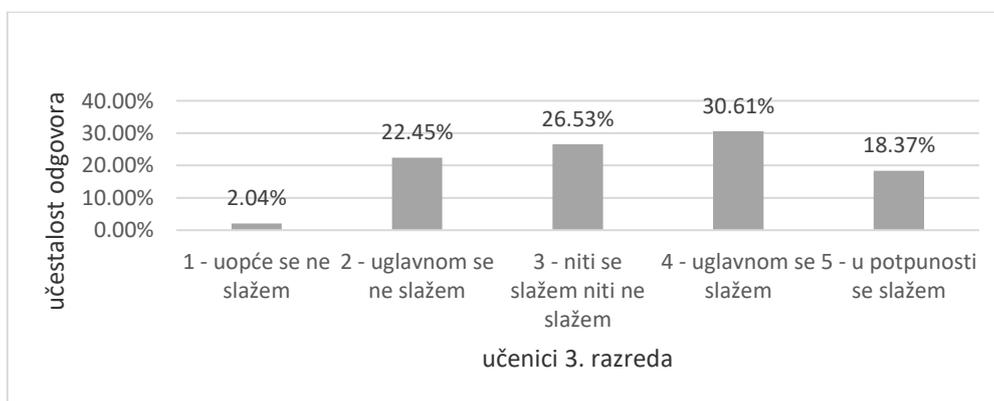
**Slika 24.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju “Učim samo one dijelove gradiva, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući svoje znanje dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz literature.”

Nadalje, velik broj učenika, čak njih 42,86 % u potpunosti se slaže s tvrdnjom da postižu bolje rezultate na ispitu kada mnogo uče. Slijedi ih 26,53 % učenika koji se uglavnom slažu s navedenom tvrdnjom dok je njih 20,41 % neodlučnih. Nešto manji broj, njih 10,20 % uglavnom se ne slaže s tom tvrdnjom dok nema onih koji se uopće ne slažu s navedenom tvrdnjom.



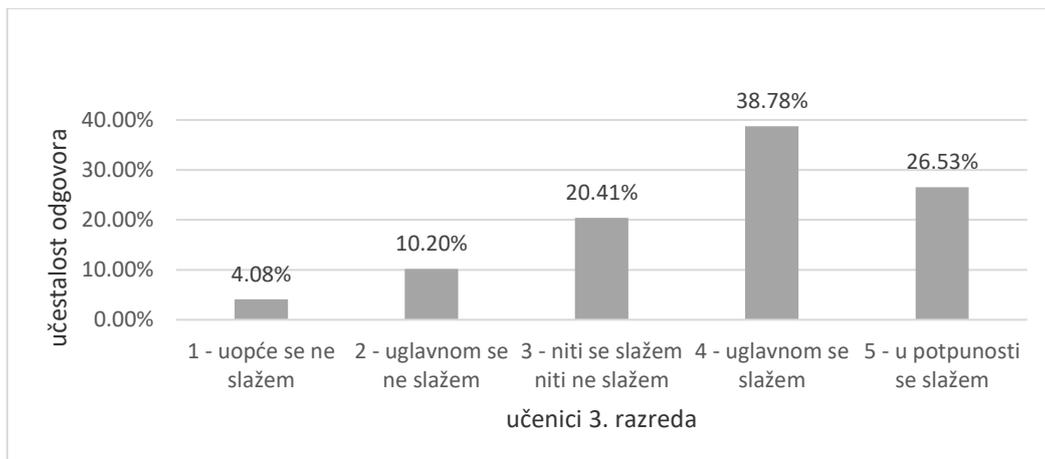
**Slika 25.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju “Kada mnogo učim postićem bolje rezultate na pisanoj provjeri znanja.”

Većinski broj učenika, njih 30,61 % uglavnom se slaže s tvrdnjom da na nastavi rade zadatke koji omogućuju primjenu znanja ili vještina na svakodnevne situacije, a slijedi ih 26,53 % neodlučnih koji ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom. Uglavnom se ne slaže njih 22,45 % dok se njih 18,37 % u potpunosti slaže s navedenom tvrdnjom.



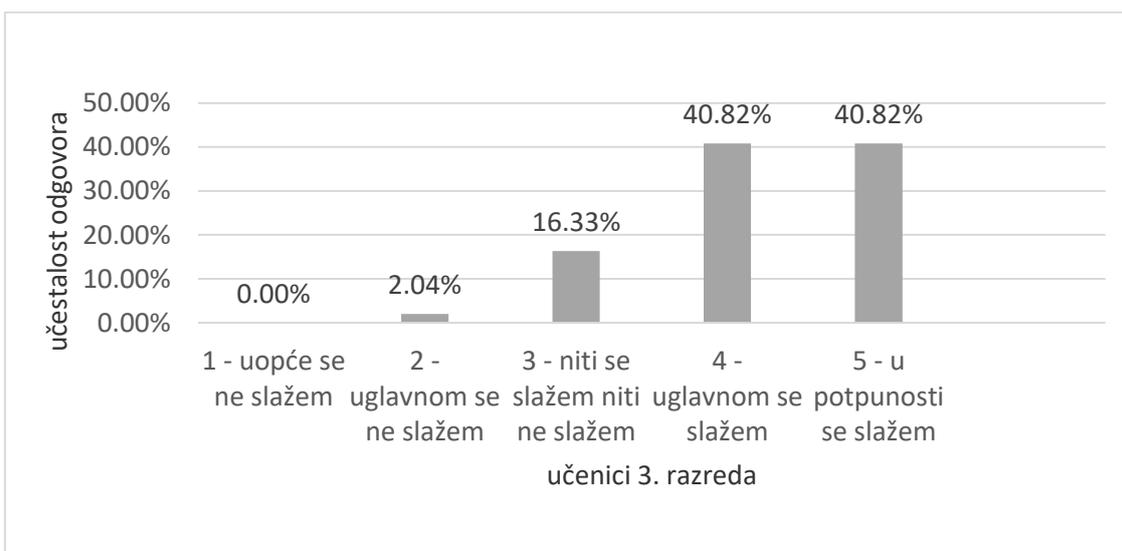
**Slika 26.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju “*Na nastavi radim zadatke koji omogućuju primjenu znanja ili vještina na svakodnevne situacije.*”

Većinski broj učenika, čak njih 38,78 % uglavnom se slaže s tvrdnjom da tijekom učenja nastoje povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz drugih predmeta, odmah ih slijedi njih 26,53 % koji se u potpunosti slažu s navedenom tvrdnjom. 20,41 % je onih neodlučnih koji ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom, njih 10,20 % se uglavnom ne slaže, a samo njih 4,08 % u potpunosti odbija navedenu tvrdnju.



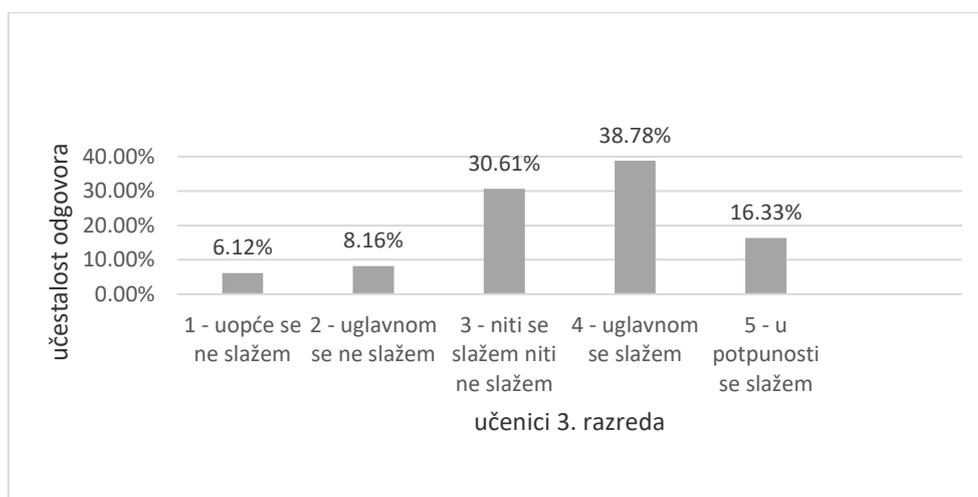
**Slika 27.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju *“Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz drugih predmeta.”*

Na ovu tvrdnju odlično se nadovezuje sljedeća gdje se jednak broj učenika, njih se 40,82 % uglavnom i u potpunosti slaže s tvrdnjom da si tijekom učenja nastoje razjasniti nepoznate riječi koje su ključne za potpuno razumijevanje. Njih 16,33 % je neodlučnih dok se samo njih 2,04 % uglavnom ne slaže s navedenom tvrdnjom. Niti jedan učenik u potpunosti ne negira navedenu tvrdnju.



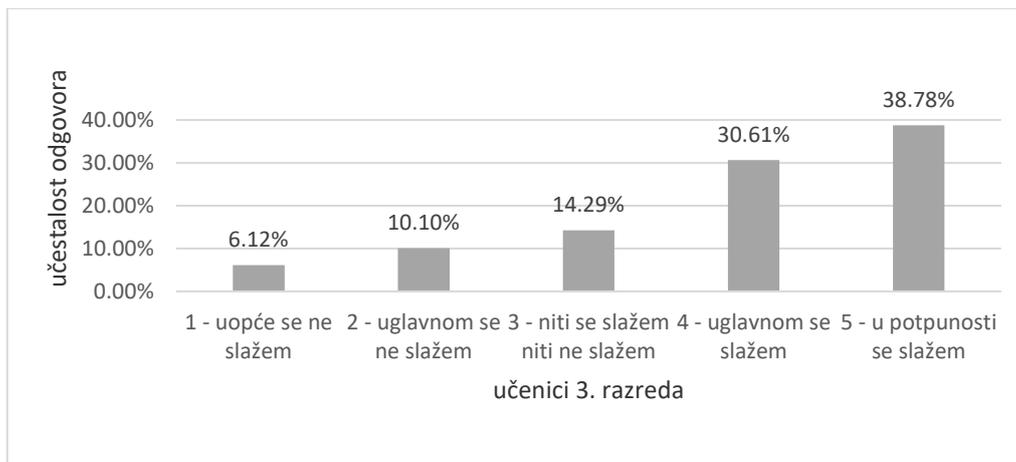
**Slika 28.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju *“Tijekom učenja, nastojim si razjasniti nepoznate riječi, a koje su ključne za potpuno razumijevanje.”*

Većina učenika, njih 38,78 % uglavnom se slaže s tvrdnjom da si tijekom učenja nastoje utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka, a slijede ih 30,61 % onih neodlučnih koji ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom. 16,33 % u potpunosti odobrava navedenu tvrdnju dok se njih 8,16 % uglavnom ne slažu s navedenom tvrdnjom. Nešto manje učenika, njih 6,12 % u potpunosti negira navedenu tvrdnju.



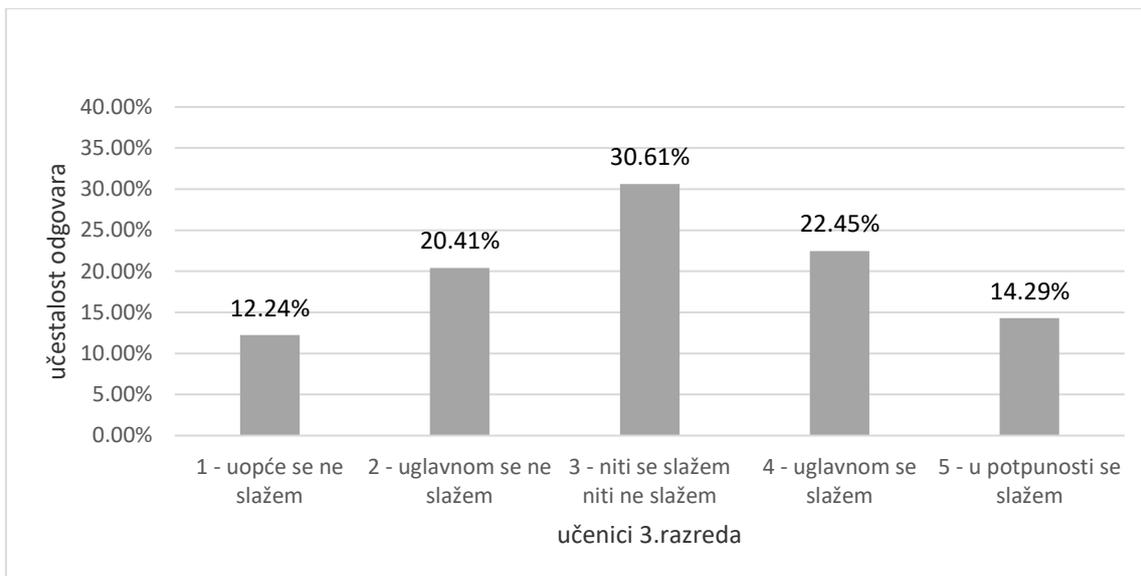
**Slika 29.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju *“Tijekom učenja nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.”*

Da je profil nastavnika vrlo bitan pri odabiru vremena utrošenog na učenje, u potpunosti se slaže čak 38,78 % učenika dok se njih 30,61 % uglavnom slaže s navedenom tvrdnjom. Skoro pola manje, njih 14,29 %, ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom. Nešto manje učenika, njih 10,10 %, uglavnom se ne slaže dok se njih 6,12 % uopće ne slaže s navedenom tvrdnjom.



**Slika 30.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju *“Svoje učenje prilagođavam profilu nastavnika – ukoliko je nastavnik vrlo zahtjevan, tada više vremena uložim u učenje i razumijevanje nastavnog gradiva (i obratno).”*

Najveći broj učenika, njih 30,61 % niti se slaže niti ne slaže s tvrdnjom da si razumijevanje kompleksnog gradiva nastoje olakšati izdvajanjem najvažnijih sadržaja, pisanjem vlastitih bilješki te kreiranjem umnih i konceptualnih mapa. Iz njihove neodlučnosti možemo zaključiti da učenici u potpunosti ne razumiju pravo značenje konceptualne mape te da su nedovoljno upoznati s njenim korištenjem. Njih 22,45 % uglavnom se slaže s navedenom tvrdnjom dok se njih 14,29 % u potpunosti slaže. 20,41 % uglavnom se ne slaže, a 12,24 % uopće se ne slaže s navedenom tvrdnjom.



**Slika 31.** Učestalost odgovora učenika 3. razreda na tvrdnju „*Razumijevanje kompleksnog gradiva nastojim olakšati izdvajanjem najvažnijih sadržaja, pisanjem vlastitih bilješki (skripti), kreiranjem umnih i konceptualnih mapa i sl.*“

## 4. RASPRAVA

U provedenom istraživanju među učenicima 3. razreda Opće gimnazije u Osijeku, učenici su pokazali slabu ukupnu riješenost pisane provjere znanja te slabu uspješnost po razinama. Analizom pisane provjere znanja, utvrđene su miskoncepcije u razumijevanju koncepata fotosinteze i s njom povezanog staničnog disanja, a analizom konceptualnih mapa dobio se dodatni uvid u razumijevanje koncepata te je i tom analizom utvrđena prisutna miskoncepcija u istim konceptima. U konačnici, analizom ankete o navikama učenja, dobiveni su različiti odgovori učenika koji pomažu raspraviti dobivene rezultate.

Analizom odgovora na pitanja iz pisane provjere znanja, utvrđene su i analizirane sljedeće miskoncepcije. Većina učenika 3. razreda smatra da je rast biljke rezultat primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla, što je osim s ovim, potvrđeno i s istraživanjima Parker i sur. (2012) te Otay i Otas (2003), koji su također utvrdili prisutnu miskoncepciju da voda s mineralnim tvarima doprinosi biljnoj masi. Osim pogrešnog povezivanja vode s rastom biljke i povećanjem biljne mase, učenici pokazuju nerazumijevanje i u shvaćanju energije potrebne za stanični rad. Vrlo mali broj učenika pokazuje razumijevanje činjenice da ugljikohidrati nastali redukcijom ugljikovog dioksida tijekom fotosinteze, predstavljaju glavni izvor energije za stanični rad. Miskoncepcije iz ovoga istraživanja mogu se poistovjetiti s istraživanjem Lukša i sur. (2013) gdje je također uočeno pogrešno povezivanje biljnih nutrijenata iz tla s hranjivim molekulama, iz kojih se oslobađa energija. Ovo pitanje usko je povezano s tvrdnjom iz ankete o navikama učenja *“Tijekom učenja, nastojim si razjasniti nepoznate riječi, a koje su ključne za potpuno razumijevanje.”*, koja ispituje koliko si učenici razjašnjavaju nepoznate pojmove te što podrazumijevaju pod pojmom „hranjive molekule“. Osim toga, Lukša i sur. (2013) evidentirali su i pogrešno shvaćanje učenika da biljke dišu samo noću te da biljke za proizvodnju hrane koriste kisik. Miskoncepcija o shvaćanju energije potrebne za stanični rad utvrđena je biranjem netočnog odgovora kojim objašnjavaju proizvodnju ATP-a u listovima fotosintezom, koji se transportira do korijena i ostalih dijelova biljke. Većina učenika smatra da kisik oslobođen fotosintezom nastaje razgradnjom  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  uz pomoć sunčeve energije i klorofila, stoga učenici odabiranjem ovoga odgovora pokazuju nerazlikovanje staničnog organela kloroplasta od zelenog pigmenta klorofila koji je ključan u apsorpciji sunčeve svjetlosti. Isti problem nerazlikovanja kloroplasta od klorofila pojavljuje se i u 9. pitanju (slika 10) gdje učenici miješaju stanični organel kloroplast s biljnim pigmentom

klorofilom, a isti je problem evidentiran i u rješavanju konceptualne mape. Odabirući odgovor: „*stvaranje kemijske energije ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida, vode i sunčeve energije*“ učenici pokazuju neshvaćanje činjenice da se energija ne može niti stvarati niti uništavati, već samo transformirati iz jednog oblika u drugi što se tijekom svjetlosnih reakcija očituje kroz transformaciju Sunčeve energije u kemijsku energiju pohranjenu u spojevima NADPH i ATP. U ovom istraživanju potvrdili smo nepotpuno razumijevanje uloge kisika u procesu staničnog disanja te nerazumijevanje Krebsovog ciklusa kao aerobnog procesa, iako u njemu kisik ne sudjeluje direktno što potvrđuje i Lukša (2013). U istraživanju Pevalek – Kozlina (2003), također je utvrđena prisutna miskoncepcija pri čemu učenici zanemaruju činjenicu da kisik sudjeluje samo u transportnom lancu elektrona pri redukciji molekula NADH I FADH<sub>2</sub>, pri čemu se regeneriraju potrebne količine NAD<sup>+</sup> i FAD, ključne za proces Krebsovog ciklusa. Prema Babiću (2018), većina studenata 3. godine preddiplomskog studija Biologije odabire točan odgovor na sedmo pitanje (slika 8) što možemo objasniti činjenicom da su studenti obrađivali navedenu tematiku na kolegiju Fiziologija bilja 1 na drugoj godini preddiplomskog studija na Odjelu za biologiju u Osijeku. Nerazumijevanje sedmog pitanja u kojem učenici odabiru netočan odgovor da se kisik oslobađa iz CO<sub>2</sub>, koji je produkt Krebsovog ciklusa, usko je povezano s nerazumijevanjem petog pitanja (slika 6) u kojem odabiru netočan odgovor da kisik oslobođen fotosintezom nastaje razgradnjom CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O uz pomoć sunčeve energije i klorofila te pokazuju očito nerazlikovanje procesa fotosinteze i staničnog disanja što je ujedno i miskoncepcija utvrđena u ranijim istraživanjima (Begić i sur., 2016). Prema Michaelu (2009), u svakom području, miskoncepcija je, ako je prisutna, rezultat učenja na nastavi. Prema Delimar (2011), kada se učenike osnovnih škola počinje poučavati upotrebom znanstvene metodologije, pretpostavlja se da ih se podučava kao da prije nisu imali iskustva u odnosu na temu koja se proučava. Istraživanja o miskoncepcijama ukazuju da ovo nije valjana pretpostavka zato što djeca dolaze u školu s postojećim uvjerenjima o tome kako se stvari događaju i očekivanjima na temelju iskustava koja će im omogućiti predviđanja budućih događaja (Gilbert i sur., 1983). Neke od miskoncepcija utvrđenih ovim istraživanjem, a uočenih i u istraživanju Yenilmez i Tekayya (2006) u konceptu fotosinteze su: biljke koriste ugljični dioksid, a otpuštaju kisik kada dišu; biljke dišu jedino po noći kada nema svjetlosne energije; biljke ne dišu nego samo fotosintetiziraju; biljke dišu kada ne mogu stvoriti dovoljno energije fotosintezom, itd.

Prema istraživanju Babića (2018), ali i čitavom nizu dosadašnjih istraživanja (Haslam i Treagust, 1987; Canal, 1999; Özay i Öztaş, 2003; Lukša i sur., 2013; Begić i sur., 2016), učenici

i studenti fotosintezu pogrešno dovode u vezu s biljnim načinom disanja, pri čemu biljke udišu ugljikov dioksid preko dana izdišući kisik, a kisik preko noći izdišući ugljikov dioksid. U pitanju 8.4. (slika 9) također se očituju problemi u razumijevanju neprestane potrebe za kisikom tijekom staničnog disanja gdje se većina učenika ne slaže s tvrdnjom „*Biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama.*“ Kao jedan od razloga postojanja ovakvih miskoncepcija možemo navesti slike u udžbenicima te neadekvatne vizualne materijale u kojima često susrećemo prikaze poput biljaka koje danju obavljaju fotosintezu, a noću dišu. Neadekvatna prezentacija vizualnog materijala, prema Harrisonu i Treagustu (2000), često može biti izvor problema jer učenici slike doživljavaju kao realan prikaz strukture i reprodukciju realnosti, a vrlo je važno pri identificiranju miskoncepcija odrediti i uzrok njihova nastajanja kako bi odredili najpogodniju metodu njihova uklanjanja.

Jedna od metoda uklanjanja i otkrivanja prisutnih miskoncepcija, a koja zahtjeva razumijevanje i povezivanje koncepata te je proučavana ovim istraživanjem, upotreba je (ekspertne) konceptualne mape. Nakon provedbe pisane provjere znanja, učenici su pristupili rješavanju ekspertne konceptualne mape radi dobivanja dodatnog uvida u razumijevanje koncepata fotosinteza i stanično disanje. Bez obzira na polazni tekst koji im je trebao omogućiti izdvajanje pojmova i svrstavanje tih pojmova na određeno mjesto u mapi, učenici pokazuju izrazito nerazumijevanje koncepata fotosinteze i staničnog disanja. Analizom mape, uočeno je da učenici uz biljke povezuju procese disanja s kloroplastom, organelom ključnim u procesu fotosinteze, što otkriva jednu od najčešćih ranije utvrđenih miskoncepcija, vezanu uz poistovjećivanje disanja s fotosintezom kod autotrofnih organizama. Zbog dobivanja uvida u cjelokupno razumijevanje, ekspertna je konceptualna mapa dobar alat nastavniku, a i učenicima, za dobivanje povratne informacije. Budući da se vrednovanje kao učenje temelji na činjenici da učenici vrednovanjem uče te se aktivno uključuju u proces vrednovanja uz učiteljevu podršku, upotreba konceptualne mape osim što daje uvid u trenutno razumijevanje učenika, odlična je metoda samovrednovanja učenika te dobivanja povratne informacije o tome koliko je učenik napredovao od prethodnih postignuća dok učitelju upotreba konceptualne mape može pomoći pri unaprjeđivanju i planiranju budućega učenja i poučavanja.

Prema Latin i sur. (2016), povezujući niz koncepata stvaramo vlastitu konceptualnu mapu koja je jedan od načina uklanjanja miskoncepcija. Najveća je vrijednost u istraživanju konceptualnih mapa vizualni uvid u kognitivne strukture dobivene direktno od učenika koji su konstruirali mapu (Tsai i Huang, 2002). Istraživanja su pokazala da se glavna prepreka uporabe

konceptualnih mapa krije u razredima koji su još uvijek instruktivistički (a ne konstruktivistički) te gdje nastavnici tretiraju učenje kao prijenos informacija, a ne kao konstrukciju učenikovog vlastitog razumijevanja (Hay i sur., 2008). Upotrebu konceptualne mape u školi odlično objašnjava tvrdnja „*Razumijevanje kompleksnog gradiva nastojim olakšati izdvajanjem najvažnijih sadržaja, pisanjem vlastitih bilješki (skripti), kreiranjem umnih i konceptualnih mapa i sl.*“ iz ankete o navikama učenja gdje je vidljiva neupućenost učenika u korištenje konceptualnih mapa kao jednog od načina učenja s razumijevanjem, budući da većina učenika odabire tvrdnju da se niti slažu niti ne slažu s upotrebom mape tijekom učenja. Glavni je cilj konceptualnog mapiranja postići što višu razinu kognitivnih sposobnosti; od razumijevanja pa sve do analize i sinteze, tj. mogućnosti rješavanja problema. Konceptualnom mapom mogu se postići tri različite vrste razumijevanja: prevođenje (translacija) gdje se stečeno znanje može izraziti svojim riječima, interpretacija ili tumačenje i pojašnjavanje pojmova te ekstrapolacija ili sposobnost procjenjivanja i predviđanja učinaka i posljedica. Stoica i sur. (2011) preporučuju korištenje konceptualnih mapa za ponavljanje gradiva, uočavanje pogrešno naučenih pojmova, te kvalitetniju nadogradnju stečenog znanja.

U provedenom istraživanju učenici svih klasa jednako rješavaju konceptualnu mapu. Mogući razlozi su nedostatak prakse i iskustva u korištenju mapa prilikom učenja ili procjenjivanja (slika 31) te konstruirana pisana provjera znanja. Naime, prema indeksu diskriminativnosti ( $D$ ), koji jasno razdvaja uspješne učenike od onih neuspješnih, jedino su pitanja 9.2., 10.2, 10.1. utvrđena kao izvrsna za testiranje. Pisana provjera znanja s više pitanja idealnog indeksa diskriminativnosti točnije bi podijelila učenike na klase čime bi se i rezultat konceptualne mape mijenjao.

Konačno, može se zaključiti da se uspješnost učenika u rješavanju konceptualne mape ne može usporediti s uspješnosti u rješavanju pisane provjere znanja, odnosno da pojedine točne, kao i netočne odgovore, s gotovo jednakom učestalosti nude kako najbolji (slika 16), tako i najlošiji učenici (slike 18 i 19) po uspješnosti u rješavanju pisane provjere znanja. Kao što navode Ruiz-Primo i Shavleson (1996) u svome istraživanju, postoji problem pouzdanosti ocjenjivanja konceptualne mape ovisno o ocjenjivaču te su još uvijek nerazjašnjena brojna pitanja vezana za vrednovanje konceptualne mape koje je potrebno proučiti u budućim istraživanjima te razviti valjane i pouzdane metode vrednovanja konceptualnih mapa.

Ovakve rezultate možemo tumačiti s obzirom na načine učenja, odnosno poučavanja kojima su učenici izloženi, ali svakako i s obzirom na njihove osobne navike učenja. Analizom rezultata ankete o navikama učenja kod učenika 3. razreda, ovim istraživanjem, pokušali smo objasniti njihov uspjeh u pisanoj provjeri znanja, ali i njihove osobne, subjektivne stavove koji utječu na rezultate. Sukladno navedenom, većina učenika tvrdi kako ne uče redovno pripremajući se za ispit dulji vremenski period. Prema Gucek i Labak (2017), redovito je učenje ključno za izgradnju zdrave osnove za razvoj znanja, vještina i stavova u osnovi kompetencije „učiti kako učiti“, a ujedno je i pretpostavka za savladavanje vrlo zahtjevnih koncepata koji su ispitivani i u ovom istraživanju. Iako većina tvrdi da si postavljaju pitanja koja potiču na razumijevanje, većina učenika za učenje koristi samo prezentacije s nastave, ne proširujući znanje dodatnim izvorima literature. Prema tome, korištenje sadržaja iz prezentacija s nastave, bez dodatnih izvora literature, često zna biti nedovoljno za potpuno razumijevanje koncepata, kakvi su fotosinteza i stanično disanje ispitivani ovim istraživanjem. Također, zanimljiva je činjenica da se većina učenika odlučuje na traženje pomoći od prijatelja iz razreda, a ne od nastavnika što također može biti jedan od načina prenošenja pogrešnog shvaćanja. Iako se većina učenika u potpunosti slaže s tvrdnjama: „*Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz drugih predmeta.*“ i „*Tijekom učenja te prije polaganja ispita, nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.*“ (slike 27 i 29), rezultati ovog istraživanja ne ukazuju na ovu naviku učenja. Također, valja napomenuti kako većina učenika svoje učenje prilagođava profilu nastavnika te ulaže više truda u učenje i razumijevanje ukoliko je nastavnik vrlo zahtjevan. Činjenica poput ove potvrđuje nam pretpostavku da je nastavnik ključni moderator i voditelj nastavnog procesa, koji treba poticati zanimanje učenika za prirodu, za njezino istraživanje i razumijevanje na temelju znanstvenih spoznaja i dostignuća te ga uključiti u nastavni proces kao aktivnog sudionika nastave.

Da učenje treba počivati na iskustvu, bilo da se radi o životnom iskustvu ili o iskustvenom učenju u školi govore i činjenice da učenje biologije valja temeljiti na pojavama i procesima koje je moguće opažati i doživjeti osjetilima te povezati s prethodnim znanjima i iskustvom. Suprotno tom principu do sada se u petom razredu uči o stani, hranjivim tvarima, fotosintezi i disanju te fizikalnim zakonitostima. S obzirom da neprimjereni i teški sadržaji negativno utječu na motivaciju učenja, s novim se kurikulumom to nastoji izbjeći uvođenjem aktivnosti i učenja temeljenih na iskustvu i istraživanju, a koja će potaknuti učeničku znatiželju

kontinuiranim uključivanjem učenika u nastavni proces (Kurikulum nastavnog predmeta Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, NN 7/2019). Ponavljanje istih tema istim pristupom u poučavanju u koncentričnom rasporedu programa rezultiralo je nerazumijevanjem ključnih bioloških koncepata (Garašić, 2012), stoga prema Kurikulumu nastavnog predmeta Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj (NN 7/2019), učitelj ima slobodu primijeniti različite načine rada i učenja, odnosno, ima autonomiju da promisli što doista odgovara njegovim učenicima. Za razliku od sadržajne orijentiranosti koja je bila zastupljena u starom planu i programu, sadašnji kurikulum iz Biologije trebao bi omogućiti bolje razumijevanje bioloških koncepata budući da je naglasak na strategijama aktivnoga učenja kojima se potiče uključivanje učenika u proučavanje živoga svijeta što u konačnici potiče znatiželju te motivira učenika za učenje. Jedan od ključnih čimbenika koji pozitivno utječu na rast i razvoj pojedinca, a propisan je okvirima i odnosi se na sve predmete i razine obrazovanja, aktivno je uključivanje učenika u procese vrednovanja od samog početka poučavanja. Budući da učeničke predodžbe ili konstrukti nastali prije nastavnog procesa ili nakon njega ponekad nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama, potrebno ih je identificirati u samom početku poučavanja te što prije upotrijebiti neku od metoda njihova uklanjanja. Već u trenutku kada učenici ulaze u učionicu, ponekad imaju predkonceptije i miskoncepcije, no i nakon obrađenog gradiva, iako daju točan odgovor, iz učionice mogu izaći s novim miskoncepcijama, stoga je potrebno provjeriti razumijevanje učenika nakon obrađenog nastavnog gradiva. Vrlo je važno provjeriti sve učenike, stoga bi se uz razgovor trebale primjenjivati i neke druge metode poput ekspertne konceptualne mape korištene u ovom istraživanju. Nerijetko je slučaj da je učenicima teško dati obrazloženje zašto je nešto točan odgovor te se tada utvrđuju i prisutne miskoncepcije, a u pisanoj provjeri znanja provedenoj u ovom istraživanju, to je posebno vidljivo u onim pitanjima, u kojima je utvrđen visok postotak neodgovaranja (9.3., 10.3., 11.2., 11.3.). Navedena pitanja pripadaju skupini problemskih zadataka te su zahtijevala odgovor svojim riječima, koji su dali rijetki učenici, a što ukazuje na nemotiviranost i vrlo brzo odustajanje učenika.

U konačnici, razvoj biološke znanosti i povećanje opsega znanja predstavlja izazov za učenike i studente, kao i njihove nastavnike, koji bi trebali osigurati uvjete za savladavanje znanja, vodeći računa da ono ne ostane na najnižoj razini, već da se postignu i više kognitivne razine znanja (Lukša, 2011). Konceptualne mape pružaju jedinstven grafički prikaz kako učenici organiziraju, povezuju i sintetiziraju informacije. Kao rezultat toga, konceptualne mape

pružaju niz pogodnosti za učenike i nastavnike. Učenicima pružaju mogućnost da povezuju znanstvene termine koje su naučili, organiziraju svoje misli i vizualiziraju odnose između ključnih pojmova na sustavan način i razmišljaju o njihovom razumijevanju. Sukladno navedenom, konceptualne mape omogućavaju učenicima da duboko promišljaju o znanosti uz bolje organiziranje i razumijevanje onoga što uče te učinkovitije pohranjivanje i dohvaćanje informacija. Učenici također artikuliraju i potiču svoje misli kada raspravljaju o svojim mapama (Tsai i Huang, 2002). Dolaskom novoga kurikuluma na snagu (Kurikulum nastavnog predmeta Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, NN 7/2019), nastoje se izbjeći neki od prijašnjih problema u školstvu, a to su velika količina znanstvenih činjenica, nerazlikovanje bitnog od nebitnog te nepraktično usvajanje znanja (Mušanović, 1999) te potaknuti konceptualno razumijevanje i postizanje viših kognitivnih razina znanja.

Iako je ovo istraživanje rezultat znanja stečenog po starom programu, u budućim istraživanjima koja će proučavati upotrebu ekspertne konceptualne mape, očekuju se bolji rezultati budući da je naglasak u poučavanju stavljen na razumijevanje i rješavanje problema, a ne samo prikupljanje činjenica koje su nedovoljne za razumijevanje zahtjevnih koncepata poput fotosinteze i staničnog disanja. Ovo istraživanje ima značaj u tome što nam daje uvid u razumijevanje učenika koji su radili po starom planu i programu iz Biologije te će biti pogodan uzorak za usporedbu s učenicima koji će obraditi koncepte fotosinteze i staničnog disanja po novom kurikulumu iz Biologije. U budućim je istraživanjima potrebno provesti anketu kojom će se utvrditi koliko nastavnici potiču i provode otkrivanje prisutnih miskoncepcija kod učenika prije početka nastavnog procesa te koje metode uklanjanja koriste. Osim toga, bilo bi poželjno kao nastavak ovoga i Babićevog istraživanja (2018) utvrditi koje su miskoncepcije prisutne kod nastavnika koji imaju autonomiju biti autori procesa učenja i poučavanja. Također, bitno je provjeriti mišljenje učenika o nastavnim strategijama koje bi potaknule konceptualno razumijevanje bioloških koncepata te implementaciju konceptualnih mapa kao jedan od načina vrednovanja, no prije svega potrebno je utvrditi postojeće miskoncepcije učenika kako iz ovoga tako i iz drugih područja biologije te na temelju njih odabrati ispravan pristup poučavanja.

## 5. ZAKLJUČAK

- Nakon provedbe i analize pisane provjere znanja među učenicima 3. razreda uočene su sljedeće miskoncepcije:
  - povećanje biljne mase rezultat je primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla;
  - apsorpcijom svjetlosne energije dolazi do fotooksidacije staničnog organela kloroplasta (miješanje kloroplasta i klorofila);
  - kisik sudjeluje u Krebsovom ciklusu jednako kao i tijekom transportnog lanca elektrona pri čemu se reducira do vode;
  - biljke udišu kisik samo tijekom noći, a tijekom dana ugljikov dioksid za potrebe fotosinteze;
  - miješanje fotosinteze i staničnog disanja
- Analizom pisane provjere znanja i konceptualne mape evidentirana je ista miskoncepcija miješanja kloroplasta i klorofila.
- U istraživanju miskoncepcija učenika 3. razreda, uočeno je slabo razumijevanje koncepata fotosinteza i stanično disanje. Rezultati konceptualne mape ne razlikuju se kod najboljih i najlošijih učenika te su uočeni slični odgovori učenika što nam ukazuje na nedostatak prakse i iskustva u korištenju mapa prilikom učenja ili procjenjivanja.
- Analizom ankete o navikama učenja može se zaključiti da većina učenika još uvijek smatra da je profil nastavnika ključan za uspjeh u njihovom učenju te odbijaju preuzeti odgovornost za vlastito učenje. Osim što većina učenika za učenje koristi samo prezentacije s nastave, ne proširujući znanje dodatnim izvorima literature, većina ih ne koristi pomoćne alate za učenje, poput konceptualne mape, koji bi potaknuli konceptualno razumijevanje i postizanje više kognitivne razine znanja.

## 6. METODIČKI DIO

### 6.1. Priprema nastavnog sata za nastavnu temu „Stanično disanje“

Koncept staničnog disanja detaljno se obrađuje tijekom 3. razreda srednje škole, gimnazijskog programa, te je predložena sljedeća priprema nastavnog sata (Tablica 2).

**Tablica 2.** Priprema za nastavni sat „Stanično disanje“ za učenike 3. razreda gimnazije

Ime i prezime nastavnika	Škola	Datum
Doris Matović	Gimnazija	

Nastavna jedinica /tema		Razred
Stanično disanje		3.
Temeljni koncepti	Ključni pojmovi	
Makrokoncept: ENERGIJA U ŽIVOME SVIJETU Koncept 1.: Procesi izmjene tvari i pretvorba energije na razini stanice – metaboličke reakcije Koncept 1.1.: Procesi oslobađanja energije iz biomolekula i sinteza ATP-a Koncept 2.: Procesi izmjene tvari i pretvorba energije na razini organizma Koncept 2.1.: Prehrana i disanje organizma	Metabolizam, katabolizam, anabolizam, stanično disanje, glikoliza, Krebsov ciklus, transportni lanac elektrona, ATP	
Cilj nastavnog sata (nastavne teme)		
<i>Shvatiti metabolizam kao niz složenih i povezanih kemijskih reakcija koje se zbivaju u organizmu te razlikovati i objasniti metaboličke reakcije sinteze i razgradnje uz trošenje i otpuštanje energije. Objasniti procese staničnog disanja povezujući navedeno s procesom fotosintezete i međusobno usporediti organizme obzirom na način dobivanja energije, uočavajući potrebu svih aerobnih organizama za kisikom, ključnim za disanje na razini stanice.</i>		

### Ishodi učenja preuzeti iz Predmetnog kurikuluma Biologija

1. BIO SŠ C.3.1. Analizira procese kruženja tvari, vezanja i pretvorbi energije na razini stanice te ih povezuje s funkcioniranjem organizma.
2. BIO SŠ D.3.1. Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenog istraživanja kritički prosuđujući rezultate te opisuje posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.

Br.	Ishodi nastavnog sata	Zadatak/ primjer ključnih pitanja za provjeru ostvarenosti ishoda	KR	PU
1.	1. Učenik razlikuje i objašnjava sintetske i razgradne metaboličke procese.	1.1. Koriste li i biljke kisik neprestano i na jednak način za održavanje života kao i heterotrofni organizmi	R2	
		1.2. Što je metabolizam?	R1	
		1.3. Opiši metaboličke reakcije razgradnje i sinteze i objasni u kojima se od navedenih reakcija troši, a u kojima oslobađa energija.	R2	
		1.4. Kako se zove molekula u kojoj se pohranjuje energija iz kataboličkih procesa?	R2	
		1.5. Zašto je važna asimilacija u anaboličkim procesima?	R2	
	2. Analizira osnovne metaboličke procese na razini stanice.	2.1. Objasni proces staničnog disanja i objasni važnost toga procesa za sva živa bića.	R2	
		2.2. Definiraj vrste staničnog disanja.	R1	

1.	3. Uspoređuje iskoristivost hranjivih tvari u anaerobnim i aerobnim procesima.	2.3. Koji su produkti glikolize?	R1
		2.4. Shematski prikazi produkte staničnog disanja.	R1
		2.5. U kojim se organelima stanice odvija stanično disanje?	R2
		3.1. Koliko ATP-a nastaje u pojedinačnim fazama biološke oksidacije i koliko ukupno nastaje ATP-a tijekom cijelog procesa?	R2
		3.2. Koja se dva niza metaboličkih reakcija zbivaju u mitohondriju?	R1
	4. Objašnjava procese staničnoga disanja i vrenja s aspekta vezanja/pretvorbe energije i kruženja tvari u različitim organizmima.	3.3. Istraži i objasni pomoću dostupnih izvora literature koja je uloga nabora na unutarnjoj membrani mitohondrija te na koji je način povezana sa procesom staničnog disanja?	R3
		4.1. Objasni razliku između aerobne i anaerobne respiracije prema količini dobivene energije.	R2
		4.2. Zašto je aerobno disanje evolucijski mlade od anerobnog?	R2

		4.3. Na koji način dišu fotoautotrofni, a na koji heterotrofni organizami?	R1	
	5. Kreira nacrt istraživanja koristeći dostupne izvore literature koje pravilno citira.	5.1. Za domaću zadaću osmisli svoje istraživanje na temu fotosinteze/staničnog disanja u kojem ćeš nakon objašnjenog teoretskog dijela navedene procese koje objašnjavaš povezati s procesima koje susrećeš u svakodnevnom životu.	R3	
2.	6. Obrađuje podatke svoga istraživanja te raspravlja o dobivenim rezultatima donosi zaključke te prezentira svoje istraživanje usmenome i pisanome obliku.	6.1. Svoje istraživanje prikaži u pisanom obliku u obliku referata ili plakata te pripremi prezentaciju za usmeno izlaganje.	R3	
		6.2. Na temelju rezultata svoga istraživanja te informacija koje si saznao na satu, izradi konceptualnu mapu u kojoj ćeš usporediti koncepte fotosinteza i stanično disanje.	R3	
<b>Kognitivna razina (KR):</b> I. reprodukcija, II. konceptualno razumijevanje i primjena znanja, III. rješavanje problem <b>Procjena uspješnosti učenja (PU):</b> – odgovara manje od 5 učenika, +/- odgovara otprilike polovina učenika, + odgovara većina učenika				

Tijek nastavnog sata						
Tip sata	Sat obrade nastavnog sadržaja	Trajanje	90 minuta			
STRUKTURN I ELEMENT NASTAVNOG SATA	DOMINANTNA AKTIVNOST	BR. ISHODA	KORISTITI U IZVEDBI	METODA	SOCIOLOŠKI OBLIK RADA	TRAJANJE
<b>UVODNI DIO SATA</b>	<p>N: Na početku sata provjeriti postoje li miskoncepcije vezane uz nastavne jedinice Fotosinteza i Stanično disanje.</p> <p>N: Miskoncepcije provjeriti na način postavljanja pitanja koja ispituju koncepte fotosinteze i staničnog disanja, a u kojima su često prisutne miskoncepcije.</p> <p>N: Učenicima podijeliti kartice s pitanjima:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Dišu li biljke i po noći ili samo po danu?</i></li> <li><i>2. Koja je uloga kisika u pcesu fotosinteze?</i></li> <li><i>3. Na koji način dolazi do povećanja biljne mase?</i></li> <li><i>4. Koji plin biljke udišu, a koji izdišu i kada?</i></li> <li><i>5. Objasni ulogu kloroplasta u procesu fotosinteze?</i></li> <li><i>6. Što znaš o mitohondriju?</i></li> </ol> <p>N: Porazgovarati s učenicima o odgovorima koje su napisali na postavljena pitanja, ali im napomenuti da će na ista morati ponovno odgovoriti nakon obrađene nastavne jedinice. Nakon što učenici daju odgovor na posljednje pitanje: „Što znaš o mitohondriju?“, započeti priču o staničnom disanju.</p>	2	UDŽ, P, PP, MO	D, I, R, T	I, P, G, F	15

<p><b>SREDIŠNJI DIO SATA</b></p>	<p>U: Odgovaraju na pitanja i sudjeluju u razgovoru tijekom kojeg se ponavlja prethodno stečeno gradivo o fotosintezi, ali također iznose zaključke na temelju kojih se provjeravaju prisutne miskoncepcije.</p> <p>N: Nakon kratkog ponavljanja fotosinteze naglasiti učenicima da je za disanje na razini stanice, svim aerobnim i anaerobnim organizmima potreban kisik.</p> <p>N: Poticati učenike na uključivanje u razgovor, ponavljanje i povezivanje gradiva.</p> <p>U: Učenici pišu naslov nastavne jedinice „<i>Stanično disanje</i>“ u bilježnicu te slušaju kratko uvodno predavanje u kojem se navode 3 ključna procesa staničnog disanje koje učenici zapisuju u bilježnicu.</p> <p>N: Nakon kratke rasprave, podijeliti učenike u 3 skupine. Učenicima podijeliti radne listiće (Prilog 1, 2, 3) čijim će rješavanjem učenici odgovoriti na ključna pitanja za ostvarivanje ishoda. Svaka skupina ispunjava svoj radni listić, a ostala dva listića ispunjavaju tijekom prezentacije drugih skupina.</p> <p>U: Prva skupina učenika obrađuje <i>Metabolizam</i>, druga skupina obrađuje <i>Glikolizu</i>, a treća obrađuje <i>Krebsov ciklus</i> i <i>Transportni lanac elektrona</i>.</p> <p>U: Učenici imaju mogućnost koristiti sve dostupne izvore literature, udžbenike i Internet. Također, imaju pravo dogovarati se unutar skupine i međusobno si pomagati pri</p>	<p>1, 2, 3, 4</p>	<p>RL, UDŽ, P, PP, MO</p>	<p>D, I, R, T</p>	<p>I, P, G, F</p>	<p>50</p>
--------------------------------------	---	-------------------------------	---------------------------------------	---------------------------	-----------------------	-----------

**ZAVRŠNI  
DIO SATA**

odgovaranju na pitanja. Nakon prikupljenih podataka, učenici ispunjavaju radni listić za svoju temu.

U: Nakon što svaka skupina riješi radne listiće na zadanu temu, prezentiraju ostalim učenicima što su napravili. Nakon prezentacije svoje teme, učenici zajednički komentiraju i popunjavaju preostale listiće. Odgovaranjem na pitanja učenici daju odgovor na ključna pitanja za provjeru ishoda.

N: Provjeravanjem odgovora na pitanja, nastavnik dobiva informaciju o ostvarenosti ishoda.

N: Uputiti učenike u zadatak koji imaju za domaću zadaću, a to je osmisliti svoje istraživanje na temu fotosinteze/ staničnog disanja s ciljem povezivanja i uočavanja obrađenih procesa u svakodnevnom životu te pronalaženja primjera za navedene procese koji će im omogućiti bolje razumijevanje navedenih koncepata te ih potaknuti na promišljanje i postizanje više kognitivne razine znanja.

N: Ponuditi učenicima određene teme (tretiranje biljke u uvjetima s dovoljno svjetlosti i bez svjetlosti; objasniti gdje u svakodnevnom životu nailazimo na obrazac povećanja površine; izraditi model molekule ATP-a te objasniti pretvorbu i kruženje energije u različitim organizmima), ali im ponuditi i mogućnost pronalaska vlastite teme koja ima poveznicu s obrađenim gradivom.

1,	RL,	D,	I, P, G,	25
2,	UDŽ,	I, R,	F	
3,	P, PP,			
4,	MO			
5,				
6				

	<p>U: U svom istraživanju, učenici će imati zadatak proširiti svoje znanje dodatnim izvorima literature koje će biti potrebno pravilno citirati i navesti u pisanom dijelu koji će učenici proizvoljno odabrati hoće li biti u obliku referata ili postera.</p> <p>N: Provjeriti s učenicima jesu li promijenili netočne odgovore na pitanja s početka sata te ih uputiti u izradu konceptualne mape u kojoj imaju zadatak usporediti koncepte fotosinteza i stanično disanje.</p> <p>U: Učenici započinju izradu konceptualne mape koju imaju pravo dovršiti nakon provedbe svoga istraživanja kojim će ukloniti eventualne nejasnoće za navedeno gradivo.</p> <p>N: Poticati učenike na promišljanje i povezivanje koncepata te ih motivirati na samostalan rad i aktivno sudjelovanje u radu. Zamoliti učenike da naprave samoprocjenu svoga znanja na način da usporede svoje znanje na satu s onim koje će imati nakon istraživanja.</p>					

--	--	--	--	--	--	--

**Nositelji aktivnosti:** N – nastavnik, U - učenici (dodati i mijenjati uloge ukoliko je potrebno uz svaku aktivnost)

**Koristiti u izvedbi:** RL – radni listić za učenike, UDŽ – udžbenik, RB – radna bilježnica, P – ploča, PM – prirodni materijal, E – pokus/eksperiment, MD – model, AP – aplikacija, PP – projekcija prezentacije, V – video zapis, A – animacija, I – igra, IU – igranje uloga, RS – računalna simulacija, M – mikroskop, L – lupa, F – fleks kamera, T – tablet, MO – mobitel, OP – organizator pažnje, AL - anketni listić TM - tekstualni materijali (dodati prema potrebi)

**Metode:** PR – praktični radovi, D – demonstracija, C – crtanje, I – usmeno izlaganje, R – razgovor, T – rad na tekstu i pisanje

**Oblici rada:** I – individualno, P – rad u paru, G – grupni rad, F – frontalno

### Materijalna priprema

LCD projektor, računalo, ploča, kreda, Power Point prezentacija, prilozi

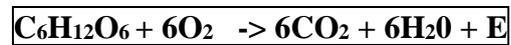
**METABOLIZAM**

- ANABOLIČKE REAKCIJE
- KATABOLIČKE REAKCIJE
- ATP

**STANIČNO DISANJE**

- a) Glikoliza
- b) Krebsov ciklus
- c) Transportni lanac elektrona

\* Anaerobna respiracija – aerobna respiracija



## PRILOZI

### Prilog 1

## METABOLIZAM I STANIČNO DISANJE

1. Pojasni što je metabolizam te opiši metaboličke reakcije razgradnje i sinteze i objasni u kojima se od navedenih reakcija troši, a u kojima oslobađa energija.

---

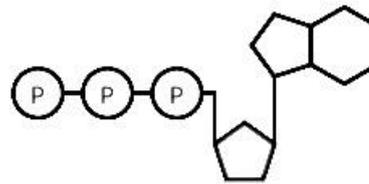
---

2. Molekula koja sadrži energiju, oslobađa u organizmu, pri kemijskim reakcijama razgradnje, prikazana je crtežima. Prouči crteže i odgovori na pitanja:

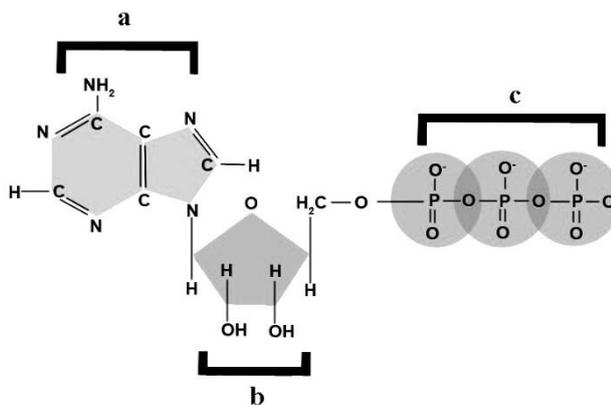
Prikazana molekula

je: \_\_\_\_\_

Naziv molekule: \_\_\_\_\_



3.



Opiši građu molekule.

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

c \_\_\_\_\_

4. Gdje je pohranjena energija u molekuli?

\_\_\_\_\_

Prikazanu molekulu stanice ne mogu uzimati iz okoliša, moraju je stvarati same.

5. Kojim procesom nastaje navedena

molekula? \_\_\_\_\_

*Prilog 2*

### **BIOLOŠKA OKSIDACIJA ILI** \_\_\_\_\_

1. Koja je važnost procesa staničnog disanja za sva živa bića?

2. Prikazani organel je \_\_\_\_\_

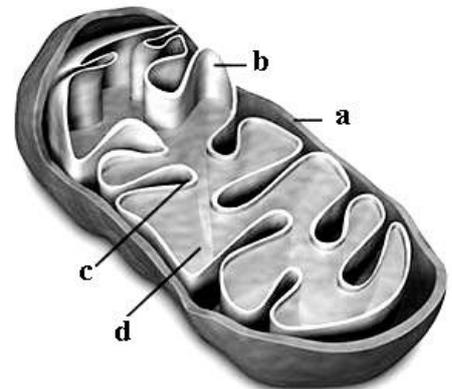
Opiši građu prikazanog organela:

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

d) \_\_\_\_\_



2. Navedi reakcije staničnog disanja.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

3. Shematski prikaži produkte staničnog disanja.

4. Biološka oksidacija obuhvaća aerobnu i anaerobnu respiraciju. Nadopuni tablicu:

	gdje se odvija	uvjeti	reakcije staničnog disanja
Anaerobna respiracija			
Aerobna respiracija			

4. Glikoliza je pripremni proces biološke oksidacije.

a) Gdje se odvija glikoliza? \_\_\_\_\_

b) Navedi uvjete potrebne za glikolizu? \_\_\_\_\_

5.

a) Objasni razliku između aerobne i anaerobne respiracije prema količini dobivene energije.

\_\_\_\_\_

b) Zašto je aerobno disanje evolucijski mlađe od anerobnog?

\_\_\_\_\_

*Prilog 3*

1.

- a) Krebsov ciklus ili \_\_\_\_\_ .
- b) Gdje se odvija Krebsov ciklus?  
\_\_\_\_\_
- c) Navedi uvjete potrebne tijekom ovog ciklusa?  
\_\_\_\_\_
- d) Piruvat ili pirogroždana kiselina ulazi u mitohondrij i procesom oksidativne karboksilacije (odcjepljenje  $\text{CO}_2$ ) i spajanjem sa koenzimom A pretvara se u acetil-Co-A (aktivna octena kiselina). Acetil-Co-A ulazi u Krebsov ciklus. Koliko reakcija ima u Krebsovom ciklusu?  
\_\_\_\_\_

2. Kako se naziva treća reakcija tijekom staničnog disanja?

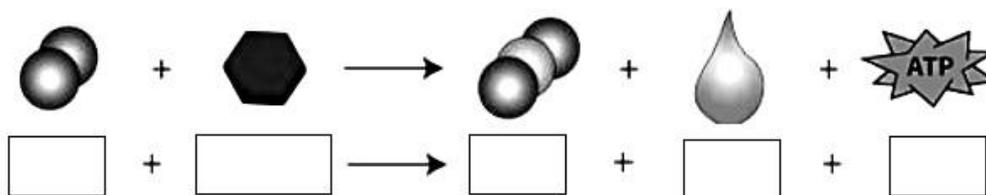
\_\_\_\_\_ ili \_\_\_\_\_

- a) Gdje se odvija?  
\_\_\_\_\_
- b) Navedi koji uvjeti moraju biti zadovoljeni tijekom ovog procesa:  
\_\_\_\_\_
- c) Za koje je strukture iz Krebsovog ciklusa vezana energija?  
\_\_\_\_\_
- d) Navedi prenositelje koji sudjeluju u ovom procesu?  
\_\_\_\_\_

3. Koliko ATP-a nastaje u pojedinačnim fazama biološke oksidacije i koliko ukupno nastaje ATP-a tijekom cijelog procesa?

	količina ATP-a
1. glikoliza	
2. Krebsov ciklus	
3. Dišni lanac	
UKUPNO:	

4. Jednadžba staničnog disanja:



Produkti staničnog disanja su: \_\_\_\_\_

5. Kako se naziva voda koja nastaje u organizmu kao produkt kemijskih reakcija?

\_\_\_\_\_

## Literatura

Đumljija, S., Heffer, M., Drenjančević, I. (2014). *Biologija 3. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije.* Alfa, Zagreb.

Pevalek-Kozlina, B. (2003.) *Fiziologija bilja.* Profil, Zagreb.

Springer, P. O., Pevalek-Kozlina, B. (2009.) *Živi svijet 3. Fiziologija čovjeka i životni procesi u biljkama.* Udžbenik biologije za treći razred gimnazije. Profil, Zagreb.

## 7. LITERATURA

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.

Ahlberg, M. (2013). Concept mapping as an empowering method to promote learning, thinking, teaching and research. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 25 – 35 pp.

Allen, D., Tanner, K. (2006). Tools for Making Learning Goals and Evaluation Criteria Explicit for Both Teachers and Learners. *Life Sciences Education*, 5:197-203.

Allen, I. E., Seaman, C. A. (2007). Likert scales and data analyses. *Quality Progress*, 40:64-65.

Babić, F. (2018). Utvrđivanje miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja vezanih uz fotosintezu i stanično disanje kod studenata biologije. Diplomski rad, Odjel za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Barab, S. A., Duffy, T. M. (2000). From practice fields to communities of practice. *Theoretical foundations of learning environments*, 25–56 pp.

Begić, V., Bastić, M., Radanović, I. (2016). Utjecaj biološkog znanja učenika na rješavanje zadataka viših kognitivnih razina. *Educatio Biologiae*, 2:13-42.

Bukvić, A. (1982). Načela izrade psiholoških testova. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.

Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21:363-371.

Cho, H.H., Kahle, J.B., Nordland, F.H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69:707-719.

Crooks, T. J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58:438-481.

Delimar, D. (2011). Miskoncepcije sudionika županijskog natjecanja iz biologije za učenike srednjih škola. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Duit, R. and Treagust, D.F. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25:671-688.

Đumljija, S., Heffer, M., Drenjančević, I. (2014). *Biologija 3. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije*. Alfa, Zagreb.

Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22:63-72.

Garašić, D. (2012). Primjerenost biološkog obrazovanja tijekom osnovnog i gimnazijskog školovanja. Doktorski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet.

Garašić, D., Radanović, I. i Lukša, Ž. (2012). Usvojenost makrokoncepta biologije tijekom učenja u osnovnoj školi i gimnaziji. Zagreb: Akademija odgojno-obrazovnih znanosti Hrvatske.

Gavrić, B. (2015). Upotreba konceptualnih mapa u vrednovanju razumijevanja učenika. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Gilbert, J. K., Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10:61-98.

Gucek, M., Labak, I. (2017). Navike učenja i uspješnost učenika srednje škole u nastavi biologije. *Educatio Biologiae*, 3:63-72.

Haladyna, T. M., Downing, S. M., Rodriguez, M. C. (2002). A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education*, 15:309-333.

Haslam, F., Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21:203-211

Harrison, A. G., Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22:1011-1026.

Hay, D., Kinchin, I., Lygo-Baker, S. (2008). Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 3:295–311.

Ivković, M. (2013). Uloga miskoncepcija utvrđenih na osnovi konceptualnog testa u ostvarenju konceptualnog razmišljanja kod učenika srednje škole. Diplomski rad, Odjel za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Jonassen, D. H., Land, S. (2000). *Theoretical Foundations of Learning Environments*. NJ: L. Erlbaum Associates, 89-121 pp.

Jukić, R. (2013). Konstruktivizam kao poveznica poučavanja sadržaja prirodoslovnih i društvenih predmeta. *Pedagoški istraživanja*, 10:241-263.

Kroll, L.R., LaBosky, V.K. (1996) Practicing what we preach: Constructivism in a teacher education program. *Action in Teacher Education*, 18:63-72.

Kurikulum nastavog predmeta Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, NN 7/2019. Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Zagreb.

Latin, K., Merdić, E., Labak, I. (2016). Usvojenost nastavnog sadržaja iz biologije primjenom konceptualnih mapa kod učenika srednje škole. *Educatio biologiae*, 2:1-9.

Lukša, Ž. (2011). Učeničko razumijevanje i usvojenost osnovnih koncepata u biologiji. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013). Očekivane i stvarne miskoncepcije učenika u biologiji. *Napredak*, 154:527-548.

Lukša, Ž., Radanović, I., Bendelja, D., Pongrac, N. (2014). Utjecaj stručne osposobljenosti nastavnika na konceptualno razumijevanje cvijeta u učenika utvrđenog korištenjem crteža, 1:23-37.

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*, 13:143-160.

Matijević, M. (2004). *Ocjenjivanje u osnovnoj školi*. Zagreb: TIPEX.

McClure, J., Sonak, B., & Suen, H. (1999). Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36:475-492.

McMillan, J.H. (2010). *Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective Standards*.

Michael, J., Modell, H., McFarland, J., Cliff, W. (2009). The “core principles” of physiology: What should students understand? *Advances in Physiology Education*, 33:10-16.

MPŠ (1995). Nacionalni dokument nastavnog predmeta Biologija. Ministarstvo prosvjete i športa, Zagreb.

Mušanović, M. (1999). *Konstruktivistička teorija i obrazovni sustav*. Filozofski fakultet Rijeka, Doktorski rad.

Mužić, V., Vrgoč, H. (2005). *Vrjednovanje u odgoju i obrazovanju*. Zagreb: Hrvatsko pedagoško- književni zbor.

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.

Novak, J.D., Musonda, D. (1991). A twelve year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28:117-153.

Novak, J. D., Gowin, D., Johansen, G. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping wuth junior high school science students. *Science Education*, 5:625-645.

Özay, E., Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37:68-70.

Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G., Urban-Lurain, M. (2012). Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. *CBE-Life Sciences Education*, 11:47-57.

- Perišić, M. (1988). Evaluacija učeničkih postignuća. Sarajevo: Svjetlost.
- Petz, B. (2004). Osnovne statističke metode za matematičare. Naklada Slap, Jastrebarsko.
- Pevalek-Kozlina, B. (2003). Fiziologija bilja. Profil, Zagreb.
- Pintrich, P.R. (2000). Education psychology at the millennium: A look back and a look forward. *Educational Psychologist*, 35:221-226.
- Popham, W.J. (2013). Classroom assessment: What teachers need to know: Prentice Hall.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., i Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66:211 – 227.
- Ratković, I. (2011). Analiza koncepta i postignuća učenja tijekom učenja biologije u školi. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Ruiz-Primo, M., Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33:569-600.
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Li, M., Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38:260-278.
- Rye, J. A., Rubba, P. A. (2002). Scoring concept maps: An expert map-based scheme weighted for relationships. *School Science and Mathematics*, 102:33-44.
- Springer, P. O., Pevalek-Kozlina, B. (2009). Živi svijet 3. Fiziologija čovjeka i životni procesi u biljkama. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije. Profil, Zagreb.
- Stoica, I., Moraru, S. I., Miron, C. (2011). Concept maps, a must for modern teaching-learning process. *Romanian Reports in Physics*, 63:67–576.
- Tsai, C. C., Huang, C. M. (2002). Exploring students cognitive structures in learning science: a review of relevant methods. *Journal of biological Education*, 36:163-169.
- Tunnicliffe, S. D. (2006). The importance of research to biological education. *Biological Journal of Education*, 40:99-100.

Vrgoč, H. (2002). Praćenje i ocjenjivanje školskog uspjeha: Stručno - znanstveni skup. Zagreb: Hrvatsko pedagoško- književni zbor.

VUE (2013). Visual Understanding Enviroment. Educational and Scholarly Technology Services Tufts University.

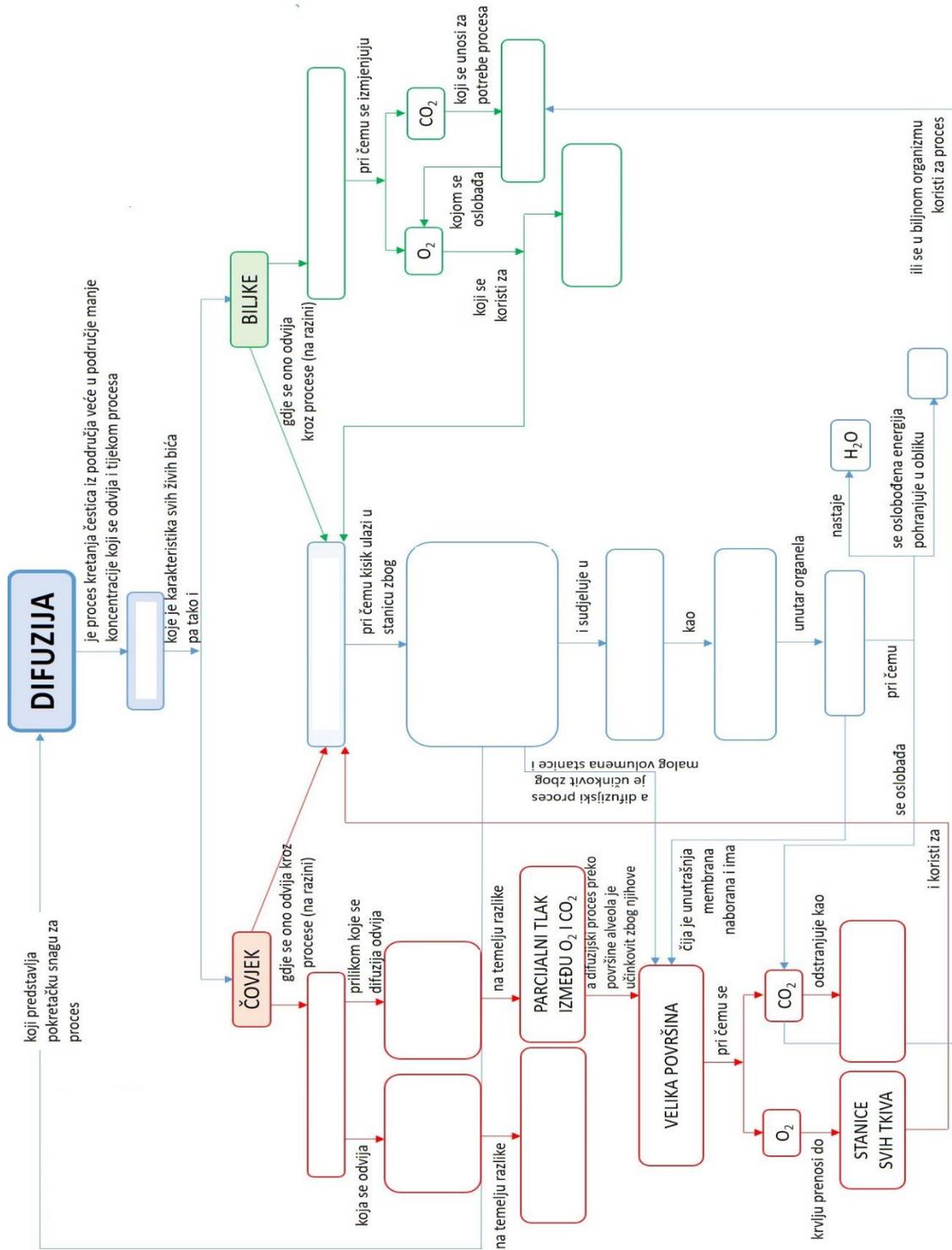
Yenilmez, A., Tekkaya, C. (2006). Enhancing students understandin of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. Journal of Science Education and Technology, 15:81-87.

**Web izvori:**

Web 1: ACES (2004). Kinds of Concept Maps. College of ACES. Preuzeto 23.06.2019. <http://classes.aces.uiuc.edu/ACES100/Mind/c-m2.html>

## 8. PRILOZI

### Prilog 1. Prazna konceptualna mapa.



### **DIFUZIJA I DISANJE KOD ČOVJEKA I BILJAKA**

Disanje kod čovjeka, na razini pluća i stanica, može se usporediti s disanjem kod biljaka, na razini puči i stanica. Osnovni princip izmjene plinova ( $O_2$  i  $CO_2$ ) temelji se na zakonima difuzije. Dok se  $O_2$  i  $CO_2$  izmjenjuju ventilacijom putem puči, plućna se ventilacija odvija zbog nastale razlike u tlakovima između tlaka u plućima i atmosferskog tlaka, uzrokujući kretanje zraka iz područja većeg u područje manjeg tlaka. Nakon udisaja se u alveolama javlja veći parcijalni tlak  $O_2$ , kao i manji parcijalni tlak  $CO_2$  u odnosu na parcijalni tlak tih plinova u krvnim kapilarama, što pokreće njihovu difuziju s mjesta njihovog većeg na mjesto njihovog manjeg parcijalnog tlaka, a učinkovitost izmjene plinova je velika zbog malih dimenzija alveola te velike relativne respiracijske površine u odnosu na njihov volumen.

Difuzijski proces očituje se i na razini stanice, također velike difuzijske površine u odnosu na mali stanični volumen, gdje se lako izmjenjuju  $O_2$  (dopremljen krvlju odnosno kao produkt fotosinteze) i  $CO_2$  (produkt metabolizma) preko stanične membrane, uslijed nastalog koncentracijskog gradijenta tih plinova između unutarstanične i izvanstanične tekućine. S aspekta metabolizma, potreba za kisikom u procesu disanja na razini stanice jedinstvena je za sve aerobne organizme pa tako i čovjek i biljke, na razini stanice, dišu jednako – unutar mitochondrija, čiji višestruki nabori unutarnje membrane prate tendenciju povećanja površine na kojoj se sintetiziraju molekule ATP-a uslijed oslobađanja velike količine energije oslobođene razgradnjom molekula hrane, uz sudjelovanje kisika kao konačnog akceptora elektrona.

**Prilog 3. Anketa o navikama učenja kod učenika, preuzeta od Babića (2018)**

**ANKETA O NAVIKAMA UČENJA KOD UČENIKA**

Pročitajte niz tvrdnji te za svaku od njih odlučite u kojoj se mjeri ona odnosi na Vas, odnosno do koje se mjere slažete s navedenom tvrdnjom, i to prema sljedećoj skali:

- 1 – *uopće se ne slažem*
- 2 – *uglavnom se ne slažem*
- 3 – *ni se slažem ni se ne slažem*
- 4 – *uglavnom se slažem*
- 5 – *u potpunosti se slažem*

U jednu od kućica uz tvrdnju stavite znak ×. Pripazite da uz svaku tvrdnju (svaki redak) imate samo jednu oznaku, koja označava Vaš odgovor.

R. br.	Tvrdnja	1	2	3	4	5
1.	Učim redovno pripremajući se za pisanu provjeru znanja dulji vremenski period (puno prije ispita).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Tijekom učenja postavljam si pitanja koja me potiču na razumijevanje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od nastavnika.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od ostalih kolega, koji to razumiju.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, taj dio naučim napamet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Često učim napamet, bez dubljeg razumijevanja, te je to dovoljno za uspješno polaganje pisane provjere znanja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Za ispit se pripremam često ili isključivo prema pitanjima koja je nastavnik naglasio na satu što je dovoljno za uspješno riješenu pisanu provjeru znanja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Za učenje koristim često ili isključivo koristim zapise sa sata.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Za učenje koristim kombinaciju različitih literaturnih izvora, poput stručnih knjiga, znanstvenih radova, web stranica i dr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10.	Tijekom učenja iz literature, preskačem tablice i grafičke prikaze te se koncentriram samo na tekst i učenje činjenica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Učim samo one dijelove gradiva, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući svoje znanje dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz znanosti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Kada mnogo učim, postížem bolje rezultate na ispitima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Tijekom sata mogu dovoljno naučiti pri čemu mi preostaje više slobodnog vremena za vlastite interese.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Na nastavi radim zadatke koji omogućuju primjenu znanja ili vještina na svakodnevne situacije.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Praktični rad pruža mi mogućnost neposrednog kontakta s različitim biološkim materijalima, što u konačnici doprinosi mome učenju i boljem razumijevanju nastavnog gradiva.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Tijekom učenja, znam odabrati najvažnije dijelove nastavnog gradiva potrebne za razumijevanje i uspješno rješavanje pisane provjere znanja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz drugih predmeta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Tijekom učenja, nastojim si razjasniti sve nepoznate riječi, a koje su ključne za potpuno razumijevanje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Svoje učenje prilagođavam profilu nastavnika – ukoliko je nastavnik vrlo zahtijevan, tada više vremena uložim u učenje i razumijevanje nastavnog gradiva (i obratno).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Razumijevanje kompleksnog gradiva nastojim olakšati izdvajanjem najvažnijih sadržaja, pisanjem vlastitih bilješki (skripti), kreiranjem umnih i konceptualnih mapa i sl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Rado učim Biologiju.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Nastavno gradivo iz Biologije jednako uspješno usvajam, kao i ono iz drugih predmeta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>