

POLJUDNOZNANSTVENI POGLED NA POJAV BIOLUMINISCENCE

Avtor: Gloria Zudič

Mentor: prof. Kristina Glavina

Leto izdelave: 2021

Šola: Srednja šola Izola

Kazalo vsebine

1. POVZETEK	3
2. ZAHVALA.....	4
3. UVOD	5
3.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNE NALOGE IN NAMEN	5
3.2. RAZISKOVALNE HIPOTEZE	5
3.3. RAZISKOVALNE METODE	5
4. TEORETIČNI DEL	6
4.1. KAJ JE POJAV BIOLUMINISCENCE?	6
4.2. BIOKEMIJSKA RAZLAGA POTEKA BIOLUMINISCENCE.....	6
4.3. POMEN POJAVA BIOLUMINISCENCE V NARAVI.....	7
4.4. IZBOR BIOLUMINISCENČNIH ORGANIZMOV IZ KRALJESTVA ŽIVALI	8
4.4.1. <i>Morska iskrnica (Noctiluca scintillans)</i>	8
4.4.2. <i>Mesečinka (Pelagia noctilluca)</i>	9
4.4.3. <i>Meduza Atolla wyvillei (ang. Atolla jellyfish)</i>	9
4.4.4. <i>Ligenj Watasenia scintillans (ang. Firefly squid)</i>	10
4.4.5. <i>Sipa Sepiola atlantica (ang. Atlantic bobtail)</i>	10
4.4.6. <i>Hrošč Pyrophorus noctilucus (ang. Headlight elater)</i>	11
4.4.7. <i>Velika kresnica (Lampyrus noctiluca)</i>	11
4.4.8. <i>Hrošč (Photuris lucicrescens)</i>	12
4.4.9. <i>Svetleči črv (Arachnocampa luminosa)</i>	13
4.4.10. <i>Morska kresnička (Vargula hilgendorffii)</i>	13
4.4.11. <i>Hektorjeva laterna (lat. Lampanyctodes hectoris)</i>	14
4.5. MOŽNOSTI IZKORIŠČANJA POJAVA BIOLUMINISCENCE	14
5. EMPIRIČNI DEL	15
5.1. METODOLOGIJA	15
5.2. RAZISKOVALNI DEL.....	15
5.2.1. <i>HIPOTEZE</i>	15
5.2.2. <i>ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA</i>	15
5.2.3. <i>METODA INTERVJUJA</i>	31
6. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK	35
7. SEZNAM UPORABLJENIH VIROV IN LITERATURE	36
7.1. LITERATURA IN SPLETNI VIRI	36
7.2. VIRI SLIK:.....	37
8. PRILOGE	39

KAZALO SLIK

Slika 1: Oksidacija aktivne spojine luciferina do oksiluciferina	6
Slika 2: Oksidacija luciferina do cipridina oksiluciferina.....	7
Slika 3: Morska iskrnica (<i>Noctiluca scintillans</i>).....	9
Slika 4: Mesečinka (<i>Pelagia noctiluca</i>).....	9
Slika 5: <i>Atolla wyvillei</i>	10
Slika 6: <i>Watasenia scintillans</i>	10
Slika 7: <i>Sepiola atlantica</i>	11
Slika 8: <i>Pyrophorus noctilucus</i> s svetlečim zadkom	11
Slika 9: Velika kresnica <i>Lampyrus noctiluca</i>	12
Slika 10: <i>Photuris lucicrescens</i> s svetlečim zadkom	12
Slika 11: Hrošč <i>Photuris lucicrescens</i>	12
Slika 12: Svetleči črvi <i>Arachnocampa luminosa</i> na jamskem stropu.....	13
Slika 13: Morska kresnička <i>Vargula hilgendorffii</i>	13
Slika 14: Riba Hekorjeva laterna (<i>Lampanyctodes hectoris</i>)	14

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prvo vprašanje - poznavanje pojma bioluminiscence	16
Tabela 2: Drugo vprašanje - viri poznavanja pojma bioluminiscence	17
Tabela 3: Tretje vprašanje - viri elektronskih medijev	18
Tabela 4 : Četrto vprašanje - opredelitev pojma bioluminiscence.....	19
Tabela 5: Peto vprašanje - poznavanje živali kot virov svetlobe	20
Tabela 6: Šesto vprašanje - bioluminiscenčni organizmi in organizmi, ki lahko svetlobo odbijajo.....	21
Tabela 7: Sedmo vprašanje - vloga bioluminiscence v živi naravi	22
Tabela 8: Osmo vprašanje - življenjski prostor bioluminiscenčnih organizmov.....	23
Tabela 9: Deveto vprašanje - bioluminiscenčni organizmi na območju Slovenije	24
Tabela 10: Deseto vprašanje – možni habitati bioluminiscenčnih organizmov na območju Slovenije.	25
Tabela 11: Enajsto vprašanje - pomen bioluminiscence za bioluminiscenčne organizme.....	27
Tabela 12: Dvanajsto vprašanje - uporabnost bioluminiscence za človeka	28
Tabela 13: Trinajsto vprašanje - uporaba bioluminiscence na različnih področjih človekovega delovanja	29
Tabela 14: Štirinajsto vprašanje - pomen bioluminiscence za preživetje bioluminiscenčnih organizmov	30

1. POVZETEK

Za raziskovalno nalogo sem se odločila, ker me je zelo zanimalo zakaj se nekatere živali »svetijo« in čemu jim to služi. Zanimalo me je tudi koliko so moji vrstniki seznanjeni s pojavom bioluminiscence. Pri delu sem si pomagala predvsem s spletnimi viri, saj je v danih izrednih razmerah je težje opravljati raziskovalno nalogo in sem bila precej omejena pri iskanju strokovne literature v knjižnicah.

Za raziskovanje poznavanja pojava bioluminiscence med dijaki sem uporabila metodo anketiranja. Odkrila sem, da znajo dijaki določiti kresničko kot žival, ki oddaja svetlobo, medtem ko slabo poznajo druge bioluminiscenčne organizme. Pomanjkljivo je tudi poznavanje vloge oddajanja svetlobe pri organizmih v naravnem okolju. Nekateri dijaki slabo ločujejo med organizmi, ki oddajajo svetlobo in organizmi, ki s svojo telesno površino svetlobo le odbijajo.

Imela sem izjemno priložnost opraviti intervju z raziskovalko morske biološke postaje. Intervju z ga. dr. Janjo France je potrdil vse kar sem sama brala o pojavu bioluminiscence v spletnih virih, hkrati se je izkazalo, da ima raziskovalno področje še vedno številne možnosti za odkrivanje bioloških dejstev in uporabo le-teh za človeka uporabne namene.

Ključne besede: bioluminiscenca, luciferin, luciferaza, bioluminiscenčni organizmi

ABSTRACT

I have decided to do the research because I am very interested in the question why some animals "glow" in the dark and how this ability serves them. My aim was to find out how familiar my peers are with the phenomenon of bioluminescence. I used mainly online resources as, due to the present social restrictions, it was more difficult to do the research and I was quite limited in using the library's resources.

I conducted a poll to assess the knowledge of the phenomenon of bioluminescence among students. I found out that students are able to identify fireflies as animals that emit light; however, they have little knowledge of other bioluminescent organisms. There is also a lack of knowledge about the role of light emission in organisms in the natural environment. Some students can't really distinguish between light-emitting organisms and organisms that just reflect light with their body surface.

I had a remarkable opportunity to interview a researcher employed by the marine biological station. In the interview dr. Janja France confirmed everything I had read about the phenomenon of bioluminescence online. At the same time we established that the research field still has huge potential for defining biological facts and their use for humanity.

Key words: bioluminescence, luciferin, luciferase, bioluminescent organism

2. ZAHVALA

Pri izdelavi raziskovalne naloge se za pomoč, strokovno usmerjanje in nasvete zahvaljujem mentorici prof. Kristini Glavina.

Zahvaljujem se vsem dijakom Srednje šole Izola, ki so se odzvali povabilu na reševanje anketnega vprašalnika za raziskovalne namene naloge. Posebej se zahvaljujem tudi dr. Janji France, ki mi je podarila svoj čas in znanje za intervju.

Zahvaljujem se tudi prof. Tanji Šircelj za angleški prevod povzetka raziskovalne naloge.

Za lektoriranje se zahvaljujem prof. Lučki Jevnikar in prof. Niki Vukelič.

Prav tako se zahvaljujem svojim prijateljem in družini, ki so me vzpodbujali in bili z menoj.

3. UVOD

3.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNE NALOGE IN NAMEN

Želja in zanimanje za iskanje odgovorov na vprašanja, zakaj se nekatere živali svetijo oz. čemu jim to oddajanje svetlobe služi, sta me vodili pri odločitvi za opravljanje raziskovalne naloge. Pregledala sem različne vire, v katerih sem našla številne teoretične odgovore. Poiskala sem značilne znane in manj znane predstavnike bioluminiscenčnih organizmov ter jih na kratko opisala. Omejila sem se na živalske predstavnike, ki imajo sposobnost oddajanja svetlobe. Izpostavila sem njihovo življenjsko okolje, ki ga naseljujejo in kakšen pomen ima bioluminiscenca za njihovo življenje ali obstoj. Pri tem mi je bil v veliko oporo intervju z raziskovalko na Morski biološki postaji Piran. Zanimalo me je tudi koliko so moji vrstniki seznanjeni s pojavom bioluminiscence oz. kaj o tem že vedo. S pomočjo spletnega anketiranja sem ugotavljala tako v virih kot pri dijakih ali je lahko pojav bioluminiscence uporaben tudi v kakšne druge namene, h katerim se človek zateka.

3.2. RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Hipoteze, ki sem jih zastavila z namenom, da natančneje poiščem odgovore in usmerjeno raziskujem poznavanje pojava bioluminiscence s poljudnoznanstvenega vidika, so:

- 1. Dijaki pojava bioluminiscence ne poznajo dovolj dobro, da bi ga pravilno opredelili.**
- 2. Dijaki prepoznajo hrošča kresnico kot kopenski bioluminiscenčni organizem, medtem ko ostalih predstavnikov s sposobnostjo bioluminiscence ne prepoznajo.**
- 3. Dijaki ne poznajo sodobnih pristopov uporabe pojava bioluminiscence.**

3.3. RAZISKOVALNE METODE

Teoretični del raziskovalne naloge je nastal na podlagi deskriptivne metode, s pomočjo katere sem najprej opredelila pojav bioluminiscence ter poiskala ekološko vlogo pojava v naravi. Izbrala sem in na kratko opisala predstavnike najbolj raziskanih bioluminiscenčnih organizmov.

V raziskovalnem delu naloge sem za pridobivanje podatkov uporabila metodo anketiranja in metodo intervjuja. Metodo anketiranja sem izvedla s pomočjo spletne aplikacije za anketiranje. Spletni vprašalnik so prostovoljno izpolnjevali dijaki Srednje šole Izola. Metodo intervjuja sem izvedla v sodelovanju z raziskovalko z Morske biološke postaje v Piranu.

4. TEORETIČNI DEL

Pojav bioluminiscence je splošno opisan v teoretičnem delu. Sledi biokemijska razlaga poteka pojava na primeru dveh najbolj raziskanih bioluminiscenčnih organizmov. Ekološki pomen bioluminiscence v živi naravi je podprt s kratkimi opisi izbranih bioluminiscenčnih organizmov. Naveden je tudi uporaben vidik pojava v različnih panogah človekovih dejavnosti.

4.1. KAJ JE POJAV BIOLUMINISCENCE?

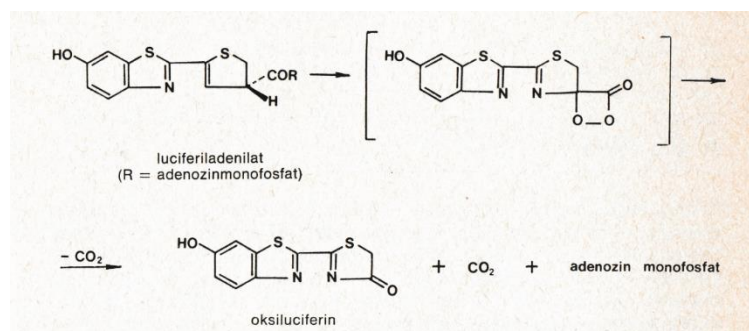
Bioluminiscenca je na splošno oddajanje svetlobe pri živih organizmih, ki nastane s pretvorbo kemične energije v svetlobno. Bioluminiscenca je bila sprva obravnavana oz. imenovana kot hladna svetloba, saj se energija večinoma pretvori v svetlobo in ne v toploto kot npr. pri žarnicah. (Tišler, 1985, str.108)

Za pojav bioluminiscence je potrebna kemijska reakcija, ki pri večini organizmov poteka v svetilnih organih. Ta živa bitja lahko svetijo s celim telesom, lahko le z določenimi deli telesa ali pa celo »gojijo« bakterije s sposobnostjo bioluminiscence ter se »ugasnejo« tako, da ta del telesa pokrijejo s kožno gubo (npr. globokomorske ribe, ki imajo take bakterije na svetlečih izrastkih). Najpogosteje bioluminiscenčni organizmi oddajajo modro, zeleno in oranžno svetlobo. Barva svetlobe je odvisna tudi od okolja, v katerem taki organizmi živijo. Redko oddajajo temno vijolično in temno rdečo svetlobo (Berden Zrimec, 2015).

V naravi živi veliko organizmov s sposobnostjo bioluminiscence. Kar 80 % organizmov s sposobnostjo bioluminiscence je globokomorskih. Nekateri taki organizmi so bakterije, plankton, mehkužci (lignji, hobotnice...), ožigalkarji, klobučnjaki, iglokožci, koralnjaki, raki, morski pajki, žuželke, ribe... (Fridell, 2021) Obstajajo tudi rastline in glive s sposobnostjo bioluminiscence. (Langkey, 2019) V nadaljevanju opisujem bioluminiscenco organizmov iz kraljestva živali.

4.2. BIOKEMIJSKA RAZLAGA POTEKA BIOLUMINISCENCE

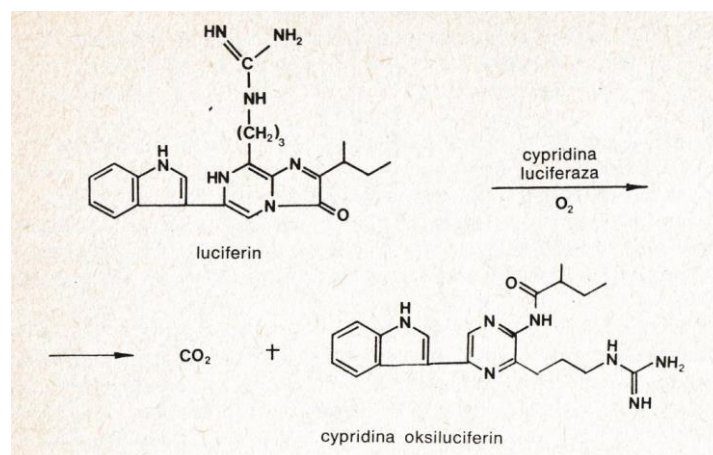
Bioluminiscenčni organizmi so tisti, ki kemično energijo pretvarjajo v vidno svetlobo. Bioluminiscenca je emisija svetlobe pri kemijskih reakcijah, ki jih katalizirajo encimi (Tišler, 1985, str.108). Med najbolj raziskanimi pojavi je bioluminiscenca kresnic. Emitirana svetloba pa se vrstno razlikuje, lahko je zelenkaste do rdeče barve (Tišler, 1985, str. 109).



Slika 1: Oksidacija aktivne spojine luciferina do oksiluciferina

Za potek te kemijske reakcije je potrebna aktivna spojina. Iz kresnic je bila tako izolirana aktivna spojina luciferin. Encim, ki katalizira kemijsko reakcijo, pa je luciferaza. Na primeru kresnic poteče v njihovem zadku encimsko katalizirana oksidacija luciferina v oksiluciferin (Slika 1), pri čemer nastane še ogljikov dioksid (CO_2) in adenozin monofosfat (AMP), energija pa se sprošča (emitira) kot svetloba. (Tišler, 1985, str. 109)

Pri morskih rakah iz reda dvoklopnikov (*Cypridina hilgendorffii*) so izhodne spojine, to so aktivne spojine luciferina in encimi luciferaze, hranjene v ločenih žlezah v telesih rakov. Pri stimulaciji raki izločijo obe vrsti spojin v morsk vodo, kjer poteče kemijska reakcija in emitira modra svetloba (Tišler, 1985, str.109). V kemijsko reakcijo vstopa kot oksidant kisik, ki je raztopljen v morski vodi.



Slika 2: Oksidacija luciferina do cipridina oksiluciferina

Tudi na primeru rakov dvoklopnikov poteka encimsko katalizirana oksidacija luciferina, pri kateri luciferin razpade na cipridin oksiluciferin in ogljikov dioksid, energija pa se sprošča kot svetloba (Slika 2). (Tišler, 1985, str. 110)

4.3. POMEN POJAVA BIOLUMINISCENCE V NARAVI

Bioluminiscentni organizmi izkoriščajo oddajanje svetlobe za privabljanje spolnega partnerja, za prehranjevanja (svetloba privablja plen), za beg pred plenilci (ga zmedejo ali zavedejo), za obrambo in sporazumevanje. (National Geographic Encyclopedia, 2021)

Predvsem družina kresnic (Lampyridae) oddaja svetlobo zaradi parjenja. Samici oddajajo zapletene svetlobne vzorce in nanje odgovorijo samice z enim svetlobnim znakom, ki traja nekaj sekund. Kresnice lahko regulirajo oddajanje svetlobe. (Sket, 2003, str. 385)

Mnoge globokomorske ribe imajo na vrhu glave svetleči izrastek, s katerim privabljajo plen. Morski pes *Isistius brasiliensis* celo oddaja bioluminiscenčno svetlobo na zgornji strani telesa. S tem je za druge ribe oz. pred plenilci neviden. Na spodnji strani telesa pa ima črno liso v obliki ribe, s katero zase privablja svoj plen. (Fridell, 2021)

Bioluminiscentne ribe, ki oddajajo rdečo svetlobo, imajo svetilne organe imenovane fotofori. Tudi te ribe uporabljajo bioluminiscenčno svetlobo v prehranjevalne namene. Toda ne za

privabljanje plena, temveč za lažje zaznavanje rdeče obarvanega plena. Rdeča svetloba se v vodi lažje filtrira že na kratkih razdaljah. Posledica je, da so take bioluminiscentne ribe v vodi zelo neopazne. Na tak način plenjeni organizmi ne morejo prepoznati plenilcev. Lahko pa drugi plenilci zaznajo to šibko rdečo svetlobo, saj imajo posebne čutilne receptorje za rdečo barvo.

Bioluminiscentni organizmi imajo zelo različne načine za obrambo pred plenilci. Tak primer je senčenje telesa. Npr. če je manjša riba pod kakšno večjo plenilsko ribo, jo ta pod seboj prepozna in jo poje. Če pa ima manjša riba sposobnost bioluminiscence (oddaja npr. modro svetlobo), je neprepoznavna, zato je njeni plenilci ne morejo videti. (Langkey, 2019)

Nekateri organizmi celo oddajo kakor odpadli tisti del telesa (svetleči), ki sveti, zato da ubežijo pred plenilcem. Plenilec usmeri pozornost v svetleči del, medtem ko mu dejanski plenjeni organizem zbeži. (Fridell, 2021)

Drugi način je mimikrija. Nekatere ribe posnemajo podobo meduz in z bioluminiscenco sporočajo »sem strupena meduza«.

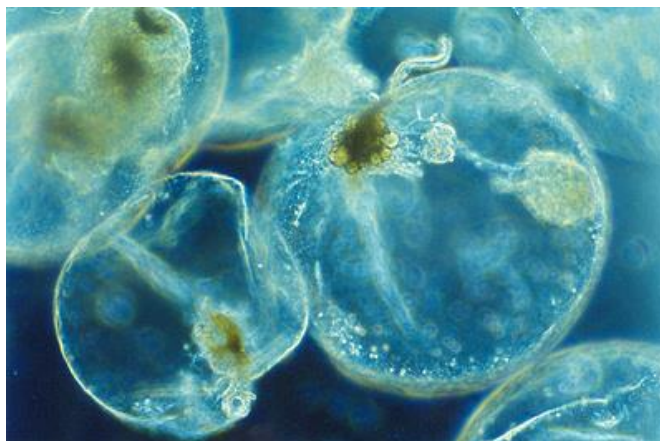
Naslednji način je bioluminiscentno »črnilo«. To je bioluminiscentna tekočina, ki jo izločajo nekateri organizmi (lignji ali hobotnice s sposobnostjo bioluminiscence). To tekočino izločajo, da bi prestrašili napadalca ali pa da ga celo oslepijo. (Fridell, 2021)

Poseben način obrambe pred plenilci je opisan kot »vlomilski alarm«. Blisk pri vlomilskem alarmu je izrazito močan. Lahko seže do 100 m daleč. Pri vlomilskem alarmu, ko je nek organizem ali več v nevarnosti (jih napadejo večji plenilski organizmi), začnejo ogroženi organizmi svetiti. S svetlobo privabijo večje plenilce, ki pojejo tiste, ki so predhodno ogrožali manjše bioluminiscentne organizme. (Langkey, 2019)

4.4. IZBOR BIOLUMINISCENČNIH ORGANIZMOV IZ KRALJESTVA ŽIVALI

4.4.1. Morska iskrnica (*Noctiluca scintillans*)

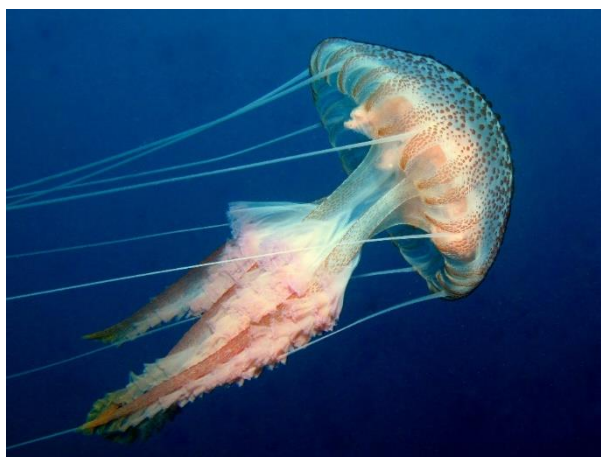
Morska iskrnica (*Noctiluca scintillantis*) je enocelični organizem, ki je viden s prostim očesom. Morska iskrnica je zooplankton, klorofila ne vsebuje, ker se prehranjuje heterotrofno. Večinoma se prehranjuje z drugimi enoceličnimi planktonskimi organizmi. Ko se iskrnica prekomerno razmnožuje, ob množičnem pojavljanju povzroči rdeče obarvanje morja ali »cvetenje«, ker vsebuje pigment. (Siol.net, 2012) Morska iskrnica ne vsebuje strupov ali toksinov, zato ni nevarna za človeka, kar pa ne velja za druge organizme. Za množično razgradnjo porabi velike količine kisika, vendar pomanjkanje kisika povzroči umiranje drugih organizmov. (Fernandez, Pasqualini, 2020)



Slika 3: Morska iskrnica (*Noctiluca scintillans*)

4.4.2. Mesečina (*Pelagia noctiluca*)

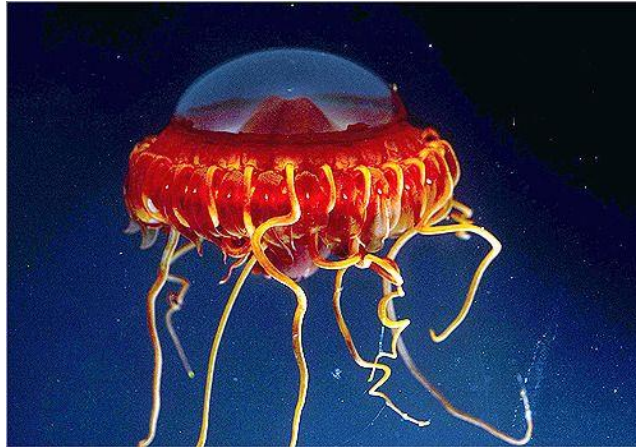
Mesečina je vrsta meduze, ki živi v Sredozemskem morju in v toplejših območjih Atlantika. Meduza je prosto plavajoča življenjska oblika klobučnjakov. Prehranjuje se z zooplanktonom, majhnimi ribami, raki in drugimi meduzami. Drobne organizme pleni z lovkami, z ožigalkami jih tudi omrtviči. Ožigalke uporablja tudi za obrambo. Pri razmnoževanju se ličinka planula neposredno razvije v majhno meduzo efiro, ki je edina življenjska oblika. Mesečina preskoči stopnjo polipa. Meduza se svetlika v temi rožnato-vijoličasto. Mesečina ves čas živi na odprtem morju. (Sket, 2003, str. 81)



Slika 4: Mesečina (*Pelagia noctiluca*)

4.4.3. Meduza *Atolla wyvillei* (ang. *Atolla jellyfish*)

Je meduza, ki je v Angleščini znana kot Coronate medusa. Živi v vseh morjih in jo najdemo v globinah od 1000 do 4000 m . V nasprotju z drugimi bioluminiscenčnimi meduzami, ki plen privabljajo z oddajanjem svetlobe, ta vrsta oddaja svetlobo zato, da odganja plenilce. Kadar je napadena utripa z modro svetlobo. *Atolla wyvillei* se razmnožuje spolno in nespolno. Nespolno se razmnožuje tako, da se meduza deli v efire – mlade meduze, ki postopoma dozori v odrasle. Spolno razmnoževanje poteka preko ličinke, iz katere se razvije polipna generacija. *Atolla wyvillei* se prehranjuje z rakci in ostalimi plavajočimi živimi bitji. Zraste lahko do približno 360 cm (ang. »12 feet«). (Langkey, 2019)



Slika 5: *Atolla wyvillei*

4.4.4. Ligenj *Watasenia scintillans* (ang. Firefly squid)

Ta vrsta lignja izkorišča bioluminiscenco za vabo rib, s katerimi se prehranjuje. Z oddajanjem svetlobe privablja tudi spolnega partnerja. Telo lignja je celo bioluminiscenčno, oddaja pa modro svetlobo. Je edini glavonožec, ki lahko vidi barve. Na mrežnici lignjevih oči so določili 3 vidne pigmente. Živi samo eno leto in lahko zraste do 7,5 cm. (National Geographic Encyclopedia, 2021). Skozi življenjsko obdobje se zelo različno prehranjuje. Ko je stadiju ličinke, se prehranjuje z zooplanktonom. V odrasli dobi pa se prehranjuje še s planktonskimi raki, ribami in ostalimi lignji. Lignji vrste *W. scintillans* živijo v zahodnem Pacifiku. (Fridell, 2021)



Slika 6: *Watasenia scintillans*

4.4.5. Sipa *Sepiola atlantica* (ang. Atlantic bobtail)

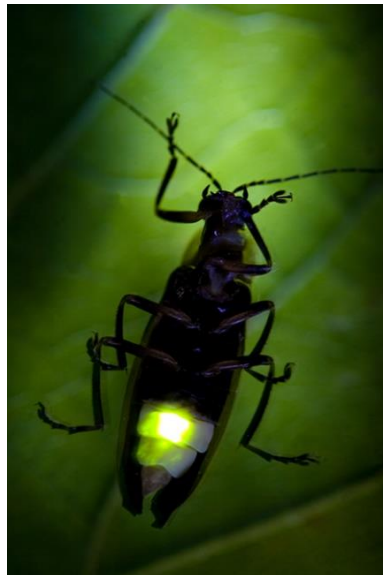
Je majhna sipa, ki živi v severovzhodnem Atlantiku in v Mediteranskem morju. Zraste od 1 cm do 8 cm. V sipi živijo simbiotske bakterije vrste *Aliivibrio fischeri*. Bakterije prejemajo potrebna hranila iz raztopine sladkorja in aminokislin preko hrane, ki jo zaužije sipa. V »zamenó« za prejeta hranila bakterije oddajajo svetlobo in tako spreminjajo zunanji izgled sipe. (Fridell, 2021)



Slika 7: *Sepioida atlantica*

4.4.6. Hrošč *Pyrophorus noctilucus* (ang. Headlight elater)

Vrsta hrošča zraste od 20 do 40 mm. Svetlobo oddaja za obrambo. Ko se ga plenilec dotakne oz. ga napade, se začne hrošč zelo močno svetiti. Sveti konstantno in ne kot drugi bioluminiscenčni organizmi, ki navadno utripajo. Bioluminiscenčen je celo življenje oz. v vseh stadijih svojega življenja. Bioluminiscenčne so tudi ličinke. Zanimivo pri tej vrsti je, da celo jajčeca oddajajo svetlobo. Je najsvetlejša žuželka in pravijo, da je tako svetla svetloba, ki jo oddaja, da se lahko ob tej svetlobi lahko »bere«. Odrasla žival se prehranjuje s cvetnim prahom, z malimi žuželkami in fermentiranim sadjem. Ličinke živijo v zemlji in se kot vsejede prehranjujejo z rastlinskimi deli, nevretenčarji ter včasih z ličinkami drugih žuželk. (Langkey, 2021)



Slika 8: *Pyrophorus noctilucus* s svetlečim zadkom

4.4.7. Velika kresnica (*Lampyris noctiluca*)

Kresnice sodijo v družino bioluminiscenčnih hroščev Lampyridae, ki je znana po tem, da imajo svetlobne organe. Nahajajo se na spodnji strani zadnjih obročkov zadka. Tukaj poteka reakcija oksidacija luciferina do oksiluciferina, energija pa se sprošča kot svetloba. Barva emitirane

svetlobe je za posamezno vrsto značilna, poseben je tudi vzorec utripanja svetlobe, ker imajo kresnice sposobnost reguliranja svetenja v svojih svetilnih organih (Sket, 2003, str. 384).

Največja kresnica na območju Slovenije je velika kresnica do 15 mm, ki tudi med kresnicami oddaja najmočnejšo svetlobo. Krilati so samci (letajo ob kresu junija in julija, od tod ime kresnice), medtem ko samice nimajo kril. So rjave barve z velikimi očmi. Vrsta je razširjena po vsej Sloveniji. (Sket, 2003, str. 384)



Slika 9: Velika kresnica *Lampyris noctiluca*

4.4.8. Hrošč (*Photuris lucicrescens*)

Kresnice te vrste zrastejo do 2 cm. Živijo v tropskih in subtropskih predelih sveta. S sposobnostjo bioluminiscence komunicirajo med seboj predstavniki iste vrste. Ličinke kresnic so tudi bioluminiscenčne in z oddajanjem svetlobe sporočajo plenilcem, da so neužitne. Pri mnogih vrstah so samicam krila zakrnela, zato tudi v odraslem stadiju ostaja telo podobno ličinkam. Vsaka vrsta ima različno razporejene svetilne organe (običajno na 5. do 7. členu zadka). (NGE, Bioluminiscence, 2021)



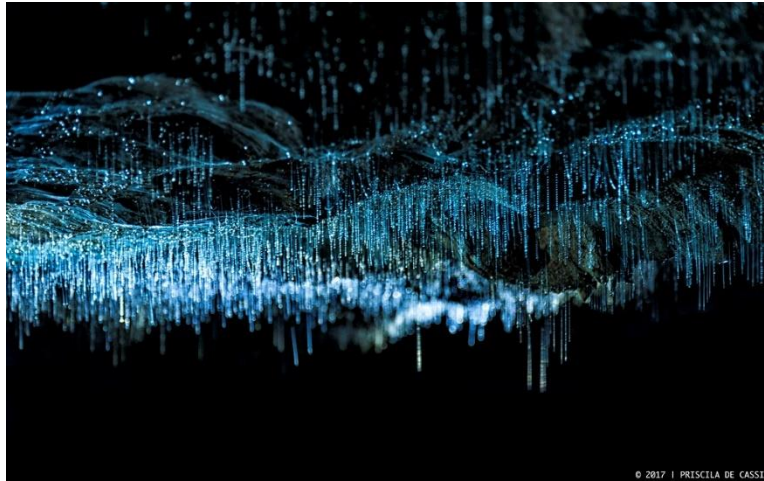
Slika 11: Hrošč *Photuris lucicrescens*



Slika 10: *Photuris lucicrescens* s svetlečim zadkom

4.4.9. Svetleči črv (*Arachnocampa luminosa*)

Tako imenovani črvi so v resnici zelo majhni hrošči, ki živijo v jamah Nove Zelandije. Zrastejo od 3 do 4 cm dolžine. Ime »svetleči črvi« so dobili zaradi neustreznega prevoda iz latinščine. S pomočjo bioluminiscence privabljajo plen, npr. mušice, s katerimi se prehranjujejo. Ti hrošči živijo v jamah, ki so jih odkrili šele leta 1940. Jame so pred odkritjem veljale za izmišljen kraj iz maorske mitologije. Za te hrošče je tudi značilna popolna preobrazba. Ko pridejo v stadij odrasle žuželke, pa niso več zmožni prehranjevanja, zato živijo le nekaj dni. Teh nekaj dni je zanje dovolj, da se lahko razmnožujejo. Samica izleže približno 100 jajčec. (Keel, 2021)



Slika 12: Svetleči črvi *Arachnocampa luminosa* na jamskem stropu

4.4.10. Morska kresnička (*Vargula hilgendorffii*)

Morska kresnička je med raki edina iz rodu *Vargula*, ki živi v Japonskih morjih. Ostale vrste tega rodu živijo v Mehiškem zalivu, Karibskem morju in v vseh vodah ob obali Kalifornije. Je drobna nočna žival dolga le 3 mm. Živi v pesku, kjer je plitva voda. Čez dan je pod njim zakopana, ponoči pa aktivno išče hrano. Spada med morske vrste rakov. Zanja je značilno oddajanje modre svetlobe. Pri morski kresnički je intenziteta bioluminiscence odvisna od pH vrednosti in slanosti vode. Med drugo svetovno vojno so japonski vojaki uporabljali celo svetlobo morskih kresničk za branje map, če ni bilo na razpolago drugega svetlobnega vira. (Fridell, 2021)



Slika 13: Morska kresnička *Vargula hilgendorffii*

4.4.11. Hektorjeva laterna (lat. *Lampanyctodes hectoris*)

Vrsta ribe je dobila ime po škotskem naravoslovcu, kirurgu in geologu Jamesu Hectorju. Zraste do 7 cm in je iz družine latern. Je edina iz rodu *Lampanyctodes*. Živi v tropskih vodah jugovzhodnega Atlantika, zahodnem in vzhodnem Pacifiku, v morjih Avstralije, Nove Zelandije in Čila. Je ena izmed redkih vrst latern, ki poseljuje tudi plitve vode in tam se pojavlja v velikem številu. Je pogosta riba, ker se pogosto drsti. Ima pomembno vlogo v gospodarstvu, saj iz nje pridobivajo ribje olje in jo predelujejo tudi v ribjo moko. Po načinu prehranjevanja je laterna mesojeda riba in s pomočjo bioluminiscence privablja svoj želeni plen. (Fridell, 2021)



Slika 14: Riba Hektorjeva laterna (*Lampanyctodes hectoris*)

4.5. MOŽNOSTI IZKORIŠČANJA POJAVA BIOLUMINISCENCE

Razumevanje pojava bioluminiscence je uporabno na mnogih področjih v znanosti. Še posebej v medicini (za označevanje vzorcev), v forenziki (za odkrivanje krvnih sledov) in na področju genskega inženirstva (gensko markiranje). S pomočjo znanj iz bioluminiscence se že določa stopnjo onesnaženosti voda. Z bioluminiscenčnim slikanjem (ang. bioluminescent imaging) lahko strokovnjaki odkrivajo učinkovitost zdravil z delovanjem na tumorje, ki specifično zavirajo razvoj krvnih žil oz. angiogenezo v tumorju. (Delo, 2013)

S pomočjo bioluminiscence bi lahko »svetleča drevesa« celo zamenjala ulične svetilke, zaradi česar bi bil energetski prihranek zelo velik. (Delo, 2013)

Bioluminiscenca je pojav, zaradi katerega se šele odpirajo neraziskane možnosti, s katerimi bo človek razširil spoznanja in zabeležil nova odkritja.

5. EMPIRIČNI DEL

Empirični del raziskovalne naloge predstavlja metodologijo pridobivanja podatkov o poznavanju pojava bioluminiscence pri dijakih. V analizi anketnega vprašalnika je štirinajst vprašanj podprtih z grafičnimi prikazi in opisi pridobljenih odgovorov anketirancev. Delno strukturiran intervju dopolnjuje anketni vprašalnik in analizira aktualnost pojava bioluminiscence v znanosti.

5.1. METODOLOGIJA

Za pridobivanje podatkov o poznavanju pojava bioluminiscence pri dijakih sem uporabila metodo anketiranja. Anketiranje sem izvedla s pomočjo spletne aplikacije »1ka« za anketiranje. Dijaki Srednje šole Izola so spletni vprašalnik izpolnjevali prostovoljno in anonimno. Vprašalnik sestavlja 14 vprašanj izbirnega tipa. Spletni vprašalnik je izpolnjevalo 202 dijakov.

Metodo intervjuja sem izvedla v sodelovanju z raziskovalko z Morske biološke postaje v Piranu. Intervju z ga. prof. Janjo France je bil opravljen na daljavo preko platforme »Cisco Webex Meetings«, dne 5.3.2021. Za intervju sem pripravila 10 vprašanj, med potekom intervjuja sem jih prilagodila pogovoru.

5.2. RAZISKOVALNI DEL

5.2.1. HIPOTEZE

Hipoteze, ki sem jih zastavila v raziskovalni nalogi, so naslednje:

- 1. Dijaki pojava bioluminiscence ne poznajo dovolj dobro, da bi ga pravilno opredelili.**
- 2. Dijaki prepoznajo hrošča kresnice kot kopenski bioluminiscenčni organizem, medtem ko ostalih predstavnikov s sposobnostjo bioluminiscence ne prepoznajo.**
- 3. Dijaki ne poznajo sodobnih pristopov uporabe pojava bioluminiscence.**

5.2.2. ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA

V nadaljevanju so predstavljena vprašanja, odgovori dijakov pa so prikazani v odstotkih v podobi grafikonov.

1. vprašanje: Ali poznaš pojav bioluminiscence?

Vprašanje preverja pri dijakih njihovo poznavanje pojma za pojav bioluminiscence splošno.

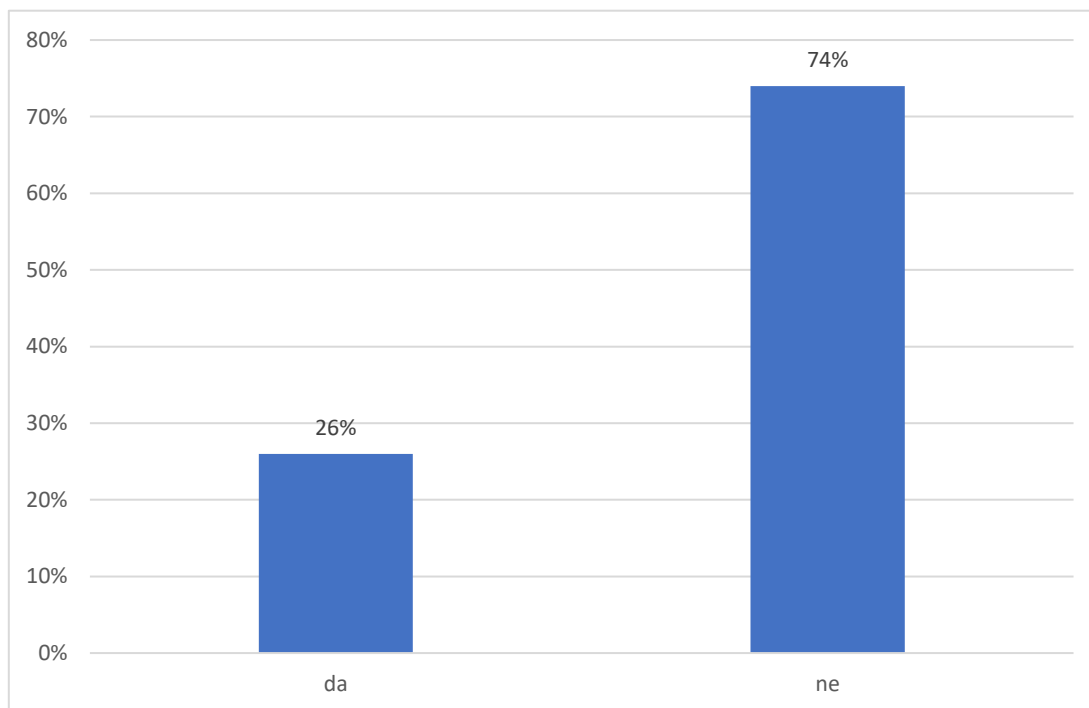


Tabela 1: Prvo vprašanje - poznavanje pojma bioluminiscence

Tabela prikazuje odgovore dijakov v odstotkih. 26% dijakov je odgovorilo z DA, pritrdilno, medtem ko je 74% dijakov pa je izbralo odgovor NE.

2. vprašanje: Preko katerih virov si slišal/a ali bral/a o pojavu bioluminiscence?

S tem vprašanjem sem želela izvedeti preko katerih virov so dijaki o pojavu že slišali oz. se seznanili s pojavom bioluminiscence na splošno. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditvev.

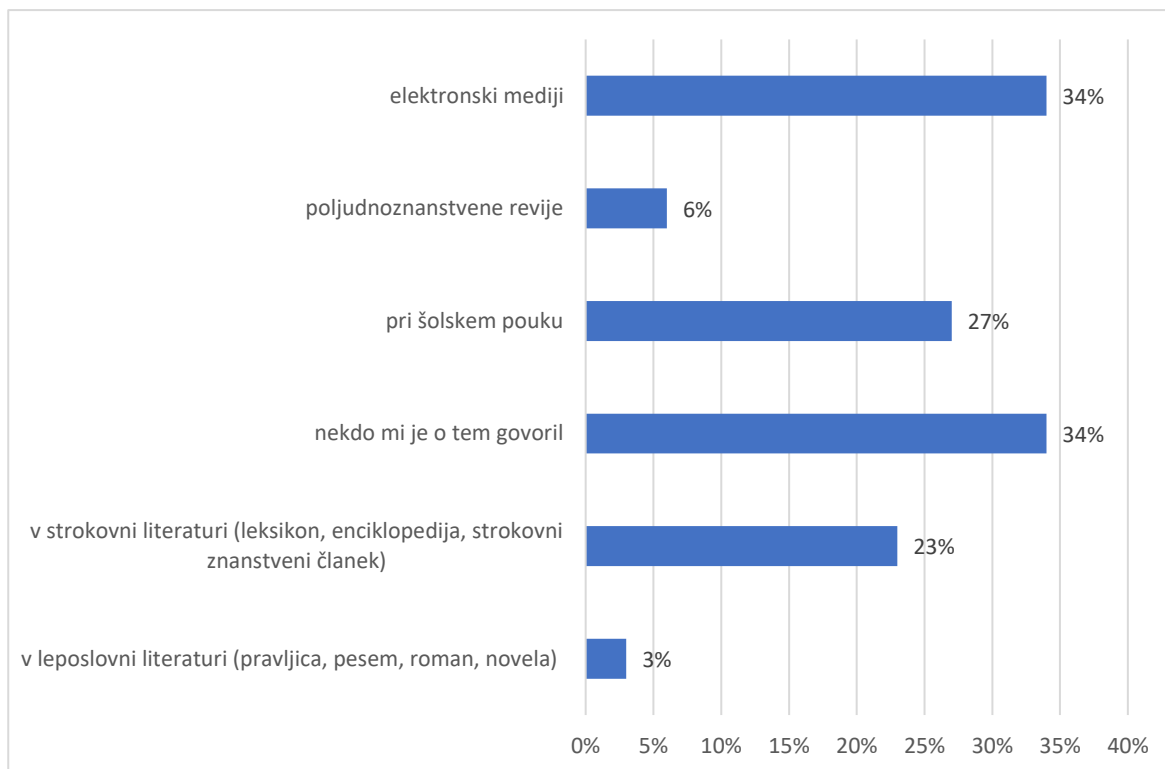


Tabela 2: Drugo vprašanje - viri poznavanja pojma bioluminiscence

Slika grafikona prikazuje, da se je 34% dijakov o tem pojavu seznanilo preko elektronskih medijev; 6% preko poljudnoznanstvenih revij, 27% dijakov pa je slišalo za pojav bioluminiscence pri šolskem pouku. 34% dijakom je izbralo trditve, da jim je »nekdo« o tem govoril. 23% dijakov je o pojavu bralo v strokovni literaturi in 3% dijakov so o bioluminiscenci brali v leposlovni literaturi.

3. vprašanje: Preko katerih medijev si videl/ ali slišal/ za pojav bioluminiscence?

S tem vprašanjem sem želela analizirati raznolike vire elektronskih medijev. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditev.

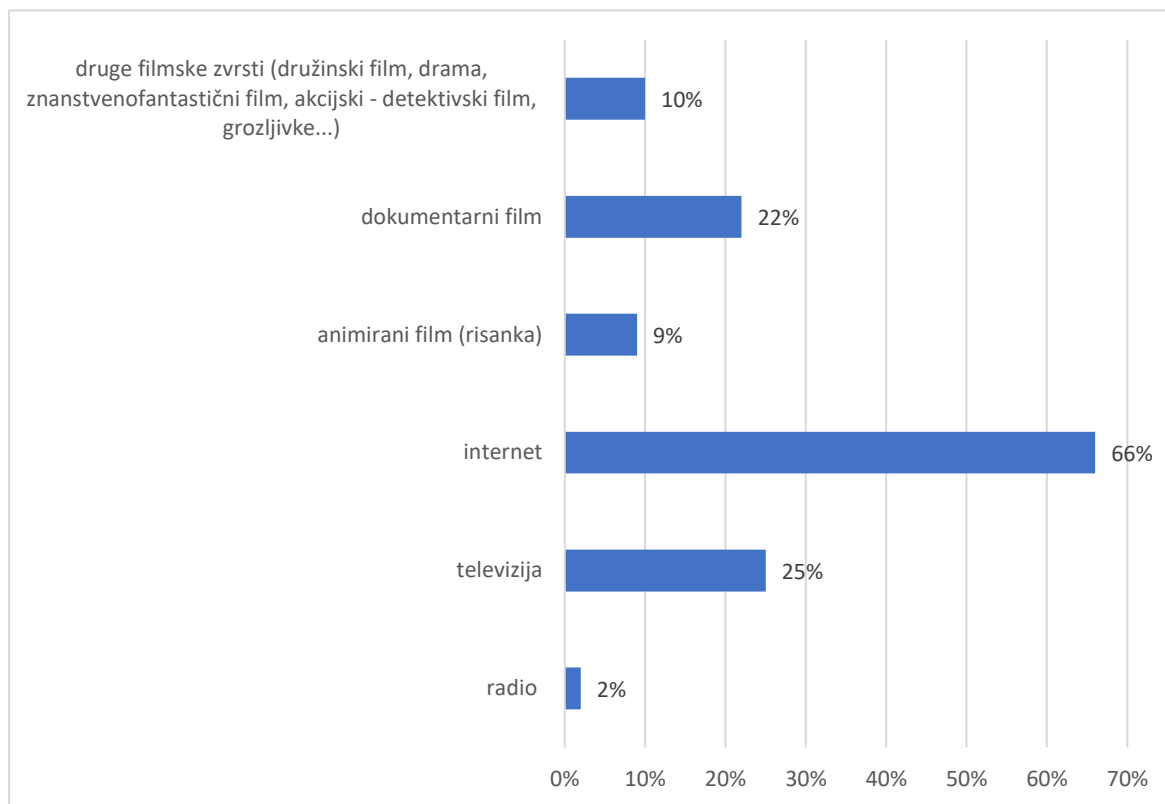


Tabela 3: Tretje vprašanje - viri elektronskih medijev

Slika grafikona prikazuje, da je 10% dijakov zasledilo pojav bioluminiscence preko različnih filmskih zvrsti (družinski filmi, drame...), 22% dijakov je odkrivalo pojav preko dokumentarnih filmov. 9% dijakov je kot vir poznavanja pojava izbralo animirane filme (risanke). 66% dijakov pozna pojav preko interneta (spletni članki, spletne enciklopedije, spletne fotografije), 25% dijakov pa je pojav bioluminiscence spremljalo po televiziji. Majhen odstotek dijakov, 2%, pa je za pojav slišalo tudi preko radia.

4. vprašanje: Bioluminiscenca je... (izbiranje odgovora med navedenimi trditvami).

Vprašanje se nanaša na opredelitev do pojava bioluminiscence. Od dijakov sem želela izvedeti, koliko poznajo pravilno definicijo pojava bioluminiscence. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditev.

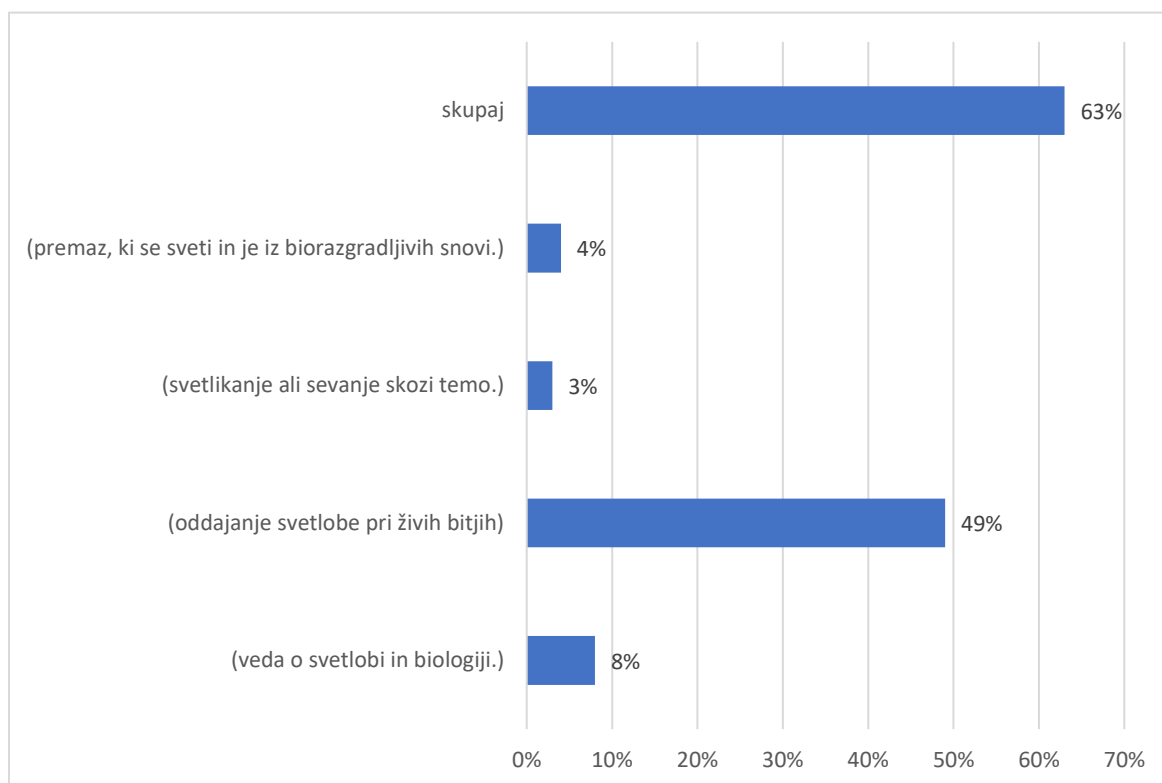


Tabela 4 : Četrto vprašanje - opredelitev pojma bioluminiscence

Slika grafikona prikazuje, da je na zastavljeno vprašanje odgovorilo le 63% dijakov. Od tega deleža je 4% dijakov izbralo trditev, da je »bioluminiscenca premaz, ki sveti in je iz biorazgradljivih snovi«. 3% dijakov so odgovorili, da je to pojem, ki pomeni »svetlikanje in sevanje skozi temo«. 49% dijakov je odgovorilo, da je bioluminiscenca »oddajanje svetlobe pri živih bitjih« in 8% dijakov je izbralo trditve, da je to »veda o svetlobi in biologiji«.

5. vprašanje: Ali si vedel/a da (se) živali lahko svetijo?

S tem vprašanjem sem želela izvedeti ali dijaki vedo, da so nekatere živali sposobne oddajanja svetlobe.

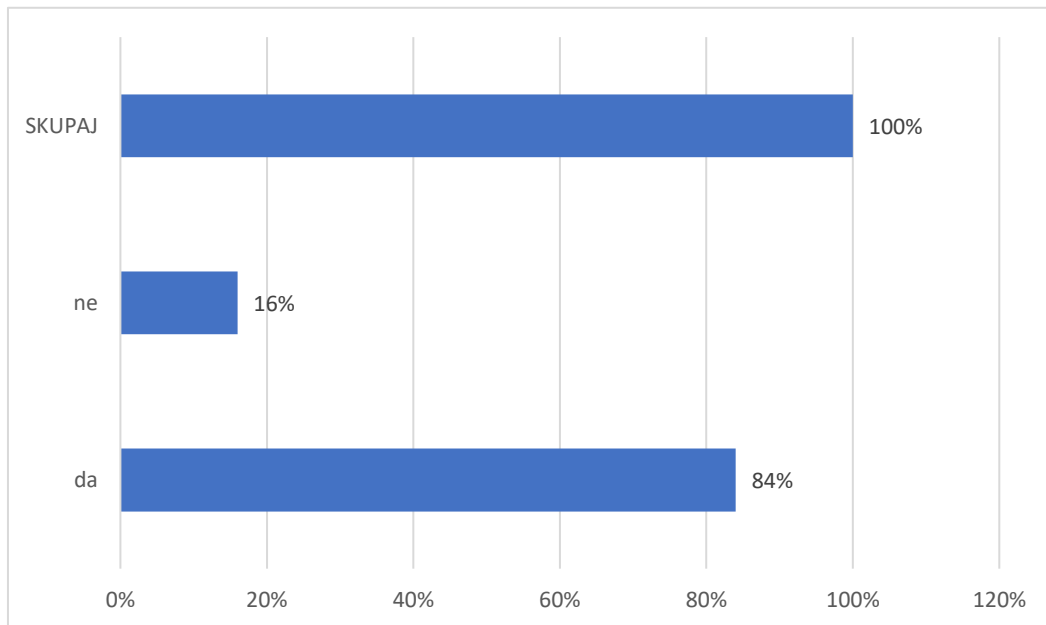


Tabela 5: Peto vprašanje - poznavanje živali kot virov svetlobe

Slika grafikona prikazuje, da 84% dijakov ve, da določeni organizmi oddajajo svetlobo, medtem ko je 16% dijakov je odgovorilo z NE.

6. vprašanje: Za katere živali veš ali pa si o tem slišal/a da (se) svetijo?

S tem vprašanjem sem želela odkriti ali dijaki poznajo bioluminiscenčne organizme. Med trditve sem navedla tudi organizme, ki ne svetijo, ampak svetlobo le odbijajo, ker imajo tako telesno površino oz. del (organ) na telesu, ki svetlobo odbija. Vprašanje tako preverja, ali dijaki razlikujejo vir svetlobe od odboja svetlobe z določene površine. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditev.

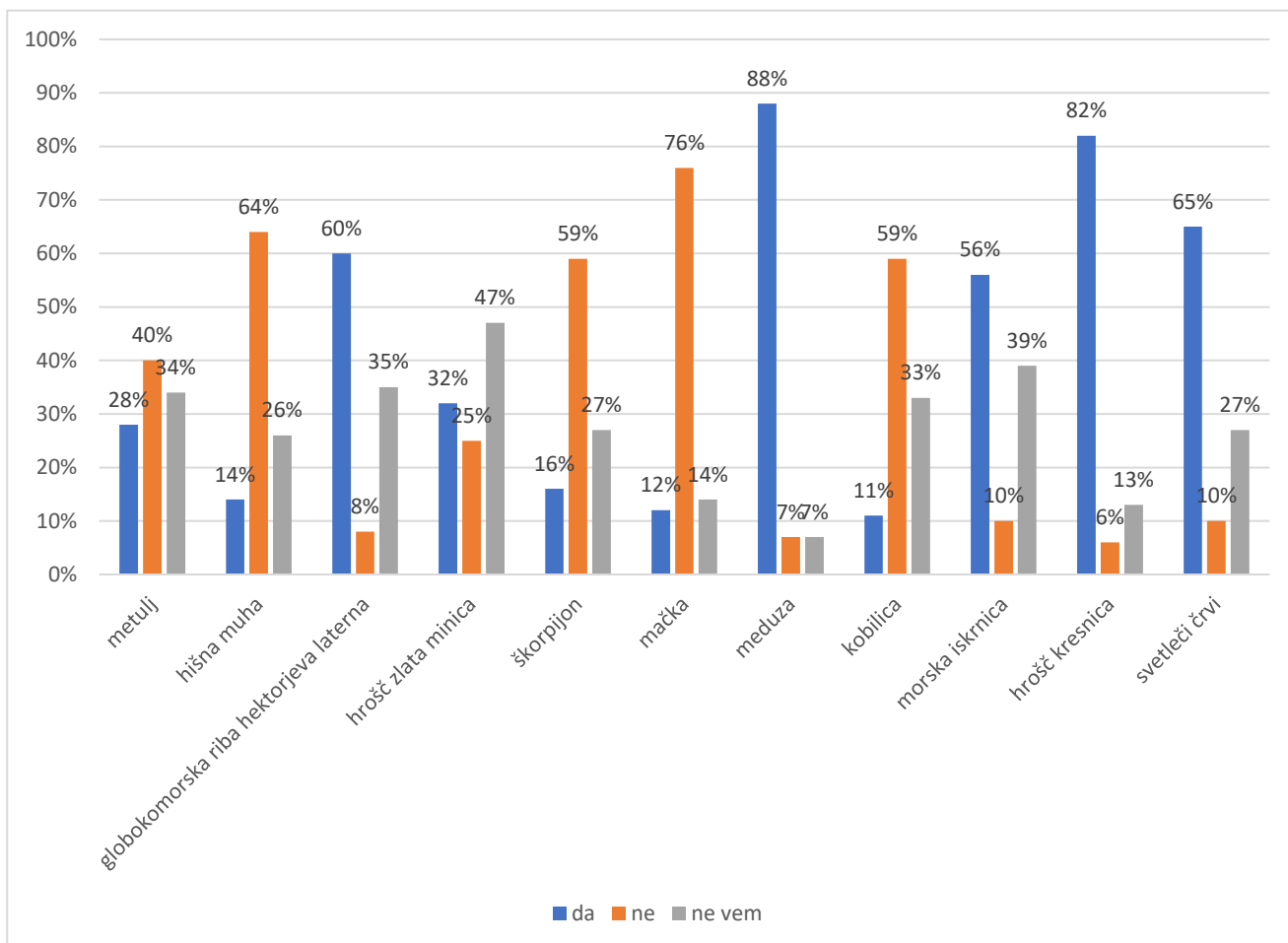


Tabela 6: Šesto vprašanje - bioluminiscenčni organizmi in organizmi, ki lahko svetlobo odbijajo

Slika grafikona prikazuje, da je 28% dijakov izbralo metulja za organizem, ki lahko sveti, 40% dijakov meni, da metulj ne sveti, medtem ko se 34% dijakov ni moglo opredeliti (ne vem). 14% dijakov je odgovorilo, da hišna muha lahko sveti, 64% dijakov je izbralo trditev, da ne sveti in 26% dijakov je potrdilo, da tega ne vedo. Za globokomorsko ribo Hektorjevo laterno je 60% dijakov odgovorilo, da lahko sveti, 8% dijakov meni, da ne in 35% dijakov pravi, da ne vedo. 32% dijakov je odgovorilo, da hrošč zlata minica lahko sveti, 25% dijakov, da ne sveti, medtem ko se je 47% dijakov opredelilo, da ne vedo. Za škorpiljona je 16% dijakov izbralo trditve, da lahko oddaja svetlobo, 59% dijakov je izbralo trditev, da ne, 27% dijakov pa se ni opredelilo za nobeno od prvih dveh izbir. 12% dijakov je odgovorilo, da mačka lahko oddaja svetlobo, 76% dijakov pravi, da ne in 14% dijakov tega ne ve. 88% dijakov je odgovorilo, da meduza lahko sveti, 7% dijakov potrjuje izbiro, da meduza ne sveti, 7% dijakov tega ne ve. Za kobilico je 11% dijakov odgovorilo, da lahko sveti, 59% dijakov, da ne in 33% dijakov se je odločilo za izbiro, da ne vedo. 56% dijakov je odgovorilo, da morska iskrnica lahko oddaja svetlobo, 10% dijakov,

da ne in 39% dijakov pravi, da ne vedo. Za hrošča kresnico je 82% dijakov odgovorilo, da lahko sveti, 6% dijakov je mnenja, da ne in 13% dijakov je izbralo trditev, da tega ne vedo. 65% dijakov je odgovorilo, da svetleči črvi lahko oddajajo svetlobo, 10% dijakov je izbralo kot odgovor ne in 27% dijakov navaja, da odgovora ne poznajo.

7. vprašanje: Zakaj (se) živali svetijo? Čemu jim služi sposobnost oddajanja svetlobe?

Vprašanje želi od dijakov informacijo, ali poznajo vlogo pojava bioluminiscence med organizmi v naravnem okolju. Dijaki so lahko izbirali med več možnimi trditvami.

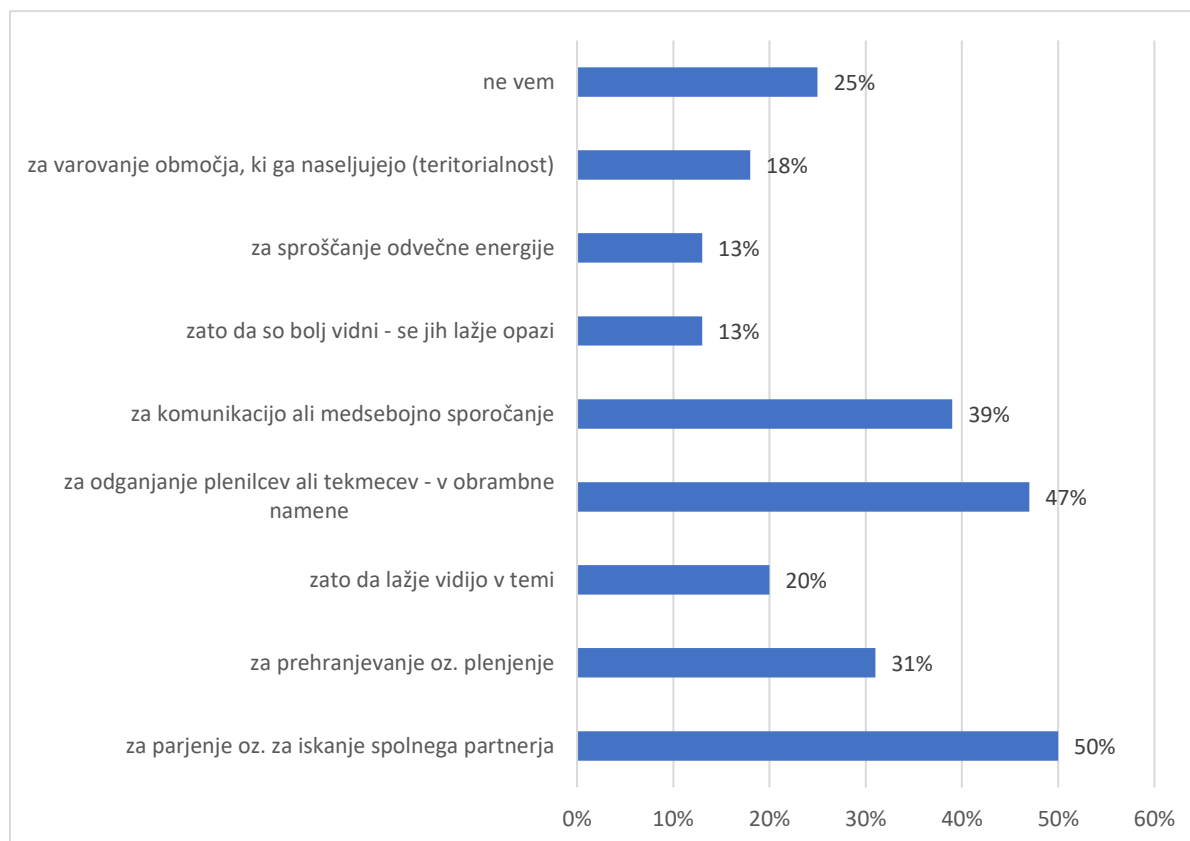


Tabela 7: Sedmo vprašanje - vloga bioluminiscence v živi naravi

Slika grafikona prikazuje, da 25% dijakov ne pozna vloge pojava med organizmi. 18% dijakov je izbralo trditev, da živali s pomočjo bioluminiscence varujejo območje, ki ga naseljujejo, 13% dijakov je izbralo odgovor, da organizmi tako sproščajo odvečno energijo, enak odstotek dijakov je izbralo trditev, da so organizmi bolj vidni. 39% dijakov pravi, da je pojav pomemben za komunikacijo, 47% dijakov pa je izbralo trditev, da pojav služi odganjanju plenilcev. 20% dijakov je izbralo trditev, da organizmi z bioluminiscenco lažje vidijo v temi, 31% dijakov pa meni, da je pojav pomemben za prehranjevanje. 50% dijakov je odgovorilo, da bioluminiscenca služi iskanju spolnega partnerja oz. je pomembna za parjenje osebkov.

8. vprašanje: V katerih življenjskih okoljih planeta Zemlje živijo organizmi, ki (se) svetijo?

S tem vprašanjem sem želela izvedeti, koliko dijaki vedo o tem, v katerih življenjskih okoljih (habitatih) živijo bioluminiscenčni organizmi. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditev.

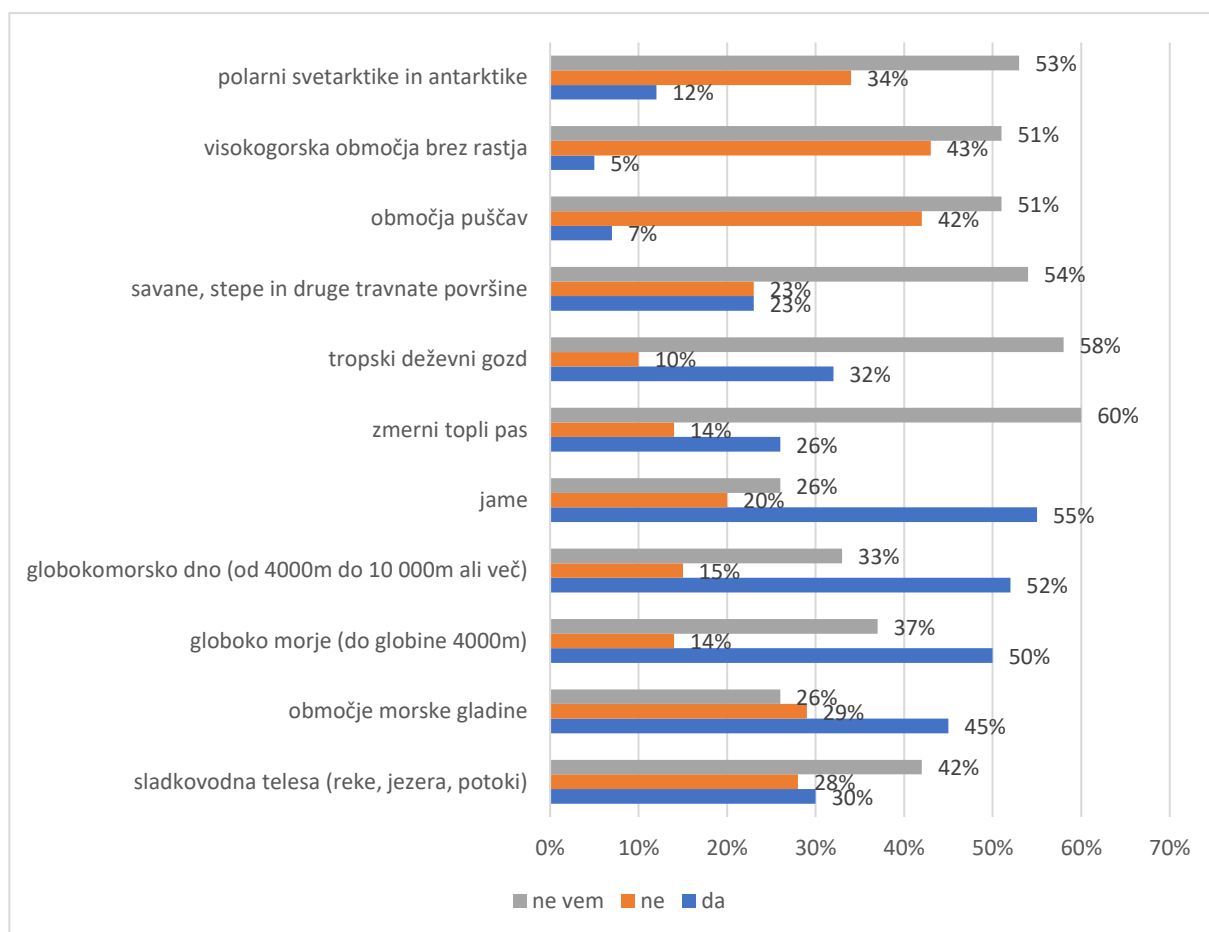


Tabela 8: Osmo vprašanje - življenjski prostor bioluminiscenčnih organizmov

Slika grafikona prikazuje, da je 12% dijakov izbralo trditev, da bioluminiscenčni organizmi živijo v polarnem svetu Arktike in Antarktike, 34% dijakov pravi, da to ni njihovo okolje, medtem ko 53% dijakov odgovora ne pozna. 5% dijakov je odgovorilo, da bioluminiscenčni organizmi živijo v visokogorskih območjih, 43% dijakov meni, da na teh območjih ne živijo in 51% dijakov pravi, da tega ne vedo. Za območja puščav je 7% dijakov izbralo trditev, da tam lahko živijo bioluminiscenčne živali, 42% dijakov meni, da ne in 51% dijakov je izbralo trditev, da tega ne vedo. Za travnate površine (savane, stepe...) je 23% dijakov odgovorilo, da lahko tam živijo živali s sposobnostjo oddajanja svetlobe, 23% dijakov je izbralo odgovor »ne«, medtem ko se 54% dijakov ni opredelilo in odgovora ne poznajo. 32% dijakov je pritrdilno odgovorilo, da bioluminiscenčne živali živijo v tropskih deževnih gozdovih, 10% dijakov pravi, da ne in 58% dijakov je izbralo trditev, da tega ne vedo. 26% dijakov je odgovorilo, da organizmi živijo v zmerno toplim pasu, 14% dijakov navaja, da ne in 60% dijakov odgovora ne pozna, ne vedo. 55% dijakov je izbralo trditev, da v jamah lahko živijo bioluminiscenčni organizmi, 20% dijakov je mnenja, da ne in 26% dijakov potrjuje, da tega ne vedo. Za globokomorsko dno je 52% dijakov odgovorilo, da so tam prisotni bioluminiscenčni organizmi, 15% dijakov pravi, da ne in 33% dijakov se ne more opredeliti, odgovora ne vedo. 50% dijakov je odgovorilo, da takšni

organizmi živijo v globokem morju, 14% dijakov pravi, da ne in 37% dijakov navaja, da tega ne vedo. 45% dijakov je potrdilo, da je življenjski prostor bioluminiscenčnih organizmov v območju morske gladine, 29% dijakov meni, da ne in 26% dijakov odgovora ne pozna. 30% dijakov je odgovorilo, da organizmi s sposobnostjo oddajanja svetlobe živijo tudi v sladkovodnih telesih, 28% dijakov nasprotno meni, da ne in 42% dijakov navaja, da tega ne vedo oz. ne morejo potrditi.

9. vprašanje: Ali meniš da živijo živali, ki (se) lahko svetijo, tudi na območju Slovenije?

Vprašanje se nanaša na poznavanje pojava bioluminiscence oz. na prisotnost bioluminiscenčnih živali na območju Slovenije.

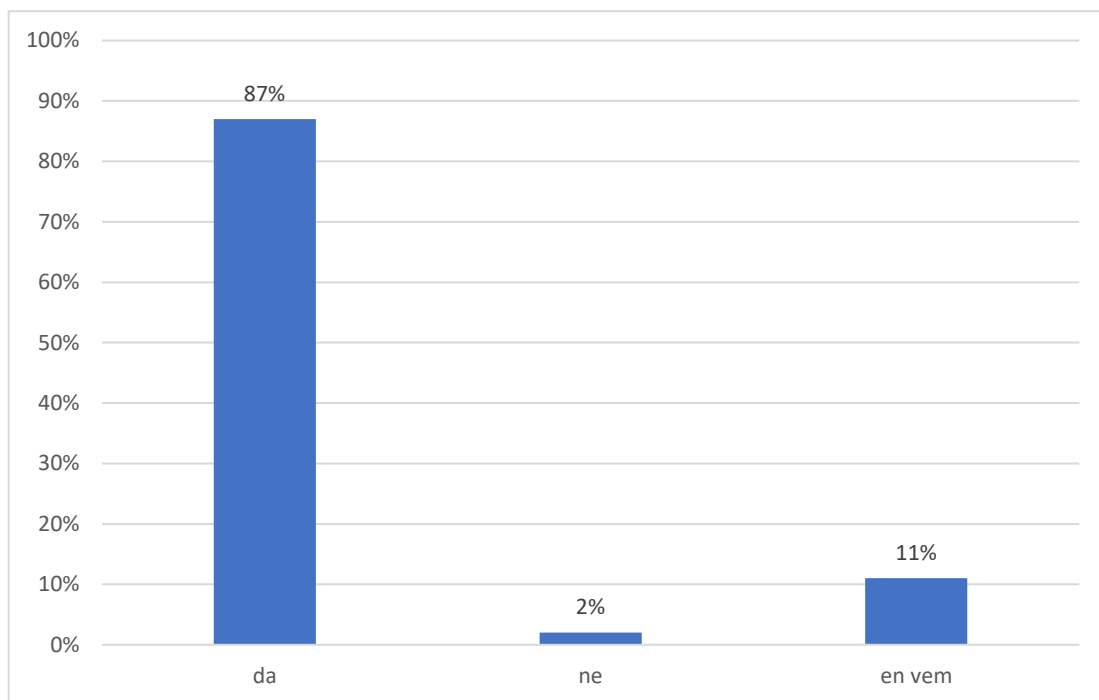


Tabela 9: Deveto vprašanje - bioluminiscenčni organizmi na območju Slovenije

Slika grafikona prikazuje odgovore dijakov. 87% dijakov meni, da bioluminiscenčne živali živijo tudi na območju Slovenije, 2% dijakov pa se je nasprotno opredelilo, da taki organizmi ne živijo na območju Slovenije. 11% dijakov pa se ne more opredeliti, oziroma tega ne ve.

10. vprašanje: V katerih življenjskih okoljih na območju Slovenije živijo organizmi, ki (se) svetijo?

Vprašanje preverja pri dijakih, katera življenjska okolja na območju Slovenije bi izbrali kot ustrezen habitat bioluminiscenčnih organizmov, če so ti prisotni. Dijaki so lahko izbirali več možnih trditev.

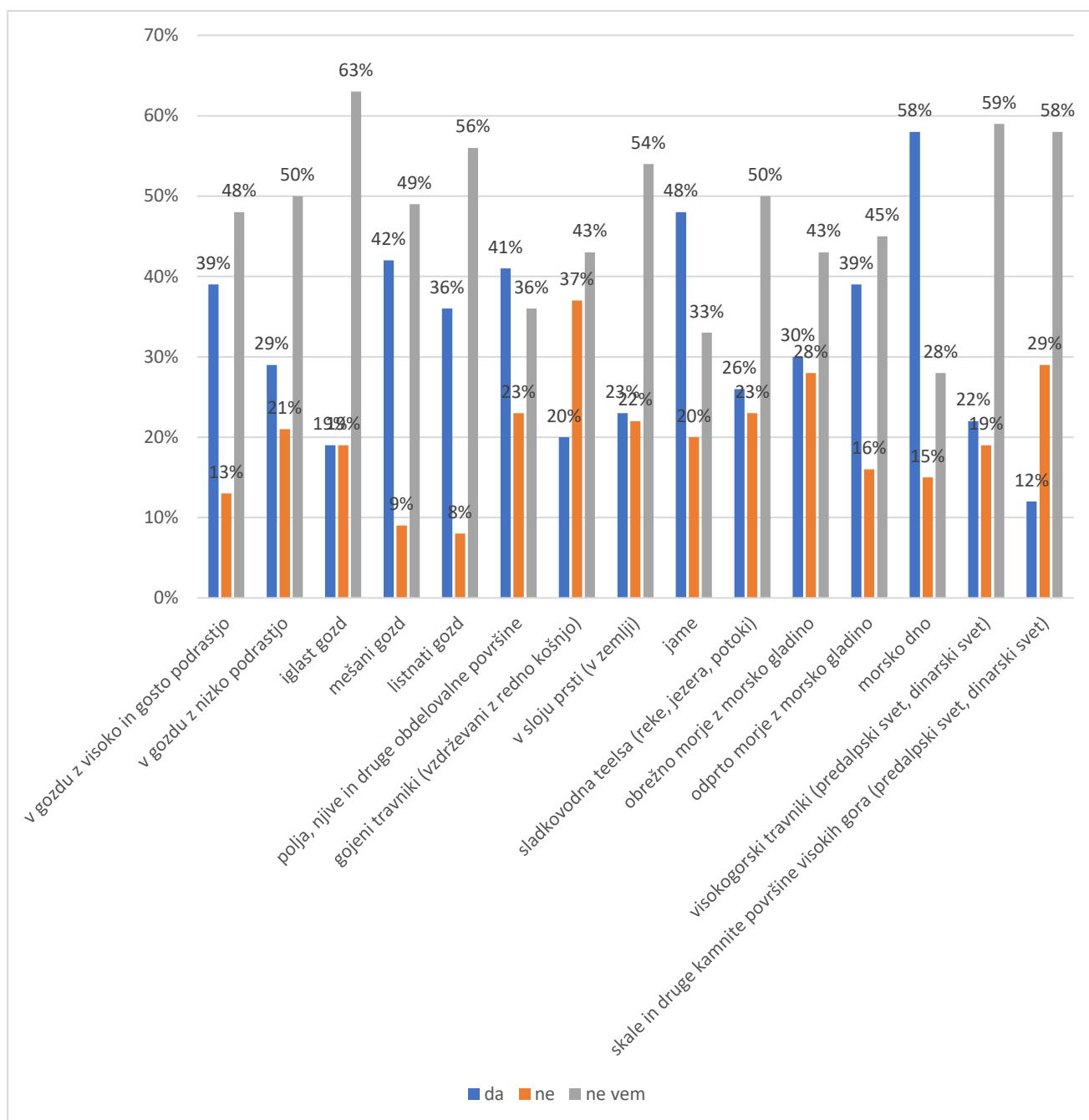


Tabela 10: Deseto vprašanje – možni habitati bioluminiscenčnih organizmov na območju Slovenije

Slika grafikona prikazuje izbire dijakov v odstotkih. 39% dijakov je potrdilo, da bioluminiscenčni organizmi poseljujejo gozd z visoko in gosto podrastjo, 13% dijakov pa meni, da ne in 48% dijakov navaja, da ne vedo. 29% dijakov je odgovorilo, da živijo takšne živali v gozdu z nizko podrastjo, 21% dijakov pravi, da ne, 50% dijakov pa ne ve. 19% dijakov je izbralo trditev, da živali, ki se svetijo, živijo v iglastem gozdu, medtem ko 19% dijakov nasprotuje, da to ni njihov

habitat, 63% dijakov se ne more opredeliti, ne vedo. 42% dijakov meni, da živijo živali, ki oddajajo svetlobo, v mešanem gozdu, 9% dijakov pravi, da ne in 49% dijakov odgovora ne pozna. 36% dijakov je odgovorilo, da bioluminiscenčni organizmi živijo v listnatem gozdu, 8% dijakov je izbralo, da ne in 56% dijakov odgovora ne pozna. 41% dijakov je mnenja, da živijo takšne živali na poljih, njivah in drugih obdelovalnih površinah, 23% dijakov pravi, da ta ni njihov habitat, medtem ko se 36% dijakov ne more opredeliti, ne vedo. 20% dijakov je odgovorilo, da živijo živali ki se svetijo, na gojenih travnikih, ki so redno košeni; 37% dijakov je mnenja, da ne in 43% dijakov navaja, da ne vedo. 23% dijakov je izbralo trditev, da takšne živali živijo v prsti oz. v sloju prsti, 22% dijakov se je nasprotno opredelilo za trditev »ne« in 54% dijakov navaja, da ne vedo. 48% dijakov je odgovorilo, da živali, ki oddajajo svetlobo, živijo v jamah, 20% dijakov navaja, da ne in 33% dijakov se do trditve ni opredelilo, tega ne vedo. 26% dijakov je odgovorilo, da živali, ki se svetijo, živijo tudi v sladkovodnih telesih, 23% dijakov pravi, da ne in 50% dijakov odgovora ne pozna. 30% dijakov je izbralo trditev, da takšne živali živijo obrežnem morju z morsko gladino, 28% dijakov meni, da tam te živali niso prisotne, medtem ko 43% dijakov navaja, da tega ne vedo. 39% dijakov je izbralo trditev, da takšne živali živijo na odprtem morju z morsko gladino, 36% dijakov je nasprotno izbralo trditev, da jih tam ni in 45% dijakov se ne more opredeliti. 58% dijakov je odgovorilo, da bioluminiscenčne živali živijo na morskem dnu, 15% dijakov je mnenja, da ne živijo v tem okolju, medtem ko 28% dijakov tega ne ve. 22% dijakov je odgovorilo, da bioluminiscenčne živali so lahko prisotne na visokogorskih travnikih, 19% dijakov pravi, da ne in 28% dijakov navaja, da tega ne vedo. 12% dijakov je izbralo trditev, da take živali, ki svetijo, živijo tudi na skalnatih površinah, 29% dijakov pa je mnenja, da teh živali v takem okolju ni, medtem ko se 58% dijakov ni moglo opredeliti, tega odgovora ne ve.

11. vprašanje: Ali meniš, da je bioluminiscenca uporabna (koristna) za živa bitja?

S tem vprašanjem sem želela odkriti, ali dijaki vedo in v kolikšni meri, da je bioluminiscenca uporabna oz. življenjskega pomena za bioluminiscenčne organizme.

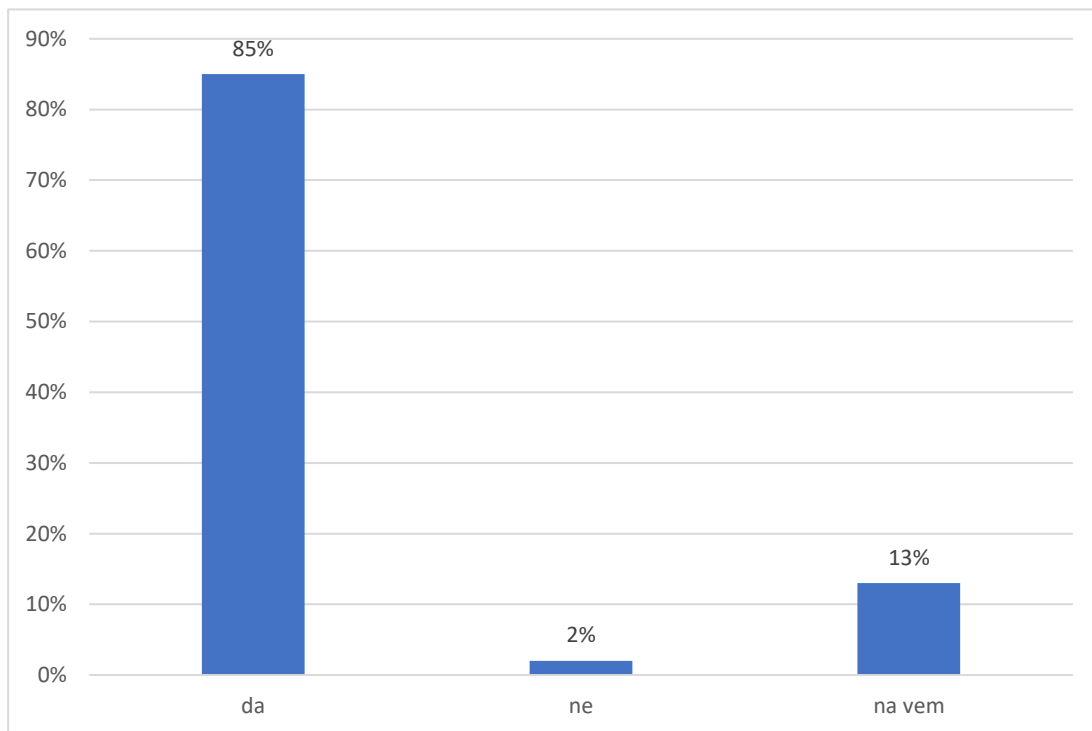


Tabela 11: Enajsto vprašanje - pomen bioluminiscence za bioluminiscenčne organizme

Slika grafikona prikazuje odgovore dijakov v odstotkih. 85% dijakov je odgovorilo, da je pojav pomemben za življenje bioluminiscenčnih organizmov, medtem ko je 2% dijakov je izbralo trditev, da pojav ni posebej koristen za organizme, ki imajo sposobnost oddajanja svetlobe. 13% dijakov navaja, da odgovora o uporabnosti pojava za organizme s sposobnostjo bioluminiscence ne poznajo in se ne morejo opredeliti, tega ne vedo.

12. vprašanje: Ali meniš, da je pojav bioluminiscence uporaben za človeka v določene namene?

Vprašanje želi od dijakov izvedeti, ali je pojav bioluminiscence lahko uporaben tudi za človeka oz. za njegove dejavnosti.

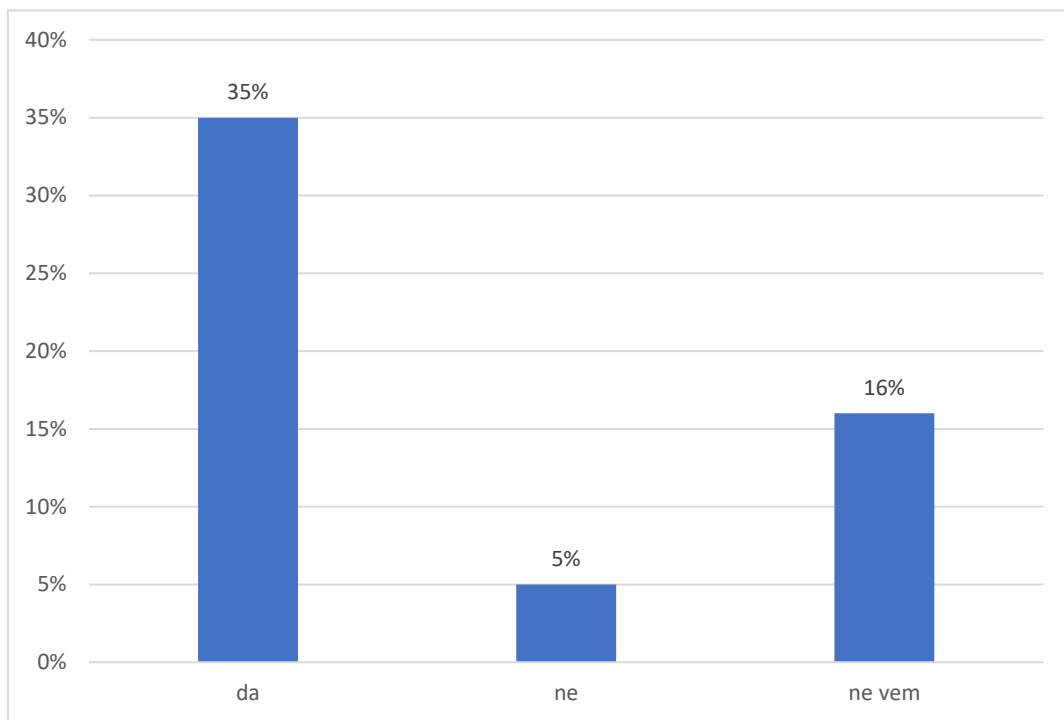


Tabela 12: Dvanajsto vprašanje - uporabnost bioluminiscence za človeka

Slika grafikona prikazuje, da je 35% dijakov je odgovorilo pritrdilno, medtem ko je 5% dijakov je mnenja, da pojav ni uporaben za človeka. 16% dijakov se ne more opredeliti, izbrali so, da odgovora ne poznajo.

13. vprašanje: V katere namene lahko človek uporablja pojav bioluminiscence?

S tem vprašanjem sem želela izvedeti ali so dijaki seznanjeni, v katere namene lahko človek uporablja bioluminiscenco. Vprašanje se nanaša na izkoriščene in neizkoriščene možnosti uporabe pojava bioluminiscence na različnih področjih človekovega delovanja. Dijaki so lahko izbirali med več možnimi trditvami.

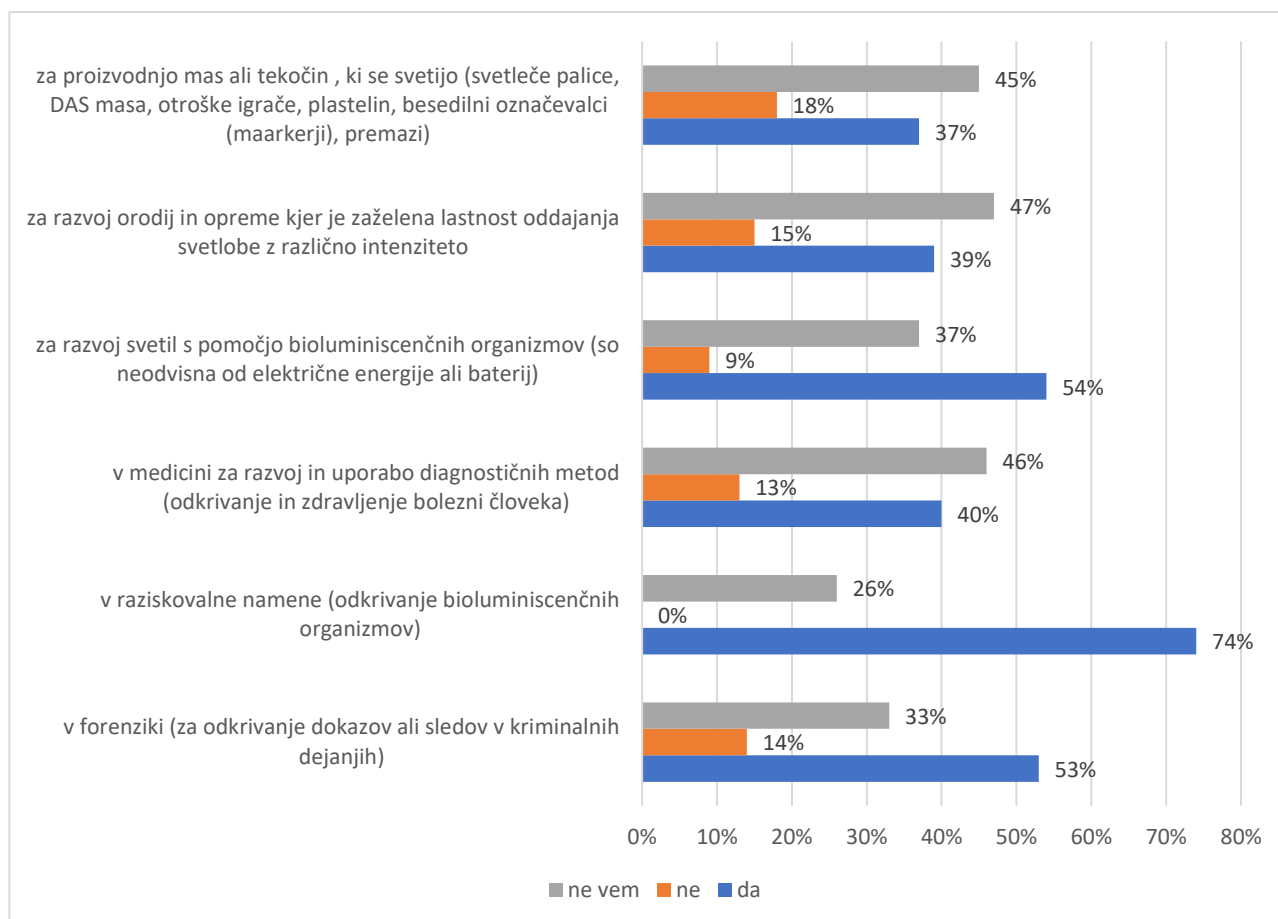


Tabela 13: Trinajsto vprašanje - uporaba bioluminiscence na različnih področjih človekovega delovanja

Slika grafikona prikazuje odgovore dijakov v deležih na trinajsto vprašanje. 37% dijakov je odgovorilo, da je bioluminiscenca uporabna za proizvodnjo mas ali tekočin, ki se svetijo; 18% dijakov je odgovorilo, da se v te namene pojava ne uporablja, medtem ko 45% dijakov navaja, da odgovora ne poznajo. 39% dijakov je izbralo trditev, da je bioluminiscenca uporabna za razvoj orodij in opreme, kjer je zaželena lastnost oddajanja svetlobe z različno intenziteto; 15% dijakov je mnenja, da ne in 47% dijakov navaja, da odgovora ne pozna. 54% dijakov je odgovorilo, da je bioluminiscenca uporabna za razvoj svetil, 13% dijakov je nasprotno izbralo trditev, da ne in 37% dijakov se ni opredelilo za nobeno od prvih dveh trditev, ne vedo. 40% dijakov je mnenja, da je bioluminiscenca uporabna v medicini za razvoj in uporabo diagnostičnih metod, 13% dijakov pravi, da ne, medtem ko 46% dijakov odgovora ne pozna. 74% dijakov se je odločilo za trditev, da je bioluminiscenca uporabna v raziskovalne namene, nihče od dijakov temu ne nasprotuje, le 26% dijakov navaja, da tega ne vedo. 53% dijakov je odgovorilo, da je bioluminiscenca uporabna v forenziki, 14% dijakov se je opredelilo za trditev »ne«, 33% dijakov pa navaja, da odgovora ne pozna.

14. vprašanje: Ali meniš da bi organizmi, ki (se) svetijo, naprej živeli v svojem naravnem okolju, če bi to sposobnost oddajanja svetlobe izgubili (npr. zaradi onesnaženega okolja odpovejo strukture z encimi, ki omogočajo procese bioluminiscence)?

Zanimalo me je, koliko dijaki ocenjujejo, da je pojav bioluminiscence življenjskega pomena za bioluminiscenčne organizme.

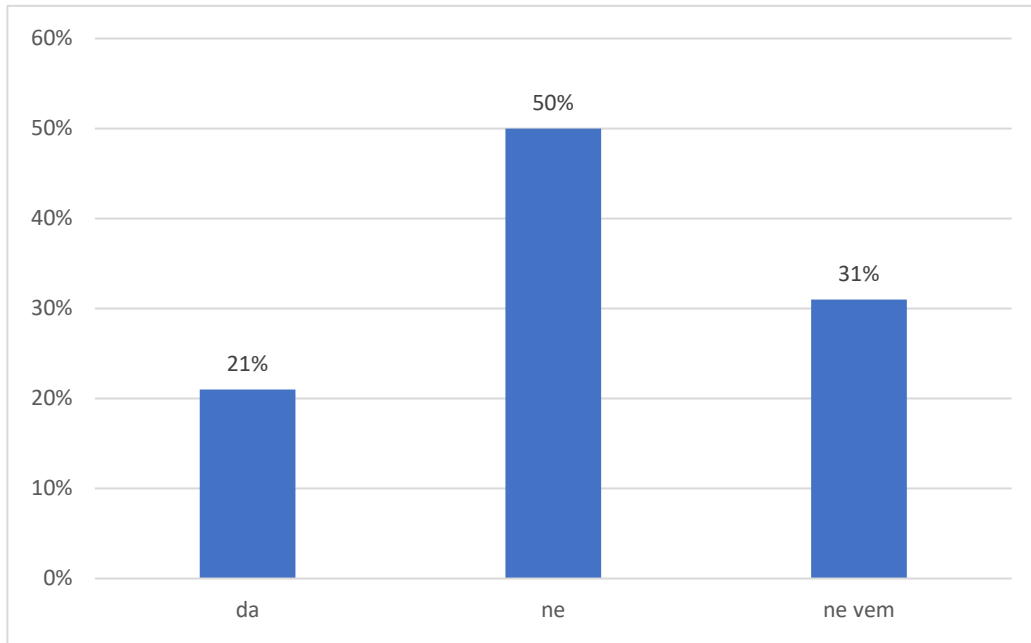


Tabela 14: Štirinajsto vprašanje - pomen bioluminiscence za preživetje bioluminiscenčnih organizmov

Slika grafikona prikazuje odgovore dijakov v odstotkih. 21% dijakov je izbralo trditev »da«, medtem ko se je polovica dijakov, to je 50% dijakov, se je odločila za izbiro, s katero menijo, da bi organizmi vseeno preživeli, če bi izgubili sposobnost oddajanja svetlobe, ali pa bi se jim ta zmožnost zmanjšala. 31% dijakov navaja, da tega ne vedo oz. ne morejo potrditi ali zanikati predpostavke.

5.2.3. METODA INTERVJUJA

Intervju z dr. Janjo France, raziskovalka je zaposlena na Morski biološki postaji Piran

Izpeljala sem intervju z raziskovalko iz Morske biološke postaje Piran, go. Janjo France. Intervju je bil opravljen na daljavo preko platforme Cisco Webex Meetings, dne 5.3.2021. Na raziskovalko sem naslovila 10 vprašanj, na katera bi sama težje našla odgovor. Vprašanja sem nekoliko prilagodila glede na odgovore, ki so se razvijali tekom intervjuja.

1. Iskreno se vam zahvaljujem za sodelovanje pri intervjuju. Najprej me zanima, če je bioluminiscenca uporabna in kako?

Če se je bioluminiscenca kot pojav razvila pri različnih organizmih, je sigurno za njih uporabna. Je pa uporaben skoraj vsak pojav, ki ga človek odkrije pri organizmih, jih nekako obrne sebi v prid in najde primere, kako bi lahko to bilo koristno. Najprej so to raziskovalci, ki to raziskujejo pa npr. raziskujejo kako se živali premikajo skozi vodo ali kaj podobnega. Potem pa so tu primeri, ko se ta pojav uporablja na drugih področjih, npr. v medicini ali pa genetski tehnologiji. V medicini so recimo odkrili, da lahko s tem določene gene za proizvodnjo proteinov ki svetijo, genetsko spremenijo. Miške ali pa neke druge organizme, ki potem ob določenih impulzih svetijo in jih zato uporabljajo za razne aplikacije. Npr. študirajo, kako se razvijajo kakšne rakaste bolezni. Take molekule se lahko pripnejo na različne dele celice in so uporabne tudi kot orodje za diagnosticiranje. Pri bioluminiscenci se sprošča svetloba, ki ji pravimo *hladna svetloba* in ni tako kot pri umetnih svetilih, kjer se večina energije sprosti kot toplota, se pravi najprej se segrejejo in šele potem svetijo. Pri hladni svetlobi gre zelo majhen procent energije v toploto. Pri temu se velika večina energije sprosti kot svetloba, kar je zelo dobro in uporabno (npr. v prihodnosti naj bi ob cestah kar svetila drevesa). Bioluminiscenca se tudi uporablja za merjenje kakovosti vode, saj so ugotovili, da se sposobnost bioluminiscence zmanjša z onesnaženostjo vode. Zato se meri bioluminiscenco kot nek približek za čistost vode. Kar nekaj takih uporabnih zadev je in predstavljam si, da je kar nekaj ljudi na svetu, ki se s tem ukvarja in bojo odkrili še marsikaj zanimivega.

2. Je bioluminiscenca lahko škodljiva?

Jaz bi rekla da ne. Sam pojav bioluminiscence kot svetlobe, ki se sproži zaradi neke kemijske reakcije, ni škodljiv. Ta svetloba nima zelo veliko energije in zato ne more nobenega ubiti. Vsaj mislim, da ne.

So pa lahko nekateri organizmi s sposobnostjo bioluminiscence, ki so strupeni. Zato se to dvoje dostikrat povezuje. Npr. plankton v morju, planktonski organizmi so velikokrat bioluminiscentni. To lahko vidimo tudi pri nas v morju. Med temi je dinoflagellat. To je skupina planktonov, enoceličnih organizmov, ki je pogost tudi pri nas in bioluminiscira. Je pa tudi za njega značilno, da proizvaja določene toksine. Če se ta organizem zelo namnoži, je lahko strupen. Školjke, ki so se hranile z njim so prav tako strupene in se lahko z njimi zastropimo.

Drugi primer so recimo morske iskrnice. To tudi spada med dinoflagellate in je edini dinoflagellat, ki ima slovensko ime, in sicer morska iskrnica, ker bioluminiscira. Za njega je tudi značilno, da se ga lahko, ker je tako velik, kadar zacveti, zajame z roko in se ga vidi s prostim

očesom. Tako kot majhne mehurčke. Ko se morska iskrnica namnoži in je tega res veliko, te celice potonejo na dno in jih tam bakterije razgrajajo. Razgradnja porablja kisik in če kisika zmanjka, postane tako okolje toksično za druge organizme. Zato se bioluminiscenca povezuje s toksičnostjo. Vsaj kar jaz vem, sama po sebi, ni škodljiva.

3. Torej niti za človeka, niti za živali?

Ne. Ugotovili so, da tudi človek bioluminiscira. To so posneli z zelo občutljivimi kamerami in ugotovili, da v bistvu svetimo. Tako da sami sebi ne škodimo.«

4. V katerih življenjskih okoljih najpogosteje živijo?

Največ organizmov, ki imajo sposobnost bioluminiscence, ni nujno da to tudi pokažejo. Največ teh organizmov je seveda v morju. Morsko okolje je najdlje časa v Zemeljski zgodovini poseljeno z organizmi, ki so imeli torej največ časa za različne prilagoditve. Te prilagoditve so se zgodile večkrat v različnih geoloških obdobjih. V enem članku sem prebrala, da so, ko so raziskovali v območju Kalifornije, ugotovili, da ima okoli 76 % živih bitij določeno sposobnost bioluminiscence. In to neglede na to ali so raziskovali v zgornjem delu vodnega stolpca ali pri dnu, kjer je bolj temno. Pojav bioluminiscence so našli pri recimo ožigalkarjih, pri meduzah in podobnih, pri glavonožcih kot so lignji, pa pri rakah, pri raznoraznih morskih črvih in ribah ter tudi pri morskih psih. Potem jih imamo tudi na kopnem, saj vsi poznamo enega, to je kresnička. Poznamo še veliko organizmov, vsekakor jih je veliko manj kot v morju. Recimo glive, ki so dobile svoje ime po temu, da svetijo po gozdovih. Seveda to se ne dogaja pri nas. Raznorazni črvi, recimo ličinke in odrasle živali od žuželk pa do stonog itd. Je pa zanimivo, da v sladkih vodah skoraj niso odkrili nobenega organizma. Organizmi, ki bioluminiscirajo, so zelo redki in eden od razlogov je morda to, da ima sladka voda krajšo Zemeljsko zgodovino. Običajno se te stvari zgodijo v velikih globinah in sladkovodna telesa nimajo take globine. Mogoče pa so, vendar jih samo še niso odkrili.

5. Katera bitja oz. katere vrste lahko najdemo pri nas v Sloveniji?

Nekaj sem že odgovorila, o kresničkih. So še kakšne žuželke, ampak jaz ne poznam. To bi bolj vedeli naši kolegi ali pa jamski biologi. Kakorkoli to so zagotovo kresničke, lahko so več vrst. In pa v morju je med planktonom in drugimi organizmi, kot so recimo rebrače, ki so se namnožile in so sedaj popularne. Pri rebračah je tudi znano, da bioluminiscirajo. Potem dinoflagellati so zelo pogosti, so tudi zelo pomembni v našem morju, kot tudi v fitoplanktonski združbi, se pravi v združbi rastlinskega planktona. Menim, da je to najbolj pomembno okolje v Sloveniji za bioluminiscentne organizme.

6. Torej jih ni tako zelo veliko?

Ne, jaz mislim, da ne.

7. Ali lahko bioluminiscenčne organizme najdemo v jamah?

Ja, so zelo zanimivi in tudi taki, ki so zelo omejeni na določene jame. Je splošno znano, da se v jamah razvijajo endemični organizmi. Kar pa jaz vem, v Slovenskih jamah ne vem če so ali ne vem če so sploh študirali bioluminiscenco ali pa mogoče pri nas takih organizmov ni. No, vsaj ne da bi vedela.

8. Ali njihov način prehranjevanja, pač to kar pojejo, vpliva na njihovo svetljenje?

Če bi jaz tako iz glave rekla, bi rekla, da ja. Verjetno da ja, ker vpliva na metabolizem, ampak sem našla nekaj podatkov o tem. Pri tem svetljenju pomagajo različne molekule, različne spojine. In seveda nekateri organizmi dobijo te spojine s hrano in potem iz teh spojin sestavijo to svetilno molekulo, ki se ji reče luciferin. Recimo, našla sem za ene rakce in ribe. Zanimivo je, če gledamo širše kot hrano, prištevamo svetlobo za recimo rastlinski plankton, ki dobijo ogljik s pomočjo fotosinteze iz ogljikovega dioksida. Je pa to njihova svetilnost, bioluminiscenca, odvisna od tega ali je bil zelo sončen dan ali ne.

9. Bi opisani organizmi preživeli, če bi jim odpovedala sposobnost bioluminiscence?

Glede na to, da so tako različni organizmi in se bioluminiscenca uporablja v različne namene, če bi to izgubili, bi bili tudi izidi različni, glede na to, zakaj jo potrebujejo. Sigurno bi se verjetnost preživetja nekega organizma, ki se brani pred plenilci s tem, da sveti, zmanjšala, ker bi ga plenilci lažje našli, ali pa če bi si nekdo ne mogel več svetiti v temi, da bi našel hrano, potem je njegova sposobnost iskanja hrane sigurno povezana s preživetjem in s tem verjetnost preživetja. Jaz si predstavljam, da je to ne direktno povezano s smrtnostjo in bi se nekako skozi generacije to pokazalo. Če se je bioluminiscenca ohranila skozi evolucijo, pomeni, da ima določeno evolucijsko prednost. Je pa res, da jo je težko raziskovat, študirat, ker veliko organizmov, ko jih ujamejo, izgubijo to sposobnost. V ujetništvu pa živijo še naprej.

10. Ali so kakšne vrste bioluminiscenčnih živali ogrožene?

Sigurno. Že čisto moje mnenje, kot sem že prej povedala, izginjajo žuželke. Že žuželke izginjajo z zelo veliko hitrostjo. Neka nemška študija je pokazala, da je v zadnjih 50-ih letih izginilo 70 % žuželk. Žuželke so zelo pomembne za ekosistem in človeka. Tako da so sigurno med njimi tudi take. Ena izmed njih je zagotovo kresnička. Obstajajo eni črvi, v bistvu so ličinke nekih muh, na Novi Zelandiji, kjer živijo v jamah in so jih morali zaščititi. Tako da so sigurno mnoge teh vrst ogrožene. Recimo tudi globokomorske vrste rib, o katerih vemo zelo malo, verjetno vsak dan odkrivajo nove vrste. Ker je vedno več raziskav v globokem morju, saj imamo več možnosti z raznoraznimi podvodnimi plovili, v katerih ni nujno da so ljudje, ampak jih upravljajo s površja, je na globoko morje velik pritisk (tudi s strani korporacij raznoraznih naftnih podjetij). In čisto možno je, da bo veliko globokomorskih organizmov izumrlo, zaradi človekovega delovanja, še preden bomo vedeli, da so obstajali.

11. Bi lahko povedali kako poteka kemijska reakcija in katere snovi so prisotne?

Povsod piše, da je potreben neka spojina, ki se ji reče luciferin in ki oksidira, se pravi se spoji s kisikom ob pomoči nekega encima, ki se mu reče luciferaza. Dobimo oksidirani luciferin, ki se spet regenerira in za to je potrebna energija. Za energijo je po navadi potreben adenozin trifosfat, ki je univerzalen vir energije v celicah. Luciferin in luciferaza, so lahko zelo različne spojine. To ni samo ena spojina z eno formulo in tudi encim ni samo eden. Pri planktonih, recimo dinoflagellatu je encim podoben klorofilu. Obstajajo torej različne molekule, ki izvajajo isto reakcijo.

12. Morajo biti kakšni posebni pogoji za potek te reakcije?

Eno od špekulacij, ki tudi govori, zakaj ni teh reakcij v sladkih vodah, je, da naj bi bila potrebna prisotnost soli. Glede na to, da so te molekule različne, so verjetno potrebna različna okolja. Seveda, če se mora oksidirati, je potreben kisik, se pravi, v nekih anoksičnih razmerah reakcija ne more niti potekati. Zanimivo je, da pri nekaterih organizmih, recimo kot so to kresničke, pač imajo v zadku ene posebne organele, kjer so bakterije in živijo v simbiozi s temi bakterijami, ki poskrbijo za to. In potem imajo različne žuželke tudi različne mehanizme, da jih zakrijejo. Ker bakterij ne morejo ugasniti, jih zakrivajo s kožo v notranjosti telesa, pokrijejo s pokrovko ali kaj takega. Je pa tudi barva, v kateri svetijo, odvisna od spojin, ki so še zraven. Zraven sta največkrat zelena in modra.

13. Kaj bi lahko malo več povedali o morskih iskrnicah in dinoflagellatih?

To so vse skupaj dinoflagellati. Slovensko se jim reče ognjene alge ali oklepni bičkarji, čeprav niso vsi oklepni. To je ena zelo pomembna skupina, zelo različnih organizmov pri rastlinskem planktonu. Dinoflagellati, imamo vrste, ki so fotosintetske. Se pravi energijo dobijo samo od svetlobe, imamo vrste ki zmorejo fotosintezo, če ni dovolj svetlobe, pojejo kakšen organizem ali pa prevzemajo organsko snov, ki je raztopljena v vodi. Se pravi, imajo zelo različne načine prehranjevanja. Veliko je tudi takih, ki sploh nimajo klorofila, se pravi nimajo sposobnost fotosinteze in se izključno prehranjujejo s hrano, ki je že zgrajena. Eden takih je morska iskrnica in je heterotrof, ampak je zelo soroden drugim dinoflagellatom, ki so tudi avtotrofi. Veliko dinoflagellatov ima na celici kot ene take ploščice. To so celulozne ploščice, ki tvorijo kot nek oklep, od tod tudi ime oklepni bičkarji. Oklep je sestavljen iz teh ploščic, ki imajo različne vzorce. In glede na to, jim lahko potem določimo vrsto. Morska iskrnica je nekaj posebnega, ker nima tega oklepa. Sploh pa njena oblika je posebna, napihnjena je kot en balonček in ima tak repek, ki ni biček. Ker se ob določenih pogojih zelo namnoži, tvori take zaplate, to je zelo pogosto pri nas.

14. In to je bilo moje zadnje vprašanje, hvala.

Prosim.

6. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Za raziskovalno nalogo sem zastavila tri hipoteze, ki jih bom v nadaljevanju potrdila oz. ovrgla.

Hipoteze:

1. Dijaki pojava bioluminiscence ne poznajo dovolj dobro, da bi ga pravilno opredelili.

Ugotovila sem, da je večina dijakov je o pojavu bioluminiscence izvedelo preko elektronskih medijev in da večina dijakov ve, kaj pomeni bioluminiscenca in kako se bioluminiscenčni organizmi vedejo, čeprav je znanje pomanjkljivo, kar sem tudi pričakovala. Zato potrjujem prvo hipotezo.

2. Dijaki prepoznajo hrošča kresnice kot kopenski bioluminiscenčni organizem, medtem ko ostalih predstavnikov s sposobnostjo bioluminiscence ne prepoznajo.

Opazila sem, da dijaki ne prepoznajo bioluminiscenčnih organizmov oz. jih med seboj ne ločujejo. Dijaki ne ločujejo bioluminiscenčnih organizmov od tistih, ki le odbijajo svetlobo s površine svojega telesa ter dajejo vtis, da svetijo. Poznajo pa hrošča kresnico. Prav tako sem opazila, da večinoma ne vedo v kakšnih življenjskih okoljih živijo in nimajo pravih predstav. Dijaki prav tako ne vedo, da bioluminiscenčni organizmi najpogosteje živijo v morskih ekosistemih, redkeje pa poseljujejo kopne površine. Opazila sem, da pojav oddajanja svetlobe ne povezujejo vedno z okolji, kjer je svetlobe malo ali pa je sploh ni. Hipoteza predpostavlja, da dijaki poznajo kresnico, medtem ko je poznavanje ostalih bioluminiscenčnih organizmov pomanjkljivo ali napačno opredeljeno. Zato potrjujem tudi drugo hipotezo.

3. Dijaki ne poznajo sodobnih pristopov uporabe pojava bioluminiscence.

Dijaki vedo, da je lahko tudi pojav bioluminiscenca uporaben za človeka, čeprav se niso natančneje opredelili pri trditvah, kaj bi to bilo. Največ dijakov je izbralo trditev, da je bioluminiscenca uporabna v raziskovalne namene, vendar trditev podrobneje ne navaja, kateri nameni ali dejavnosti so to. Morda je dijake vodilo splošno prepričanje, da je »vsaka stvar za nekaj uporabna«. Opazila sem, da je postavljena hipoteza preveč splošno zastavljena, zato težko zaključujem, da dijaki o sodobnih pristopih še niso slišali. Kljub temu bom hipotezo potrdila, saj bi bilo potrebno tudi razumeti postopke, ki vključujejo pojav bioluminiscence, slednje pa bi lahko med dijaki preverila v naslednji raziskovalni nalogi.

Raziskovalna naloga mi je omogočila pridobivanje in poglobljanje znanj, o katerih ne poslušam ali nisem seznanjena pri rednem pouku. Metodologije dela sem se učila ob raziskovalni nalogi. Veliko dela sem vložila v oblikovanje vprašanj in sestavljanje spletnega vprašalnika. Poseben izziv je bil pretvarjanje rezultatov (izbranih odgovorov dijakov) v grafikone. Učila sem se branja podatkov iz grafikonov in ugotovila, da so vsi tako pridobljeni podatki enako pomembni, da je lahko končna analiza bolj pravilna.

Vse kar sem do sedaj brala in videla glede pojava ter bioluminiscenčnih organizmov, me je zelo navdušilo. Ugotovila sem tudi, da je bioluminiscenca še zelo odprto oz. neraziskano področje in je še vedno veliko organizmov, ki jih ne poznamo, prav tako ne njihove vloge v okolju. Možno je, da bodo prej izumrli, kot pa bomo mi odkrili, da so obstajali. Opazila sem, da vemo bolj malo o bioluminiscenčnih organizmih – predvsem o globokomorskih organizmih. Spoznala sem, da so to lahko zame naslednji izzivi, če bom nadaljevala temo raziskovalne naloge tudi po drugih poteh.

7. SEZNAM UPORABLJENIH VIROV IN LITERATURE

7.1. Literatura in spletni viri

- 1) Berden Zrimec M. (online): Bioluminiscenca, živa svetloba (28.10.2015). Predavanja Prirodoslovni muzej Slovenije, posnetki. (pridobljeno, dne 22.2.2021)

Dostopno na naslovu:

http://videlectures.net/pms2015_berden_zrimec_bioluminiscenca/

- 2) Delo (online). Bioluminiscenčna bitja - prinašalci čudežne luči Ljubljana. Delo, 28. februar 2013. (pridobljeno, dne 20.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://old.delo.si/druzba/generacijad/bioluminiscenčna-bitja-prinasalci-cudezne-luci.html>

- 3) Fernandez M., Pasqualini, L.(online): Effetto quarantena: sono tornate le onde bioluminescenti (18.5.2020). Meteored, www.ilmeteo.net. (pridobljeno, dne 21.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://www.ilmeteo.net/notizie/scienza/effetto-quarantena-onde-bioluminescenti-oceano-pacifico.html>

- 4) Fridell, R. (online): Glow-in-the-dark animals, www.readinga-z.com (pridobljeno, dne 18. 2. 2021).

Dostopno na naslovu:

<https://cisaky1.files.wordpress.com/2012/03/glow-in-the-dark-animals.pdf>

- 5) Judson, O. (online): Svetleče življenje, Reportaža marec 2012, www.nationalgeographic.si . (pridobljeno, dne 18.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://www.nationalgeographic.si/svetlece-zivljenje/>

- 6) Keel, T. (online): Bioluminescence: Where to go to see this incredible natural display, from Anglesey to New Zealand (pridobljeno, dne 18. 2. 2021).

Dostopno na naslovu:

<https://www.countrylife.co.uk/travel/bioluminescence-go-see-incredible-natural-display-anglesey-new-zealand-197311>

- 7) Langkey, L. (online): How bioluminescence works in nature. Published May 2, 2019, www.nationalgeographic.com. (pridobljeno, dne 21.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://www.nationalgeographic.com/animals/article/bioluminescence-animals-ocean-glowing>

- 8) National Geographic Encyclopedia (online): Bioluminescence. www.nationalgeographic.org. (pridobljeno, dne 21.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/bioluminescence/>

- 9) Siol.net (online): V slovenskem morju cveti morska iskrnica, ki pa ni nevarna. 3. maj 2012. (pridobljeno, dne 20.2.2021)

Dostopno na naslovu:

<https://siol.net/novice/novice/v-slovenskem-morju-cveti-morska-iskrnica-ki-pa-ni-nevarna-62840>

- 10) Sket, B. (et al.): Živalstvo Slovenije. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2003.

- 11) Tišler, M.: Narava, človek in kemija. Ljubljana: Državna založba Slovenije, 1985.

- 12) Wikipedia (online): Glowworm. (pridobljeno, dne 19.2.2021) Dostopno na naslovu:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Glowworm>

7.2. Viri slik:

Slika 1: Pretvorba luciferina v oksiluciferin (Tišler, 1985, str.109)

Slika 2: Encimsko katalizirana vezava kisika in razpad luciferina (Tišler, 1985, str.110)

Slika 3 - Morska iskrnica:

<https://www.google.com/search?q=morska+iskrnica+noctiluca&sa=X&stick=H4sIAAAAAAAAAAONgFuLSz9U3MDItNje3UOLWT9c3NDIqKM8tLtOS8y9KT8zLLM51zkksLs5My0xOLMnMzwvOTEktT6wsXsQqmZtfVJydqJBZnF2UB5RVy>, 25.2.2021

Slika 4 – Mesečina:

https://www.google.com/search?q=pelagia+noctiluca&sxsrf=ALeKk03guXGHGB0kXrkT552qudAPmx-pyQ:1618585662803&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=V_BF-gChr7K8PM%252Cj-GU4Ic_XJ3BoM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kR, 25.2.2021

Slika 5 – Atolla W.:

https://www.google.com/search?q=atolla+wymvillei&sxsrf=AleKk03hHITTPriJL40TKr_O-a3ltPsswA:1618585756234&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjQn6fohYPwAhUB2KQKHVfMD1MQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=WEnr-sGwngHtAM, 25.2.2021

Slika 6 – Watasenia S.:

https://www.google.com/search?q=watasenia+scintillans&sxsrf=AleKk03lx791wPtc02sUNHKtictan8JsHA:1618585821576&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiztLuHhoPwAhUG7KQKHV2NC_YQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=9HB5cmp2RXmjDM, 25.2.2021

Slika 7 – Sepiola A.:

https://www.google.com/search?q=sepiola+atlantica&sxsrf=AleKk0368V_4EiBGcm0Bgc73k1M3Yw1_HA:1618585904722&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=85fixbjWjyAnpM%252CjVEk6uofqzrCM%252C_vet=1&usg=AI4_kTzsEh7wUnvi5N8e1s8gfdDgVfwWA&sa=X&ved=2ahUKEwjhoo6vhoPwAhWHqaQKHVWipDU8Q_h16BAgiEAE#imgrc=85fixbjWjyAnpM, 25.2.2021

Slika 8 – Pyrophorus noctilucus:

https://www.google.com/search?q=headlight+elater&sxsrf=AleKk00eqmua15mj4RXuEe35QT7miRZRPA:1618586165601&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi55Mcrh4PwAhUMDOwKHUKNDc8Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=Z0asswGXNwb8ZM, 27.2.2021

Slika 9 – Velika kresnica:

https://www.google.com/search?q=Lampyris+noctiluca&tbm=isch&ved=2ahUKEwih86nQ04jwAhWw1eAKHUQLCzEQ2-cCegQIABAA&ooq=Lampyris+noctiluca&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQEzIECAAQEzIECAAQEzIECAAQEzIECAAQEzIECAAQEAEB4QEzIECAAQHhATMgYIABAeEBNQ9kYJ9kJg80ZoAHAAeACAAWWIAWWSAQmWlJGYAQGqAQGqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=Spl8YKGmJLCrgwElqyIAw&bih=754&biw=1536#imgrc=JPCkIkqhm1PFM, 27.2.2021

Slika 10 – kresnica 1:

https://www.google.com/search?q=photuris+lucicrescens&sxsrf=AleKk03J2upLTFUofh3dnETIsMEHZqpu8g:1618586233807&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj_rIPMh4PwAhWRtKQKHR7nAIEQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=eC8V71tX6AHflM, 2.3.2021

Slika 11 – kresnica 2:

https://www.google.com/search?q=photuris+lucicrescens&sxsrf=AleKk03J2upLTFUofh3dnETIsMEHZqpu8g:1618586233807&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj_rIPMh4PwAhWRtKQKHR7nAIEQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=J5ZdPyGYAlttauM, 2.3.2021

Slika 12 – Svetleći črvi:

https://www.google.com/search?q=arachnocampa+luminosa&sxsrf=AleKk009geHToxKQsws7BloIC1prQevmjQ:1618586480036&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi_0LjBilPwAhUIC-wKHVIKBBQA_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=uozEDLpUQLeFYM, 2.3.2021

Slika 13 – Morska kresnička:

https://www.google.com/search?q=vargula+hilgendorfi&sxsrf=AleKk03JEcEHlpxPkR9hEMyLRK_ymNzNUQ:1618586648172&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj_pM6RiYPwAhWau6QKHeHvCbCQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgrc=UFz4-KVvwlmwXM, 2.3.2021

Slika 14 – Hektorjeva laterna:

https://www.google.com/search?q=lampanyctodes+hectoris&sxsrf=ALeKk02eWGmWUwpE6ASIEB2xMNidlcO6zA:1618586742065&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiEwLG-iYPwAhU7wAIHHbWODWIQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1600&bih=789#imgsrc=SpPohtGqkD3igM,
14.3.2021

8. PRILOGE

1) ANKETNI VPRAŠALNIK, dostopen na naslovu:

<https://www.1ka.si/admin/survey/index.php?anketa=328706>

2) Posnetek intervjuja na USB-ključku.