



Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za matematiku i informatiku



Sara Zamurović

Metodički potencijal i izazovi primene koncepta
verovatnoće pri obradi Mendelovih zakona genetike u
gimnazijskom obrazovanju

Master rad

Mentor:

Prof. Dr Petar Đapić

Novi Sad, 2026.

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Teorijski deo.....	5
2.1. Matematička osnova: Koncept verovatnoće u gimnazijskom obrazovanju	5
2.2. Biološki okvir: Mendelovi zakoni genetike u gimnazijskom obrazovanju	7
2.3. Komparativna analiza usklađenosti programu nastave i učenja matematike i biologije	9
2.4. Pregled dosadašnjih istraživanja i literature	10
2.4.1. Veza – integrisana nastava matematike i biologije	10
2.4.2. Strah od matematike.....	11
2.4.3. Verovatnoća i genetika u literaturi	12
2.4.5. Kako rešiti problem?	14
3. Empirijsko istraživanje.....	16
3.1. Metodološki pristup i uzorak istraživanja	16
3.2. Prikaz i komparativna analiza rezultata.....	22
3.3. Provera hipoteza i diskusija sa pedagoškim implikacijama	32
4. Model pripreme za interdisciplinarni čas	35
4.1. Pisana priprema za čas	35
4.1.1. Osnovne informacije o bloku časova (4 časa):.....	36
4.1.2. Detaljan tok časa	38
4. Zaključak.....	56
Literatura	58
Prilozi	60
Biografija	64

1. Uvod

Retko se dešava da učenici i nastavnici tokom učenja biologije pomisle na vezu sa matematikom. Određeno nastavno gradivo, poput vektora iz fizike ili proporcija iz hemije, mnogo lakše bi se savladalo ukoliko bi se posmatralo interdisciplinarno.

U programu nastave i učenja javlja se neusaglašenost sa nastavnih sadržajima, gde se najpre neki matematički koncepti pominju u drugim nastavnim predmetima, a tek kasnije se obrađuju u nastavi matematike i definiše šta predstavljaju. Ovo je veliki problem sa kojim se profesori matematike bore. Kada se iz matematike uče vektori, učenici toj oblasti pristupaju sa stavom da znaju šta je to, budući da su ih učili iz fizike - vektori su za njih brzina. Tako da nastavnici moraju objašnjavati vektore na primeru brzine, a da pritom dovoljno jasno razgraniče da su vektori mnogo širi koncept.

Učenici najčešće nisu svesni koliko se matematika koristi u životu. Profesori se često više fokusiraju na formu, umesto na razumevanje i povezivanje sa stvarnih konceptima. Uvođenjem interdisciplinarnih tema, skreće se pažnja na primenu matematike u drugim oblastima. Učenici neretko gledaju ovaj predmet kao nešto apstraktno i nedodirljivo, jer se koncepti ne dovode u vezu sa stvarnim životom.

Autorka ovog rada je tokom srednje škole biologiju videla kao najtežu i najnelogičniju nauku. To mišljenje je poticalo jer nije shvatala odakle dolaze koncepti i na koji način se izračunavaju određene vrednosti.

Uvođenjem interdisciplinarnih tema, učenici koji vole i razumeju biologiju približili bi se matematici i obrnuto. Upravo iz tog razloga, ovo istraživanje ima za cilj da istakne značaj interdisciplinarnog povezivanja genetike i verovatnoće u srednjoškolskoj nastavi. Sagledavanjem uzročno-posledičnih veza između bioloških pojava i matematičkih proračuna prevazilaze se tradicionalne barijere u usvajanju gradiva, podstiče se razvijanje funkcionalnog mišljenja i omogućava učenicima da konceptualno usvoje nastavne sadržaje.

Ovaj rad ima tri velike celine.

Prva celina se odnosi na teorijski okvir, analizu verovatnoće, kao školske oblasti, iz udžbenika za matematiku i Mendelovih zakona, kao školske oblasti, iz udžbenika za biologiju.

Nakon toga urađena je paralelna analiza, koja prati kada se učenici susreću sa tim oblastima u programu nastave i učenja i koliko su školski programi usklađeni. Na kraju teorijskog dela urađena je analiza ranijih istraživanja.

Druga celina je empirijski deo. Anketirani su učenici gimnazije „Dušan Vasiljev“ iz Kikinde. Najpre su popunili ankete, nakon toga odgledali kratak video koji povezuje genetiku i verovatnoću, a zatim su ponovo popunili istu anketu. Cilj je bio uočiti da li se javlja napredak ili je stanje razumevanja gradiva isto, kada je poznata i kada nije poznata matematička pozadina.

Treća celina je primer pripreme za čas na kome se paralelno posmatraju verovatnoća i Mendelovi zakoni genetike.

2. Teorijski deo

Kako bi se sagledao metodički potencijal primene verovatnoće pri obradi Mendelovih zakona, neophodno je analizirati zastupljenost, obim i strukturu sadržaja iz teorije verovatnoće u gimnazijskom programu matematike i iz Mendelovih zakona u gimnazijskom programu biologije. Sledeći korak je njihova uporedna analiza i analiza postojećih naučnih radova.

2.1. Matematička osnova: Koncept verovatnoće u gimnazijskom obrazovanju

Glavni izvor teksta u nastavku: Matematika sa zbirkom zadataka za 4. razred gimnazije – Zavod za udžbenike Beograd – Dr Milutin Obradović, dr Dušan Georgijević

U udžbeniku koji je korišćen kao literatura ovog dela rada, verovatnoća je peta oblast. U nastavku biće analizirano šta se sve iz te oblasti spominje i u kojoj meri u udžbeniku.

U udžbeniku 5.1. Slučajni događaji i verovatnoće slučajnih događaja

5.1.1. Pojam slučajnog događaja. Algebra događaja

U prvom delu, autori uvode osnovne pojmove teorije verovatnoća. Ključni pojmovi koji se predstavljaju u ovom delu su: slučajni eksperiment, slučajni događaj, siguran i nemoguć događaj. Autor uvodi standardne oznake koje se koriste u teoriji verovatnoće i definiše se osobina da jedan slučajan događaj sadrži drugi. Navodi se još bitnih pojmova: elementarni događaj, suprotni događaj, zbir događaja, proizvod događaja, kada se događaji međusobno isključuju i razlika događaja. Sve je praćeno primerima i obilnim tekstom i ilustracijama. Poslednje se u ovom delu definiše potpun sistem događaja i njemu je posvećena posebna pažnja, sa dodatnim objašnjenjem samo tog pojma i zasebnim primerom i ilustracijom.

5.1.2. Pojam verovatnoće. Statistička definicija verovatnoće

Na teorijskom nivou se uvodi pojam relativne frekvencije i bitne oznake. Navode se faktori od kojih zavisi relativna frekvencija i primeri. Navodi se opis opšteg svojstva slučajnog događaja slučajnost relativnih frekvencija. Nakon uvodnog dela 5.1.1. i dosadašnjeg 5.1.2. napokon se stiže do pojma verovatnoće događaja, navodi se empirijska (statistička) definicija koja ističe povezanost verovatnoće sa realnim situacijama. Navode se negativne strane ove definicije. Na kraju su ponovo primeri.

5.1.3. Osnovna svojstva verovatnoće

Navode se osnovna svojstva verovatnoće i kako se do njih dolazi. Nakon toga dolazi se do teorema koje se dobijaju kao posledice osnovnih svojstava. Navode se i njihovi dokazi.

5.1.4. Klasična definicija verovatnoće

Navodi se istorijski osvrt klasične (Laplasove) definicije verovatnoće, na šta se ona odnosi i primeri eksperimenta kakav figuriše kada se govori o klasičnoj definiciji verovatnoće. Učenici se upoznaju sa formalnom klasičnom definicijom verovatnoće. Ponovo je sve praćeno primerima.

5.1.5. Uslovna verovatnoća. Zavisnost i nezavisnost događaja

Prvi deo posvećen je uslovnoj verovatnoći. Najpre su navedeni primeri, a nakon toga i formalna definicija uslovne verovatnoće. Zatim dolazi deo o nezavisnosti i zavisnosti događaja. Navodi se definicija nezavisnog i zavisnog događaja. Predočavaju se posledice, par teorema i primeri. Definiše se pojam u potpunosti nezavisnih događaja. Ponovo praćen teoremom i primerima.

5.1.6. Formula totalne verovatnoće. Bajesova formula

Formula totalne verovatnoće se najpre uvodi preko primera, nakon čega se i formalno definiše i dokazuje. Bajesova formula se navodi kao teorema i dokazuje se, ponovo praćena primerima.

U udžbeniku- odeljak 5.2. Slučajne promenljive

5.2.1. Pojam slučajne promenljive. Raspodela verovatnoća. Funkcija raspodele, gustina raspodele

Definišu se pojmovi slučajna promenljiva, raspodela verovatnoća, zakon raspodele verovatnoće, poligon raspodele, funkcija raspodele. Ceo teorijski deo je praćen primerima koji uvode u pojmove. Navode se osnovna svojstva funkcije raspodele. Definisani su pojmovi slučajna promenljiva apsolutno neprekidnog tipa i kriva gustine raspodele, ponovo praćeno primerima.

5.2.2. Matematičko očekivanje, disperzija i srednje kvadratno odstupanje slučajne promenljive

Ovaj deo je podeljen na dva manja podnaslova. Matematičko očekivanje je prvi. Navodi se definicija pojma matematičkog očekivanja za diskretne promenljive, a malo kasnije i za promenljive neprekidnog tipa, uvode se preko primera i pojašnjavaju pomoću primera. Učenici se upoznaju sa osnovnim svojstvima matematičkog očekivanja slučajne promenljive. Drugi

podnaslov je disperzija i srednje kvadratno odstupanje. Ova dva pojma se nakon definisanja objašnjavaju pomoću primera. Navode se osnovna svojstva disperzije.

5.2.3. Neki važni zakoni raspodele

Prvi se izučava binomni zakon preko primera, nakon čega se i definiše kada je zakon raspodele dat po binomnom zakonu. Navodi se kako izgledaju očekivanje i disperzija kada se posmatra binomni zakon i dokazivanje kako se do njih dolazi. Nakon toga se dodatno pojašnjava preko primera. Isto se izučava i Poasonov i normalan zakon.

Na kraju svakog podnaslova postoje zadaci za vežbanje.

2.2. Biološki okvir: Mendelovi zakoni genetike u gimnazijskom obrazovanju

Glavni izvor teksta u nastavku: Biologija za 2. razred gimnazije – Klett – Ljubica Lalić, Milica Kokotović, Goran Milićev

U udžbeniku koji je korišćen kao literatura ovog dela rada, Osnovi genetike je prva oblast. U nastavku će biti analizirano šta se sve iz te oblasti spominje i u kojoj meri u udžbeniku.

Oblast 1.1 Mendelov način nasleđivanja (monohibridno ukrštanje – pravilo razdvajanja)

Navodi se značaj Mendelovog rada i u čemu se ogleda. Nakon toga se analizira Mendelov eksperiment – monohibridno ukrštanje u kome je posmatrao osobine graška. Postoji podnaslov Hromozomska teorija nasleđivanja u kome autori definišu lokuse, alele i homologne lokuse. Na kraju se nalazi grafički prikaz hromozomske teorije nasleđivanja.

Oblast 1.2 Dihibridno ukrštanje – pravilo slobodnog kombinovanja

Definišu se dominantni i recesivni alel, dihibridno ukrštanje, rekombinantni fenotipi, pravilo slobodnog kombinovanja poznato i kao drugo Mendelovo pravilo. Navedene su dve mogućnosti da se aleli dva gena rekombinuju u mejozi i grafički su prikazane. Ceo tekst je praćen dubljim objašnjavajima i izvođenjima. Javlja se i dodatak koji se odnosi na verovatnoću, navode se i objašnjavaju pojmovi empirijske i teorijske verovatnoće, zakona velikih brojeva, pravilo množenja, pravilo sabiranja i nezavisni događaji (Oko jedna strana u knjizi).

Oblast 1.3 Fenotip – rezultat razvića u interakciji gena i sredine

Prvi deo odnosi se na odnose među alelima. Navode se pojmovi potpuno dominantno-recesivnog odnosa alela, nepotpune dominantnosti i kodominantnosti. Grafički je prikazano ukrštanje u kojem je praćeno nasleđivanje boje cveta. Drugi deo odnosi se na način na koji nasledni materijal dovodi do razvića osobina. Definiše se pojam gena i genoma. Pomenuti su najznačajniji delovi DNK koji ulaze u sastav genoma eukariota: Geni koji kodiraju za pojedine polipeptide, geni čijim prepisivanjem nastaju molekuli RNK koji se ne prevode u polipeptide i nekodirajuće sekvence DNK. Treći deo se odnosi na regulaciju razvića. Navedeno je ko je uključen u regulaciji aktivnosti gena, a nakon toga i na koji način različiti geni komuniciraju, pokreću ili utišavaju jedni druge. Navedena su i pojašnjena tri ključna procesa u razviću za koje su interakcije delova naslednog materijala značajne: diferencijacija, morfogeneza i kontrola rasta i deoba ćelije. Četvrti deo se odnosi na interakciju gena sa sredinom. To je objašnjeno kroz kratak tekst. Peti deo se odnosi na fenotipsku plastičnost. Pojam je u ovom delu definisan, a nakon toga i pojašnjen. Definisan je i pojam norme reakcije genotipa. Ceo tekst je praćen dodatnim objašnjenjima, primerima i ilustracijama.

Oblast 1.4 Fenotipska i genetička varijabilnost – oblici i uzorci

Prvi deo se odnosi na varijabilnost. Najpre se pojam definiše. Navodi se koje osobine mogu uticati na ukupnu fenotipsku varijabilnost. Navedene su i objašnjene tri kategorije osobina fenotipa. Drugi deo se odnosi na nasleđivanje kvantitativnih osobina. Govori o modelu aditivne poligenije. Navedeno je i od kojih pretpostavki polazi model aditivne poligenije i pojašnjeno. Sledeći deo se odnosi na procenu fenotipske i genetičke varijabilnosti. Ovaj deo govori o tome kako je moguće proceniti koji udeo ukupne fenotipske varijabilnosti je posledica razlike u naslednom materijalu. Naredni deo odnosi se na uzroke genetičke i fenotipske varijabilnosti. Navedeni su i pojašnjeni: mutacije, rekombinacije i neki populaciono-genetički proces - npr. protok gena. Sve je praćeno dodatnim tekstom i ilustracijama.

Oblast 1.5 Hromozomi

Učenik se najpre uvodi u pojam hromozoma i istorijsku pozadinu. Nakon toga se govori o determinaciji pola, polnim hromozomima i osobinama vezanim za pol. Definiše se pojam polnih hromozoma i autozoma, a nakon toga i homogametnog i heterogametnog pola. Zatim se govori o promeni u broju i strukturi homozoma. Definiše se stanje aneuploidnija, trizomija i monozomija.

Navedena su i objašnjena dva tipa promena u strukturi hromozoma: delecije i duplikacije i translokacije i inverzije.

Oblast 1.6 Genetika čoveka

U ovom delu se najpre objašnjava šta je humana genetika. Onda se govori o nasleđivanju osobina kod ljudi, a nakon toga o rodoslovnom stablu, što je i grafički prikazano. Navode se i objašnjavaju tri vrste nasleđivanja osobina: osobine koje se nasleđuju po autozomno-recesivnom obrascu, osobine koje se nasleđuju po autozomno-dominantnom obrascu i osobine koje se nasleđuju po obrascu nasleđivanja vezanom za X hromozom. Nakon toga se malo govori o citogenetici. Zatim se prelazi na genetičko savetovanje i prenatalnu dijagnostiku. Gde se ovi pojmovi definišu i dublje objašnjavaju. Na kraju se govori o varijabilnosti unutar ljudske vrste.

Oblast 1.7 Genetičko inženjerstvo

U ovom delu se govori o kloniranju, reakciji lažnog umnožavanja i projektu ljudskog genoma. Sve je dodatno praćeno tekstom i slikama.

2.3. Komparativna analiza usklađenosti programu nastave i učenja matematike i biologije

Uporednom analizom programu nastave i učenja uočava se veliki vremenski i metodološki raskorak u obradi ove dve srodne teme iz biologije i matematike.

Mendelovi zakoni genetike se iz biologije uče u 2. razredu gimnazije, a verovatnoća se iz matematike uči u 4. razredu. Mendelovi zakoni genetike se direktno oslanjaju na verovatnoću, zbog čega je ona i uvedena kroz par rečenica u udžbeniku, ali je to neuporedivo sa načinom na koji se uvodi iz matematike. U udžbeniku iz matematike nigde se ne navodi da je to već viđeno na genetici, ne povezuje se sa ranije stečenim znanjem već se sve uvodi kao da je prvi put.

Do pre nekog vremena ovo nije bio toliki problem, jer su se Mendelovi zakoni izučavali u četvrtom razredu gimnazije. Pre dve godine su pomereni na drugi razred, pa se i razmak u kome se ove dve srodne teme uče proširio.

2.4. Pregled dosadašnjih istraživanja i literature

Brojna istraživanja se bave povezivanjem prirodno-matematičkih nauka i interdisciplinarnom pristupu. U literaturi je sve izraženija potreba za prevazilaženjem tradicionalnog razdvajanja oblasti, javlja se potreba za njihovom sintezom i uporednim obrađivanjem tema. U ovom poglavlju dat je pregled relevantnih istraživanja i stručne literature koja se bave efektima primene integrisane nastave.

2.4.1. Veza – integrisana nastava matematike i biologije

Od suštinskog značaja je promovisati interdisciplinarni pristup u učionicama, integrišući discipline kao što su biologija i matematika (Campillay-Llanos i Cárcamo-Mansilla, 2025). Na taj način se sadržaji povezuju i omogućava se njihovo lakše razumevanje. Mnogi stručnjaci u oblasti obrazovanja podržavaju integraciju bioloških nauka i matematike (Duffus & Olifer, 2010; Labov et al., 2010; National Research Council [NRC], 2012; Salsberg, 2009, prema Garimella & Sahin, 2022). Integracija matematike u sadržaje biologije od ključnog je značaja kako bi se studentima osnovnih studija istakao značaj matematike za većinu oblasti biologije (Colon-Berlingeri i Burrowes, 2011). Ukoliko bi studenti već na osnovnim studijima učili o vezi matematike i biologije, kada dođe potreba da se ta veza prikaže u osnovnom i srednjem obrazovanju, tome bi pristupili profesionalnije i sigurnije, ne bi bežali od te veze. Povezivanje matematike sa biologijom treba da se koristi što je ranije moguće u školama (Karsai & Kampis, 2010; Šorgo, 2010, Satterthwait, 2013). Učenici lakše prihvataju kada im se nešto uvodi postepeno, dok su deca kroz igru, a nakon toga i kao formalan konceptualni sadržaj.

Većina kurseva iz prirodnih nauka i matematike predaje se kao skup činjenica izolovanih od srodnih oblasti, zbog čega se dešava da učenici izađu sa uskim i kratkovidim pogledom na sopstvene discipline (Colon-Berlingeri i Burrowes, 2011). U nastavi bioloških nauka, nastavnici često biraju da koriste jednostavne i nekontekstualne metode za brz dolazak do rešenja, što može urušiti i zanemariti matematičke koncepte (Garfield & Ahlgren, 1988; Liu & Thompson, 2007, prema Garimella & Sahin, 2022). Satterthwait navodi da neki nastavnici izbegavaju nastavne sadržaje u kojima pored biološkog znanja treba da imaju i matematičko. To otežava želju da se povežu ove dve nauke u školama, ali i osiromašuje kurikulum koji treba da se obradi u školama. Matematičari predaju bez biološke osnove, a biolozi bez matematičke osnove (Satterthwait, 2013). Kako ulažemo zajedničke napore da izbrišemo granice između matematike i prirodnih nauka, Garimella i Sahin smatraju da nastavnici moraju da odaberu najčešće korišćene matematičke

formule u naukama i pažljivo razviju i primenjuju zadatke koji učenicima omogućavaju da uspostave veze između naučnih koncepata i njihovih matematičkih prikaza. Dakle, nije dovoljno da se sadržaji preklape, već nastavnici moraju da budu spremni na dodatno učenje kako da formulišu problem, kao i gde je pravo mesto da ih povežu.

Iako su nastavnici svesni da veza postoji, često se drže svojih sadržaja. Mnogi biološki procesi opisani su matematičkim jednačinama, a neki matematički koncepti su nastali iz potrebe da se opišu interakcije, odnosi i procesi u živim sistemima (Jungck, 1997; Cohen, 2004, Colon-Berlingeri i Burrowes, 2011). Ove dve nauke su usko povezane, na neki način su uticale na nastanak jedna druge. Na međunarodnom nivou, matematičkom modelovanju se poklanja pažnja na svim obrazovnim nivoima (Niss i Blum, 2020, prema Campillay-Llanos i Cárcamo-Mansilla, 2025). U Srbiji to i dalje nije zaživelo. Matematičko modelovanje se ne koristi eksplicitno, skoro ni u jednoj drugoj nauci koja se obrađuje u školama. Kada se uspostavi koherentan odnos između matematičkih i bioloških koncepata, nastaje model koji pomaže u razumevanju mehanizama u osnovi različitih fenomena (Campillay-Llanos i Cárcamo-Mansilla, 2025). Dakle, kako bi se određeni biološki fenomeni u potpunosti razumeli, neophodno je poznavanje određenog matematičkog gradiva. Colon-Berlingeri i Burrowes smatraju da je uključivanje matematike u biologiju danas neobodiva potreba.

2.4.2. Strah od matematike

U istraživanju koje su sproveli Garimella i Sahin uočena prepreka u korišćenju matematike u rešavanju zadataka iz biologije bilo je pomanjkanje samopouzdanja učenika, pri radu sa matematičkim konceptima. Matematika je apstraktna i zahteva razvijeno logičko mišljenje, što je i razlog manjka samopouzdanja kod učenika. Matematička anksioznost, kada se posmatra kao stanje nelagodnosti povezano sa izvođenjem matematičkih zadataka, javlja se kod mnogo pripadnika populacije školskog uzrasta (Devine et al., 2012). Zbog toga se javlja opasnost da bi prilikom integracije matematike i biologije moglo da dođe do formiranja negativnog stava prema biologiji, zbog već postojećeg negativnog stava prema matematici. Nastavnici razredne nastave koji imaju visoku matematičku anksioznost mogu preneti svoj strah na decu i time negativno uticati na njihove stavove prema matematici (Cipora et al., 2022). Tada prilikom paralelnog učenja predmeta Svet oko nas i Priroda i društvo, umesto da dolazi do povezivanja osnovnih koncepata sa matematikom, dolazi do animoziteta i stava da to nije povezano. Matthews i saradnici navode da

često čak i profesori imaju negativan stav prema matematici. Oni time odbijaju decu od matematike i sami ne žele da povezuju oblasti.

Učenici kojima ne ide matematika, više puta nedeljno pohađaju časove, oni su skloniji da razvijaju ovaj tip anksioznosti (Videnović & Radišić, 2017). Svaki učenik kome matematika ne ide, sklon je da razvije matematičku anksioznost, ali se načinom rada i odnosa sa učenicima ta sklonost još pojačava. Takav učenik će odbiti da sarađuje u izradi zadataka iz genetike, čim nasluti da se tu koristi matematika. Istraživanja u višem osnovnom i srednjem obrazovanju skoro uvek pronalaze negativne relacije između anksioznosti i postignuća u matematici (Luttenberger et al., 2018) i osobe sa visokom matematičkom anksioznošću često imaju izraženu tendenciju da izbegavaju matematiku (Ashcraft, 2002). Problem „matematikofobije“ i „statistikofobije“ je mnogo dokumentovan u literaturi (Schoenfeld, 1985; Onwuegbuzie i sar., 1997; Burns, 1998; Pan i Tang, 2005, Matthews i sar., 2010). Što je još jedan koncept pored matematičke anksioznosti koji se javlja kod učenika.

2.4.3. Verovatnoća i genetika u literaturi

Pružanje prilika učenicima da primene pravila verovatnoće i algoritme na biološke koncepte, pomoći će da iskuse međusobnu povezanost STEM oblasti (Garimella & Sahin, 2022). Verovatnoća i statistička analiza se običajeno koriste u genetičkim studijama (Satterthwait, 2013). Primena matematike u genetici danas je prepreka više nego pomoć u razumevanju (Satterthwait, 2013). Matematika je bila važna u konceptualnom razvoju nauke o genomskim sekvencama, u opisu populacija i kao ključ za prepoznavanje obrazaca u nasleđivanju (Satterthwait, 2013). Jako je važno da učenici koriste matematičke algoritme koje je i sam Mendel primenjivao kako bi razumeli i rešavali zadatke iz nasleđivanja (Garimella i Sahin, 2022).

Nivo razumevanja genetike i najčešće greške pri rešavanju zadataka

Uvodna nastava genetike se najčešće izvodi kao tematska jedinica u okviru srednjoškolske biologije, iako postoje mnoga pomagala, poput kompjuterskih igara i simulacija, kako bi se pomoglo u predavanju ove teme, mnogi srednjoškolski nastavnici i njihovi učenici se i dalje muče (Satterthwait, 2013). Problem se javlja u situaciji kada nastavnik ne razume u potpunosti koncept, ne može adekvatno ni da prenese znanje. Nastava genetike se smatra temom koja je izuzetno važna za proučavanje biologije, ali je srednjoškolcima prilično teška za razumevanje (Finli, Stjuart i Jaroh, 1980, Satterthwait, 2013). Dakle, u širokom spektru literature navodi se da je ova oblast

teška za razumevanje učenicima srednje škole. Kılıç i Sağlam smatraju da je smisleno učenje genetike kod učenika posebno važno za nastavnike prirodnih nauka, jer se ove teme često uče napamet. Koncepti genetike su po svojoj prirodi apstraktni i složeni, pa zbog toga učenici imaju poteškoća da ih konstruišu u svojim mislima, onda ih pogrešno razumeju ili ih razumeju nepotpuno (Kılıç i Sağlam, 2014). Ukoliko bi učenici povezivali novo sa starim znanjem i učili sa više razumevanja, učinak bi bio znatno bolji.

Uprkos povećanoj izloženosti genetici, istraživanja znanja opšte javnosti o genetici pokazuju relativno nisko razumevanje genetičkih koncepata (Petty i sar., 2000; Human Genetics Commission 2001; Lanie i sar., 2004; Bates 2005, Bowling i sar., 2008). Ovo pokazuju i istraživanja koja se bave znanjem iz genetike kod populacije od predškolskog uzrasta do završetka srednje škole (Bowling i sar., 2008). Dakle populacija, od početka učenja genetike, pa sve dok ono traje, pokazuje nejasan stav u razumevanju genetike. Nacionalno ocenjivanje obrazovnog napretka iz 2000. godine testiralo je 49.000 učenika u SAD, u proseku je 30% učenika završnog razreda srednje škole moglo u potpunosti ili delimično tačno da odgovori na pitanja iz genetike (National Center for Education Statistics 2000, Bowling i sar., 2008). Ovo je direktan primer koliko je genetika učenicima teško savladiva.

Rezultati istraživanja koje su Avena i saradnici uradili 2018. godine dali su rezultate da je trideset jedan procenat odgovora sadržao *Neadekvatnu primenu crtanja*, kao što je crtanje Punetovog kvadrata za svaku generaciju višegeneracijskog rodoslova, umesto množenja verovatnoća.) Učenici koji su bili sposobni da objasne logičku osnovu u ovom istraživanju su verovatno izgradili konceptualno razumevanje teme, koje im je omogućilo da konstruišu logička obrazloženja za svoje odgovore. Tačno rešavanje zadataka iz verovatnoće zahteva i konceptualno razumevanje logike koja stoji iza svakog izračunavanja (Deane i sar., 2016, prema Avena i sar., 2018). Stvar koja često pravi barijeru kod učenika je logička zabuna, do koje dolazi ukoliko nije dobro potkrepljena matematička osnova. Kao rezultat njihovog istraživanja iz 2019. došli su do zaključka da je neuspeh u primeni pravila množenja, ili njegova pogrešna primena, bila druga najčešća greška u netačnim odgovorima učenika (Avena i sar., 2018). U pitanjima koja se odnose na verovatnoću, učenici moraju biti upoznati sa matematičkim reprezentacijama i izračunavanjima (Avena i sar., 2018). Zbog toga je neophodno prvo savladati verovatnoću kao matematičku oblast, pa tek nakon toga rešavati zadatke iz Mendelovih zakona genetike. Razumevanje genetičkih

konceptata je pozitivno povezano sa sposobnošću rezonovanja i sa usmerenošću ka smislenom učenju, a sa usmerenošću ka učenju napamet bilo je u negativnoj korelaciji (Kılıç i Sağlam, 2014).

2.4.5. Kako rešiti problem?

Mnoge istraživačke studije pokazale su da su rezultati učenja učenika povezani sa pristupima koje koriste (Ramsden et al., 1989; Ramsden, 1992, Kılıç & Sağlam, 2014). Pristup učenika učenju je bitan faktor koji određuje kvalitet ishoda učenja (Chin & Brown, 2000, Kılıç i Sağlam, 2014). Avena i saradnici predlažu da predavači naglašavaju ključne delove izazovnog sadržaja za svaku datu temu, i da dosledno demonstriraju moguće strategije rešavanja problema, pruže mnogobrojne prilike učenicima da vežbaju razmišljanje o tome kako se problemi rešavaju, i podstiču učenike da sebi i drugima objasne zašto svaki od njihovih koraka ima smisla. Predavači mogu da uvedu praksu predlaganja određenih procesa učenicima kako bi istakli strategije koje su u korelaciji sa uspešnim rešavanjem problema, uz ukazivanje na procese koji mogu biti štetni (Avena i sar., 2018). Podučavanje veštini argumentacije pomaže učenicima da nauče da koriste dokaze kako bi pružili obrazloženje za neku tvrdnju, kao i da opovrgnu tvrdnje drugih (Toulmin, 1958; Osborne, 2010, Avena i sar., 2018). Jako je važno da učenici pored prepoznavanja tačnog postupka i tačnog rešenja, umeju da procene i kada nešto nije tačno.

English (1997) je smatrala da treba da se istraži kako učenici razumeju različite tipove problema i koje tipove standardnih i nestandardnih strategija koriste za njihovo rešavanje (Mallart i sar., 2018). Učenik treba da bude svestan svih mogućih strategija i da bude sposoban da donese odluku koja strategija je najadekvatnija za dati problem. Mallart i saradnici smatraju važnim kreiranje problema. Oni smatraju da učenik treba da bude sposoban da kreira problem i da bi na taj način dokazao svoje razumevanje. Ispitanici su u ovom istraživanju smatrali da nemaju dovoljno matematičkog znanja da kreiraju novi problem. Takođe su istakli nedostatak metodičkog znanja, manjak strategija za poučavanje kako kreirati nove probleme i nesposobnost da vide matematiku u svakodnevnim situacijama. Često se kao problem javlja nesposobnost da učenici vide matematiku u svakodnevnim situacijama. Do toga dolazi jer nastavnici retko povezuju oblasti sa realnim temama. Većina kurseva matematike ne povezuje matematičke koncepte i primenu u drugim naučnim oblastima (Robeva i Laubenbacher, 2009, Colon-Berlingeri i Burrowes, 2011). Učenici moraju prepoznati problem kao relevantan za realnost njihovog svakodnevnog života, uz neku vrstu primenljivosti (Mallart i sar., 2018). Dakle, profesori treba da se trude da povezuju oblasti sa stvarnim situacijama.

Da bi učenici razumeli genetiku trebalo bi da budu sposobni da misle apstraktno i hipotetičko-deduktivno, kao i da uspostavljaju razumne odnose između koncepata (Kılıç i Sağlam, 2014). Ovo, doduše, nije nešto na šta učenik ili nastavnik može da utiče. Odnosi se na suve sposobnosti učenika. Da bi došlo do smislenog učenja, učenike treba podsetiti na njihovo prethodno znanje pre obrade novih informacija i treba ih podstaknuti da uspostave veze između prethodnih i novih informacija (Kılıç i Sağlam, 2014). Kada učenici povežu već postojeće znanje, mnogo lakše će usvojiti novo. Pokazano je da kurs koji integriše koncepte matematike i biologije ne ometa učenje studenata ni u jednoj od ove dve oblasti već može unaprediti interdisciplinarno znanje (Madlung i sar., 2011, Colon-Berlinger i Burrowes, 2011). Ovo se odnosi i na učenike. Paralelno učenje ove dve oblasti može da donese samo dobro učenicima. Colon-Berlinger i Burrowes predlažu da se profesori matematike i biologije sastanu i razmotre zajednički rad.

3. Empirijsko istraživanje

3.1. Metodološki pristup i uzorak istraživanja

Cilj istraživanja

Primarni cilj ovog istraživanja je ispitivanje metodičkog potencijala primene koncepta verovatnoće u nastavi genetike (kroz pre-test / video-intervencija / post-test).

Sporedni cilj je identifikacija ključnih izazova za realizaciju ovakvog pristupa, koji se odnose na strah učenika od matematike i procenu nastavničkih kompetencija za međupredmetno povezivanje.

Struktura i uzorak istraživanja

Istraživanje je zasnovano na dve celine – primarnu i pomoćnu:

- Primarno (glavno) istraživanje: Kvantitativno-eksperimentalno istraživanje sprovedeno na uzorku učenika drugog, trećeg i četvrtog razreda Gimnazije “Dušan Vasiljev” u Kikindi (N = 41). Primenjen je model pre-test / video-intervencija / post-test sa ciljem da se izmeri napredak u razumevanju i primeni pravila verovatnoće pri rešavanju Mendelovih genetičkih zadataka.
- Pomoćno istraživanje 1 (Izazov učenika): Kvantitativno istraživanje na uzorku učenika (N = 71) usmereno na procenu nivoa anksioznosti i straha prema matematici u poređenju sa biologijom.
- Pomoćno istraživanje 2 (Izazov nastavnika): Anketno istraživanje na uzorku nastavnika biologije i matematike (N = 6) o njihovoj načelnoj spremnosti i samoproceni stručno-metodičkih kompetencija za interdisciplinarni rad.

Hipoteze istraživanja

Na osnovu predmeta i ciljeva istraživanja, postavljene su sledeće hipoteze:

- Glavna hipoteza (H1): Primena vizuelno prilagođenog interdisciplinarnog koncepta (edukativnog video-snimka o osnovama verovatnoće) statistički povećava nivo razumevanja i uspešnost učenika u primeni pravila sabiranja i množenja verovatnoća pri rešavanju genetičkih zadataka iz Mendelovih zakona.
- Pomoćna hipoteza 1 (H2): Učenici gimnazije iskazuju statistički značajno viši nivo anksioznosti i straha prema matematici u odnosu na biologiju, što predstavlja primarni učenički izazov za uvođenje matematičkog računa u nastavu genetike.
- Pomoćna hipoteza 2 (H3): Nastavnici biologije i matematike pokazuju pozitivne stavove prema interdisciplinarnom radu, ali procenjuju da ne poseduju dovoljna stručno-metodička znanja iz komplementarnog predmeta, što predstavlja glavni organizacioni izazov.

Merni instrumenti

Za potrebe istraživanja konstruisana su tri merna instrumenta:

1. Inicijalni i završni test znanja (Pre-test i Post-test): Obuhvata zadatke iz Mendelovih zakona kojima se proverava sposobnost učenika da identifikuju i primene pravila množenja i sabiranja verovatnoća pre i nakon gledanja edukativnog videa.
2. Upitnik anksioznosti prema predmetima: Skala procene (Likertovog tipa) za merenje subjektivnog osećaja pritiska i straha od matematike i biologije. (Koja se zasniva na https://star.ff.uns.ac.rs/upitnici_star/amas_vi%C5%A1i_osnovno%C5%A1kolci_srednjo%C5%A1kolci_star.pdf)
3. Anketa za nastavnike: Upitnik zatvorenog i otvorenog tipa za procenu stavova o interdisciplinarnosti i samoprocene znanja iz komplementarnog nastavnog predmeta.

Opis mernog instrumenta za glavno istraživanje (Test znanja - Pre-test i Post-test)

Za potrebe proveravanja glavne hipoteze konstruisan je dvodelni test znanja iz oblasti Mendelovih zakona genetike i verovatnoće. Instrument je primenjen u dva vremenska preseka: kao inicijalni test (pre-test) pre prikazivanja edukativnog videa, i kao završni test (post-test) nakon odgledane video-intervencije. Testovi su po svojoj strukturi, konceptu i težini zadataka identični, što omogućava precizno merenje ostvarenog napretka u razumevanju.

Test znanja je strukturiran kroz šest celina/pitanja:

1. Demografsko-klasifikaciono pitanje:
 - Pitanje: "Koji si razred?" (Ponudeni odgovori: 2, 3, 4). Ovo pitanje služi za preciznu identifikaciju uzorka i razvrstavanje učenika po godinama obrazovanja.
2. Zadaci sa ponuđenim odgovorima (Kombinacija fenotipova i genotipova roditelja): Ova grupa pitanja proverava sposobnost učenika da odrede verovatnoću ispoljavanja fenotipskih osobina potvrdnih ili recesivnih homozigota i heterozigota (oblik očiju / boja očiju: dominantan alel A - tamne oči, recesivan alel a - svetle oči). Za svako pitanje ponuđeno je 5 opcija sa procentualnim i razlomačkim zapisom verovatnoća ($1/2$, $3/4$, $1/4$, 1 ili 0):
 - Pitanje 1 (Ukrštanje recesivnih homozigota): "Ukoliko i mama i tata imaju svetle oči, genotipa aa, kakve će oči imati dete?" (Testira razumevanje 100% verovatnoće ispoljavanja recesivne osobine).
 - Pitanje 2 (Analitičko ukrštanje heterozigota i recesivnog homozigota): "Ukoliko mama ima svetle oči genotipa aa, a tata tamne oči genotipa Aa, koje će boje oči imati dete?" (Testira prepoznavanje odnosa 1:1, odnosno 50% prema 50%).
 - Pitanje 3 (Nezavisnost događaja u sukcesivnom rađanju): "Roditelji sa genotipom Aa imaju jedno dete sa svetlim očima. Kolika je šansa da će njihovo sledeće dete imati svetle oči?" (Testira ključni matematičko-genetički koncept da prethodni slučajni događaji ne utiču na verovatnoću narednog začeća).
3. Zadatak otvorenog tipa (Izračunavanje i dopisivanje rešenja):
 - Pitanje 4: "Ukoliko i mama i tata imaju tamne oči Aa, kolika je šansa da će dete nositi Aa, kolika AA, a kolika ukupno da će imati braon oči?" Ovo pitanje zahteva od učenika da samostalno izračunaju i dapišu rešenje. Njime se meri sposobnost razdvajanja genotipskih

verovatnoća ($1/4$ AA, $2/4$ Aa) od fenotipske verovatnoće ($3/4$ ili 75% za tamne/braon oči) primenom pravila sabiranja verovatnoća za različite genotipove koji daju isti fenotip.

4. Zadaci primene pravila množenja u genetici (Višestruki izbor: $1/16$, $1/4$, $1/2$, 0, 1):

- Pitanje 5 (Sukcesivni nezavisni događaji): "Ukoliko roditelji sa genotipom Aa planiraju dvoje dece, kolika je šansa da oboje dece rođene zaredom imaju svetle oči?" (Meri primenu pravila množenja za verovatnoću $P = 1/4 \cdot 1/4 = 1/16$).
- Pitanje 6 (Nezavisno nasleđivanje dve osobine - dihibridno ukrštanje): "Ako se dve osobine nasleđuju nezavisno jedna od druge, a šansa za svetle oči je 25% tj. $1/4$, a za kovrdžavu kosu 25% tj. $1/4$, kolika je šansa da dete ima svetle oči i kovrdžavu kosu?" (Meri razumevanje II Mendelovog zakona kroz direktno množenje nezavisnih verovatnoća $1/4 \cdot 1/4 = 1/16$ bez potrebe za crtanjem obimnih tabela).

Procedura sprovođenja: Učenici prvo pristupaju izradi inicijalnog testa (pre-test) kako bi se zabeležilo predznanje nastalo tradicionalnom nastavom. Odmah nakon popunjenog pre-testa, učenici prelaze na sledeću stranu ankete gde se na vrhu nalazi link do edukativnog video snimka u kom se formalizuju pravila verovatnoće i njihova primena u genetici. Po završetku videa, učenici rešavaju post-test sa identičnim pitanjima radi utvrđivanja eventualnog skoka u tačnosti i razumevanju logike zadataka.

Opis mernog instrumenta za Pomoćno istraživanje 1 (Upitnik anksioznosti prema predmetima)

Za potrebe provere Pomoćne hipoteze 1, koja se odnosi na identifikaciju učeničkih izazova pri primeni matematičkog računa u genetici, konstruisan je Merni instrument za procenu anksioznosti i straha prema matematici i biologiji. Instrument predstavlja prilagođenu i standardizovanu skalu procene (Likertovog tipa) kojom se meri nivo subjektivnog osećaja uznemirenosti učenika u različitim nastavnim situacijama.

Merna skala obuhvata 5 stepeni gradacije odgovora: 1 - Uopšte se ne osećam uznemireno 2 - Uglavnom se ne osećam uznemireno 3 - Nisam siguran/sigurna 4 - Uglavnom se osećam uznemireno 5 - Osećam se jako uznemireno.

Instrument se sastoji od dva potpuno paralelna odeljka od po 6 pitanja, što omogućava direktnu komparativnu analizu i poređenje srednjih vrednosti (M) i standardnih devijacija (SD) za oba predmeta:

Odeljak A: Anksioznost prema matematici (6 pitanja). Ovaj odeljak meri nivo stresa i opterećenja koje učenici doživljavaju u vezi sa nastavom matematike u sledećim domenima:

1. Anticipatorna anksioznost: "Koliko si uznemiren/a kada razmišljaš o predstojećem kontrolnom zadatku iz matematike?"
2. Anksioznost pri samostalnom radu: "Koliko si uznemiren/a kada vežbaš matematiku kod kuće?"
3. Evaluativna anksioznost (sumativno ocenjivanje): "Koliko si uznemiren/a kada radiš pismeni ili kontrolni zadatak iz matematike?"

4. Kognitivna anksioznost pri usvajanju novog gradiva: "Koliko si uznemiren/a kada slušaš novu lekciju na času matematike?"
5. Situaciona anksioznost pri nenajavljenim proverama: "Koliko si uznemiren/a kada nastavnik organizuje iznenadnu proveru znanja na času matematike?"
6. Proceduralna anksioznost pri rešavanju problema: "Koliko si uznemiren/a kada treba da rešavaš tekstualne i računske zadatke iz matematike?"

Odeljak B: Anksioznost prema biologiji i genetici (6 pitanja). Ovaj odeljak sadrži identične situacione okvire prilagođene specifičnostima nastave biologije, sa posebnim naglaskom na računski domen genetike:

1. Anticipatorna anksioznost: "Koliko si uznemiren/a kada razmišljaš o predstojećem kontrolnom zadatku iz biologije?"
2. Anksioznost pri samostalnom radu: "Koliko si uznemiren/a kada učiš biologiju kod kuće?"
3. Evaluativna anksioznost (sumativno ocenjivanje i usmena provera): "Koliko si uznemiren/a kada radiš kontrolni zadatak iz biologije, ili odgovaraš biologiju?"
4. Kognitivna anksioznost pri usvajanju novog gradiva: "Koliko si uznemiren/a kada slušaš novu lekciju na času biologije?"
5. Situaciona anksioznost pri nenajavljenim proverama: "Koliko si uznemiren/a kada nastavnik organizuje iznenadno odgovaranje na času biologije?"
6. Proceduralna anksioznost u interdisciplinarnom domenu: "Koliko si uznemiren/a kada treba da rešavaš tekstualne i računske zadatke iz biologije - genetiku?"

Statistička svrha instrumenta: Poređenjem odgovora iz odeljka A i odeljka B (primenom T-testa za zavisne uzorke) testira se postojanje statistički značajne razlike u nivou anksioznosti. Poseban akcenat u analizi stavlja se na komparaciju 6. pitanja iz oba odeljka, kako bi se utvrdilo da li sam ulazak računskih i tekstualnih zadataka u biologiju (genetiku) izaziva skok anksioznosti sličan onom koji učenici manifestuju na časovima matematike.

Opis mernog instrumenta za Pomoćno istraživanje 2 (Anketa za nastavnike)

Za potrebe provere pomoćne hipoteze 2, koja se odnosi na identifikaciju nastavničkih i organizaciono-sistemskih izazova pri uvođenju interdisciplinarnog pristupa, konstruisan je Merni instrument za ispitivanje stavova i samoprocene kompetencija nastavnika biologije i matematike. Instrument obuhvata kombinaciju pitanja zatvorenog tipa sa ponuđenim opcijama (skale procene i nominalne kategorije) i pitanja otvorenog tipa za kvalitativnu analizu odgovora.

Anketa za nastavnike strukturirana je kroz 6 celina/pitanja:

1. Demografsko-stručna identifikacija nastavnika:
 - Pitanje: "Predmet koji predajete" (Ponuđene opcije: Matematika / Biologija). Ovo pitanje omogućava razvrstavanje uzorka nastavnika na dve komparativne grupe i praćenje eventualnih razlika u stavovima između matematičara i biologa.
2. Samoprocena stručno-metodičkih znanja iz komplementarnog predmeta:

- Pitanje: "Kako vladate gradivom suprotnog predmeta (ako ste matematičar biologijom, a ako ste biolog matematikom)?" Ponuđena je petostepena skala procene: 1 - Uopšte ne poznajem gradivo drugog predmeta 2 - Osnovno poznavanje 3 - Prosečno poznavanje 4 - Dobro poznavanje 5 - Odlično poznavanje Ovo pitanje ima za cilj utvrđivanje subjektivnog osećaja kompetentnosti i identifikaciju interdisciplinarnog jaza u znanju kod nastavnika obuhvaćenih istraživanjem.
3. Ispitivanje stavova o opštoj međupredmetnoj povezanosti:
- Pitanje: "Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između matematike i biologije?" (Ponuđene opcije: Da / Ne / Ne mogu da procenim). Pitanje meri načelnu svest nastavnika o vezi prirodnih nauka i matematike.
4. Ispitivanje stavova o specifičnoj povezanosti tematike (Mendelovi zakoni i verovatnoća):
- Pitanje: "Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između obrade Mendelovih zakona genetike i osnova verovatnoće?" (Ponuđene opcije: Da / Ne / Ne mogu da procenim). Ovo pitanje direktno meri prepoznavanje metodološkog potencijala teme koja je predmet ovog rada.
5. Evaluacija spremnosti za tandemsku i timsku nastavu:
- Pitanje: "Da li biste bili spremni da sa kolegom drugog predmeta realizujete zajedničku obradu ovih tema?" Ponuđena je gradirana skala spremnosti u 5 opcija:
 - Da, bez razmišljanja
 - Da, ali uz dobro osmišljene materijale
 - Ne znam, zavisi od situacije
 - Verovatno ne
 - Ne Ovo pitanje direktno testira nastavničku motivaciju i uslove pod kojima bi prihvatili uvođenje interdisciplinarnih časova u praksi.
6. Prethodno iskustvo i kvalitativni stav o tematici:
- Pitanje zatvorenog tipa: "Da li ste do sada pokušali neki oblik međupredmetnog povezivanja ova dva predmeta?" (Ponuđene opcije: Da / Ne). Meri dosadašnju nastavnu praksu.
 - Pitanje otvorenog tipa: "Kakvo je Vaše mišljenje o ovome?" (Kratak slobodan odgovor). Omogućava prikupljanje kvalitativnih uvida, prepoznavanje konkretnih prepreka iz prakse (npr. administrativna opterećenja, usklađenost godišnjih planova) i dodatno obrazloženje stavova nastavnika.

Statistička i kvalitativna svrha instrumenta: Ovaj instrument pruža deskriptivne podatke (procenite, frekvencije i prosečne ocene) o tome koliko su nastavnici načelno otvoreni za saradnju, ali i u kojoj meri procenjuju da im nedostaju stručna znanja iz drugog predmeta ili gotovi metodički materijali. Rezultati ove ankete služe kao osnova za formulisanje pedagoških implikacija o neophodnosti izrade gotovih nastavnih sredstava i podsticanju timske nastave.

Statistička obrada podataka

Prikupljeni empirijski podaci iz glavnog istraživanja (Test znanja i razumevanja sadržaja genetike) uneti su i obrađeni primenom programa za obradu tabela Microsoft Excel. Budući da je primarni cilj ovog instrumenta bio procena tačnosti rešavanja genetičkih zadataka i konceptualnog razumevanja, primenjena je deskriptivna i uporedna statistička analiza kroz sledeće pokazatelje:

Apsolutne frekvencije (n):

Korišćene su za prikaz tačnog broja učenika koji su tačno i netačno odgovorili na pojedinačne zadatke i pitanja u testu.

Procentualni udeli (%):

Izračunati su radi utvrđivanja uspešnosti rešavanja svakog pojedinačnog zadatka (stopa tačnosti), kao i za prikaz distribucije tačnih odgovora na nivou celokupnog uzorka.

Uporedna analiza (komparativni prikaz):

Primenjena je radi poređenja postignuća učenika pre i posle gledanja edukativnog video snimka. Uporedni rezultati su u tekstu rada prikazani strukturno, kroz komparativne dijagrame, uz prateću kvantitativnu i pedagošku interpretaciju uočenih razlika u postignuću.

Prikupljeni empirijski podaci iz prve pomoćne ankete (Skala anksioznosti prema matematici i biologiji) uneti su i obrađeni primenom programa za obradu tabela Microsoft Excel. Podaci su analizirani na nivou pojedinačnih pitanja, kao i na nivou celokupnog instrumenta, pri čemu su primenjeni sledeći deskriptivni statistički pokazatelji:

Aritmetička sredina / Srednja vrednost (M):

Korišćena je kao osnovni pokazatelj centralne tendencije za svaku tvrdnju na petostepenoj Likertovoj skali (od 1 – Uopšte se ne osećam uznemireno do 5 – Izuzetno sam uznemiren/a). Srednja vrednost omogućava kvantitativno poređenje prosečnog nivoa doživljene anksioznosti između nastave matematike i nastave biologije, pri čemu više vrednosti ($M > 3,00$) ukazuju na povišen nivo stresa i nesigurnosti.

Standardna devijacija (SD):

Primenjena je kao mera varijabilnosti i raspršenosti odgovora učenika oko izračunate aritmetičke sredine. Manja vrednost standardne devijacije ($SD < 1,00$) ukazuje na visoku homogenost i ujednačenost stavova učenika u odeljenju, dok veća vrednost ($SD > 1,20$) signalizira veće odstupanje, odnosno podeljenost i diferenciranost emotivnih reakcija među ispitanicima.

Frekvencije (n) i procentualni udeli (%):

Korišćeni su za detaljan prikaz odgovora po pojedinačnim ocenama (od 1 do 5). Poseban analitički fokus stavljen je na zbirni procenat ocena 4 i 5 kao ključni indikator izražene (visoke) anksioznosti, kategoriju 3 (neutralan/neodređen stav) i zbirni procenat ocena 1 i 2 koji predstavlja kategoriju odsustva stresa i stabilnog emotivnog stanja učenika.

Prikupljeni empirijski podaci iz druge pomoćne ankete (Anketa za nastavnike) uneti su i obrađeni primenom programa za obradu tabela Microsoft Excel. Budući da je instrument bio usmeren na ispitivanje stavova, iskustava i otvorenih mišljenja nastavnika, primenjen je kombinovani kvantitativno-kvalitativni pristup obradi podataka kroz sledeće postupke:

Frekvencije (n) i procentualni udeli (%):

Za pitanja zatvorenog tipa i pitalice sa ponuđenim odgovorima izračunati su apsolutni brojevi (frekvencije – n) i odgovarajući procentualni udeli (%). U tekstu rada rezultati su primarno prikazani preko konkretnog broja nastavnika (n) koji su odabrali određeni odgovor, dok su struktura i raspodela odgovora vizuelno predstavljani putem kružnih dijagrama (pita-grafikona) sa izraženim procentima.

Kvalitativna (tematska) analiza otvorenih odgovora:

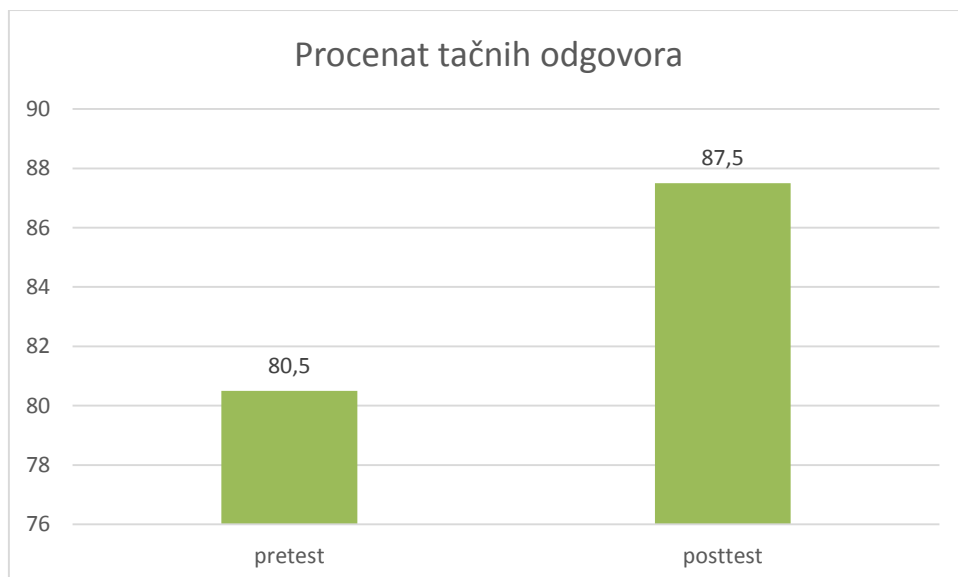
Za poslednje pitanje otvorenog tipa, u kojem su nastavnici imali priliku da slobodno napišu svoje mišljenje i zapažanja, primenjena je metoda deskriptivne kvalitativne analize. Prikupljeni tekstualni odgovori su kategorisani, citirani i sažeti kroz sintezu ključnih uvida, uz kratko pedagoško objašnjenje i interpretaciju uočenih obrazaca u mišljenjima nastavnika. Ovakav pristup omogućava i precizan numerički uvid u stavove nastavničkog uzorka i dublje kvalitativno razumevanje njihove perspektive u nastavi biologije i genetike.

3.2. Prikaz i komparativna analiza rezultata

Rezultati glavnog istraživanja – Test znanja iz Mendelovih zakona genetike; pretest i posttest

Starosna struktura ispitanika: 15 učenika drugog, 11 učenika trećeg i 15 učenika četvrtog razreda gimnazije.

1. Ukoliko i mama i tata imaju svetle oči, genotipa aa, kakve će oči imati dete?

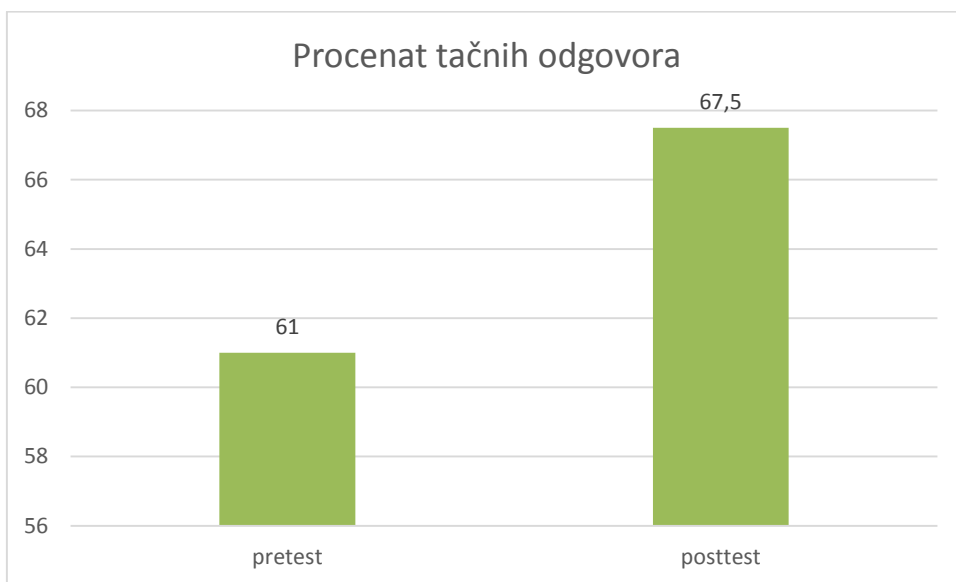


Na prvom pitanju vidljiv je pomak, najpre je bilo 33 tačnih odgovora, a nakon videa broj se povećao na 35 tačnih odgovora.

2. Ukoliko i mama i tata imaju tamne oči, genotipa Aa, kolika je šansa da će dete nositi Aa, kolika AA, a kolika ukupno da će imati braon oči?

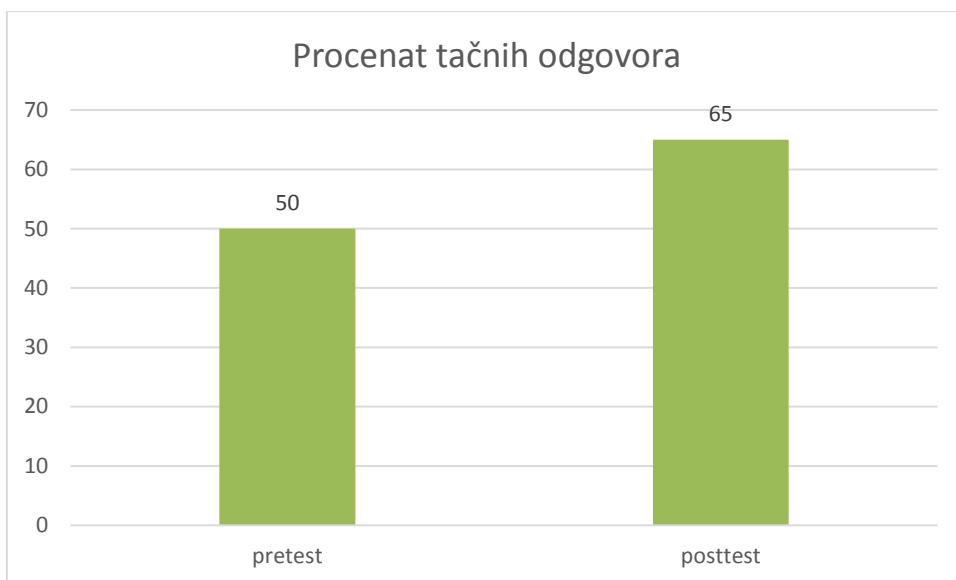
U ovom pitanju su od učenika koji su tačno odgovorili za Aa i AA, za ukupno braon oči tri učenika na pretestu odgovorila netačno, a na posttestu ni jedan učenik koji je tačno odgovorio za Aa i AA nije pogrešio za braon oči ukupno.

3. Ukoliko mama ima svetle oči genotipa aa, a tata tamne oči genotipa Aa, koje će boje oči imati dete?



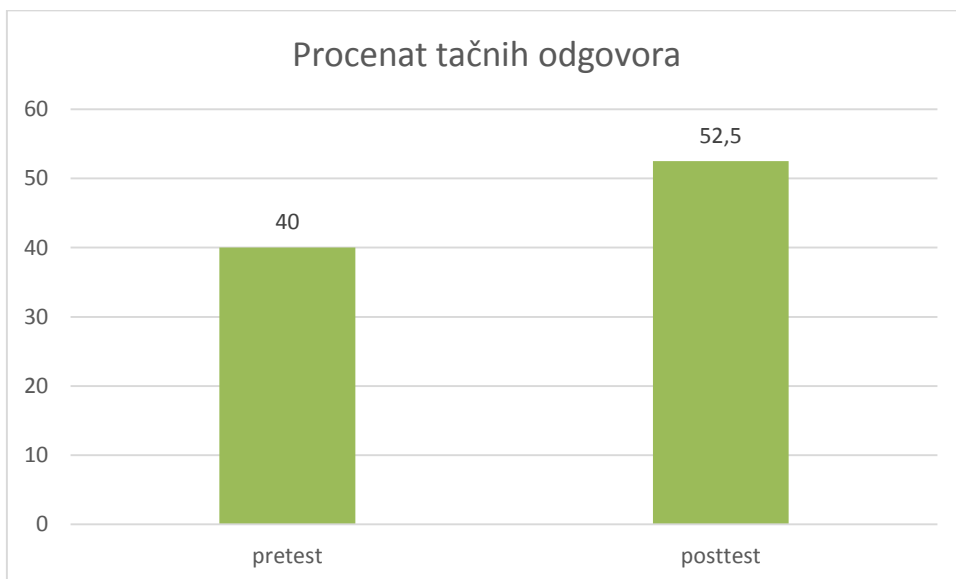
Broj učenika koji je tačno odgovorio pomeo se sa 25 na 27 učenika.

4. Roditelji sa genotipom Aa imaju jedno dete sa svetlim očima. Kolika je šansa da će njihovo sledeće dete imati svetle oči?



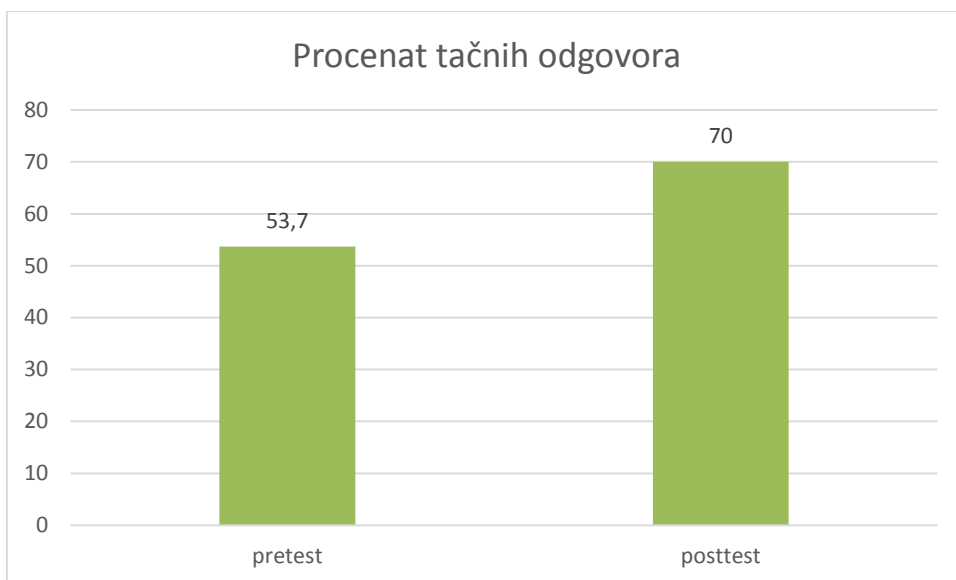
Broj učenika je na pretestu bio 20, a na posttestu 26. Dakle, šest učenika je nakon videa odgovorilo tačno.

5. Ukoliko roditelji sa genotipom Aa planiraju dvoje dece, kolika je šansa da oboje dece rođena zaredom imaju svetle oči?



Na pretestu tačno je odgovorilo 16 učenika, a na posttestu 21 učenik.

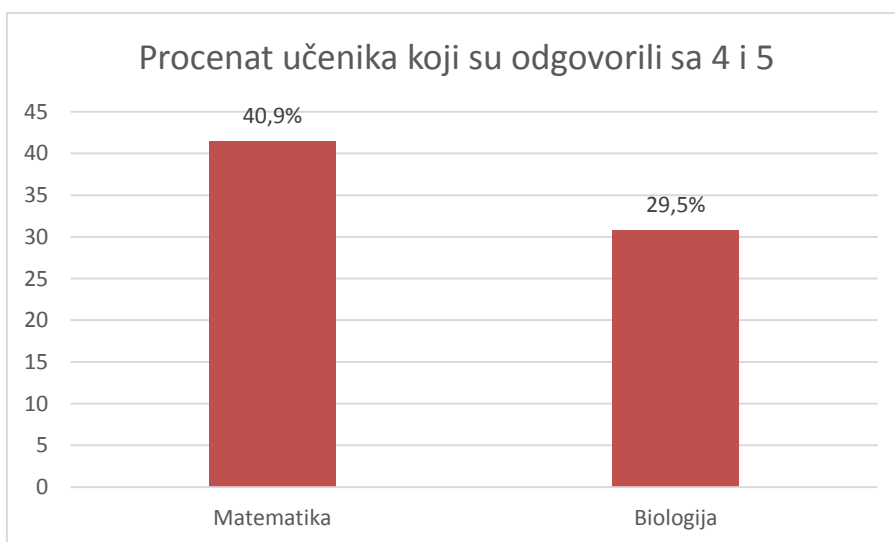
6. Ako se dve osobine nasleđuju nezavisno jedna od druge, a šansa za svetle oči je 25% tj. $\frac{1}{4}$, a za kovrdžavu kosu 25% tj. $\frac{1}{4}$, kolika je šansa da dete ima svetle oči i kovrdžavu kosu?



Na pretestu tačno je odgovorilo 22 učenika, a na posttestu 28.

Rezultati pomoćnog istraživanja 1 - Strah od matematike i biologije

1. Koliko si uznemiren/a kada razmišljaš o predstojećem kontrolnom zadatku iz matematike/biologije?

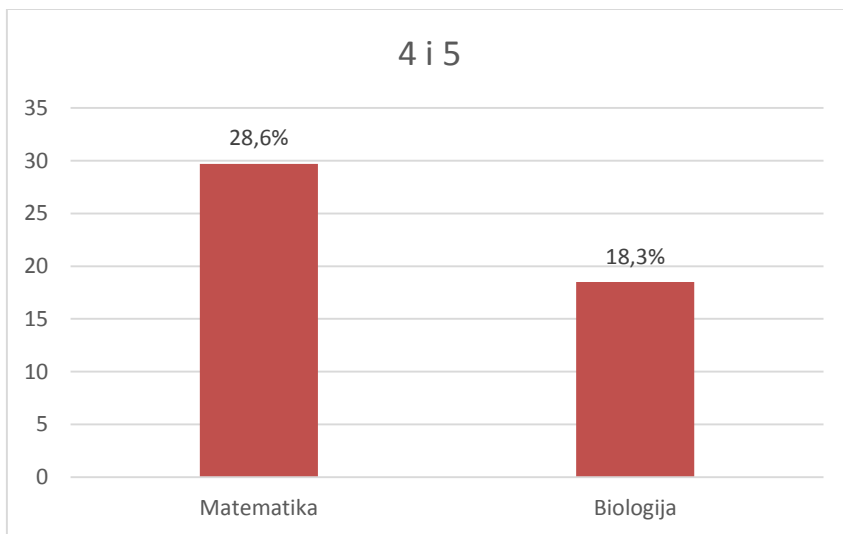


Već u prvom pitanju je vidljiva razlika između straha od matematike i biologije. Preko 10 posto učenika se više plaši pred kontrolni iz matematike u odnosu na kontrolni iz biologije. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 22,5% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 28,2% učenika. Dakle razlika u broju učenika koji nisu sigurni šta osećaju je oko 6 posto, više učenika nema formirano mišljenje o emocijama kada je u pitanju pitanje za biologiju nego za matematiku. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 36,6%, a na pitanju vezanom za biologiju je 42,2%, što je za oko 5 posto više učenika.

Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=3,1$. Prosečna ocena za biologiju je $M=2,75$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,17$, a za biologiju $SD=1,21$.

2. Koliko si uznemiren/a kada vežbaš matematiku kod kuće/učiš biologiju kod kuće?

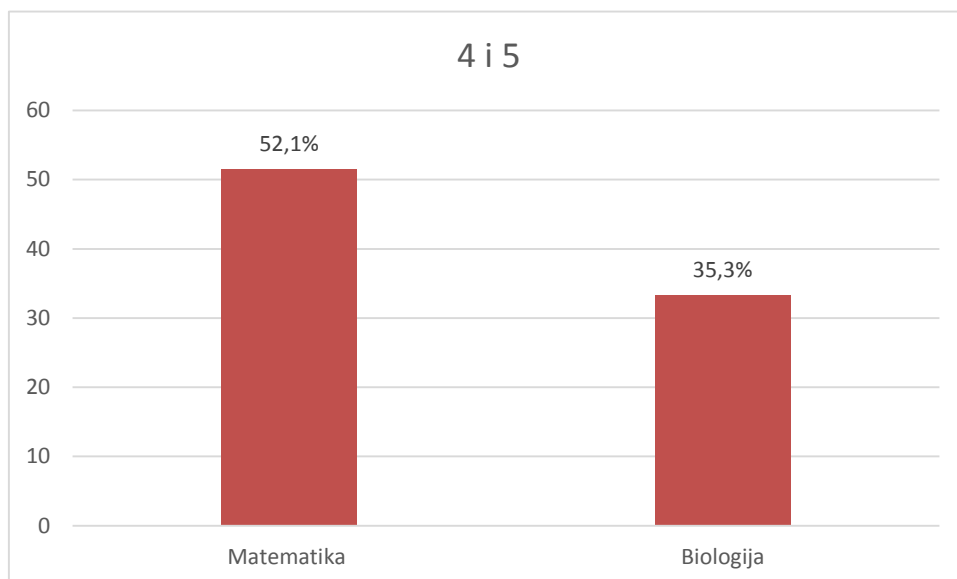


U drugom pitanju je ponovo vidljiva razlika između procenta učenika koji imaju strah od matematike tj. biologije kada uče kod kuće. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 14,3% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 21,1% učenika. Razlika u broju učenika koji nisu sigurni šta osećaju je oko 7 posto. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 57,1%, a na pitanju vezanom za biologiju je 60,6%.

Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=2,5$. Prosečna ocena za biologiju je $M=2,31$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,34$, a za biologiju $SD=1,25$.

3. Koliko si uznemiren/a kada radiš pismeni ili kontrolni zadatak iz matematike/biologije?

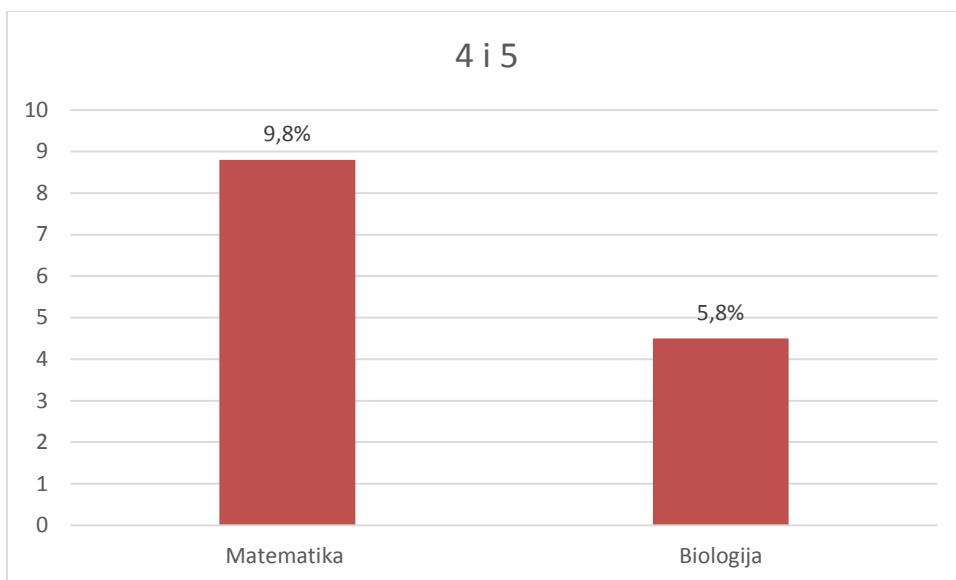


U trećem pitanju, ponovo se znatno više učenika oseća uznemireno kada je u pitanju provera iz matematike nego iz biologije. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 28,2% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 26,8% učenika. Dakle približan broj učenika ne može da proceni svoja osećanja. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 19,8%, a na pitanju vezanom za biologiju je 38%. Ovde je značajna razlika, znatno više učenika ne oseća uznemirenost kada je u pitanju biologija u odnosu na matematiku.

Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=3,44$. Prosečna ocena za biologiju je $M=2,84$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,18$, a za biologiju $SD=1,3$.

4. Koliko si uznemiren/a kada slušaš novu lekciju na času matematike/biologije?

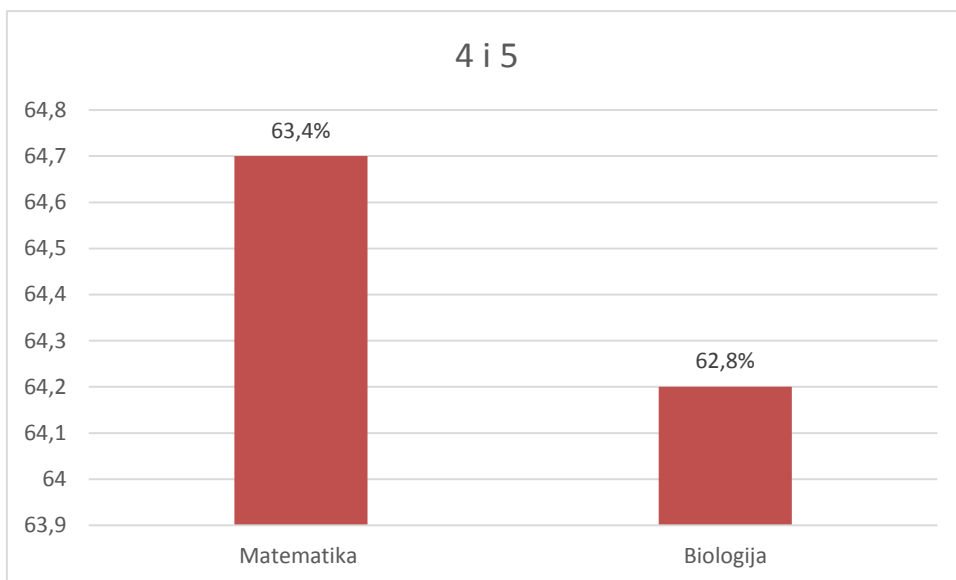


U četvrtom pitanju, koje se odnosi na uznemirenost učenika kada se uči nova lekcija, znatno je manji procenat učenika koji se osećaju uznemireno za oba predmeta, ali je taj procenat ponovo veći iz matematike u odnosu na biologiju. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 11,3% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 10% učenika. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 78,9%, a na pitanju vezanom za biologiju je 84,3%. Veliki broj učenika ne oseća strah pri obradi nove lekcije iz oba predmeta.

Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=1,9$. Prosečna ocena za biologiju je $M=1,63$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,16$, a za biologiju $SD=0,98$.

5. Koliko si uznemiren/a kada nastavnik organizuje iznenadnu proveru znanja na času matematike/iznenadno odgovaranje iz biologije?

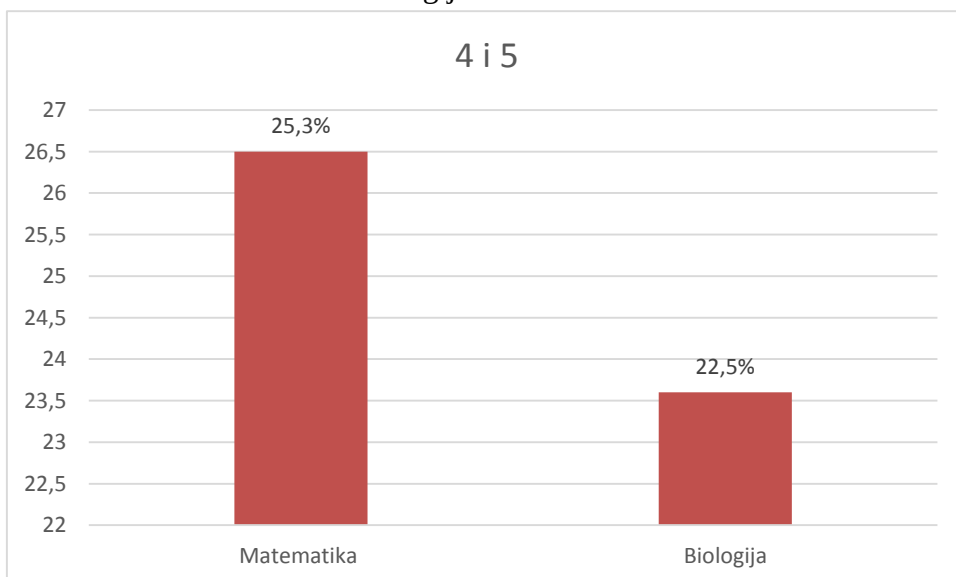


U petom pitanju oba procenta za veliku uznemirenost su slična. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 11,3% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 8,6% učenika. Ovde je malo više učenika označilo da nemaju definisanu emociju kada je u pitanju matematike. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 25,4%, a na pitanju vezanom za biologiju je 28,6%.

Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=3,74$. Prosečna ocena za biologiju je $M=3,46$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,4$, a za biologiju $SD=1,39$.

6. Koliko si uznemiren/a kada treba da rešavaš tekstualne i računske zadatke iz matematike/biologije?



U petom pitanju vidljiva je mala razlika između velike uznemirenosti. Ocenu tri dalo je za pitanje koje se odnosi na matematiku 19,7% učenika, a za pitanje koje se odnosi na biologiju 14,1% učenika. Što se tiče učenika koji se uopšte ne osećaju uznemireno i koji se uglavnom ne osećaju uznemireno procenat na pitanju vezanom za matematiku je 54,9%, a na pitanju vezanom za biologiju je 63,4%. Ovde je ponovo dosta više učenika koji nemaju nikakav strah kada je u pitanju i biologija, ali ga imaju kada je matematika.

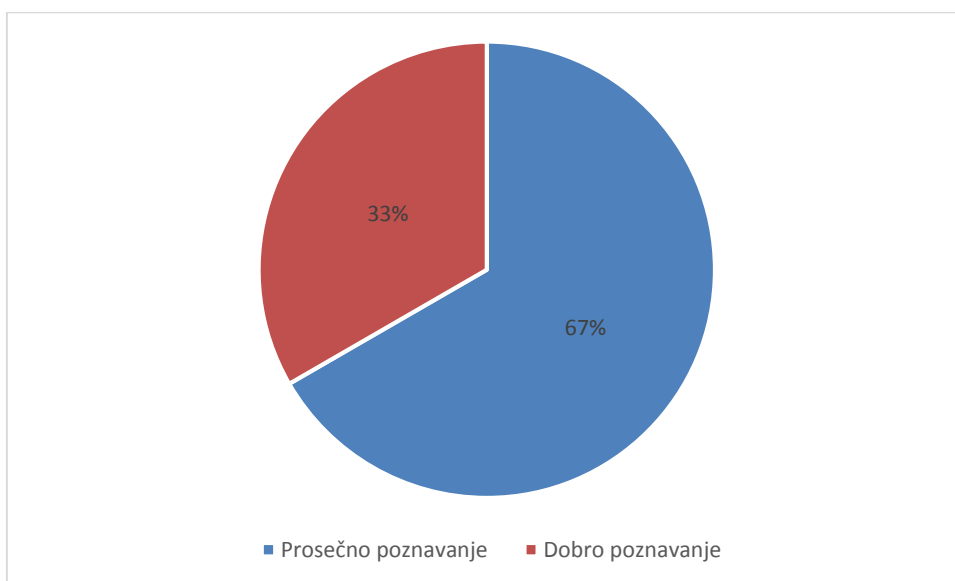
Za ovo pitanje prosečna ocena za matematiku je $M=2,53$. Prosečna ocena za biologiju je $M=2,28$.

Za ovo pitanje standardna devijacija za matematiku je $SD=1,24$, a za biologiju $SD=1,31$.

Rezultati pomoćnog istraživanja 2 – Upitnik za nastavnike – Međupredmetna saradnja: Mendelovi zakoni i verovatnoća

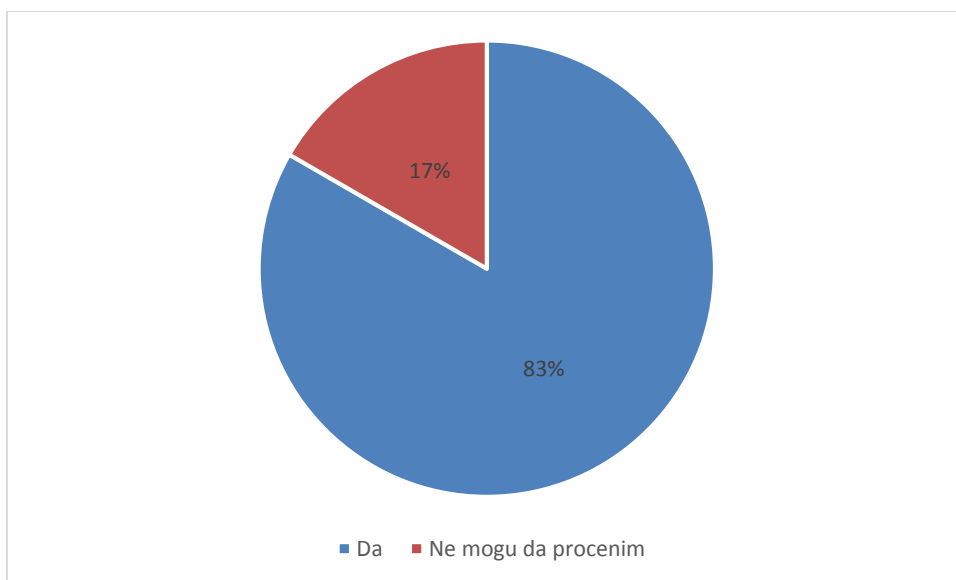
Na upitnik su odgovorila tri nastavnika biologije i tri nastavnika matematike. To su svi nastavnici ovih predmeta koji rade u Gimnaziji „Dušan Vasiljev“ u kojoj je istraživanje sprovedeno.

1. Kako vladate gradivom suprotnog predmeta



Ni jedan nastavnik ne smatra da gradivo suprotnog predmeta poznaje loše, ali ni odlično. Četiri nastavnika smatraju da prosečno poznaju tu oblast, dok dva nastavnika smatraju da drugi predmet poznaju dobro.

2. Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između matematike i biologije?

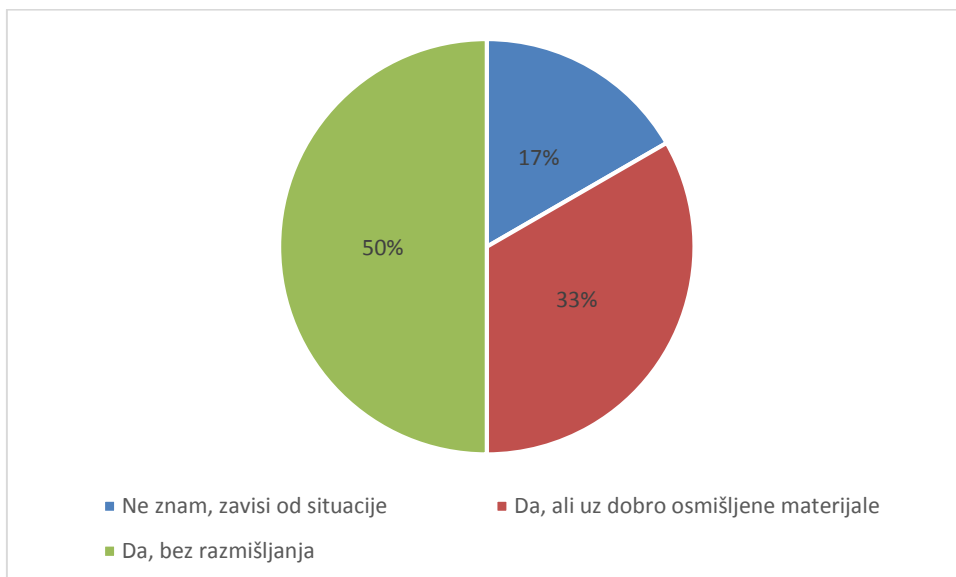


Samo jedan od šest nastavnika ne može da proceni da li prirodna povezanost postoji. Taj odgovor je dala nastavnica biologije.

3. Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između obrade Mendelovih zakona genetike i osnova verovatnoće?

Ovde su nastavnici jednoglasno glasali da postoji.

4. Da li biste bili spremni da sa kolegom drugog predmeta realizujete zajedničku obradu ovih tema?



Tri nastavnika bi pristalo bez razmišljanja i sva tri nastavnika su nastavnici biologije. Dva nastavnika matematike bi pristalo, ali uz dobro osmišljene materijale, a jedan zavisi od situacije.

5. Da li ste do sada pokušali neki oblik međupredmetnog povezivanja ova dva predmeta?

Ni jedan nastavnik nije pokušao međupredmetno povezivanje matematike i biologije.

6. Kakvo je Vaše mišljenje o ovome?

Nastavnik biologije 1: Odlična ideja

Nastavnik biologije 2: Sjajno. Upravo radim Mendelove zakone i bas je deci potrebno.

Nastavnik matematike: Interesantna ideja, mada deluje da je matematički jako laka. Možda grešim.

Nastavnici biologije mahom žele ovu saradnju i spremni su na nju, dok su nastavnici matematike skeptičniji. Učenici se pre tog trenutka uopšte nisu susreli sa osnovnim pojmovima verovatnoće, tako da učenicima ne može da bude matematički lako.

3.3. Provera hipoteza i diskusija sa pedagoškim implikacijama

- Glavna hipoteza (H1): Primena vizuelno prilagođenog interdisciplinarnog koncepta (edukativnog video-snimka o osnovama verovatnoće) statistički povećava nivo razumevanja i uspešnost učenika u primeni pravila sabiranja i množenja verovatnoća pri rešavanju genetičkih zadataka iz Mendelovih zakona.

Za proveru glavne hipoteze i ispitivanje statističke značajnosti razlika u rezultatima pre i posle primene edukativnog video-snimka, primenjen je Meknmarov test zavisnih uzoraka. Test statistike izvršen je na osnovu zbirnih frekvencija i promene broja tačnih odgovora po pitanjima, primenom standardne hi-kvadrat formule sa Jektsovom korekcijom kontinuiteta: $\chi^2 = \frac{(b-c-1)^2}{b+c}$ gde b predstavlja broj učenika koji su nakon gledanja video-snimka odgovorili tačno na pitanje na kom su prethodno imali netačan odgovor. Dobijene vrednosti χ^2 iskorišćene su za određivanje nivoa statističke značajnosti (p -vrednosti).

Uporednom analizom uspešnosti po pojedinačnim pitanjima uočava se opšti trend povećanja tačnih odgovora.

Pitanje 1: Na pre-testu je 33 učenika tačno odgovorilo (80,5%), dok je na post-testu taj broj porastao na 35 učenika (85,4%; $p = 0,500$).

Pitanje 2: Tri učenika koja su na pre-testu imala netačan odgovor za ukupnu verovatnoću braon očiju, na post-testu su uspešno povezala genotipske i fenotipske odnose ($p = 0,250$).

Pitanje 3: Zabeležen je porast sa 25 tačnih odgovora (61,0%) na pre-testu na 27 tačnih odgovora (65,9%) na post-testu ($p = 0,625$).

Pitanje 4: Zabeležen je skok sa 20 tačnih odgovora (48,8%) na 26 tačnih odgovora (63,4%), pri čemu je Meknmarovim testom utvrđeno da je ova razlika statistički značajna ($\chi^2 = 4,17$; $p = 0,031 < 0,05$).

Pitanje 5: Zabeleženo je povećanje uspešnosti sa 16 tačnih odgovora (39,0%) na 21 tačan odgovor (51,2%; $\chi^2 = 3,20$; $p = 0,062$).

Pitanje 6: Broj tačnih odgovora porastao je sa 22 (53,7%) na 28 (68,3%), što predstavlja statistički značajno poboljšanje ($\chi^2 = 4,17$; $p = 0,031 < 0,05$).

- Pomoćna hipoteza 1 (H2): Učenici gimnazije iskazuju statistički značajno viši nivo anksioznosti i straha prema matematici u odnosu na biologiju, što predstavlja primarni učenički izazov za uvođenje matematičkog računa u nastavu genetike.

Za proveru hipoteze H2 i ispitivanje statističke značajnosti razlika u nivou anksioznosti učenika prema matematici i biologiji ($N=71$), primenjen je T-test zavisnih uzoraka na petostepenoj Likertovoj skali (od 1 – uopšte nisam uznemiren/a, do 5 – izuzetno sam uznemiren/a).

Test-statistika (t-vrednost) izračunava se na osnovu razlika aritmetičkih sredina i standardnih devijacija odgovora za matematiku i biologiju, prema formuli: $t = \frac{\bar{D}}{\frac{SD_D}{\sqrt{N}}}$ gde $\bar{D}$ predstavlja prosečnu razliku između ocena anksioznosti iz dva predmeta po učeniku, SD_D standardnu devijaciju tih razlika, a $N=71$ ukupan broj ispitanika. Broj stepeni slobode iznosi $df = N - 1 = 70$. Dobijena t-vrednost koristi se za određivanje nivoa statističke značajnosti (p-vrednosti), pri čemu se vrednost $p < 0,05$ uzima kao prag za utvrđivanje statistički značajne razlike.

Uporednom analizom dobijenih aritmetičkih sredina (M), standardnih devijacija (SD) i izračunatih pokazatelja statističke značajnosti po pojedinačnim pitanjima, utvrđeni su sledeći rezultati.

Pitanje 1: Utvrđen je statistički značajno viši nivo anksioznosti za matematiku ($M = 3,10$; $SD = 1,17$) u odnosu na biologiju ($M = 2,75$; $SD = 1,21$), pri čemu je T-testom izračunato $t(70) = 2,07$ i $p = 0,021 < 0,05$.

Pitanje 2: Zabeležena je prosečna vrednost anksioznosti od $M = 2,50$; $SD = 1,34$ za matematiku i $M = 2,31$; $SD = 1,25$ za biologiju. Dobijena razlika nije dostigla prag statističke značajnosti ($t(70) = 1,18$; $p = 0,121$).

Pitanje 3: Registrovana je visoko statistički značajna razlika u korist višeg nivoa anksioznosti prema matematici ($M = 3,44$; $SD = 1,18$) u poređenju sa biologijom ($M = 2,84$; $SD = 1,30$), uz izrazito visoke parametre test-statistike $t(70) = 3,62$ i $p = 0,00028 < 0,001$.

Pitanje 4: Utvrđena je blaga, ali statistički značajna razlika ($t(70) = 1,80$; $p = 0,038 < 0,05$) između matematike ($M = 1,90$; $SD = 1,16$) i biologije ($M = 1,63$; $SD = 0,98$). Međutim, kako su obe aritmetičke sredine izrazito niske (ispod vrednosti 2,0), zaključuje se da redovna obrada novog gradiva ne stvara realan strah kod učenika ni iz jednog od ova dva predmeta.

Pitanje 5: Zabeležen je statistički značajno viši nivo anksioznosti pri rešavanju matematičkih zahteva ($M=3,74; SD=1,40$) u odnosu na biološke ($M = 3,46; SD = 1,39$), uz vrednosti $t(70) = 1,68$ i $p = 0,048 < 0,05$.

Pitanje 6: Registrovani su prosečni rezultati od $M = 2,53; SD = 1,24$ za matematiku i $M=2,28; SD=1,31$ za biologiju, što ukazuje na blagi trend razlike, ali bez formalne statističke značajnosti ($t(70) = 1,52; p = 0,066$).

Uočava se da je opšti nivo anksioznosti prema matematici statistički značajno viši u odnosu na biologiju, naročito u situacijama ocenjivanja i rešavanja složenijih zadataka. Izuzetak čine situacije redovne obrade novog nastavnog gradiva (Pitanje 4), gde je anksioznost kod oba predmeta izrazito niska.

- Pomoćna hipoteza 2 (H3): Nastavnici biologije i matematike pokazuju pozitivne stavove prema interdisciplinarnom radu, ali procenjuju da ne poseduju dovoljna stručno -metodička znanja iz komplementarnog predmeta, što predstavlja glavni organizacioni izazov.

S obzirom na veličinu i specifičnost uzorka ($N=6$ nastavnika gimnazije), za proveru hipoteze H3 primenjen je metod kombinovane deskriptivne i kvalitativne analize (analiza frekvencija i procenata u kombinaciji sa tematskom analizom otvorenih odgovora).

Procena poznavanja komplementarnog predmeta: Četiri nastavnika (66,7%) procenjuje da prosečno poznaje oblast suprotnog predmeta, dok dva nastavnika (33,3%) smatraju da tu oblast poznaju dobro. Ovi rezultati ukazuju na prisustvo umerenog stručno-metodičkog izazova pri samostalnom povezivanju nastavnih sadržaja.

Percepcija prirodne povezanosti predmeta: Na pitanje o opštoj povezanosti matematike i biologije, pet nastavnika (83,3%) odgovorilo je potvrdno, dok jedna nastavnica biologije (16,7%) nije mogla da proceni. Sa druge strane, na pitanje o specifičnoj povezanosti obrade Mendelovih zakona genetike i osnova verovatnoće, svi ispitanici nastavnici (100%) jednoglasno su potvrdili postojanje prirodne povezanosti.

Spremnost za zajedničku realizaciju časa: Tri nastavnika biologije (50%) izrazila su potpunu spremnost za zajedničku realizaciju časa bez oklevanja. Sa druge strane, dva nastavnika matematike (33,3%) pristala bi na saradnju uz uslov obezbeđivanja unapred osmišljenih i pripremljenih materijala, dok je jedan nastavnik matematike (16,7%) naveo da njegov pristanak zavisi od situacije.

Dosadašnje iskustvo u međupredmetnom povezivanju: Ni jedan ispitanici nastavnik (0%) do sada nije praktično primenio bilo koji oblik međupredmetnog povezivanja matematike i biologije u nastavi, što ukazuje na to da je reč o neiskorišćenom metodičkom potencijalu.

Kvalitativna analiza stavova (pitanja otvorenog tipa): Analizom sadržaja otvorenih odgovora uočava se jasna razlika u percepciji potrebe za saradnjom. Nastavnici biologije pokazuju visoku spremnost i uviđaju neposrednu potrebu učenika za razumevanjem građe („Odlična ideja”; „Sjajno. Upravo radim Mendelove zakone i baš je deci potrebno”). Sa druge strane, stav nastavnika matematike otkriva izvesnu dozu rezerve i potcenjivanja kompleksnosti zadatka („Interesantna ideja, mada deluje da je matematički jako laka. Možda grešim”).

Kvantitativnom i kvalitativnom analizom sprovedenog istraživanja zaključuje se da je pomoćna hipoteza 2 (H3) delimično potvrđena.

4. Model pripreme za interdisciplinarni čas

Kao rešenje ovog problema neslaganja vremena u kome se obrađuje oblast Mendelovih zakona iz biologije i oblast verovatnoće iz matematike, autor rada predlaže blok nastavu u trajanju od jednog dana. Blok nastava bi imala dva časa verovatnoće, dva časa genetike, a nakon toga dva časa razumevanja ovih koncepata zajedno. Nakon toga bi učenici povezivali ove oblasti. Moći će sa više razumevanja da pristupe novom, kompleksnijem gradivu iz genetike, jer će imati matematičku sigurnost, kao i kompleksnijim problemima iz verovatnoće, jer će imati sliku da to nije samo suv račun, već da se koristi u svakodnevnom životu.

Ova priprema je hipotetička, jer u planu i programu verovatnoća nije u drugom razredu srednje škole.

4.1. Pisana priprema za čas

Područje rada: gimnazija

Obrazovni profil: prirodno-matematički smer, uz malo manja očekivanja društveno-jezički i opšti

Nedeljni fond časova matematike: 5

Nedeljni fond časova biologije: 2

Razred: II

Zastupljenost teme: Posebno se uvode osnovni pojmovi iz genetike, genotip, fenotip, aleli i drugo, pa Mendelovi zakoni genetike. Nakon toga se uvode osnovni pojmovi iz verovatnoće, klasična definicija verovatnoće, pravilo sabiranja i pravilo množenja. Radi se paralelna analiza ove dve oblasti i zadaci koji ih povezuju.

Ishodi – biologija: Učenik će na kraju bloka časova biti u stanju da objasni i definiše osnovne pojmove genetike, primeni i objasni Mendelove zakone nasleđivanja na konkretnim primerima ukrštanja.

Ishodi – matematika: Učenik će biti u stanju da definiše i primeni klasičnu definiciju verovatnoće pri rešavanju problema, razlikuje i primenjuje pravilo sabiranja i pravilo množenja u konkretnim matematičkim i realnim situacijama.

Ishodi – interdisciplinarno: Učenik će biti u stanju da poveže matematičke koncepte verovatnoće sa biološkim zakonitostima nasleđivanja, samostalno rešava zadatke i probleme iz genetike koristeći verovatnoću, analizira i tumači rezultate kroz matematički pristup.

4.1.1. Osnovne informacije o bloku časova (4 časa):

Nastavna tema/oblast	Genetika; Verovatnoća
Nastavna jedinica	Mendelovi zakoni genetike; Osnove verovatnoće

Ciljevi bloka časova:	• Savladavanje osnovnih pojmova genetike i Mendelovih zakona • Savladavanje osnovnih pojmova verovatnoće • Njihovo povezivanje i rešavanje zadataka
-----------------------	---

Ishodi:	Učenik će biti u stanju da: Biologija (Mendelovi zakoni genetike) • prepozna osnovne pojmove nasleđivanja (gen, alel, genotip, fenotip) • objasni I i II Mendelov zakon nasleđivanja • razume pojmove homozigot i heterozigot • odredi fenotipske i genotipske odnose potomstva u monohibridnom i dihibridnom ukrštanju Matematika (Osnove verovatnoće) Učenik treba da ume da: • prepozna slučajni eksperiment i izračuna verovatnoću po klasičnoj definiciji • razume pojmove nezavisnih i međusobno isključivih događaja • primeni pravilo sabiranja verovatnoća • primeni pravilo množenja verovatnoća Interdisciplinarni ishodi (Povezivanje) Učenik treba da ume da: • prepozna vezu između pravila verovatnoće i Mendelovih zakona nasleđivanja • izračuna verovatnoću pojavljivanja određenog genotipa ili fenotipa primenom pravila množenja i sabiranja • razume prednost matematičkog pristupa u odnosu na ručno crtanje Penetove mreže kod složenijih ukrštanja
---------	---

Tip bloka časova:	2 časa obrade novog gradiva; 2 časa vežbanja i 2 časa povezivanja znanja
Nastavne metode i oblici rada	• Verbalno – tekstualna metoda • Ilustrativno – demonstrativna metoda • Metoda dijaloga • Frontalni rad • Rad u grupi • Individualni rad

Nastavna sredstva:	• Pripremljena anketa • Pripremljen video • Nastavni listići • Tabla i kreda ili marker
Tehnički uslovi:	• Kabinet za matematiku ili biologiju • Lap top i projektor
Učenikova sredstva:	• Telefon • Papir i olovka

4.1.2. Detaljan tok časa

Prvi i drugi čas

Uvodni deo časa

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici:	Nastavne metode: • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda • Ilustrativno–demonstrativna metoda • Metoda samostalnih radova Oblici rada: • Individualni rad • Frontalni rad
Tok:	Učenici preko telefona ulaze u link koji im je poslat. Na linku je anketa koja sadrži sledeća pitanja: 1) Da li imaš istu boju očiju kao neko od tvojih roditelja? 2) Da li možeš da saviješ jezik u trubicu i da li to mogu tvoji roditelji? 3) Da li imaš rupicu na obrazu i da li je imaju tvoji roditelji? Na projektoru nastavnik pali rezultate ankete i dolazi do zaključka da deca liče na svoje roditelje. Nastavnik naglašava i da se neke osobine pojavljuju češće od

	drugih i najavljuje da će na ovom času raditi način da izračunaju kolika je šansa da naslede određenu osobinu.
Aktivnosti nastavnika:	☐ Šalje učenicima link/QR kod za anketu ☐ Prikazuje rezultate ankete na projektoru u realnom vremenu ☐ Vodi diskusiju o dobijenim rezultatima i uočava učestalost osobina ☐ Postavlja motivaciona pitanja o nasleđivanju ☐ Najavljuje cilj časa i nastavnu jedinicu
Aktivnosti učenika:	☐ Skeniraju QR kod i ulaze na link preko telefona ☐ Popunjavaju i šalju anketu ☐ Posmatraju rezultate ankete na projektoru ☐ Učestvuju u diskusiji i odgovaraju na pitanja nastavnika ☐ Zapisuju naslov nastavne jedinice u sveske

Središnji deo časa:

Trajanje:	60 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	Nastavne metode: • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda • Ilustrativno–demonstrativna metoda • Metoda praktičnih radova Oblici rada: • Frontalni rad • Individualni rad

Tok:	Nastavnik pušta kratak edukativni video-snimak koji prikazuje rad Gregora Mendela i njegove eksperimente sa graškom. Nakon odgledanog videa, učenicima se dele pripremljeni nastavni listići sa ključnim pojmovima (gen, alel, dominantno, recesivno, genotip, fenotip, homozigot, heterozigot). Izgled nastavnog listića: Ključni pojmovi u genetici • Gen – segment DNK koji nosi zapisi za određeno svojstvo. • Alel – različiti oblici jednog istog gena (npr. A ili a). • Dominantno svojstvo (A) – svojstvo koje se uvek ispoljava. • Recesivno svojstvo (a) – svojstvo koje se ispoljava samo u homozigotnom stanju. • Genotip – skup svih gena jednog organizma (npr. AA, Aa, aa). • Fenotip – fizičko/vidljivo ispoljavanje genotipa (npr. žuta boja semena). • Homozigot – jedinka sa istim alelima (AA ili aa). • Heterozigot – jedinka sa različitim alelima (Aa). Nastavnik objašnjava njihovo značenje. Nastavnik objašnjava I Mendelov zakon (zakon razdvajanja alela) i na tabli demonstrira izradu tabele ukrštanja na primeru monohibridnog ukrštanja (boja semena ili oblik zrna graška, AA×aa). Učenici zajedno sa nastavnikom određuju moguće kombinacije gameta, kao i genotipske i fenotipske odnose u F1 i F2 generaciji (3:1). U drugom delu dvočasa, nastavnik uvodi II Mendelov zakon (zakon nezavisnog kombinovanja alela) na primeru dihibridnog ukrštanja (AaBb×AaBb). Na tabli se skicira obimnija tabela ukrštanja dimenzija 4×4 kako bi se uočile sve kombinacije gameta i dobio karakterističan fenotipski odnos 9:3:3:1. Učenici samostalno rešavaju kratak zadatak sa nastavnog listića radi provere razumevanja. Nastavnik kroz razgovor naglašava koliko izrada ovakve tabele za dva ili više svojstava postaje obimna, spora i podložna greškama, čime pravi misaunu pripremu za uvođenje matematičkog pristupa. Izgled table:
------	--

I Mendelov zakon - zakon razdvajanja alela

II Mendelov zakon - zakon nezavisnog kombinovanja alela

$AaBb \times AaBb$

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aabb	aabb

9 : 3 : 3 : 1

9/16 3/16 3/16 1/16

A-B- A-ll aaB- aabb

obe dominantne jedna dominantna obe recesivne

Aktivnosti nastavnika:

- Pušta edukativni video-snimak o Mendelovim eksperimentima
- Deli nastavne listiće sa ključnim pojmovima i zadatkom
- Izlaže i objašnjava pojmove i zakone genetike oslanjajući se na udžbenik
- Demonstrira izradu tabele ukrštanja za monohibridno i dihibridno ukrštanje na tabli
- Postavlja zadatke za samostalan rad, obilazi učenike, daje smernice i proverava tačnost rešenja
- Skreće pažnju na obimnost i ograničenja ručnog crtanja tabela ukrštanja kod složenijih primera

Aktivnosti učenika:	- Gledaju video-snimak i prate izlaganje nastavnika uz korišćenje udžbenika - Prate objašnjenja sa nastavnog listića i zapisuju ključne pojmove u sveske - Učestvuju u popunjavanju tabele ukrštanja i određivanju genotipova na tabli - Samostalno rešavaju zadati primer ukrštanja u sveskama - Postavljaju pitanja i diskutuju o uočenim odnosima i težini izrade velikih tabela
---------------------	---

Završni deo časa:

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	Nastavne metode: - Metoda dijaloga - Verbalno–tekstualna metoda Oblici rada: - Frontalni rad
Tok:	Nastavnik sa učenicima vrši kratko rezimiranje ključnih pojmova pređenih na dvočasu (aleli, genotip, fenotip, dominantno/recesivno, Mendelovi zakoni) kroz brza pitanja i odgovore. U nastavku, nastavnik skreće pažnju učenicima na to da su tokom časa stalno baratali brojevima, razlomcima i odnosima (poput 3:1 ili 9:3:3:1) i postavlja pitanje: „Da li ste primetili koliko se biologija ovde oslanja na brojeve? Crtanje tabela nam pomaže da vizuelizujemo ukrštanja, ali matematika nudi daleko brži i jednostavniji put.“ Nastavnik najavljuje naredni dvočas iz matematike, na kom će raditi osnove verovatnoće koje će im pokazati kako se do svih ovih odnosa dolazi elegantnije i bez obimnog crtanja.
Aktivnosti nastavnika:	☐ Postavlja pitanja za proveru razumevanja i rekapitulaciju usvojenih pojmova ☐ Ukazuje na prisustvo brojeva i brojevnih odnosa u dosadašnjem radu ☐ Najavljuje naredni dvočas (Matematika – verovatnoća) kao alat koji olakšava i ubrzava rad u genetici

Aktivnosti učenika	• Odgovaraju na pitanja nastavnika i utvrđuju ključne pojmove iz genetike • Zapisuju domaći zadatak • Učestvuju u završnoj diskusiji i uočavaju potrebu za efikasnijim načinom računanja odnosa u potomstvu • Zapisuju najavu sledeće teme
--------------------	---

PAUZA 20 MINUTA

Treći i četvrti čas

Uvodni deo časa

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici:	Nastavne metode: • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda • Ilustrativno–demonstrativna metoda Oblici rada: • Frontalni rad • Individualni rad
Tok:	Nastavnik započinje čas podsećanjem na prethodni dvočas biologije na kom su učenici uočili da se osobine nasleđuju u određenim odnosima (poput 3:1). Postavlja motivaciono pitanje: „Kada bacate novčić, kolika je šansa da padne glava? A ako ga bacite 10 puta, da li će tačno 5 puta pasti glava?“ Nastavnik demonstrira kratak eksperiment na tabli – simulaciju bacanja novčića i kocke za igru. Preko ove jednostavne i poznate situacije, učenici uočavaju razliku između pojedinačnog slučajnog događaja i zakona velikih brojeva. Nastavnik definiše pojam slučajnog eksperimenta, skupa svih mogućih ishoda (Ω) i povoljnih ishoda, čime uvodi klasičnu definiciju verovatnoće $P(A) = \frac{k}{n}$ i najavljuje cilj časa: da nauče matematički jezik verovatnoće koji će im omogućiti lakše rešavanje problema iz genetike. Izgled table:

	Primer: bacanje novčića Skup svih ishoda: $\Omega = \{\text{glava, pismo}\}$ Ukupan broj ishoda: $n = 2$ Primer: bacanje kockice Skup svih ishoda: $\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ Ukupan broj ishoda: $n = 6$ ~ Događaj: pao je paran broj Broj povoljnih ishoda: $k = 3$ <u>Klasična definicija verovatnoće</u> $P(A) = \frac{k}{n}$ Verovatnoća događaja A $\nearrow$ $\nwarrow$ $\leftarrow$ povoljni ishodi $\nearrow$ $\nwarrow$ $\leftarrow$ mogući ishodi
Aktivnosti nastavnika:	☐ Povezuje uvodna pitanja sa zaključcima sa časa biologije ☐ Postavlja motivaciona pitanja o svakodnevnim primerima slučajnih događaja (novčić, kockica) ☐ Objašnjava i definiše pojam slučajnog eksperimenta, skupa mogućih ishoda i klasičnu definiciju verovatnoće ☐ Najavljuje nastavnu jedinicu i cilj dvočasa
Aktivnosti učenika:	☐ Odgovaraju na uvodna pitanja nastavnika i iznose svoja intuitivna shvatanja o šansi i verovatnoći ☐ Prate objašnjenja i primere na tabli ☐ Zapisuju definiciju skupa mogućih ishoda i klasične verovatnoće u sveske

	☐ Zapisuju naslov nastavne jedinice
--	--

Središnji deo časa:

Trajanje:	60 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	Nastavne metode: • Verbalno–tekstualna metoda • Ilustrativno–demonstrativna metoda • Metoda dijaloga • Metoda praktičnih/pismenih radova Oblici rada: • Frontalni rad • Individualni rad
Tok:	Nastavnik na tabli formalizuje osnovne pojmove verovatnoće. Definiše skup svih mogućih ishoda slučajnog eksperimenta (Ω), povoljne ishode i uvodi klasičnu definiciju verovatnoće: $P(A) = \frac{k}{n}$ gde je k broj povoljnih, a n ukupan broj mogućih ishoda. Objašnjava osobine verovatnoće (da je vrednost uvek između 0 i 1, verovatnoća nemogućeg i sigurnog događaja, kao i verovatnoća suprotnog događaja). U nastavku, nastavnik uvodi dva ključna pravila kroz jednostavne primere (kockica za igru, izvlačenje kuglica iz šešira, špil karata): 1. Događaji koji se međusobno isključuju: Objašnjava pojam isključivosti i izvodi pravilo sabiranja $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ (npr. kolika je verovatnoća da pri bacanju kockice padne broj 2 ili broj 5). 2. Nezavisni događaji: Objašnjava pojam nezavisnosti i izvodi pravilo množenja $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$ (npr. kolika je verovatnoća da pri dva uzastopna bacanja novčića oba puta padne glava). Izgled table:

	pomaže pri postavljanju zadataka i po potrebi izvodi učenike na tablu radi provjere rešenja. Izgled nastavnog listića: Zadaci za čas 1. Iz špila od 52 karte nasumično se izvlači jedna karta. Kolika je verovatnoća da je izvučena karta: a) Tref b) Jedinica 2. Bacamo jednu standardnu kockicu za igru sa šest stranica. Kolika je verovatnoća da padne broj 2 ili broj 5? 3. Bacamo dva puta zaredom pravilan novčić. Kolika je verovatnoća da u oba bacanja padne glava? 4. U šeširu se nalaze 3 bele i 1 crvena kuglica. Iz šešira izvlačimo jednu kuglicu, zapišemo boju i vraćamo je nazad u šešir. Ovaj postupak ponavljamo 3 puta. Kolika je verovatnoća da u sva tri izvlačenja izvučemo belu kuglicu? 5. Bacamo dve kockice za igru (plavu i crvenu). Kolika je verovatnoća da na plavoj kockici padne broj 1, a na crvenoj kockici broj 5 ili broj 6?
Aktivnosti nastavnika:	☐ Izlaže i zapisuje na tabli klasičnu definiciju verovatnoće i njene osnovne osobine ☐ Objašnjava pojmove događaja koji se međusobno isključuju i nezavisnih događaja uz slikovite matematičke primere ☐ Zapisuje i formalizuje pravilo sabiranja $P(A \cup B)$ i pravilo množenja $P(A \cap B)$ ☐ Deli nastavne listiće sa zadacima iz verovatnoće ☐ Obilazi učenike tokom samostalnog rada, daje instrukcije, proverava postupke i vodi korekciju rešenja na tabli
Aktivnosti učenika:	☐ Prate izlaganje nastavnika i zapisuju definicije, osobine i formule u sveske

	☐ Učestvuju u analizi matematičkih primera (kockice, novčići, karte) i uočavaju razliku između sabiranja i množenja verovatnoća ☐ Samostalno rešavaju zadatke sa nastavnog listića ☐ Izlaze pred tablu ili sa mesta diktiraju korake i rešenja zadataka ☐ Postavljaju pitanja ako im je potrebna dodatna pomoć oko primene odgovarajućeg pravila
--	---

Završni deo časa:

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	Nastavne metode: • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda Oblici rada: • Frontalni rad
Tok:	Nastavnik sa učenicima vrši rekapitulaciju usvojenih matematičkih pravila. Kroz kratka pitanja proverava da li učenici jasno razlikuju kada se verovatnoće sabiraju ($P(A \cup B)$) – događaji se međusobno isključuju), a kada se množe ($P(A \cap B)$) – događaji su nezavisni). Učenicima se zadaje kratak domaći zadatak iz zbirke/udžbenika radi utvrđivanja pravila sabiranja i množenja. Na samom kraju, nastavnik pravi najavu za naredni, integrativni dvočas: „Danas smo savladali matematički aparat verovatnoće na primerima sa kockicama i novčićima. Na sledećem dvočasu spojicemo ove matematičke formule sa Mendelovim zakonima iz biologije i videti kako nam pravila sabiranja i množenja omogućavaju da u nekoliko sekundi izračunamo fenotipske i genotipske odnose u potomstvu.“
Aktivnosti nastavnika:	☐ Postavlja pitanja za proveru razumevanja pravila sabiranja i množenja verovatnoća ☐ Zadaje domaći zadatak za vežbanje ☐ Najavljuje naredni integrativni dvočas (Biologija + Matematika) i objašnjava kako će naučene formule primeniti na genetske probleme

Aktivnosti učenika	☐ Odgovaraju na pitanja nastavnika i utvrđuju razliku između zbirnog i pomnoženog događaja ☐ Zapisuju domaći zadatak u sveske ☐ Slušaju najavu naredne teme i uočavaju svrhu matematičkog aparata za nastavu biologije
--------------------	---

PAUZA SAT VREMENA

Peti i šesti čas

Uvodni deo časa

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici:	Nastavne metode: • Ilustrativno–demonstrativna metoda • Metoda dijaloga Oblici rada: • Frontalni rad

Nastavnik najavljuje cilj dvočasa: spajanje biologije i matematike u cilju bržeg rešavanja genetskih problema. Prikazuje se pripremljena prezentacija / video-snimak („Osnove verovatnoće – Veza sa genetikom“).

Izgled prezentacije u videu:

- **Verovatnoća nekog događaja** računa se kao odnos broja povoljnih ishoda i ukupnog broja mogućih ishoda.

$$P(A) = \frac{\text{broj povoljnih ishoda}}{\text{broj mogućih ishoda}}$$

- **Primer:** Ukoliko majka ima rupicu na obrazu i nosi dominantni genotip Aa, a otac nema - nosi aa. Kolika je šansa da će dete imati rupicu na obrazu?

- ❖ Mogućnosti: Aa, Aa, aa, aa - ukupan broj mogućnosti 4
- ❖ Povoljni ishodi - dete ima rupicu na obrazu tj. Aa i Aa - ukupno 2

$$P(A) = \frac{\text{broj povoljnih ishoda}}{\text{broj mogućih ishoda}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

- ❖ Verovatnoća da će dete imati rupicu je $\frac{1}{2}$

Tok:

- Dva događaja se **međusobno isključuju** ako ne mogu da se dese u isto vreme.

- **Pravilo sabiranja** za događaje koji se međusobno isključuju

Ako se događaji A i B međusobno isključuju, verovatnoća da se desi događaj A ili događaj B računa se kao zbir njihovih verovatnoća.

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

- **Primer:** Ako oba roditelja imaju rupicu na obrazu i nose genotip Aa. Kolika je verovatnoća da će njihovo dete imati rupicu na obrazu i nositi genotip Aa, kolika za AA, a kolika ukupno?

- ❖ Mogućnosti: AA, Aa, Aa, aa

- ❖ Da će nositi Aa $P(A) = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

- ❖ Da će nositi AA $P(B) = \frac{1}{4}$

- ❖ Da će imati rupicu na obrazu: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

► Dva događaja su **nezavisna** ako ishod jednog ne utiče na ishod drugog.

► **Pravilo množenja** za nezavisne događaje

Ako su A i B dva nezavisna događaja, verovatnoća da se oba ostvare jednaka je:

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$$

• **Primer:** Ukoliko oba roditelja imaju rupicu na obrazu i nose genotip Aa i planiraju dvoje dece, koja je šansa da oboje dece imaju rupicu na obrazu?

❖ Mogućnosti: AA, Aa, Aa, aa

❖ Za prvo dete:

$$P(A) = \frac{\text{broj povoljnih ishoda}}{\text{broj mogućih ishoda}} = \frac{3}{4}$$

Analogno i za drugo dete $P(B) = \frac{3}{4}$, verovatnoća se ne menja, jer genotip prvog deteta ne utiče na genotip drugog deteta.

❖ Ova dva događaja ne utiču jedan na drugi. Verovatnoća da oboje dece imaju rupicu se računa po pravilu množenja:

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B) = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$$

Kroz prezentaciju i primer nasleđivanja rupice na obrazu, učenici se podsećaju klasične verovatnoće, pravila sabiranja za međusobno isključive događaje (genotip Aa ili AA za ispoljavanje dominantne osobine) i pravila množenja za nezavisne događaje (planiranje dvoje ili više dece).

Nastavnik naglašava ključnu poruku: „Matematički aparat nam omogućava da bez crtanja velikih tabela izračunamo verovatnoću bilo kog genotipa ili fenotipa u potomstvu.“

Aktivnosti nastavnika:	☐ Prikazuje pripremljenu prezentaciju / video-snimak ☐ Usmerava pažnju učenika na ključna matematička pravila u genetici (sabiranje i množenje) ☐ Vodi kratak razgovor radi provere razumevanja i deli učenike u parove/manje grupe
Aktivnosti učenika:	☐ Gledaju prezentaciju i obnavljaju naučena pravila ☐ Uočavaju kako se pravila sabiranja i množenja primenjuju na konkretne genetske primere ☐ Zapisuju ključne relacije u svesku i formiraju parove/grupe za rad

Središnji deo časa:

Trajanje:	60 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	Nastavne metode: • Metoda praktičnih/pismenih radova • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda Oblici rada: • Rad u parovima / grupni rad • Frontalni rad (za proveru rešenja)
Tok:	Učenicima se deli integrativni nastavni listić sa problematskim zadacima iz genetike. 1. Prvi blok zadataka – Monohibridno ukrštanje (15 min): Učenici izračunavaju verovatnoće genotipa i fenotipa kod ukrštanja heterozigota ($Aa \times Aa$). Zaključuju da je verovatnoća za $aa = \frac{1}{4}$, za $AA = \frac{1}{4}$, za $Aa = \frac{1}{2}$, a za dominantni fenotip $\frac{3}{4}$. 2. Drugi blok zadataka – Dihibridno ukrštanje (20 min): Rešavaju se zadaci sa dva nezavisna svojstva (npr. $AaBb \times AaBb$) bez crtanja tabele sa 16 polja. Svako svojstvo se posmatra kao nezavisan događaj: Npr. $P(AA) = \frac{1}{4}$, $P(bb) = \frac{1}{4} \Rightarrow P(AAbb) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

3. Treći blok zadataka – Složeniji roditeljski genotipovi i planiranje porodice (25 min):

Primena pravila množenja i sabiranja na složenije kombinacije (npr. izračunavanje verovatnoće da heterozigotni roditelji dobiju troje dece sa dominantnim fenotipom $P = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{26}{64}$)

Analiza složenijih fenotipskih kombinacija gde se koristi i pravilo sabiranja verovatnoća za međusobno isključive događaje.

Izgled nastavnog listića:

Zadaci za čas:

PRVI BLOK: Monohibridno ukrštanje

1. Roditeljski par je heterozigotan za autozomno recesivno oboljenje ($Aa \times Aa$).
 - a) Izračunaj verovatnoću da dete nasledi genotip aa .
 - b) Izračunaj verovatnoću da dete bude fenotipski zdravo (nosi dominantni fenotip).
2. Kod ljudi, slobodna usna resica (A) je dominantna u odnosu na priraslu usnu resicu (a). Oba roditelja imaju slobodnu usnu resicu i heterozigotni su (Aa).
 - a) Kolika je verovatnoća da dete bude nosilac gena za priraslu resicu (genotip Aa)?
 - b) Kolika je verovatnoća da dete ima priraslu usnu resicu (genotip aa)?

DRUGI BLOK: Dihibridno ukrštanje bez tabele

3. Ukrštaju se dve jedinke genotipa $AaBb \times AaBb$. Bez crtanja Punetove tabele sa 16 polja, izračunaj:
 - a) Verovatnoću da potomak ima genotip $AAbb$.
 - b) Verovatnoću da potomak ima recesivan fenotip za oba svojstva ($aabb$).
4. Izračunaj verovatnoću da se iz ukrštanja roditelja genotipa $AaBb \times AaBb$ dobije potomak sa genotipom $AaBB$.

TREĆI BLOK: Složeniji roditeljski genotipovi i planiranje porodice

5. Oba roditelja su heterozigotni prenosioci gena za albinizam ($Aa \times Aa$). A) Kolika je verovatnoća da ovaj par dobije troje dece zaredom koja su sva zdrava? B) Kolika je verovatnoća da dobiju troje dece od kojih su prva dva zdrava, a treće obolelo od albinizma?

	6. Otac i majka su heterozigoti za oblik usne resice ($Aa \times Aa$). a) Kolika je verovatnoća da dete bude homozigot (bilo dominantan AA ili recesivan aa)? b) Kolika je verovatnoća da dete ima fenotip identičan roditeljima? 7. Majka ima genotip Ppaa (pegava sa priraslom usnom resicom), a otac PPAa (pegav sa slobodnom usnom resicom). Pege (P) i slobodna resica (A) su dominantna svojstva. a) Kolika je verovatnoća da dobiju dete sa pegama i priraslom usnom resicom (P_aa)? b) Kolika je verovatnoća da dete ima fenotip bar jednog od roditelja?
Aktivnosti nastavnika:	☐ Deli nastavne listiće i daje precizna uputstva za rad po etapama. ☐ Obilazi parove/grupe, usmerava učenike na pravilnu primenu matematičkih pravila i pomaže grupama koje imaju poteškoća. ☐ Moderira javnu proveru rešenja na tabli, podstiče učenike da objasne svoj postupak i porede efikasnost matematičkog računa u odnosu na ručno crtanje tabela.
Aktivnosti učenika:	☐ Rade u parovima ili manjim grupama na rešavanju zadataka sa listića. ☐ Primenu pravila množenja za nezavisne događaje i pravila sabiranja za kombinovanje različitih genotipova sa istim fenotipom. ☐ Predstavnici grupa izlaze pred tablu, obrazlažu postupak i zapisuju rešenja. ☐ Upoređuju uštedeno vreme i preciznost matematičkog računa.

Završni deo časa:

Trajanje:	15 minuta
Nastavne metode i oblici rada:	☐ Nastavne metode: • Metoda dijaloga • Verbalno–tekstualna metoda • Metoda samostalnih radova (popunjavanje izlaznih kartica) ☐ Oblici rada: • Frontalni rad

	• Individualni rad
Tok:	Rekapitulacija i sistematizacija - Nastavnik sumira ključne zaključke dvočasa i ističe prednosti matematičkog modelovanja bioloških procesa. Vođena diskusija - Diskusija sa učenicima o tome gde još u biologiji/genetici matematika pruža efikasne alate (npr. populaciona genetika, Hardy -Vajnsbergov zakon). Izlazne kartice / Samoevaluacija (5 min): Učenici samostalno popunjavaju izlazne kartice sa pitanjima: ☐ <i>Zapisati jedno matematičko pravilo koje je primenjeno u genetici.</i> ☐ <i>Šta ti je danas bilo najjasnije, a šta zahteva dodatno vežbanje?</i> ☐ <i>Jedno pitanje ili nedoumica ako je ostala.</i>
Aktivnosti nastavnika:	☐ Vodi završnu rekapitulaciju i diskusiju o značaju međupredmetne povezanosti. ☐ Deli izlazne kartice (<i>Exit tickets</i>), objašnjava način popunjavanja i prikuplja ih po završetku. ☐ Pohvaljuje angažovanje i rad učenika tokom dvočasa i daje smernice za domaći zadatak ili naredni čas.
Aktivnosti učenika	☐ Učestvuju u završnoj diskusiji i iznose svoja zapažanja i utiske o radu. ☐ Samostalno popunjavaju izlazne kartice radi provere sopstvene usvojenosti ishoda. ☐ Predaju kartice nastavniku i sređuju svoj radni prostor.

4. Zaključak

Ovaj master rad bavio se metodičkim potencijalima i izazovima primene koncepta verovatnoće pri obradi Mendelovih zakona genetike u gimnazijskom obrazovanju. Glavni cilj istraživanja bio je podsticanje svesti i spremnosti nastavnika za međupredmetnu saradnju kada su u pitanju obrada Mendelovih zakona i verovatnoća kako bi olakšali učenicima obradu ove oblasti.

U prvom delu rada detaljno su analizirani udžbenici koji se koriste u drugom razredu gimnazije iz biologije i u četvrtom razredu gimnazije iz matematike. Na osnovu analize udžbenika i nastavnik programa, ispostavilo se da se ove dve oblasti uče kao da nisu srodne. Nastavnici biologije bi trebalo da urade kratak matematički uvod koji postoji u knjizi, ali u knjizi iz matematike uopšte se ne navodi da su se učenici sa tim ranije susreli. Nakon toga je analizom relevantnih naučnih izvora prikazana povezanost matematike i biologije. Zaključeno je da je ova veza jaka i da je izučavana u mnogim istraživanjima.

Drugi deo je empirijsko istraživanje u kojem su učestvovali učenici i nastavnici Gimnazije „Dušan Vasiljev“ iz Kikinde. U istraživanju je primarni cilj ispitivanje metodičkog potencijala primene koncepta verovatnoće u nastavi genetike (kroz pre-test / video-intervencija / post-test dizajn), a sporedni cilj jeste identifikacija ključnih izazova za realizaciju ovakvog pristupa, koji se odnose na strah učenika od matematike i procenu nastavničkih kompetencija za međupredmetno povezivanje. U radu je urađeno istraživanje koje se zasniva na tri ankete koje su poslate učenicima onlajn. Prva anketa bila je test znanja genetike, nakon toga su učenici odgledali video snimak o verovatnoći i ponovo radili isti test. Prva hipoteza je bila

- Glavna hipoteza (H1): Primena vizuelno prilagođenog interdisciplinarnog koncepta (edukativnog video-snimka o osnovama verovatnoće) statistički povećava nivo razumevanja i uspešnost učenika u primeni pravila sabiranja i množenja verovatnoća pri rešavanju genetičkih zadataka iz Mendelovih zakona.

Analizom rezultata anketa, zaključak je da video intervencija jeste uticala na pomak broja tačnih odgovora. Druga anketa bila je pomoćna i odnosila se na strah od matematike i biologije. Hipoteza koja je ovde postavljena je:

- Pomoćna hipoteza 1 (H2): Učenici gimnazije iskazuju statistički značajno viši nivo anksioznosti i straha prema matematici u odnosu na biologiju, što predstavlja primarni učenički izazov za uvođenje matematičkog računa u nastavu genetike.

Uporednom analizom rezultata ankete za biologiju i matematiku i urađenim relevantnim statističkim testovima zaključak je da se učenici češće više plaše matematike nego biologije. Treća anketa odnosila se na spremnost nastavnika na međupredmetnu saradnju kada su ove oblasti u pitanju i na poznavanje suprotnog predmeta. Hipoteza koja je u ovom delu postavljena je:

Na osnovu predmeta i ciljeva istraživanja, postavljene su sledeće hipoteze:

- Pomoćna hipoteza 2 (H3): Nastavnici biologije i matematike pokazuju pozitivne stavove prema interdisciplinarnom radu, ali procenjuju da ne poseduju dovoljna stručno-metodička znanja iz komplementarnog predmeta, što predstavlja glavni organizacioni izazov.

Analizom rezultata treće ankete zaključak je da su nastavnici većinom spremni na međupredmetnu saradnju i da poseduju prosečna znanja iz suprotnog predmeta.

Treći deo je priprema za blok časova koji se sastoji od dva časa biologije, dva časa matematike i dva časa spajanja ove dve oblasti. Blok časova je zamišljen da se održi u jednom danu. Na početku se uvodi teorijski okvir iz biologije, nakon toga čas vežbanja. Zatim teorijski deo iz matematike, pa čas vežbanja. Poslednja dva časa su najvažnija za ovo istraživanje jer je na njima predviđena sinteza matematike i biologije, tj. Mendelovih zakona genetike i verovatnoće. Cilj ovakvog časa je bolje razumevanje bioloških i matematičkih koncepta.

Rezultati rada sugerišu da je ovakav vid međupredmetne saradnje učenicima potreban. Ukoliko se neko odluči da ovo primeni u praksi, trebalo bi da dobro bude upoznat sa obe nastavne lekcije. Zadatke nastavnik može da prilagodi shodno svojim interesima, ali da se odnose na ove koncepte. Blok može da se produži na dva dana ukoliko se zaključi da učenici ne mogu da budu koncentrisani toliko dugo. U tom slučaju, autorka rada predlaže da prvi dan bude četiri časa gde se obrađuje dva časa biologija i dva časa matematika, a sutradan četiri časa povezivanja, kako bi se uradilo temeljnije.

Ovaj rad je ograničen na određeni broj učenika iz gimnazije „Dušan Vasiljev“ iz Kikinde. Istraživanje bi bilo relevantnije da su učenici bili iz više različitih škola, jer razumevanje koncepta i strah od predmeta mogu da potiču od stručnosti i stava nastavnika. Preporuka je da se istraživanje sprovede na većem broju ispitanika. Istraživanje je sprovedeno putem internet ankete. Na ovaj način autorka rada nema uvid da li su učenici odgledali video između pre-testa i post-testa. Preporuka je da se istraživanje uradi za vreme trajanja časa.

Literatura

- [1] Avena, J. S., McIntosh, B. B., Whitney, O. N., Wiens, A., & Knight, J. K. (2018). Successful problem solving in genetics varies based on question content. *CBE—Life Sciences Education*, 17(2), ar31. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-12-0280>
- [2] Campillay-Llanos, W., & Cárcamo-Mansilla, N. (2025). How do we model what we model? An interdisciplinary approach for educational integration between mathematics and biology. *Discover Education*, 4, Article 584. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00584-6>
- [3] Kılıç, D., & Sağlam, N. (2013). Students' understanding of genetics concepts: The effect of reasoning ability and learning approaches. *Journal of Biological Education*, 48(2), 63–70. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.837402>
- [4] Mallart, A., Font, V., & Diez, J. (2018). Case study on mathematics pre-service teachers' difficulties in problem posing. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1465–1481. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83633>
- [5] The American Biology Teacher. (2022). Inheritance patterns: Probability rules & probability trees. *The American Biology Teacher*, 84(1), 42–48.
- [6] Troll, M. (2014). *Making biology count: Integrating mathematics into the teaching of inheritance* [Data set / Doctoral thesis]. University of Tasmania. Figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1251341>
- [7] Colon-Berlinger, M., & Burrowes, P. A. (2011). Teaching biology through statistics: Application of statistical methods in genetics and zoology courses. *CBE—Life Sciences Education*, 10(3), 259–267. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-11-0133>
- [8] Matthews, K. E., Adams, P., & Goos, M. (2010). Using the principles of BIO2010 to develop an introductory, interdisciplinary course for biology students. *CBE—Life Sciences Education*, 9(3), 290–297. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-03-0034>

- [9] Bowling, B. V., Acra, E. E., Wang, L., Myers, M. F., Dean, G. E., Markle, G. C., Moskalik, C. L., & Huether, C. A. (2008). Development and evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for undergraduates. *Genetics*, 178(1), 15–22.
<https://doi.org/10.1534/genetics.107.079962>
- [10] Cipora, K., Santos, F. H., & Szűcs, D. (2022). Mathematics anxiety—where are we and where shall we go? *Frontiers in Psychology*, 13, Article 973464.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.973464>
- [11] Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance in secondary school students. *Behavioral and Brain Functions*, 8(1), Article 33. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-8-33>
- [12] Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology Research and Behavior Management*, 11, 311–322.
<https://doi.org/10.2147/PRBM.S141421>
- [13] Videnović, M. i Radišić, J. (2011). Anksioznost u vezi sa učenjem matematike: matematika — bauk ili ne? *Psihološka istraživanja*, 14(2), 167–187.
- [14] Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- [15] Lalić, Lj., Kokotović, M., i Milićev, G. (2020). *Biologija za 2. razred gimnazije*. Klett.
- [16] Obradović, M., i Georgijević, D. (2021). *Matematika sa zbirkom zadataka za 4. razred gimnazije*. Zavod za udžbenike.

Prilozi

Prilog 1: Test znanja iz genetike i verovatnoće u obliku google upitnika (Pre-test i Post-test) – onlajn anketa – google forms

Napomena: Test je primenjen dvokratno – pre gledanja edukativne video-intervencije (Pre-test) i nakon odgledanog videa (Post-test). Sadržaj i koncept zadataka u oba merenja bili su identični radi preciznog praćenja napretka učenika. Video-intervencija „Osnove verovatnoće” dostupna je na linku: <http://youtube.com/watch?v=rBBg6VI1b-Q>

1. Koji si razred?
 - 2.
 - 3.
 - 4.
2. Ukoliko i mama i tata imaju svetle oči, genotipa aa, kakve će oči imati dete?
 - Šansa je 1/2 (50%) za svetle i 1/2 (50%) za tamne
 - Šansa je 3/4 (75%) za svetle i 1/4 (25%) za tamne
 - Šansa je 1/4 (25%) za svetle i 3/4 (75%) za tamne
 - Šansa je 1 (100%) za svetle i 0 (0%) za tamne
 - Šansa je 0 (0%) za svetle i 1 (100%) za tamne
3. Ukoliko i mama i tata imaju tamne oči Aa, kolika je šansa da će dete nositi Aa, kolika AA, a kolika ukupno da će imati braon oči?
4. Ukoliko mama ima svetle oči genotipa aa, a tata tamne oči genotipa Aa, koje će boje oči imati dete?
 - Šansa je 1/2 (50%) za svetle i 1/2 (50%) za tamne
 - Šansa je 3/4 (75%) za svetle i 1/4 (25%) za tamne
 - Šansa je 1/4 (25%) za svetle i 3/4 (75%) za tamne
 - Šansa je 1 (100%) za svetle i 0 (0%) za tamne
 - Šansa je 0 (0%) za svetle i 1 (100%) za tamne
5. Roditelji sa genotipom Aa imaju jedno dete sa svetlim očima. Kolika je šansa da će njihovo sledeće dete imati svetle oči?
 - Šansa je 1/2 (50%) za svetle i 1/2 (50%) za tamne
 - Šansa je 3/4 (75%) za svetle i 1/4 (25%) za tamne
 - Šansa je 1/4 (25%) za svetle i 3/4 (75%) za tamne
 - Šansa je 1 (100%) za svetle i 0 (0%) za tamne
 - Šansa je 0 (0%) za svetle i 1 (100%) za tamne

6. Ukoliko roditelji sa genotipom Aa planiraju dvoje dece, kolika je šansa da oboje dece rođene zaredom imaju svetle oči?
- 1/16
 - 1/4
 - 1/2
 - 1
 - 0
7. Ako se dve osobine nasleđuju nezavisno jedna od druge, a šansa za svetle oči je 25% tj. 1/4, a za kovrdžavu kosu 25% tj. 1/4, kolika je šansa da dete ima svetle oči i kovrdžavu kosu?
- 1/16
 - 1/4
 - 1/2
 - 1
 - 0

Prilog 2: Upitnik anksioznosti prema matematici i biologiji za učenike – Onlajn anketa – google forms

Uputstvo: Procenite nivo uznemirenosti za svaku navedenu situaciju na skali od 1 do 5 (1 - Uopšte se ne osećam uznemireno, 2 - Uglavnom se ne osećam uznemireno, 3 - Nisam siguran/na, 4 - Uglavnom se osećam uznemireno, 5 - Osećam se jako uznemireno).

Odeljak A: Matematika

1. Koliko si uznemiren/a kada razmišljaš o predstojećem kontrolnom zadatku iz matematike? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
2. Koliko si uznemiren/a kada vežbaš matematiku kod kuće? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
3. Koliko si uznemiren/a kada radiš pismeni ili kontrolni zadatak iz matematike? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
4. Koliko si uznemiren/a kada slušaš novu lekciju na času matematike? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
5. Koliko si uznemiren/a kada nastavnik organizuje iznenadnu proveru znanja na času matematike? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
6. Koliko si uznemiren/a kada treba da rešavaš tekstualne i računске zadatke iz matematike? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)

Odeljak B: Biologija i genetika

1. Koliko si uznemiren/a kada razmišljaš o predstojećem kontrolnom zadatku iz biologije? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
2. Koliko si uznemiren/a kada učiš biologiju kod kuće? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
3. Koliko si uznemiren/a kada radiš kontrolni zadatak iz biologije, ili odgovaraš biologiju? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
4. Koliko si uznemiren/a kada slušaš novu lekciju na času biologije? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)

5. Koliko si uznemiren/a kada nastavnik organizuje iznenadno odgovaranje na času biologije? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)
6. Koliko si uznemiren/a kada treba da rešavaš tekstualne i računске zadatke iz biologije - genetiku? (1 - 2 - 3 - 4 - 5)

Prilog 3: Anketa o interdisciplinarnosti za nastavnike – Onlajn anketa – google forms

1. Predmet koji predajete:
 - Matematika
 - Biologija
2. Kako vladate gradivom suprotnog predmeta (Ako ste matematičar biologijom, a ako ste biolog matematikom)?
 - 1: Uopšte ne poznajem gradivo drugog predmeta
 - 2: Osnovno poznavanje
 - 3: Prosečno poznavanje
 - 4: Dobro poznavanje
 - 5: Odlično poznavanje
3. Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između matematike i biologije?
 - Da
 - Ne
 - Ne mogu da procenim
4. Da li smatrate da postoji prirodna povezanost između obrade Mendelovih zakona genetike i osnova verovatnoće?
 - Da
 - Ne
 - Ne mogu da procenim
5. Da li biste bili spremni da sa kolegom drugog predmeta realizujete zajedničku obradu ovih tema?
 - Da, bez razmišljanja
 - Da, ali uz dobro osmišljene materijale
 - Ne znam, zavisi od situacije
 - Verovatno ne
 - Ne
6. Da li ste do sada pokušali neki oblik međupredmetnog povezivanja ova dva predmeta?
 - Da
 - Ne

7. Kakvo je Vaše mišljenje o ovome? (Kratak slobodan odgovor):

Biografija



Sara Zamurović, rođena je 17.4.2002. godine u Kikindi. Osnovnu školu "Sveti Sava" završila je u Kikindi kao nosilac Vukove diplome. U Kikindi je završila i osnovnu baletsku i osnovnu muzičku školu, odsek violina. Nakon završene osnovne škole, srednjoškolsko obrazovanje nastavila je u Gimnaziji "Dušan Vasiljev" u Kikindi koju je završila kao nosilac Vukove diplome. Bavi se streličarstvom deset godina i piše kratke priče. Upisuje prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu 2021. godine smer Master-profesor matematike. Tokom studiranja bila je član Saveza studenata prirodno-matematičkog fakulteta, učestvovala je u organizaciji različitih akcija na fakultetu, poput prijema brucoša i akcije "Budi student jedan dan". Ispite je položila u roku sa prosečnom ocenom 8,89 i time stekla pravo na odbranu master rada.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Master rad

VR

Autor: Sara Zamurović

AU

Mentor: Prof. dr Petar Đapić

ME

Naslov rada: Metodički potencijal i izazovi primene koncepta verovatnoće pri obradi Mendelovih zakona genetike u gimnazijskom obrazovanju

NR

Jezik publikacije: srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: srpski

JI

Zamlja publikovanja: Republika Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2026.

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Novi Sad, Trg D. Obradovića 4

MA

Fizički opis rada: (4/64/16/0/6/14/3)

FOR (broj poglavlja/strana/lit.citata/tabela/slika/grafika/priloga)

Naučna oblast: Matematika

NO

Naučna disciplina: Metodika matematike

ND

Predmetne odrednica/ključne reči: verovatnoća, Mendelovi zakoni genetike, matematika, biologija, interdisciplinarni pristup, učenici, nastavnici

PO, UDK

Čuva se: U biblioteci Departmana za matematiku i informatiku Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu

ČS

Važna napomena: Nema

VN

Izvod: U ovom radu urađena je analiza metodičkih potencijala i izazova primene verovatnoće pri obradi Mendelovih zakona genetike u gimnazijskom obrazovanju. Na početku rada urađen je teorijski okvir. On se sastoji od analize oblasti verovatnoće i Mendelovih zakona genetike u udžbenicima iz matematike i biologije za gimnaziju i od analize relevantnih naučnih radova. Drugi deo rada je empirijsko istraživanje koje se sastoji od tri internet ankete. Prva se odnosi na pre-test znanja Mendelovih zakona genetike, zatim učenici dobijaju pristup video-intervenciji koja povezuje verovatnoću i Mendelove zakone genetike i post-testa znanja. Druge dve ankete su pomoćne i odnose se na spremnost nastavnika na interdisciplinarni pristup i na strah učenika od matematike i biologije. Treći deo rada predstavlja primer pripreme bloka časova od kojih su dva časa obrade matematike, dva biologije i poslednja dva časa spajanja.

IZ

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: 1.09.2026.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

ČK

Predsednik: dr Đorđe Herceg, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

Mentor: dr Petar Đapić, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

Član: dr Radoslav Božić, vanredni profesor Univerziteta Edukons učiteljskog fakulteta u Sremskoj Kamenici

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF NATURAL SCIENCES & MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph type

DT

Type of record: Printed text

TR

Contents code: Master's thesis

CC

Author: Sara Zamurović

AU

Mentor: Petar Đapić, PhD

MN

Title: Metodological potential and challenges of applying the probability concept in teaching Mendel's laws of genetics in high school education

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: serbian / english

LA

Country of publication: Republic of Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2026.

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Novi Sad , Trg Dositeja Obradovića 4

PP

Physical description: (4/64/16/0/6/14/3)

PD (chapters / pages/ quotations/ tables/ pictures/ graphics/ enclosures)

Scientific field: Mathematics

SF

Scientific discipline: Probability Theory and Mathematical Modeling

SD

Subject Key words: Probability, Mendel's laws of genetics, mathematics, biology, interdisciplinary approach, students, teachers

SKW

Holding data: In the library of Department of Mathematics and Informatics, University of Novi Sad

HD

Note:

N

Abstract: This paper analyzes the methodological potentials and challenges of applying probability when teaching Mendel's laws of genetics in high school education. The theoretical framework consists of an analysis of probability topics and Mendel's laws of genetics in high school mathematics and biology textbooks, as well as a review of relevant scientific literature. The second part presents empirical research comprising three online surveys: a knowledge pre-test on Mendel's laws of genetics, followed by student access to a video intervention connecting probability and Mendel's laws, and a post-test. Two auxiliary surveys examine teachers' readiness for an interdisciplinary approach and students' anxiety toward mathematics and biology. The third part provides a sample lesson plan block consisting of two mathematics lessons, two biology lessons, and the final two integrative lessons.

AB

Accepted on Scientific board on: 1.09.2026.

AS

Defended:

DE

Thesis Defend board:

DB

President: PhD Đorđe Herceg, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Mentor: PhD Petar Đapić, Associate Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Member: PhD Radoslav Božić, Associate Professor, Educons University, Faculty of Education in Sremska Kamenica