

# The Efficiency of Interactive Computer-Assisted Biology Teaching in Grammar Schools

Tijana Pribičević<sup>1</sup>, Tomka Miljanović<sup>1</sup>, Vesna Odadžić<sup>2</sup>, Danimir Mandić<sup>3</sup>  
and Vera Županec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>High school Zrenjaninska gimnazija, Srbija

<sup>3</sup>Faculty of Education, University of Belgrade, Srbija

## Abstract

*In pedagogical research the results of which are presented in this paper, the teaching topic was Fundamentals of molecular biology of the biology curriculum for the fourth year of grammar school of the natural sciences and mathematics department. The experiment was carried out during 13 lessons of interactive computer-assisted teaching in the experimental group and by traditional teaching in the control group. The survey was conducted on a sample of 142 students in two grammar schools in the Republic of Serbia. The aim of this study was to determine whether the application of computer-assisted interactive teaching has achieved better results in helping learners acquire complex content in biology and reach higher levels of quality and quantity of knowledge in comparison with traditional teaching. The analysis of the study results confirmed higher efficiency of interactive computer-assisted biology teaching compared to the traditional approach to learning the same content. Differences which are statistically significant were found in student achievement between the experimental and control group in the final test and in the retest as a whole, and at individual levels of knowledge. They were: knowledge of the facts, understanding of concepts and analysis and reasoning. The research results recommend greater application of interactive computer-assisted biology teaching in grammar schools and in other high schools, especially when learning difficult educational content.*

**Key words:** *competences in biology; fourth grade students; molecular biology; natural sciences and mathematics department; traditional teaching.*

## **Introduction**

The presentation of content in biology and other subjects in primary and secondary schools in the Republic of Serbia is still implemented by the dominant traditional (lecturing-pointing) teaching in which students are passive observers who receive ready-made scientific truths that are revealed to them by the teacher in the classroom. Its most important requirement is that students acquire numerous facts which they often do not understand, so what students learn in school, they cannot apply in real life (Terzić & Miljanović, 2009). This is confirmed by the poor results of candidates who have completed secondary school (grammar school mostly) on university entrance exam in biology when they want to enrol in the study programmes in biology, medicine and dentistry (Miljanović, 2003). On the other hand, one of the goals of modern education is that students acquire functional knowledge. In order to achieve this, the traditional approach to teaching should be replaced by innovative teaching methods in which students will be active participants. Activities of students in such teaching should be designed to enable them an independent acquisition of knowledge in research, problem-solving, analysis and understanding of the content. Such an approach would allow for a better understanding of biological phenomena and processes.

According to the biology curriculum for the natural sciences and mathematics department for the fourth grade of grammar school in the Republic of Serbia, the following teaching topics should be presented throughout 96 lessons: Development of Animal Biology, Mechanisms of Inheritance, Fundamentals of Molecular Biology, Ecology and the Protection and Improvement of the Environment and Basic Principles of Evolutionary Biology (Official Gazette of the RS - Educational Gazette, 7, 2011). The content of all teaching topics is extensive and complex, and the number of lessons scheduled for their learning, repetition, and selection of the material is insufficient. A great part of this content, which is important for understanding the key biological processes, as well as for general education of students, remains incomprehensible to students even after learning it at school. These aforementioned facts point to the need to substitute the traditional model of biology teaching in grammar school with modern models. Therefore, in a didactic and teaching methodology research, new solutions are constantly being searched for (innovative models of teaching) that may lead to an increase in the quality and efficiency of the teaching process.

One of the notable innovations in the field of modernization of educational work and student engagement is interactive learning/teaching. It consists of two complex phenomena, learning and interaction. Interactive learning is not simply a sum of the content of interaction and learning content, but a new phenomenon, both in terms of content and its effects. Interactive learning provides an effect that is greater than the individual effects of interaction and learning effects, observed independently and separately (Krneta, 2006). This pedagogical paradigm is composed of the interaction

between the students who are learning, the content that they learn and the teaching process in which they learn. The essence of interactive learning is expressed in interdependence and interactions, that is, the interaction of the students who are learning together since, in order for each individual to meet his/her own needs, other people are needed. This applies not only to the material but, above all, to the social and psychological needs that are important for psychological well-being of individuals (Rodgers, 2003).

Interactive learning methods encourage the development of the individual in the immediate social situation because they are based on cooperative and interactive forms of communication and various relationships among their actors (Vilotijević, 2008). It is believed that the methods of learning with others could compensate for the expressed disadvantages of one-way activities of individuals and contribute not only to a variety of communication between the various actors in teaching, but also versatile cognitive, emotional and general psychological and social development of students. The joint conclusion of numerous studies of interactive teaching is directed to the shift from high control of the teacher over the teaching process, to the self-directed process of acquiring knowledge, greater autonomy and co-construction of knowledge by the students themselves (Kennewell, Tanner, Jones, & Beauchamp, 2008). Psychological basis of interactive learning is in the cooperativeness, which is essentially a separate and very complex personality trait. This ability in the process of learning is practically manifested in the willingness to work with others in cooperative learning (Rodgers, 2003). Interactive learning, alone or combined with a lecture by the teacher, can be implemented in all teaching forms (frontal, group work, pair work, individual work) with different pedagogical effects.

Another important segment of modern teaching is the application of modern teaching aids and equipment, primarily the use of information and communication technologies (ICT) in the teaching process. The aims of their application are: to facilitate and improve students' learning, to increase the efficiency of teaching and learning process in order to facilitate the achievement of educational goals and to increase the number of sources of knowledge and media users (Danilović, 2010). Within ICT, computers and multimedia presentations have the widest application in contemporary teaching. They enable a new organization of the teaching process, which is appropriate to individual abilities and interests of students. Numerous studies have shown that the application of computers in teaching most of the subjects increases its effectiveness: in teaching geography (Ivkov-Džigurski, Ivanović, & Pešić, 2009), mathematics (Laketa, Drakulić, Đurović, & Likić, 2013), foreign languages (Mirzayantz Đukić, 2011) and biology (Odadžić, Miljanović, Mandić, Pribičević, & Županec, 2017). According to Danilović, computers have stimulated the development of the teaching process in the fields of simulation of learning circumstances, automation of the sources and means of providing feedback, assistance in the preparation and

evaluation of teaching materials, integration of the teaching media (film, video clips, TV and text) both in the group and individual teaching (Danilović, 2010). The use of computers among students influences the development of abstract thinking, memory and independence in learning, and self-responsibility for success or failure. On the basis of the stated facts the application of computers in education is no longer just a technical issue, but a very significant social, pedagogical and humanistic question which requires and presupposes significant changes in the organization of teaching and educational process in general. Therefore, in many countries, modern teaching cannot be imagined without computers.

The use of computers in the 21st century teaching is rapidly developing and acquiring new dimensions. Among the latest educational tools that have been increasingly used in the process of acquiring knowledge and skills in developing countries is the educational software. For the purpose of its design, teams of experts in various fields are engaged, and software application in teaching has a major impact on increasing students' motivation, since it awakens their interest and incites them to use all their skills and background knowledge in order to acquire new teaching content (Aleksić, Đokić, & Vujičić, 2010; Odadžić et al., 2017). A complete form of educational software is an electronic textbook (e-book), which is based on multimedia and interactivity. According to Mandić, the use of electronic textbook provides excellent opportunities for independent work of students and interaction with the source of information (Mandić, 2003). In the Republic of Serbia, the creation of educational software and e-books, and their use in the teaching of certain subjects in the curriculum is at a very early stage. Instead, in the teaching practice multimedia presentations are more widely used, created by the teachers themselves who use them in schools where they work or who upload them on the school's website so they can be used by students and teachers from other schools. Their quality depends on the technical and IT knowledge and creativity of teachers who create them.

Theories of multimedia learning emphasize the cognitive processes involved in the process of acquiring knowledge, such as selection of relevant information, conceptual organization of information into coherent systems and their integration in prior knowledge (Mayer, 2009; Sweller, 2005). Recent studies take into account the affective aspects of multimedia learning, and the results showed that emotions and interests act as facilitators of cognitive processes and enhance cognitive and affective outcomes (Park, Moreno, Seufert, & Brünken, 2013), while Bognar emphasized that there is a correlation between the change in theoretical approaches to learning and progress of computer technology (Bognar, 2016).

Application of interactive computer-assisted biology teaching is a combination of two modern concepts of teaching, both of which are more effective than traditional teaching. Linked together, they should contribute to qualitative processing of highly complex content in biology in grammar school. This is supported by the research which is presented in this paper.

## **Methodology**

### **Research Aim**

The aim of the paper is, through implementation of educational research in parallel groups, to determine whether the application of interactive computer-assisted biology teaching (which was implemented in the experimental group (E)) has achieved better results during teaching and learning complex biological content in grammar school, along with reaching higher levels of quality and quantity of students' knowledge in comparison with traditional teaching (which was implemented in the control group (C)).

### **Research Questions**

From the general objective the research questions were formulated as follows:

1. Are there differences in student achievement between E and C groups in the final test and retest as a whole and are they statistically significant?
2. Are there differences in student achievement between E and C groups in the final test and retest on the tasks of different levels of complexity (knowledge of facts, understanding of concepts, analysis, and reasoning), which establish different levels of competence in biology and are they statistically significant?

### **Hypotheses**

On the basis of the objective and research questions the following hypotheses were defined:

- (H1) Interactive computer-assisted biology teaching will have a positive impact on the development of students' competences in biology compared to traditional teaching. Thus, a better student achievement is expected in E group at the final test and retest than from students in C group.
- (H2) Interactive computer-assisted biology teaching will affect positively the performance of students in E group in solving problems of a lower level of complexity (knowledge of facts), by which lower levels of student competence in biology are determined, in comparison with the traditional teaching that was implemented in C group.
- (H3) Interactive computer-assisted biology teaching will positively affect the performance of students in E group in solving problems of higher complexity levels (understanding the concepts, analysis, and reasoning), by which higher levels of student competence in biology are determined, compared to the traditional teaching that was implemented in C group.

### **Research Sample**

The survey was conducted in 6 classes of the fourth year of grammar school, in the natural sciences and mathematics department. The choice of the classes of this department was made due to a large number of biology lessons (3 hours per week)

compared to other departments of grammar school that have 2 biology lessons per week. The schedule of curriculum topics in different departments of the fourth grade of grammar school is similar. Due to a large number of classes, the teaching of individual topics in the natural sciences and mathematics department is carried out in more detail and with a greater number of lessons. In addition, the interest of the students from the natural sciences and mathematics department for Biology is larger than the interest of students from other departments.

The experimental group consisted of students from three classes (72 students) of Jovan Jovanović Zmaj Grammar School from Novi Sad, and the control group consisted of students from three classes (70 students) of Isidora Sekulić grammar school, also from Novi Sad (the Republic of Serbia). Age of students in both groups was between 18 and 19 years.

### **Research Instruments**

The main measuring instruments applied in the research are biology knowledge tests: the initial test, the final test and retest. The tests contain questions and tasks of objective type according to the severity and complexity, grouped into three levels: Level I (knowledge of the facts), Level II (understanding of concepts) and Level III (analysis and reasoning). The cognitive domains were established according to the TIMSS 2007 model of the study (Martin, Mullis, & Foy, 2008), which was used to categorize the test questions. Tasks in the test are arranged in a series from the simplest tasks (which examine the lower levels of students' competences in biology) to the more complex and difficult tasks (in which higher and the highest level of competences in biology are considered). The maximum number of points in the test was 100. Cronbach's alpha value for the initial test was  $\alpha=0.832$  and for the final test, which is also the retest, the value  $\alpha=0.901$  showed a high reliability of tests.

### **Research Procedure**

Pedagogical research was conducted in the school year 2015/2016, over a period of 5 weeks.

At the beginning of the research, before the introduction of the experimental factors in the experimental group, E and C groups were equalized based on the results of their knowledge of biology shown on the initial test. The initial test was composed of the material containing already covered teaching topics related to mechanisms of inheritance.

After the equalization of E and C groups in the further course of the research, the teaching topic Fundamentals of molecular biology was implemented using two different models of teaching.

The students from the experimental group were taught this topic using computer-assisted interactive learning, working in pairs in the computer classroom. During

10 lessons they were learning the new material, during 2 lessons they repeated and reinforced the covered material, and during 1 lesson the systematization of the whole teaching topic was carried out. In all lessons the teacher followed the course of work of all pairs of students and provided them assistance if it was necessary. The lessons with students in E group were organized in several stages:

*In the preparatory phase*, the teacher explained to students the task, methods of work, and time allocated for the completion of individual phases of the lesson.

*In the realization phase*, the students were working in pairs on computers, going through the presentations created in Prezi for each lesson. They talked to each other and analysed the teaching material, observed illustrations and animations of key biological processes, read a text in which the specific biological processes had been explained, solved the given task (tasks) and prepared answers to questions.

*In the presentation phase* the students were answering questions. The teacher made sure that in this part of the lesson a large number of students were engaged. During students' presentations the teacher showed students again the corresponding parts of the Prezi presentation that illustrated the students' responses. Thus, during the presentation of the answers to the questions, the students could re-watch the presentation.

*In the evaluation phase* (at the very end of the lesson) students individually solved an interactive computer test which consisted of several questions (5 to 6), and based on the number of correct answers they were given feedback on how successful they were at mastering the content covered in the lesson.

Students in the control group were taught the same topic during the same number of lessons conducted in the traditional way of teaching (which included the verbal method, work on the text, the method of demonstration and frontal work) in the biology classroom. In all lessons when new material was introduced, the teacher asked students questions that they answered orally. In the lessons which included the revision of the covered material (2) and systematization of the covered topics (1), the students also answered the teacher's questions orally. If necessary, the teacher corrected and supplemented their answers.

After teaching the topics related to Fundamentals of molecular biology in different ways in E and C groups, the final testing of students in both groups was conducted.

Repeated testing (retesting) of students in E and C groups was carried out 60 days after the final testing.

### ***Instruction Materials***

Biology teaching in experimental and control groups was performed by different teachers in two schools. For the purpose of teaching new material from biology in the E group, Prezi presentations were created for 10 units from the topic Fundamentals of molecular biology in accordance with the biology curriculum for the fourth grade of grammar school, for the natural sciences and mathematics department, based on the

textbook Biology (by the authors Cvetković, Lakušić, Matić, Korać, & Jovanović, 2011). Prezi is a relatively new web tool for creating and storing multimedia presentations, which, like PowerPoint, also has a possibility of integrating text, images, animations, audio and video into a single presentation. Presentations in Prezi are more detailed and more interactive than PowerPoint presentations (Chou, Chang, & Lu, 2015). An integral part of the presentations that were used in group E are 3 animations: transcription, translation, and regulation of gene activity. All presentations contained additional (bonus) information, which was a short interesting material from the teaching unit. They were intended for the best students who have the time and interest to study them. For all lessons which were intended for the revision of material and the systematization of the covered topics, the corresponding interactive computer-assisted tests were created with different types of questions.

Students in the C group covered the same theme without the use of additional teaching equipment. On the basis of previous agreement, the teacher who conducted lessons in this group used only biology textbook, blackboard, and chalk. Students in this group provided only oral answers to the questions in all lessons.

### **Data Analysis**

The following statistical parameters were analysed in the study: sample size (N), the arithmetic mean (M) and standard deviation (SD).

To determine the statistical significance of differences in achievement between students in E and C groups on the initial test, on the final test and retest as a whole and on individual levels of knowledge (I, II and III) the t-test was used.

To test the effect of the interaction between test factors and group factor, the analysis of variance for repeated measures (3X2 Mixed design ANOVA) was used.

For statistical analysis of the results of the initial test, the final test and retest as a whole and at individual levels of knowledge the software package SPSS 19.0 was used.

### **Results**

At the beginning of the research, based on the initial test results, E and C groups were equalized at the initial test as a whole and at individual levels of knowledge. At the end of the research the results of students in groups E and C on the final test and retest as a whole and on individual levels of knowledge were analysed. The changes in students' achievements between students in groups E and C were also analysed on all three tests and it was determined whether the differences between the tests and groups were statistically significant. Statistical parameters of the initial test, the final test and the retest in general are shown in Table 1, while statistical parameters for all three levels of knowledge on all three tests are shown in Table 2.

The average achievement of students in group E *on the initial test as a whole* was 65.931 points, and that of students in C group was 65.043 points (Table 1). The difference of mean values between the two groups was .888 points in favour of group



E and was not statistically significant ( $t=-.367$ ;  $df=140$ ;  $p=.715 >.05$ ). Based on these values, groups E and C were equalized at the beginning of educational research according to previous knowledge of biology shown by students. This enabled the further course of the research.

Table 1

*The significance of differences in experimental and control group on the initial test, final test, and retest of knowledge in general (t-test)*

Variable	Group	N	Mean	Standard deviation	t	df	p
Initial test	Experimental	72	65.931	14.724	.367	140	.715
	Control	70	65.043	14.119			
Final test	Experimental	72	85.458	11.622	7.570	140	.000
	Control	70	65.136	19.493			
Retest	Experimental	72	75.403	18.147	6.352	140	.000
	Control	70	53.607	22.562			

Based on the results of the final test as a whole (Table 1), the students in group E had the average achievement of 85.458 points, while the average achievement of students in the control group was 65.136 points. The difference in students' achievements between E and C groups on the final test amounts to 20.322 points in favour of group E and it was statistically significant ( $t=7.570$ ;  $df=140$ ;  $p=.000 <.05$ ).

The analysis of the average number of points on the retest as a whole (Table 1) showed that E group of students reached 75.403 points, while C group of students reached 53.607 points. The difference in the number of points between two groups at the retest was 21.796 points in favour of group E and was statistically significant ( $t=6.352$ ;  $df=140$ ;  $p=.000 <.05$ ).

The established differences in students' achievements between groups E and C on the final test and retest as a whole in favour of E group showed that the realization of appropriately selected biological content by means of interactive computer-assisted teaching contributes to an increase in quantity, quality, and sustainability of students' knowledge of biology.

In order to analyse the quality of students' knowledge in groups E and C and their competences in biology, students' achievement in groups E and C on the initial test, the final test and retest at individual levels of knowledge were analysed: knowledge of the facts (level I), understanding of concepts (level II) and analysis and reasoning (level III). Their statistical parameters are presented in Table 2.

The differences in achievement between the students in groups E and C on the initial test on individual levels of knowledge were insignificant: on Level I the difference was .185 points in favour of group C ( $t=-.383$ ;  $df=140$ ;  $p=.703 >.05$ ); on Level II the difference was 0.343 points in favour of group E ( $t=.290$ ;  $df=140$ ;  $p=.772 >.05$ ) and on Level III the difference was .785 points in favour of group E ( $t=.638$ ;  $df=140$ ;  $p=.524 >.05$ ). Based on the values of parameters t and p, the differences between groups E and C on the initial test on individual skill levels were not statistically significant.

Based on these values, groups E and C were equalized at the beginning of the research and at individual levels of knowledge of the initial test.

Table 2

The significance of differences between groups E and C on the initial test, final test and retest according to the levels of knowledge (t-test)

Variable	Categories of knowledge	Group	N	M	SD	t	df	p
Initial test	Level I	E	72	15.444	3.1033	-.383	140	.703
		C	70	15.629	2.5997			
	Level II	E	72	42.486	7.2578	.290	140	.772
		C	70	42.143	6.8361			
	Level III	E	72	8.056	6.8892	.638	140	.524
		C	70	7.271	7.7402			
Final test	Level I	E	72	18.417	2.5933	6.632	140	.000
		C	70	14.429	4.3724			
	Level II	E	72	47.542	6.4773	5.354	140	.000
		C	70	40.321	9.3712			
	Level III	E	72	19.375	5.5524	7.379	140	.000
		C	70	10.386	8.6695			
Retest	Level I	E	72	17.806	2.6036	7.291	140	.000
		C	70	13.371	4.4336			
	Level II	E	72	40.556	12.3985	4.751	140	.000
		C	70	30.450	12.94782			
	Level III	E	72	17.042	6.22000	6.095	140	.000
		C	70	9.786	7.88990			

The differences in the achievement between the students in groups E and C on the *final test* at individual levels of knowledge were high: on the Level I the difference was 3.998 points ( $t=6.632$ ,  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ), on Level II the difference was 7.221 points ( $t=5.354$ ,  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ) and on Level III the difference was 8.989 points ( $t=7.379$ ,  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ). The determined differences on the final test between groups E and C at all three levels of knowledge were in favour of E group and were statistically significant.

The differences in the achievement between the students in groups E and C on the *retest* at individual levels of knowledge were high; they were higher, both on Levels of knowledge I and II, than on the final test: on Level I the difference was 4.435 points ( $t=7.291$ ;  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ), on Level II the difference was 10.106 points ( $t=4.751$ ,  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ) and on Level III the difference was 7.256 points ( $t=6.095$ ;  $df=140$ ;  $p=.000<0.05$ ). The determined differences between groups E and C on the retest at all three levels were in favour of group E and were statistically significant.

The application of different teaching models in groups E and C led to a difference in students' achievements in the two groups on the final test and retest as a whole (Table 1), but also at individual levels of knowledge (Table 2).

In order to visualize more completely the success of students on tests of knowledge (initial, final and retest) and changes in students' achievement in groups E and C

during the study, Figures 1-4 show students' achievements in groups E and C at individual levels of knowledge: at Level I (Figure 1), at Level II (Figure 2), at Level III (Figure 3) and on the tests as a whole (Figure 4). Changes in students' achievements between groups E and C during the study were analysed by contrasting LSD tests, for each group separately.

In the tasks of the *first level* (Figure 1), students in group E achieved better success on the final test in comparison with the initial test by 2.972 points ( $p=.000<0.001$ ), and on the retest they were slightly less successful than on the final test by .611 points ( $p=.048>0.001$ ).

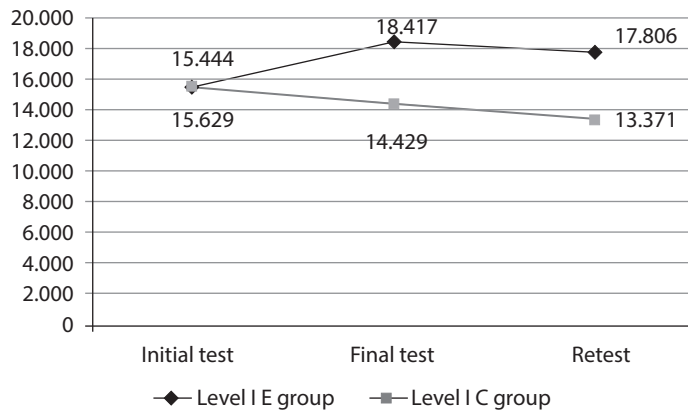


Figure 1. Comparative review of students' achievements in groups E and C on the initial test, final test and retest at Level of knowledge I

In questions and tasks of the first level of knowledge students in group C exhibited underachievement on the final test in relation to the initial test by 1.200 points ( $p=.033>0.001$ ), and on the retest they were slightly less successful than on the final test, by 1.057 points ( $p=.009>0.001$ ). Changes in students' achievement in groups E and C on the easiest research tasks (Level of knowledge I) during the survey are less pronounced than at other levels of knowledge. This shows that both groups of students have a well-adopted content knowledge at this level of complexity because those were the easiest questions on the tests.

The analysis of students' achievement in groups E and C during the study at the *second level of knowledge* (Figure 2) shows that the pattern of changes in groups E and C is different. In tasks of the second level of difficulty students in group E achieved better success on the final test in relation to the initial test by 5.056 points ( $p=.000<0.001$ ), and on the retest they were less successful than on the final test by 6.986 points ( $p=.000<0.001$ ). In questions and tasks of the second level of knowledge students in group C underachieved on the final test in relation to the initial test by 1.821 points ( $p=.129<0.001$ ), and on the retest they were significantly less successful than on the final test by 9.071 points ( $p=.000<0.001$ ). An increase in the number of points in group E at this level of knowledge on the final test in comparison with the

initial test can be attributed to interactive computer-assisted teaching, which is not the case with group C, in which traditional teaching was implemented. Underachievement on the retest compared to the final test in both groups is a result of forgetfulness that was still higher in group C.

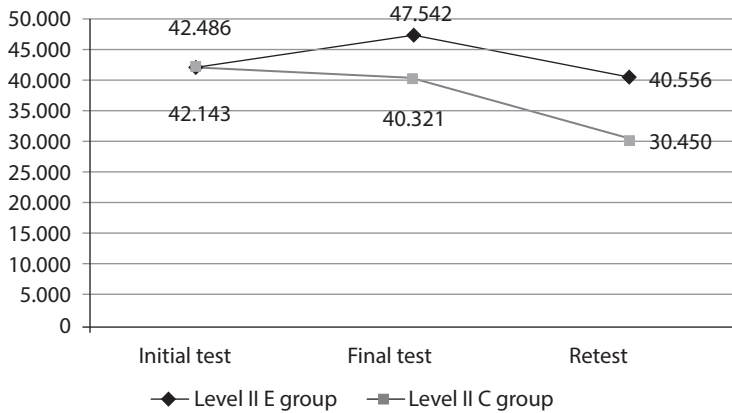


Figure 2. Comparative review of students' achievements between groups E and C on the initial test, final test and retest at Level of knowledge II

In tasks of the *third level* (Figure 3), students in E group achieved better success on the final test in comparison with the initial test by 11.319 points ( $p=.000<0.001$ ), and on the retest they were slightly less successful than on the final test by 2.333 points ( $p=.000<0.001$ ). Also, in questions and tasks of this level of knowledge, the students in group C achieved better results on the final test in comparison with the initial test by 3.114 points ( $p=.002<0.001$ ), while on the retest they were slightly less successful than on the final test by .600 points ( $p=.386>0.001$ ). Although students'

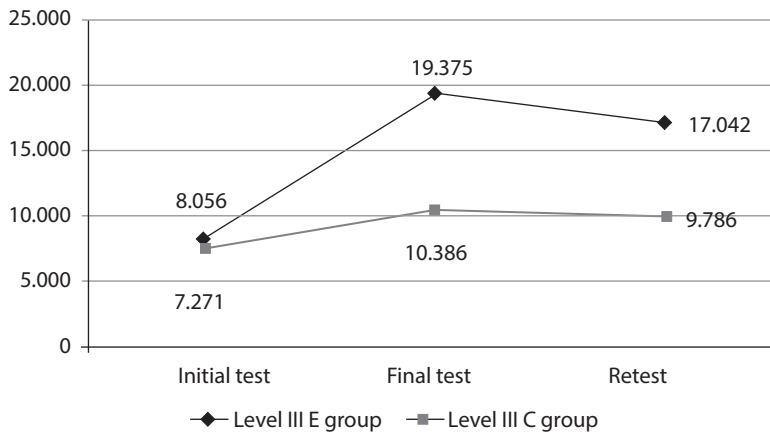


Figure 3. Comparable review of students' achievements in groups E and C on the initial test, final test and retest at Level of knowledge III

achievements in E group on the most difficult questions (analysis and reasoning) were higher than in group C, both on the final test and the retest, the changes in students' achievements in both groups at this level of knowledge had the same form during research. A significant increase in the number of points in group E on the final test in comparison with the initial test has been ascribed to interactive computer-assisted teaching, which enabled them to understand and adopt the most difficult content of biology. An increase in the number of points on the final test in comparison with the initial test in group C is a result of hard work of biology teachers, who managed to explain to their students the essence of the key concepts and processes of teaching topics related to Fundamentals of molecular biology. A slightly poorer success on the retest compared to the final test in both groups is a result of forgetfulness.

On the final test *as a whole* (Figure 4) students in E group achieved significantly better results compared to the initial test by 19.528 points ( $p=.000<0.001$ ), and on the retest they were less successful than on the final test by 10.056 points ( $p=.000<0.001$ ). Students in group C were significantly less successful on the final test as a whole in comparison with the initial test by .093 points ( $p=.946<0.001$ ), while on the retest they were significantly less successful than on the final test by 11.529 points ( $p=.000<0.001$ ).

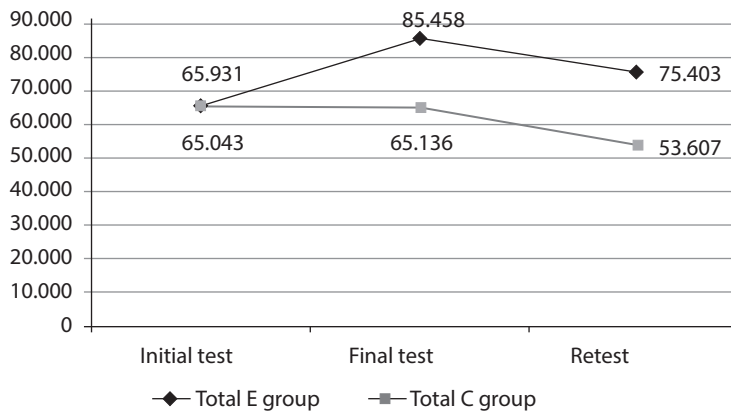


Figure 4. Comparative review of students' achievements in groups E and C on the initial test, final test and retest as a whole

In the process of teaching complex content in molecular biology in group E in grammar school, there were two related teaching methodology approaches (interactive teaching and application of computers). Based on the results of the final test and retest as a whole they provided very good results. Students in group E had significantly better results on the final test as a whole in comparison with the initial test and the retest compared to the initial test. Such a high level of knowledge could not have been reached via traditional teaching in group C, where the number of points achieved on the final test and on the retest was lower than on the initial test. Underachievement on the retest compared to the final test in both groups is a result of forgetfulness. Having

been taught the topic related to Fundamentals of molecular biology, both groups of students learned about the topic of ecology, protection and improvement of the environment, which was not significantly associated with the previous topic. Due to the fact that between the final test and the retest within 60 days they did not repeat the content of molecular biology, during this period students in both groups forgot a part of the covered material. They, due to this reason, scored poorly on the same test two months later (students in group E by 10.56 points, and students in group C by 11.529 points). However, due to the application of interactive computer-assisted approach during the teaching process of the topic related to Fundamentals of molecular biology, the level of knowledge of students in group E was high (an average of 75.403 points) at the end of the research (on the retest in general), compared to students in group C (average 53.607 points). This is confirmed by the number of points of both groups on the retest compared to the initial test, which was significantly higher in group E (by 9.472 points), and in group C it significantly decreased (by 11.436 points) in comparison with the initial test.

Within the analysis of variance for repeated measures (3x2 ANOVA with repeated measures), through the analysis of the effects of interaction measurement (test) and groups (E and K) that vary based on the applied model of teaching, a significant difference was detected between groups in the change in students' achievements during all three measurements (on the initial test, on the final test and retest), both at individual levels of knowledge and on each test as a whole. Changes in students' achievements from initial test, the final test to retest exist and they are different in different groups and are statistically significant, both at individual levels of knowledge (Level I  $F(2,139)=26.338$ ,  $p<.001$ ; Level II:  $F(2,139)=13.259$ ,  $p<.001$ ; Level III:  $F(2,139)=21.861$ ,  $p<.001$ ), and on tests as a whole  $F(2,139)=30.311$ ,  $p<.001$ ).

## **Discussion**

Molecular biology is a biological discipline which studies biology at molecular level, and its content explains the very essence of life. Many teachers and students believe that it is very difficult for teachers to teach students about the topics of Molecular genetics (biology) and that it is also very difficult for students to learn about them (Marbach-Ad & Stavý, 2000; Templin & Fetters, 2002). Students in grammar schools in Serbia do not have enough background knowledge of biology and other natural sciences that is important for understanding of molecular biology, and in our schools, there is a lack of modern teaching aids to help teachers adequately impart the most difficult content to students. Therefore, this content often remains abstract and incomprehensible to students after it has been explained at biology lessons at school, with the application of the traditional way of teaching. These facts indicate that it is necessary to change the way of biology teaching in grammar schools, by introducing modern models of teaching that would enable students to understand better even the most difficult content and to adopt it effectively. One of these innovative models,

interactive computer-assisted biology teaching was applied in this study in group E, and its results were compared with the results of group C, in which the traditional approach to teaching was applied.

At the beginning of the study, based on the t-test values, it was determined that the differences in students' achievements in groups E and C on the initial test as a whole and at individual levels of knowledge are not statistically significant, i.e. that groups E and C are equal on the basis of prior knowledge of biology. This enabled further course of research and its conclusion.

In the further course of research the teaching topic Fundamentals of molecular biology was implemented using two different models of teaching in two different groups of students (interactive computer-assisted teaching in group E and traditional teaching in group C). By analysing the results of the final test and retest in groups E and C it was determined whether interactive computer-assisted teaching model is a more effective way of teaching biology in comparison with the traditional teaching model.

Students' achievements in group E on the final test and retest were significantly higher than those of group C.

By analysing the results of the final test as a whole (based on the t-test values), it was found that the difference in students' achievements in groups E and C on this test (in favour of the E group) was statistically significant.

Achievements of students in E group were significantly higher than those of the students in group C on the retest as a whole because the difference in students' achievements in groups E and C on this test as well was in favour of the E group and was statistically significant.

Based on the presented results, the first hypothesis of research (H1) was confirmed, which stated that interactive computer-assisted biology teaching has a positive impact on the development of students' competences in biology compared to traditional teaching. Therefore, the success of students in group E on the final test and retest is better than that of students in group C.

Achievements of students in E group on the final test were significantly higher at individual levels of knowledge compared to group C. By analysing the results of the final test on Levels of knowledge I, II and III (based on the value of t-test) it was found that the detected difference in students' achievements in groups E and C (in favour of group E) was statistically significant at all three levels.

Students' achievements in E group were also significantly higher than those of students in group C on the retest at individual levels of knowledge. The analysis of the retest results revealed that the determined difference in students' achievements in groups E and C at Levels I, II and III (in favour of group E) was statistically significant.

Based on the presented results, the second research hypothesis (H2) was confirmed, which stated that interactive computer-assisted biology teaching has a positive influence on the performance of students in group E in solving problems of lower

level of complexity (knowledge of facts), which establish lower levels of students' competences in biology, compared to the traditional teaching method that was applied in group C.

Based on the presented results, the third research hypothesis (H3) was confirmed, which stated that interactive computer-assisted biology teaching has a positive influence on the performance of students in group E in solving problems of higher complexity levels (understanding the concepts, analysis and reasoning), which establish higher levels of students' competences in biology, compared to the traditional teaching method that was applied in group C.

The answer to the question why the results of E group students are much better compared to the results of C group students is associated with the teaching methodology procedures applied in groups E and C during the study. Students of all three classes which were included in *E group* worked on computers in pairs while watching a multimedia presentation of the teaching content related to Fundamentals of molecular biology that was created in Prezi. Within those presentations they additionally watched animations of key biological processes and read from their presentations the concise theoretical explanations. In those lessons, it was very important what the students actually saw on the presentation. For example, students in E group were watching the animation process of DNA replication (duplication of DNA molecules), transcription (transcription of iRNA, tRNA and rRNA from DNA) and translation (translation of the iRNA sequence of codons into appropriate sequence of amino acids in a protein to whose synthesis iRNA carries the genetic code). This code is copied from DNA. The aforementioned animations are very illustrative. After observing and reading each explanation the students worked in pairs and interpreted and explained them to each other and then watched them again. This visual component in biology was further complemented by interactive teaching in all biology lessons. In the applied model of teaching biology several levels of interactivity were achieved in group E: between two students during a joint presentation of observations, and then between other students in the class (in the phase of presentation of work report); between the students and biology teachers (in the preparatory phase and presentation phase); between the students and computers (during the observation of the presentation of lessons and interactive testing). This was very important in order for E group students to understand the essence of these processes. Therefore, in all lessons in the evaluation phase, they accurately answered the teachers' questions, which were specified in the protocol. An integral part of presentations were interactive tests so that each student had feedback on his/her work and accurate information about what in his answers on the test was right and what was wrong. This was an additional motive for greater engagement of students in E group during the research.

Students of *C group* scored poorly on the final test as a whole and at individual levels of knowledge compared to the initial test, while their success on the retest was also



poor in relation to the initial and final tests, although in this group in biology lessons during the research nothing changed compared to the previous period. The changes (decrease) in students' achievement in C group point to the difficulty and complexity of the content of the teaching topics Fundamentals of molecular biology in relation to the content of the previously covered topics, the acquisition of which was checked on the initial test, when the success of students in both groups was balanced and tested as a whole and at individual levels of knowledge. Based on the achievements of students in C group on the final test and retest, it was very difficult for the teacher who was teaching biology in this group to explain to students the complex biological processes such as replication, transcription and translation, using only modest illustrations that he/she could draw on the blackboard, or show the pictures in the textbook. Without the use of additional teaching aids the students in group C were able to understand and remember only the essence of these processes, but not to understand their biological significance. Therefore, the students in C group achieved lower success on the final test and retest (on the tests as a whole and at individual levels of knowledge) compared to students in E group.

The results of E group students on the final test and retest as a whole and at all three levels of knowledge in comparison with students in C group, as well as changes in students' achievement between E and C groups during the survey are indicators of positive effects of interactive computer-assisted biology teaching on the level and the quality of students' knowledge in group E and their greater competence in biology compared to the traditional teaching model (which was applied in group C), where such effects were not achieved.

Also, other authors confirmed that the application of computers and various multimedia materials such as computer presentations, entertainment, educational software and e-textbooks in the classroom contributes to increased efficiency compared to traditional teaching in subjects such as Nature and society (Cvjetičanin, Pećanac, Sakač, & Djurendić-Brenesel, 2013) and biology (Cheng, Cheng, & Chen, 2012; Nwafor & Charity, 2013; Rotbain et al., 2008; Odadžić et al., 2017; Singh, 2010; Yusuf, & Afolabi, 2010; Županec et al., 2013).

In relation to the above mentioned authors and their papers, the research presented in this paper stresses that the difference in achievements of students in groups E and C on the final test and retest as a whole and at individual levels of knowledge is significantly greater, due to the markedly higher students' achievement in group E on the final test and retest. A possible explanation for this could be that, besides the application of computers, interactive teaching also had a significant influence on the level of achievements of students in group E on both tests. In the present study, in all biology lessons in group E the intensity of interaction between pairs of students, all students in the class, the students and teachers and students and the computer was at a high level. It fully engaged students from the beginning to the end in all biology lessons. Therefore, students in group E had high achievement on the final test and

retest as a whole and at all levels of knowledge. This achievement was significantly higher than in group C, in which there was a low level of interactivity only between students and teachers. The level of importance of application of computers and interactive teaching, respectively, in biology instruction can be seen from the results of the survey, which students in group E completed at the end of the study. Its results will be discussed in a future paper.

## **Conclusion**

Based on the results of this research it was found that the students in the experimental group achieved better results on the final test and retest than students in the control group. In comparison with group C students in group E were particularly successful in responding to difficult questions (understanding of concepts and analysis and reasoning) on both tests. Prezi presentations of the teaching content and animations of translation, transcription, and regulation of gene activity, which were used in biology lessons in group E contributed to visualisation of complex content and teaching topics related to Fundamentals of molecular biology, while working in pairs on a computer contributed to more interactive biology teaching. This resulted in high students' achievement in group E on the final test and retest as a whole and at individual levels of knowledge. In the traditional teaching which was applied in group C, the visual component in teaching and pupils' engagement in biology lessons were minor, resulting in a modest achievement of this group of students on the final test and retest as a whole and at individual levels of knowledge.

Based on the survey results, it can be concluded that interactive computer-assisted teaching affected positively the development of competences of students in group E in biology because its effects were significantly higher, compared to the traditional teaching of biology, which was implemented in group C.

In interactive computer-assisted lessons increased motivation of students in group E to learn biology was also noticed, in comparison with students in group C. Although the content of the teaching topics Fundamentals of molecular biology is difficult, students in group E successfully answered the teachers' questions (underreporting) and solved interactive tests. Information about their achievement on tests at the end of each biology lesson was an additional incentive for even greater success in the following lesson. Students in group C answered the teachers' questions orally, and their motivation to learn the content of difficult molecular biology was low. The asked questions were answered by a small number of students, while the majority of the students most often passively followed the replies and teachers' comments.

The research results (better achievement of students in group E on the final test and retest as a whole and at individual levels of knowledge in comparison with the students in group C) confirmed the greater efficiency of the interactive computer-assisted biology teaching in grammar school, compared to traditional teaching. They recommend a greater representation of computer-assisted biology teaching in grammar schools and in other high schools.

## Acknowledgments

This article is the result of the project *The Quality of Education System in Serbia from European Perspective* (No. 179010) financially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

## References

- Aleksić, V., Đokić, V., & Vujičić, M. (2010). Korišćenje obrazovnog softvera i web sajtova u nastavi stranog jezika. In D. Golubović (Ed.), *Zbornik radova sa 3. Internacionalne konferencije Tehnika i informatika u obrazovanju* (pp. 647-652). Čačak: Tehnički fakultet.
- Bognar B. (2016). Theoretical Backgrounds of E-Learning. *Croatian Journal of Education*, 18(1), 225-256. <https://doi.org/10.15516/cje.v18i1.1475>
- Cheng, Y.H., Cheng, J.T., & Chen, D. J. (2012). The Effect of Multimedia Computer Assisted Instruction and Learning Style on Learning Achievement. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 9(1), 24-35. Retrieved from <http://www.wseas.org/multimedia/journals/information/2012/54-286.pdf>
- Chou, P., Chang, C., & Lu, P. (2015). Prezi versus PowerPoint: The effects of varied digital presentation tool on students' learning performance. *Computers & Education*, 91, 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.020>
- Cvetković, D., Lakušić, D., Matić, G., Korać, A., & Jovanović, S. (2011). *Biologija za IV razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*. Beograd: Zavod za udžbenike.
- Cvjetičanin, S., Pećanac, R., Sakač, M., & Djurendić-Brenesel, M. (2013). Computer Application in the Initial Education of Children in Natural Sciences. *Croatian Journal of Education*, 15(1), 87-108.
- Danilović, M. (2010). Tehnika, obrazovna tehnologija i informatika u funkciji povećanja efikasnosti obrazovnog procesa i procesa učenja. In D. Golubović (Ed.), *Zbornik radova sa 3. Internacionalne konferencije Tehnika i Informatika u obrazovanju* (pp. 426-436). Čačak: Tehnički fakultet.
- Ivkov-Džigurski, A., Ivanović, L.J., & Pašić, M. (2009). Mogućnosti primene računara u modernoj nastavi geografije. *Glasnik srpskog geografskog društva*, LXXXIX - No 1, 139-151.
- Kennewell, S., Tanner, H., Jones, S., & Beauchamp, G. (2008). Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. *Journal of Computer-assisted Learning*, Vol 24, 61-73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00244.x>
- Krneta, D. (2006). *Interaktivno učenje i nastava*. Banja Luka: Fakultet za političke i društvene nauke.
- Laketa, S., Drakulić, D., Đurović, Lj., & Likić, S. (2013). Razvoj elektronskog udžbenika u nastavi matematike. In A. Veljović (Ed.), *Zbornik radova naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem Reinženjering poslovnih procesa u obrazovanju* (pp. 203-206). Čačak: Fakultet tehničkih nauka.

- Mandić, D. (2003). Interaktivna kompjuterska nastava. In N. Suzić (Ed.), *Interaktivno učenje II* (pp. 215-232). Banja Luka: Teacher Training Centre.
- Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, 34 (4), 200-205. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (with Olson, J. F., Erberber, E., Preuschoff, C., & Galia, J.) (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mayer, R. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Miljanović, T. (2003). Prijemni ispit iz Biologije kao pokazatelj usvojenosti gradiva iz srednjoškolskog programa Biologije. *Nastava i vaspitanje*, 2-3, 168-178.
- Mirzayantz Đukić, M. (2011). Učenje stranog jezika pomoću računara. *Nastava i vaspitanje*, 4, 718-728.
- Nwafor, O., & Charity, A.O. (2013). Application of Computer in Nigerian Education for Scientific and Technological Development. *International Journal of Institute for Empirical Research and Sustainable Development*, Vol.9, 7-14. Retrieved from <http://iiersd-research.org/emat/JEkiti.pdf>
- Odadžić, V., Miljanović, T., Mandić, D., Pribičević, T., & Županec, V. (2017). Effectiveness of the Use of Educational Computer Software in Teaching Biology. *Croatian Journal of Education*, 19(1), 11-43. <https://doi.org/10.15516/cje.v19i1.2313>
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T., & Brünken, R. (2013). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 1-3.
- Roders, P. (2003). *Interaktivna nastava*. Beograd: Filozofski fakultet.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2008). Using a Computer Animation to Teach High School Molecular Biology. *Journal of Science Educational Technology* 17, 49-58. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9080-4>
- Singh, Y. G. (2010). A Study of Effectiveness of Multimedia Programme in Teaching Biology Research Analysis and Evaluation. *International Research Journal*, 1(11). Retrieved from <http://www.ssmrae.com>
- Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik*. 7, 2011, Beograd.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Templin, A.T., & Fetters, M. K. (2002). A working model of protein synthesis using Lego™ building blocks. *Am Biol Teach*, 64, 673-678. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2002\)064\[0673:AWMOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2002)064[0673:AWMOPS]2.0.CO;2)
- Terzić, J., & Miljanović, T. (2009). Efikasnost primene multimedije u nastavi Biologije u gimnaziji. *Nastava i vaspitanje*, 1, 5-14.
- Vilotijević, N. (2008). *Interaktivna nastava*. Vranje: Učiteljski fakultet.

- Yusuf, M. O., & Afolabi, A. O. (2010). Effects of Computer Assisted Instruction (CAI) on Secondary School Students' Performance in Biology. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(1), 62-69.
- Županec, V., Miljanović, T., & Pribičević, T. (2013). Effectiveness of computer-assisted learning in biology teaching in primary schools in Serbia. *Zbornik Instituta za pedagoška istraživanja*, 45(2), 422-444. <https://doi.org/10.2298/ZIPI1302422Z>

---

**Tijana Pribičević**

Faculty of Sciences, University of Novi Sad  
Trg Dositeja Obradovića 2, 2100 Novi Sad, Serbia  
[tijana.pribicevic@dbe.uns.ac.rs](mailto:tijana.pribicevic@dbe.uns.ac.rs)

**Tomka Miljanović**

Faculty of Sciences, University of Novi Sad  
Trg Dositeja Obradovića 2, 2100 Novi Sad, Serbia  
[tomka.miljanovic@dbe.uns.ac.rs](mailto:tomka.miljanovic@dbe.uns.ac.rs)

**Vesna Odadžić**

High school Zrenjaninska gimnazija  
Gimnazijska 2, 23000 Zrenjanin, Serbia  
[vesna.odadzic@gmail.com](mailto:vesna.odadzic@gmail.com)

**Danimir Mandić**

Faculty of Education, University of Belgrade  
Kraljice Natalije,43, 11000 Beograd, Serbia  
[dekan@uf.bg.ac.rs](mailto:dekan@uf.bg.ac.rs)

**Vera Županec**

Faculty of Sciences, University of Novi Sad  
Trg Dositeja Obradovića 2, 2100 Novi Sad, Serbia  
[vera.zupanec@dbe.uns.ac.rs](mailto:vera.zupanec@dbe.uns.ac.rs)

# Učinkovitost interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala u gimnazijama

## Sažetak

*U pedagoškom istraživanju čiji su rezultati prikazani u ovome radu, naziv nastavne teme bio je Osnove molekularne Biologije, u skladu s Nastavnim planom i programom za Biologiju za četvrti razred prirodoslovno-matematičke gimnazije. Eksperiment se provodio tijekom 13 nastavnih sati interaktivne nastave uz pomoć računala u eksperimentalnoj skupini, a u kontrolnoj se skupini provodio tradicionalni oblik nastave. Istraživanje je provedeno na uzorku koji se sastojao od 142 učenike iz dviju gimnazija u Republici Srbiji. Cilj istraživanja bio je utvrditi postižu li se primjenom interaktivne nastave uz pomoć računala bolji rezultati prilikom usvajanja složenih sadržaja iz Biologije tako što se ostvaruju i viši stupnjevi kvalitete i količine znanja učenika u usporedbi s tradicionalnom nastavom. Analizom rezultata istraživanja potvrđena je veća učinkovitost interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala u usporedbi s tradicionalnim pristupom učenju istoga sadržaja. Uočene su statistički značajne razlike u postignućima učenika iz eksperimentalne skupine i onih iz kontrolne skupine na finalnom testu i na retestu u cjelini, kao i na pojedinačnim stupnjevima znanja. Razlike su utvrđene u poznavanju činjenica, razumijevanju pojmova, analizi i razmišljanju. Rezultati istraživanja upućuju na potrebu veće primjene interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala u gimnazijama i u ostalim srednjim školama, posebno kada se obrađuju teži nastavni sadržaji.*

**Ključne riječi:** kompetencije iz Biologije; molekularna biologija; prirodoslovno-matematička gimnazija; tradicionalna nastava; učenici četvrtog razreda.

## Uvod

Obrada sadržaja iz Biologije i drugih nastavnih predmeta u osnovnim i srednjim školama u Republici Srbiji još uvijek se odvija na dominantan, tradicionalan način (predavanje – pokazivanje) u kojem su učenici pasivni promatrači koji primaju već gotove znanstvene istine koje im na nastavi prenosi nastavnik. Njezin je najvažniji zahtjev da učenici usvoje brojne činjenice koje često ne razumiju, pa tako ono što nauče u školi, učenici ne mogu primijeniti u stvarnom životu (Terzić i Miljanović, 2009).

To potvrđuju i jako loši rezultati kandidata koji su završili srednju školu (većinom gimnaziju) na prijemnom ispitu iz Biologije kada se žele upisati na studijske programe Biologije, medicine i stomatologije (Miljanović, 2003). S druge pak strane, jedan od ciljeva modernog obrazovanja jest da učenici steknu funkcionalno znanje. Kako bi se to postiglo, tradicionalan pristup nastavi trebao bi biti zamijenjen inovativnim nastavnim metodama u kojima bi učenici bili aktivni sudionici. Aktivnosti za učenike u takvoj nastavi trebale bi biti osmišljene tako da im omoguće samostalno usvajanje znanja putem istraživanja, rješavanja problema, analize i razumijevanja sadržaja. Takav bi pristup omogućio bolje razumijevanje bioloških pojava i procesa.

Prema Nastavnom planu i programu za Biologiju za četvrti razred prirodoslovno-matematičke gimnazije u Republici Srbiji, tijekom 96 nastavnih sati trebale bi biti obrađene sljedeće nastavne teme: razvoj biologije životinja, mehanizmi nasljeđivanja, osnove molekularne biologije, ekologija i zaštita i unapređenje okoliša, zatim osnovni principi razvojne biologije (Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik, 7, 2011). Sadržaj svih nastavnih tema opširan je i kompleksan, a broj nastavnih sati predviđen za njihovu obradu, učenje, ponavljanje i odabir nastavnih materijala nije dovoljan. Velik dio tog sadržaja, koji je bitan za razumijevanje ključnih bioloških procesa, kao i za opće obrazovanje učenika, učenicima ostaje nerazumljiv čak i nakon obrade u školi. Spomenute činjenice ukazuju na potrebu zamjene tradicionalne metode nastave Biologije u gimnazijama modernim nastavnim modelom. Stoga se u didaktičkim i metodičkim istraživanjima neprestano traže nova rješenja (inovativni modeli nastave) koja mogu dovesti do bolje kvalitete i učinkovitosti nastavnog procesa.

Jedna od takvih inovacija u području modernizacije odgojno-obrazovnog rada i većeg uključivanja učenika u rad jest interaktivno učenje/interaktivna nastava. Sastoji se od dviju kompleksnih komponenti – učenja i interakcije. Interaktivno učenje nije samo puki zbroj sadržaja interakcije i sadržaja učenja nego novi fenomen, i s obzirom na sadržaj, i s obzirom na njegov učinak. Interaktivno učenje ima učinak koji je veći od pojedinačnih učinaka interakcije i učenja, kada se oni promatraju samostalno i zasebno (Krneta, 2006). Ta pedagoška paradigma sastoji se od interakcije između učenika koji uče, sadržaja koji uče i nastavnog procesa u sklopu kojega uče. Sama bit interaktivnog učenja izražena je u međuovisnosti i međusobnom djelovanju, tj. interakciji učenika koji zajedno uče, jer su svakom pojedincu potrebni drugi ljudi kako bi mogao zadovoljiti svoje potrebe. To se odnosi ne samo na materijalne nego ponajprije na društvene i psihološke potrebe koje su bitne za psihološko zdravlje pojedinca (Roders, 2003).

Metode interaktivnog učenja potiču razvoj pojedinca u neposrednim društvenim situacijama jer se temelje na suradničkim i interaktivnim oblicima komunikacije i različitim odnosima između sudionika (Vilotijević, 2008). Smatra se da bi metode učenja s drugima mogle nadoknaditi izražene nedostatke jednosmjernih aktivnosti pojedinaca i doprinijeti ne samo raznolikoj komunikaciji između različitih sudionika u nastavi nego i svestranom kognitivnom, emocionalnom i općem psihološkom i

društvenom razvoju učenika. Zajednički zaključak brojnih istraživanja provedenih o interaktivnoj nastavi jest taj da bi nastava trebala biti preusmjerena od velike kontrole nastavnog procesa od nastavnika na samostalan proces usvajanja znanja od učenika, a taj model uključuje i veću autonomiju i zajedničku izgradnju znanja kod samih učenika (Kennewell, Tanner, Jones, i Beauchamp, 2008). Psihološka je osnova interaktivnog učenja u suradnji, što je zapravo zasebna i vrlo kompleksna osobina karaktera pojedinca. Ta se sposobnost u procesu učenja praktično manifestira putem spremnosti na rad s drugima u suradničkom učenju (Rodgers, 2003). Interaktivno učenje, samo ili u kombinaciji s predavanjem nastavnika, može se primijeniti u svim nastavnim oblicima (frontalnom radu, radu u skupinama, radu u paru, samostalnom radu) s različitim pedagoškim učinkom.

Drugi važan segment moderne nastave jest primjena modernih nastavnih pomagala i opreme, prije svega primjena informacijskih i komunikacijskih tehnologija (IKT) u nastavnom procesu. Ciljevi njihove primjene su: olakšati i poboljšati učenje učenika, povećati učinkovitost nastavnog procesa i procesa učenja kako bi se olakšalo postizanje obrazovnih ciljeva, kao i povećati broj izvora znanja i broj korisnika različitih medija (Danilović, 2010).

Od IKT alata u suvremenoj se nastavi najviše koriste računala i multimedijske prezentacije. Oni omogućavaju novu organizaciju nastavnog procesa, koja odgovara individualnim sposobnostima i interesima učenika. Brojna su istraživanja pokazala da primjena računala u nastavi većine nastavnih predmeta povećava njezinu učinkovitost: u nastavi Geografije (Ivkov-Džigurski, Ivanović, i Pešić, 2009), Matematike (Laketa, Drakulić, Đurović, i Likić, 2013), stranih jezika (Mirzayantz Đukić, 2011), Biologije (Odadžić, Miljanović, Mandić, Pribičević, i Županec, 2016). Prema Daniloviću, računala su potaknula razvoj nastavnog procesa u području simulacije okolnosti učenja, u automatizaciji izvora i sredstava za pružanje povratnih informacija, u pomoći u pripremi i evaluaciji nastavnih materijala, integraciji nastavnih medija (filmovi, videoisječci, TV i tekst), u grupnoj nastavi i u individualnoj nastavi (Danilović, 2010). Mogućnost upotrebe računala kod učenika utječe na razvoj apstraktnog mišljenja, pamćenja i samostalnosti pri učenju, kao i na razvoj samoodgovornosti za uspjeh ili neuspjeh. Na temelju navedenih činjenica primjena računala u obrazovanju više nije samo tehničko pitanje nego vrlo važno društveno, pedagoško i humanističko pitanje koje zahtijeva i podrazumijeva značajne promjene u organizaciji nastave i odgojno-obrazovnog procesa općenito. Stoga se u mnogim zemljama moderna nastava ne može zamisliti bez računala.

Upotreba računala u 21. stoljeću širi se i razvija vrlo velikom brzinom i poprima nove dimenzije. Među najnovijim nastavnim sredstvima koja se sve više koriste u procesu usvajanja znanja i vještina u razvijenim zemljama su edukativni računalni programi. Za njihovo osmišljavanje i izradu angažiraju se timovi stručnjaka iz različitih područja, a primjena takvih računalnih programa u nastavi ima važan utjecaj na porast motivacije učenika, jer ona pobuđuje njihov interes i potiče ih na korištenje svih vještina



i postojećeg znanja kako bi usvojili novo nastavno gradivo (Aleksić, Đokić, i Vujičić, 2010; Odadžić i sur., 2017). Jedan primjer gotovog edukativnog računalnog programa je elektronički udžbenik (e-knjiga), koja se temelji na multimediji i interaktivnosti. Prema Mandiću, upotreba elektroničkih udžbenika pruža odlične mogućnosti za samostalan rad učenika i interakciju s izvorom informacija (Mandić, 2003). U Republici Srbiji je izrada edukativnih računalnih programa i e-udžbenika te njihova upotreba u nastavi određenih nastavnih predmeta još uvijek u ranoj fazi. Umjesto toga se u nastavnoj praksi puno više koriste multimedijske prezentacije koje izrađuju sami nastavnici i koriste ih u školama u kojima rade ili ih stavljaju na školsku mrežnu stranicu tako da se njima mogu koristiti i učenici i nastavnici iz drugih škola. Njihova kvaliteta ovisi o tehničkom i informatičkom znanju i kreativnosti nastavnika koji ih izrađuju.

Teorije multimedijskog učenja naglašavaju kognitivne procese uključene u proces usvajanja znanja, kao što su odabir bitnih informacija, konceptualnog organiziranja informacija u koherentne sustave i njihova integracija u prethodno stečeno znanje (Mayer, 2009; Sweller, 2005). Novija istraživanja uzimaju u obzir i afektivne aspekte multimedijskog učenja, a njihovi su rezultati pokazali da emocije i interesi služe kao moderatori kognitivnih procesa i poboljšavaju kognitivne i afektivne ishode (Park, Moreno, Seufert, i Brünken, 2013). Bognar je istaknuo da postoji korelacija između promjene u teorijskim pristupima učenju i napretka računalne tehnologije (Bognar, 2016).

Primjena interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala kombinacija je dvaju modernih koncepata nastave koji su puno učinkovitiji od tradicionalne nastave. Zajedno bi trebali doprinijeti kvalitetivnoj obradi vrlo kompleksnih sadržaja iz Biologije u gimnaziji. Tome u prilog ide i istraživanje koje se prezentira u ovom radu.

## **Metodologija**

### ***Cilj istraživanja***

Cilj je ovog istraživanja, provedbom obrazovnog istraživanja u usporednim skupinama, odrediti je li primjena interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala (koja se provodila u eksperimentalnoj skupini) dovela do boljih rezultata tijekom obrade i učenja složenih sadržaja iz Biologije u gimnaziji te je li dovela do postizanja višeg stupnja kvalitete i kvantitete znanja učenika u usporedbi s tradicionalnom nastavom (koja se provodila u kontrolnoj skupini).

Istraživačka pitanja

Iz općeg cilja formulirana su sljedeća istraživačka pitanja:

1. Postoje li razlike u postignućima učenika iz eksperimentalne i kontrolne skupine na finalnom testu i na retestu u cjelini te jesu li one statistički značajne?
2. Postoje li razlike u postignućima učenika iz eksperimentalne i kontrolne skupine na finalnom testu i na retestu u zadacima različitog stupnja težine (poznavanje činjenica, razumijevanje pojmova, analiza, razmišljanje), a koji čine različite stupnjeve kompetencije iz Biologije te jesu li te razlike statistički značajne?

## **Hipoteze**

Na temelju cilja i istraživačkih pitanja definirane su sljedeće hipoteze:

(H1) Interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala imat će pozitivan uticaj na razvoj učeničkih kompetencija iz Biologije u usporedbi s tradicionalnom nastavom. Stoga se očekuju bolja postignuća učenika iz skupine E na finalnom testu i na retestu od učenika iz skupine K.

(H2) Interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala pozitivno će utjecati na uspjeh učenika iz skupine E pri rješavanju zadataka nižeg stupnja složenosti (poznavanje činjenica), kojima se utvrđuje niži stupanj učeničkih kompetencija iz Biologije, u usporedbi s tradicionalnom nastavom koja se odvijala u skupini K.

(H3) Interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala pozitivno će utjecati na uspjeh učenika iz skupine E pri rješavanju zadataka višeg stupnja složenosti (razumijevanje pojmova, analiza i razmišljanje), kojima se utvrđuje viši stupanj učeničkih kompetencija iz Biologije, u usporedbi s tradicionalnom nastavom koja se odvijala u skupini K.

## **Uzorak istraživanja**

Istraživanje je provedeno u šest razrednih odjela četvrtog razreda prirodoslovno-matematičke gimnazije. Izbor razrednih odjela ovog smjera gimnazije određen je velikim brojem nastavnih sati Biologije (3 nastavna sata tjedno) u usporedbi s ostalim smjerovima gimnazije koji imaju dva nastavna sata Biologije tjedno. Raspored nastavnih tema u različitim smjerovima četvrtog razreda gimnazije je sličan. Zbog većeg broja nastavnih sati obrada pojedinih tema u prirodoslovno-matematičkoj gimnaziji je detaljnija, a taj smjer ima i više nastavnih sati. K tomu, interes učenika prirodoslovno-matematičke gimnazije za Biologiju veći je od interesa učenika ostalih gimnazijskih smjerova.

Eksperimentalna skupina sastojala se od učenika iz tri razredna odjela (72 učenika) gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj“ iz Novog Sada, a kontrolna skupina od učenika iz tri razredna odjela (70 učenika) gimnazije „Isidora Sekulić“, također iz Novog Sada (Republika Srbija). Dob učenika iz obiju skupina kretala se između 18 i 19 godina.

## **Instrumenti istraživanja**

Glavni mjerni instrumenti koji su se koristili u istraživanju bili su testovi znanja iz Biologije: inicijalni test, finalni test i retest. Testovi sadrže pitanja i zadatke objektivnog tipa koji su podijeljeni u tri stupnja, prema težini i složenosti: 1. stupanj (poznavanje činjenica), 2. stupanj (razumijevanje pojmova) i 3. stupanj (analiza i razmišljanje). Kognitivne domene bile su određene prema TIMSS 2007 modelu istraživanja (Martin, Mullis, i Foy, 2008), koji se koristio za kategorizaciju pitanja u testu. Zadaci u testu poredani su u niz od najjednostavnijih (oni kojima se ispituju niži stupnjevi kompetencija učenika iz Biologije) prema složenijim i težim zadacima (oni u kojima se razmatraju viši i najviši stupnjevi kompetencija učenika iz Biologije). Maksimalan

broj bodova na testovima je bio 100. Cronbach alpha vrijednost za inicijalni test bila je ( $\alpha=0,832$ ), a za finalni test, koji je istodobno bio i retest, Cronbach alfa vrijednost bila je ( $\alpha=0,901$ ), što je pokazalo visoku pouzdanost testova.

### **Postupak istraživanja**

Pedagoško istraživanje provedeno je u školskoj godini 2015./2016. tijekom 5 tjedana.

Na početku istraživanja, a prije uvođenja eksperimentalnih faktora u eksperimentalnu skupinu, eksperimentalna skupina (E) i kontrolna skupina (K) ujednačene se su na temelju rezultata koje su postigli na inicijalnom testu iz Biologije. Inicijalni test bio je sastavljen od materijala koji su sadržavali već obrađene nastavne teme povezane s temom Mehanizmi nasljeđivanja.

Nakon ujednačavanja skupine E i skupine K, u daljnjim fazama istraživanja obrađena je nastavna tema *Osnove molekularne biologije* primjenom dviju različitih nastavnih metoda.

Učenici iz eksperimentalne skupine obrađivali su tu temu interaktivnim učenjem uz pomoć računala, radeći u paru u informatičkom kabinetu. Tijekom 10 nastavnih sati učili su novo gradivo, tijekom dva nastavna sata ponavljali su obrađeno gradivo, a tijekom jednog sata provedeno je usustavljanje cijele nastavne teme. Na svim nastavnim satima nastavnik je pratio rad svih parova učenika i pružao im je pomoć ako je to bilo potrebno. Nastava s učenicima u eksperimentalnoj skupini bila je organizirana u nekoliko faza:

U *pripremnoj fazi* nastavnik je učenicima objasnio zadatak, metode rada i odredio vrijeme potrebno za završetak pojedinačnih faza nastavnog sata.

U *fazi realizacije* učenici su u parovima radili na računalima, pregledavajući Prezi prezentacije izrađene za svaku lekciju. Učenici su razgovarali jedni s drugima i analizirali gradivo, promatrali ilustracije i animacije ključnih bioloških procesa, čitali tekst u kojemu su bili objašnjeni određeni biološki procesi, rješavali zadani zadatak (zadatke) te pripremali odgovore na pitanja.

U *fazi prezentacije* učenici su odgovarali na pitanja. Nastavnik je vodio računa o tome da se u toj fazi nastavnog sata u rad uključi velik broj učenika. Tijekom učeničkih prezentacija nastavnik je učenicima ponovno pokazivao određene dijelove Prezi prezentacije koji su ilustrirali odgovore učenika. Tako su tijekom prezentacije odgovora na pitanja učenici ponovno mogli gledati prezentaciju.

U *fazi evaluacije* (na samom kraju nastavnog sata) učenici su pojedinačno rješavali interaktivni test na računalu, koji se sastojao od nekoliko pitanja (5 do 6), a na temelju broja točnih odgovora dana im je povratna informacija o tome koliko su bili uspješni u savladavanju gradiva obrađenoga na satu.

Učenici iz kontrolne skupine obrađivali su istu temu tijekom istog broja nastavnih sati na način tradicionalne nastave (koja je obuhvaćala metodu govora, rad na tekstu, metodu demonstracije i frontalni rad) u učionici specijaliziranoj za nastavu Biologije. Na svim nastavnim satima na kojima se obrađivalo novo gradivo, nastavnik

je učenicima postavljao pitanja na koja su usmeno odgovarali. Na satima ponavljanja gradiva (2) i usustavljivanja obrađenih tema (1) učenici su također usmeno odgovarali na nastavnikova pitanja. Ako je to bilo potrebno, nastavnik je ispravljao i dopunjavao njihove odgovore.

Nakon što su nastavne jedinice iz Osnova molekularne Biologije obrađene na različite načine u skupinama E i K, provedeno je finalno testiranje učenika iz obiju skupina.

Ponovljeno testiranje (retestiranje) učenika iz skupina E i K provedeno je 60 dana nakon finalnog testiranja.

### ***Nastavni materijali***

Nastavu Biologije u eksperimentalnoj i u kontrolnoj skupini izvodili su različiti nastavnici u dvije škole. S ciljem obrade novog gradiva iz Biologije, za skupinu E izrađene su Prezi prezentacije za 10 nastavnih jedinica iz teme Osnove molekularne Biologije, u skladu s Nastavnim planom i programom iz Biologije za četvrti razred prirodoslovno-matematičke gimnazije, a prema udžbeniku *Biologija* (autora Cvetković, Lakušić, Matić, Korać i Jovanović, 2011). Prezi je relativno nov mrežni alat za izradu i pohranjivanje multimedijских prezentacija koji, kao i PowerPoint, ima mogućnost integracije teksta, slika, animacija, audio i videozapisa u jednu prezentaciju. Prezi prezentacije su detaljnije i interaktivnije od PowerPoint prezentacija (Chou, Chang i Lu, 2015). Sastavni dio prezentacija koje su se koristile u skupini E su 3 animacije: transkripcija, translacija i regulacija aktivnosti gena. Sve prezentacije sadržavale su i dodatnu (bonus) informaciju, koja je predstavljala kratku zanimljivost vezanu uz nastavnu jedinicu. One su bile namijenjene najboljim učenicima koji su imali vremena i interesa za njihovo proučavanje. Za sve nastavne sate planirane za ponavljanje gradiva i usustavljivanje obrađenih tema izrađeni su odgovarajući interaktivni računalni testovi s različitim vrstama pitanja.

Učenici iz skupine K obradili su istu nastavnu temu bez korištenja dodatnih nastavnih sredstava. Na temelju prethodnog dogovora, nastavnik koji je izvodio nastavu u toj skupini koristio se samo udžbenikom iz Biologije, kredom i pločom. Učenici iz te skupine su na svim nastavnim satima odgovarali samo usmeno na pitanja nastavnika.

### ***Obrada podataka***

U istraživanju su analizirani sljedeći statistički parametri: veličina uzorka (N), aritmetička sredina (AM) i standardna devijacija (SD).

Kako bi se odredila statistička značajnost razlika u postignućima između učenika iz eksperimentalne i iz kontrolne skupine na inicijalnom testu, na finalnom testu i retestu u cjelini te na pojedinačnim stupnjevima znanja (1., 2. i 3.), primijenjen je t-test.

Kako bi se odredio efekt interakcije između faktora testiranja i faktora skupina, primijenjena je analiza varijance za ponovljena mjerenja (3X2 Mixed-design ANOVA).

Za statističku analizu rezultata inicijalnog testa, finalnog testa i retesta u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja, koristio se programski paket SPSS 19.0.

## Rezultati

Na početku istraživanja, na temelju rezultata ostvarenih na inicijalnom testu, skupine E i K bile su ujednačene na inicijalnom testu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja. Na kraju istraživanja analizirani su rezultati učenika iz obiju skupina na finalnom testu i na retestu u cjelini, kao i na pojedinačnim stupnjevima znanja. Također su analizirane i promjene u postignućima učenika u objema skupinama, i to na sva tri testa, te je utvrđeno jesu li razlike između testova i skupina statistički značajne. Statistički parametri inicijalnog testa, finalnog testa i retesta općenito prikazani su u Tablici 1, a statistički parametri za sva tri stupnja znanja na sva tri testa prikazani su u Tablici 2.

Prosječno postignuće učenika iz skupine E na *inicijalnom testu u cjelini* bilo je 65,931 bodova, a prosječno postignuće učenika iz skupine K bilo je 65,043 bodova (Tablica 1). Razlika u srednjoj vrijednosti između dviju skupina je 0,888 bodova u korist skupine E te nije statistički značajna ( $t=-,367$ ;  $df=140$ ;  $p=,715>,05$ ). Na temelju tih vrijednosti skupine E i K bile su ujednačene na početku obrazovnog istraživanja na temelju postojećeg znanja iz Biologije koje su učenici pokazali. To je omogućilo daljnji tijek istraživanja.

### Tablica 1

Na temelju rezultata postignutih na *finalnom testu u cjelini* (Tablica 1), učenici iz skupine E imali su prosječno postignuće od 85,458 bodova, a prosječno je postignuće učenika iz kontrolne skupine bilo 65,136 bodova. Razlika u postignućima učenika iz eksperimentalne i iz kontrolne skupine na finalnom testu bila je 20,322 bodova u korist eksperimentalne skupine te je statistički značajna ( $t=7,570$ ;  $df=140$ ;  $p=,000<,05$ ).

Analiza prosječnog broja bodova na *retestu u cjelini* (Tablica 1) pokazala je da su učenici iz skupine E postigli 75,403 bodova, a da su učenici iz kontrolne skupine postigli 53,607 bodova. Razlika u broju bodova između dviju skupina na retestu bila je 21,796 bodova u korist skupine E te je statistički značajna ( $t=6,352$ ;  $df=140$ ;  $p=,000<,05$ ).

Utvrđene razlike u postignućima učenika iz skupina E i K na finalnom testu i retestu u cjelini, a koje idu u prilog skupini E, pokazale su da realizacija odgovarajuće odabranog sadržaja iz Biologije, putem interaktivne nastave uz pomoć računala, pridonosi većoj kvantiteti, kvaliteti i zadržavanju znanja iz Biologije.

Kako bi se analizirale kvaliteta znanja učenika iz skupina E i K te njihove kompetencije iz Biologije, analizirana su postignuća učenika iz skupina E i K na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu na pojedinačnim stupnjevima znanja: poznavanje činjenica (1. stupanj), razumijevanje pojmova (2. stupanj) i analiza i razmišljanje (3. stupanj). Njihovi statistički parametri prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2

Razlike u postignućima učenika iz skupina E i K na *inicijalnom testu na pojedinačnim stupnjevima znanja* nisu značajne: na 1. stupnju razlika je 0,185 bodova u korist skupine K ( $t=-,383$ ;  $df=140$ ;  $p=,703>0,05$ ), na 2. stupnju razlika je 0,343 bodova u korist skupine E ( $t=,290$ ;  $df=140$ ;  $p=,772>0,05$ ), a na 3. stupnju razlika je 0,785 bodova u korist skupine E ( $t=,638$ ;  $df=140$ ;  $p=,524>0,05$ ). Na temelju vrijednosti parametara  $t$  i  $p$ , razlike između skupina E i K na inicijalnom testu na pojedinačnim stupnjevima vještina nisu statistički značajne. Na temelju tih vrijednosti, skupine E i K su ujednačene na početku istraživanja i na pojedinačnim stupnjevima znanja pokazanim na inicijalnom testu.

Razlike u postignućima učenika iz skupina E i K na *finalnom testu* na pojedinačnim stupnjevima znanja su velike: na 1. stupnju razlika je 3,998 bodova ( $t=6,632$ ,  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ), na 2. stupnju razlika je 7,221 bodova ( $t=5,354$ ,  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ), a na 3. stupnju razlika je 8,989 bodova ( $t=7,379$ ,  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ,  $d=1,23$ ). Utvrđene razlike na finalnom testu između skupina E i K na sva tri stupnja znanja idu u prilog skupini E te su statistički značajne.

Razlike u postignućima između učenika iz skupine E i skupine K na *retestu* na pojedinačnim stupnjevima znanja su velike; veće su i na 1. i na 2. stupnju znanja, nego na finalnom testu: na 1. stupnju razlika je 4,435 bodova ( $t=7,291$ ;  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ), na 2. stupnju razlika je 10,106 bodova ( $t=7,291$ ;  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ), a na 3. stupnju razlika je 7,256 bodova ( $t=6,095$ ;  $df=140$ ;  $p=,000<0,05$ ). Utvrđene razlike između skupina E i K na retestu na sva tri stupnja idu u prilog skupini E te su statistički značajne.

Primjena različitih modela nastave u skupinama E i K dovela je do razlike u postignućima učenika iz skupina E i K na finalnom testu i na retestu u cjelini (Tablica 1), no također i na pojedinačnim stupnjevima znanja (Tablica 2).

Kako bi se cjelovitije sagledao uspjeh učenika na testovima znanja (inicijalnom, finalnom i na retestu) i promjene u postignućima učenika u skupinama E i K tijekom istraživanja, u prikazima 1-4 mogu se vidjeti postignuća učenika iz skupine E i skupine K na pojedinačnim stupnjevima znanja: na 1. stupnju (Prikaz 1), na 2. stupnju (Prikaz 2), na 3. stupnju (Prikaz 3) i na testovima u cjelini (Prikaz 4). Analizirane su promjene u postignućima učenika iz skupina E i K tijekom istraživanja primjenom LSD testova kontrasta, za svaku skupinu zasebno.

Na zadacima prvog stupnja (Prikaz 1) učenici iz skupine E postigli su bolji uspjeh na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 2,972 bodova ( $p=,000<0,001$ ), a na retestu su bili nešto manje uspješni nego na finalnom testu, i to za 0,611 bodova ( $p=,048>0,001$ ).

#### Prikaz 1

Na pitanjima i zadacima prvog stupnja znanja učenici iz skupine K pokazali su slabija postignuća na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 1,200

bodova ( $p=,033>0,001$ ), a na retestu su bili nešto manje uspješni nego na finalnom testu, i to za 1,057 bodova ( $p=,009>0,001$ ). Promjene u postignućima učenika iz skupina E i K na najlakšim zadacima (1. stupanj znanja) tijekom istraživanja manje su izražene nego na drugim stupnjevima znanja. To pokazuje da obje skupine učenika imaju dobro usvojeno znanje o sadržajima tog stupnja složenosti jer su to bila najlakša pitanja na testovima.

Analiza postignuća učenika iz skupina E i K na drugom stupnju znanja tijekom istraživanja (Prikaz 2) pokazuje da je obrazac promjena u skupinama E i K drugačiji. Na zadacima drugog stupnja težine učenici iz skupine E ostvarili su bolji uspjeh na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 5,056 bodova ( $p=,000<0,001$ ), a na retestu su bili manje uspješni nego na finalnom testu, i to za 6,986 bodova ( $p=,000<0,001$ ). Na pitanjima i zadacima drugog stupnja znanja učenici iz skupine K ostvarili su slabiji rezultat na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 1,821 bodova ( $p=,129<0,001$ ), a na retestu su bili znatno manje uspješni nego na finalnom testu, i to za 9,071 bodova ( $p=,000<0,001$ ). Veći broj bodova u skupini E na tom stupnju znanja na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom može se pripisati interaktivnoj nastavi uz pomoć računala, što nije slučaj i sa skupinom K, u kojoj se provodila tradicionalna nastava. Slabija postignuća na retestu u usporedbi s finalnim testom u obje skupine rezultat su zaboravnosti koja je u K skupini još uvijek bila veća.

#### Prikaz 2

Na zadacima trećeg stupnja znanja (Prikaz 3) učenici iz skupine E su postigli bolji uspjeh na finalnom testu u usporedbi s uspjehom na inicijalnom testu, i to za 11,319 bodova ( $p=,000<0,001$ ), a na retestu su postigli nešto slabiji uspjeh nego na finalnom testu, i to za 2,333 bodova ( $p=,000<0,001$ ). Isto tako, učenici iz skupine K su na pitanjima i zadacima tog stupnja znanja ostvarili bolje rezultate na finalnom testu u usporedbi s rezultatima na inicijalnom testu za 3,114 bodova ( $p=,002>0,001$ ), a na retestu je uspjeh bio nešto slabiji nego na finalnom testu, za 0,600 bodova ( $p=,386>0,001$ ). Iako su postignuća učenika iz skupine E na najtežim pitanjima (analiza i razmišljanje) bila bolja u usporedbi sa skupinom K i na finalnom testu i na retestu, promjene u postignućima učenika u objema skupinama na tom stupnju znanja imale su isti obrazac tijekom istraživanja. Značajan porast broja bodova u skupini E na finalnom testu u odnosu na inicijalni test može se pripisati interaktivnoj nastavi uz pomoć računala koja im je omogućila razumijevanje i usvajanje i najtežih sadržaja iz Biologije. Povećanje broja bodova na finalnom testu u usporedbi s inicijalnim testom u skupini K rezultat je napornog rada nastavnika Biologije, koji su svojim učenicima uspjeli objasniti bit ključnih pojmova i procesa iz nastavne teme Osnove molekularne Biologije. Nešto slabiji uspjeh na retestu u usporedbi s finalnim testom u obje skupine rezultat je zaboravljivosti.

#### Prikaz 3

Na finalnom testu u cjelini (Prikaz 4) učenici iz skupine E postigli su znatno bolji rezultat u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 19,528 bodova ( $p=,000 < 0,001$ ), a na retestu su bili nešto manje uspješni nego na finalnom testu, za 10,056 bodova ( $p=,000 < 0,001$ ). Učenici iz K skupine bili su znatno manje uspješni na finalnom testu u cjelini u usporedbi s inicijalnim testom, i to za 0,093 bodova ( $p=,946 > 0,001$ ), a na retestu su ostvarili znatno slabiji uspjeh nago na finalnom testu, i to za 11,529 bodova ( $p=,000 < 0,001$ ).

#### Prikaz 4

Za vrijeme nastave koja se izvodila u gimnaziji u skupini E i u kojoj su se obrađivali kompleksni nastavni sadržaji iz molekularne biologije, primjenjivala su se dva srodna metodička pristupa (interaktivna nastava i primjena računala). Kako pokazuju rezultati na finalnom testu i retestu u cjelini, ta dva pristupa dovela su do vrlo dobrih rezultata. Učenici iz skupine E imali su značajno bolje rezultate na finalnom testu u cjelini, u usporedbi s inicijalnim testom, kao i na retestu u usporedbi s inicijalnim testom. Tako visok stupanj znanja ne bi se mogao postići tradicionalnom nastavom u skupini K, u kojoj je broj bodova ostvaren na finalnom testu i na retestu bio niži nego na inicijalnom testu. Slabi rezultati na retestu u usporedbi s rezultatima ostvarenima na finalnom testu u objema skupinama rezultat su zaboravnosti. Nakon što je s učenicima obrađena jedinica iz teme Osnove molekularne biologije, obje skupine učenika učile su o ekologiji, zaštiti i unapređenju okoliša, koja nije bila značajno povezana s prijašnjom temom. Zbog činjenice da između finalnog testa i retesta u roku od 60 dana učenici nisu ponavljali sadržaje iz molekularne biologije, tijekom tog razdoblja učenici iz obiju skupina zaboravili su dio obrađenog sadržaja. Zbog toga su ostvarili slab rezultat na istom testu dva mjeseca poslije (učenici iz skupine E za 10,56 bodova, a učenici iz skupine K za 11,529 bodova). Međutim, zbog primjene interaktivnog pristupa uz pomoć računala tijekom nastavnog procesa u kojemu se obrađivala jedinica iz Osnova molekularne biologije, stupanj znanja učenika iz skupine E bio je visok (prosjeak je bio 75,403 bodova) na kraju istraživanja (na retestu općenito) u usporedbi s učenicima iz skupine K (prosjeak od 53,607 bodova). To je potvrdio i broj bodova obiju skupina na retestu u usporedbi s inicijalnim testom, koji je bio veći u skupini E (za 9,472 bodova), a u skupini K taj se broj znatno smanjio (na 11,436 bodova) u usporedbi s inicijalnim testom.

U sklopu analize varijance za ponovljena mjerenja (3x2 ANOVA with repeated measures) provedena je analiza efekata interakcije mjerenja (test) i skupina (E i K) koji variraju ovisno o primijenjenom modelu nastave, a tom je analizom utvrđena značajna razlika između skupina u promjenama u postignućima učenika u sva tri mjerenja (na inicijalnom testu, finalnom testu i retestu), i na pojedinačnim stupnjevima znanja i na testovima u cjelini. Promjene u postignućima učenika od inicijalnog testa, preko finalnog testa pa do retesta postoje, različite su u različitim skupinama te su statistički značajne, kako na pojedinačnim stupnjevima znanja (1. stupanj  $F(2,139)=26,338$ ,



$p < ,001$ ; 2. stupanj:  $F(2,139)=13,259$ ,  $p < ,001$ ; 3. stupanj:  $F(2,139)=21,861$ ,  $p < ,001$ ), tako i na testovima u cjelini ( $F(2,139)=30,311$ ,  $p < ,001$ ).

## Rasprava

Molekularna biologija je disciplina biologije koja proučava biologiju na molekularnom stupnju, a njezin sadržaj objašnjava samu bit života. Mnogi nastavnici i učenici smatraju da je nastavnicima vrlo teško objašnjavati učenicima teme poput molekularne genetike (biologije) te da je učenicima vrlo teško učiti o tim temama (Marbach-Ad i Stavy, 2000; Templin i Fetters, 2002). Gimnazijalci u Srbiji nemaju dovoljno predznanja iz biologije i drugih prirodnih znanosti koje je bitno za razumijevanje molekularne biologije. Također, u našim školama nedostaje modernih nastavnih pomagala koja bi nastavnicima omogućila adekvatno prenošenje najtežih nastavnih sadržaja učenicima. Stoga takvi sadržaji često ostaju apstraktni i neshvatljivi učenicima čak i nakon što im se oni objasne na nastavnim satima Biologije u školi, uz primjenu tradicionalnih nastavnih metoda. Te činjenice upućuju na to da je neophodno mijenjati način na koji se izvodi nastava Biologije u gimnazijama, tako što bi se uvele moderne nastavne metode koje bi učenicima pomogle bolje razumjeti i kvalitetno usvojiti čak i najteže sadržaje. Jedan od takvih inovativnih nastavnih modela, interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala, primijenjena je u ovom istraživanju u skupini E, a njezini rezultati uspoređeni su s rezultatima skupine K u kojoj se izvodila tradicionalna nastava.

Na samom početku istraživanja, na temelju vrijednosti t-testa, utvrđeno je da razlike u postignućima učenika iz obiju skupina na inicijalnom testu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja nisu statistički značajne, tj. da su obje skupine, E i K, jednake s obzirom na postojeće predznanje iz biologije. To je omogućilo daljnji tijek istraživanja i njegove zaključke.

U sljedećim fazama istraživanja nastavna tema Osnove molekularne biologije izvodila se primjenom dva različita nastavna modela u dvije različite skupine učenika (interaktivna nastava uz pomoć računala u skupini E i tradicionalna nastava u skupini K). Analizom rezultata finalnog testa i retesta u skupinama E i K utvrđeno je je li interaktivna nastava uz pomoć računala učinkovitiji način poučavanja Biologije u usporedbi s tradicionalnim modelom nastave.

Postignuća učenika u skupini E na finalnom testu i na retestu značajno su veća od postignuća učenika iz K skupine.

Analizom rezultata finalnog testa u cjelini (na temelju vrijednosti t-testa) uočeno je da je razlika u postignućima učenika iz skupina E i K na tom testu (u korist skupine E) bila statistički značajna.

Postignuća učenika iz skupine E bila su značajno bolja od postignuća učenika iz K skupine na retestu u cjelini jer je razlika u postignućima učenika iz skupina E i K na tom testu također bila u korist skupine E i bila je statistički značajna.

Na temelju prikazanih rezultata potvrđena je prva hipoteza istraživanja (H1) u kojoj se navodi da interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala ima pozitivan utjecaj

na razvoj učeničkih kompetencija iz Biologije kada se uspoređi s tradicionalnom nastavom. Dakle, uspjeh učenika iz E skupine na finalnom testu i na retestu bolji je od uspjeha učenika iz K skupine.

Postignuća učenika iz skupine E na finalnom testu bila su znatno veća na pojedinačnim stupnjevima znanja u uspoređbi sa skupinom K. Analizom rezultata finalnog testa na prvom, drugom i trećem stupnju znanja (na temelju vrijednosti t-testa) utvrđeno je da je uočena razlika u učeničkim postignućima u skupinama E i K (u korist skupine E) bila statistički značajna na sva tri stupnja.

Postignuća učenika iz skupine E također su bila značajno veća od postignuća učenika iz skupine K na retestu na pojedinačnim stupnjevima znanja. Analiza rezultata na retestu pokazala je da je utvrđena razlika u postignućima učenika u skupinama E i K na prvom, drugom i trećem stupnju znanja (u korist E skupine) statistički značajna.

Na temelju prikazanih rezultata, potvrđena je druga hipoteza istraživanja (H2), koja navodi da interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala ima pozitivan utjecaj na uspjeh učenika iz skupine E u rješavanju problema nižeg stupnja složenosti (poznavanje činjenica), a što je temelj za niže stupnjeve učeničkih kompetencija iz Biologije, u uspoređbi s tradicionalnom nastavnom metodom koja se primjenjivala u K skupini.

S obzirom na prikazane rezultate, potvrđena je i treća hipoteza istraživanja (H3), koja navodi da interaktivna nastava Biologije uz pomoć računala ima pozitivan utjecaj na uspjeh učenika iz skupine E u rješavanju problema viših stupnjeva složenosti (razumijevanje pojmova, analiza i razmišljanje), a koji su osnova za više stupnjeve učeničkih kompetencija iz Biologije, u uspoređbi s tradicionalnom nastavnom metodom koja je primijenjena u skupini K.

Odgovor na pitanje zašto su rezultati učenika iz skupine E puno bolji od rezultata učenika iz K skupine povezan je s metodičkim pristupom primijenjenim u skupinama E i K tijekom istraživanja. Učenici iz svih triju razrednih odjela koji su bili uključeni u E skupinu radili su na računalima u paru dok su gledali multimedijske Prezi prezentacije nastavnog sadržaja vezanog uz temu Osnove molekularne Biologije. U sklopu tih prezentacija dodatno su gledali animacije ključnih bioloških procesa i čitali iz svojih prezentacija sažeta teorijska objašnjenja. Na tim je nastavnim satima bilo bitno ono što su učenici uistinu vidjeli u prezentaciji. Na primjer, učenici u E skupini gledali su animaciju procesa DNK replikacije (udvostručavanja DNK molekula), transkripcije (transkripcije iRNK, tRNK i rRNK iz DNK) i translacije (translacije iRNK redosljeda kodona u odgovarajuće nizove aminokiselina u bjelančevinama za čiju sintezu iRNK nosi genetički kod). Taj se kod preslikava iz DNK. Prije spomenute animacije vrlo su ilustrativne. Nakon gledanja animacija i čitanja svakog objašnjenja, učenici su radili u parovima i tumačili ih jedni drugima, pa ih ponovno gledali. Vizualna komponenta u nastavi Biologije dodatno je bila dopunjena interaktivnom nastavom na svim nastavnim satima Biologije. U sklopu primijenjenog modela nastave Biologije u E skupini ostvareno je nekoliko stupnjeva interaktivnosti: između dvoje učenika

tijekom prezentacije njihovih opažanja, zatim između ostalih učenika u razredu (u fazi prezentacije rada); između učenika i nastavnika Biologije (u pripreмноj fazi i fazi prezentacije); između učenika i računala (tijekom gledanja prezentacije nastavnog materijala i interaktivnog testa). To je bilo jako važno kako bi učenici iz E skupine razumjeli bit tih procesa. Stoga su na svim nastavnim satima u sklopu faze evaluacije točno odgovorili na pitanja nastavnika, a koja su bila navedena u protokolu. Sastavni dio prezentacija bili su interaktivni testovi, pa je svaki učenik imao povratnu informaciju o svojem radu i točnu informaciju o tome što je u njegovim odgovorima bilo točno, a što netočno. To je ujedno bio i dodatni motiv za veći angažman učenika iz E skupine tijekom istraživanja.

Učenici iz K skupine ostvarili su slab rezultat na finalnom testu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja u usporedbi s inicijalnim testom, a njihov je uspjeh na retestu također bio slabiji kada se uspoređi s inicijalnim i finalnim testom, iako se u toj skupini na nastavi Biologije tijekom istraživanja ništa nije promijenilo u usporedbi s prethodnim razdobljem. Promjene (opadanje) u postignućima učenika iz K skupine upućuju na težinu i kompleksnost sadržaja nastavnih jedinica u sklopu Osnova molekularne Biologije u odnosu na sadržaj prije obrađenih tema čija je usvojenost bila provjerena na inicijalnom testu, kada je uspjeh učenika iz obiju skupina bio uravnotežen i provjeravan u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja. Na temelju postignuća učenika iz K skupine na finalnom testu i retestu, nastavniku koji je u toj skupini izvodio nastavu Biologije bilo je teško učenicima objasniti složene biološke procese poput replikacije, transkripcije i translacije, uz pomoć samo skromnih ilustracija koje je mogao nacrtati na ploči, ili pokazati slike u udžbeniku. Bez upotrebe dodatnih nastavnih pomagala učenici iz K skupine mogli su razumjeti i zapamtiti samo bit tih procesa, no ne i razumjeti njihovu biološku važnost. Stoga su učenici iz K skupine postigli slabiji uspjeh na finalnom testu i na retestu (na testovima u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja) u usporedbi s učenicima iz E skupine.

Rezultati učenika iz E skupine na finalnom testu i na retestu u cjelini i na sva tri stupnja znanja u usporedbi s rezultatima učenika iz K skupine, kao i promjene u postignućima učenika iz tih dviju skupina tijekom istraživanja, pokazatelji su pozitivnog utjecaja interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala na stupanj i kvalitetu znanja učenika iz skupine E i njihove veće kompetencije iz Biologije u odnosu na tradicionalni model nastave (koja se izvodila u K skupini) u kojoj takav utjecaj nije ostvaren.

Također, u radovima drugih autora potvrđeno je da primjena računala i raznovrsnih multimedijских materijala poput računalnih prezentacija, zabave, edukativnih računalnih programa i e-udžbenika u nastavi ima veću učinkovitost nego tradicionalna nastava u predmetima kao što su Priroda i društvo (Cvjetičanin, Pećanac, Sakač, i Djurendić-Brenesel, 2013) i Biologija (Cheng, Cheng, i Chen, 2012; Nwafor i Charity, 2013; Odadžić i sur., 2017; Rotbain i sur., 2008; Singh, 2010; Yusuf, i Afolabi, 2010; Županec i sur., 2013).

U vezi s navedenim autorima i njihovim radovima istraživanje prikazano u ovom radu naglašava da je razlika u postignućima učenika iz skupina E i K na finalnom testu i na retestu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja znatno veća zbog izrazito boljih postignuća učenika iz skupine E na finalnom testu i na retestu. Moguće objašnjenje za to moglo bi biti da je, osim primjene računala, interaktivna nastava također imala važan utjecaj na stupanj postignuća učenika u E skupini na oba testa. U ovom je istraživanju na svim nastavnim satima Biologije intenzitet interakcije između parova učenika, svih učenika u razredu, učenika i nastavnika i učenika i računala bio na vrlo visokom stupnju. Učenici su bili potpuno angažirani od početka do kraja svakog nastavnog sata Biologije. Stoga su učenici iz E skupine ostvarili bolji rezultat na finalnom testu, na retestu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja. Taj je rezultat bio znatno bolji od rezultata učenika iz skupine K, u kojoj je stupanj interakcije bio nizak i svodio se samo na interakciju između učenika i nastavnika. Važnost primjene i računala i interaktivnog pristupa u nastavi Biologije može se odrediti iz rezultata ankete koju su učenici iz skupine E ispunili na kraju istraživanja. O tim rezultatima bit će riječi u budućem radu.

## **Zaključak**

Na temelju rezultata ovog istraživanja utvrđeno je da su učenici iz eksperimentalne skupine postigli bolje rezultate na finalnom testu i na retestu od učenika iz kontrolne skupine. U usporedbi s K skupinom, učenici iz E skupine bili su posebno uspješni u odgovaranju na teška pitanja (razumijevanje pojmova i analiza i razmišljanje) na oba testa. Prezentacije nastavnog sadržaja izrađene u Preziju i animacije translacije, transkripcije i regulacije aktivnosti gena, koje su se koristile u nastavi Biologije u skupini E, doprinijele su vizualizaciji kompleksnog sadržaja i tema iz Osnova molekularne Biologije, a rad u paru na računalu omogućio je interaktivniju nastavu Biologije. To je rezultiralo većim postignućima učenika iz skupine E na finalnom testu i na retestu u cjelini, kao i na pojedinačnim stupnjevima znanja. U tradicionalnoj nastavi koja se izvodila u K skupini vizualna komponenta u nastavi i angažman učenika na nastavi Biologije bili su na niskoj razini, što je rezultiralo skromnim postignućima te skupine učenika na finalnom testu i na retestu u cjelini, kao i na pojedinačnim stupnjevima znanja.

Na temelju rezultata istraživanja može se zaključiti da interaktivna nastava uz pomoć računala pozitivno utječe na razvoj kompetencija iz Biologije kod učenika iz E skupine jer je njezin učinak znatno veći u usporedbi s tradicionalnom nastavom Biologije koja se provodila u K skupini.

U interaktivnoj nastavi uz pomoć računala primijećena je povećana motivacija učenika iz skupine E za učenje Biologije, u usporedbi s učenicima iz K skupine. Iako je sadržaj Osnova molekularne biologije težak, učenici iz E skupine uspješno su odgovorili na pitanja nastavnika (u fazi izvještavanja) i uspješno su rješavali interaktivne testove. Informacija o njihovu uspjehu na testovima na kraju svakog

nastavnog sata Biologije bila je dodatni poticaj za još veći uspjeh na sljedećem satu. Učenici iz K skupine odgovarali su usmeno na pitanja nastavnika, a njihova motivacija za učenje teškog nastavnog sadržaja molekularne biologije bila je niska. Na postavljena pitanja odgovarao je malen broj učenika, a većina je učenika uglavnom pasivno pratila odgovore i komentare nastavnika.

Rezultati istraživanja (bolja postignuća učenika iz skupine E na finalnom testu i na retestu u cjelini i na pojedinačnim stupnjevima znanja, u usporedbi s učenicima iz K skupine) potvrdili su veću učinkovitost interaktivne nastave Biologije uz pomoć računala u gimnazijama u usporedbi s tradicionalnom nastavom. Oni upućuju na veću zastupljenost nastave Biologije uz pomoć računala u gimnazijama i ostalim srednjim školama.

### ***Napomena***

Ovaj je članak rezultat projekta “Kvaliteta obrazovnog sustava u Srbiji iz europske perspektive” (br. 179010) koji financijski podupire Ministarstvo obrazovanja, znanosti i tehnološkog razvoja Republike Srbije.