



Secondary School Students' Performance and Opinions Towards Activities Based on Engineering Design Process

Hikmet SÜRMEİ^{a*}, Mehtap YILDIRIM^b, Yeliz SEVGİ^c, Aysun GÖCÜK^d

^aMersin Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Mersin/Türkiye

^bMarmara Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İstanbul/Türkiye

^cMEB İstanbul/Türkiye

^dMEB, Kocaeli/Türkiye



Article Info

DOI: 10.14812/cuefd.395594

Article history:

Received 16.02.2018

Revised 03.10.2018

Accepted 15.10.2018

Keywords:

Engineering Design Process,
Secondary School,
Students' Performances

Abstract

The purpose of this study was to investigate secondary school students' performance and views in activities based on the engineering design process. From the two selected secondary schools, 48 students voluntarily participated in this study. For each school, six students were selected from each of the grades 5, 6, 7, and 8. In this study, a case study approach was used which is one of the types of qualitative research design. Four different situations were considered from a holistic approach in two different schools. To obtain the data, qualitative data collection techniques were chosen. The observation, interview forms were analysed through descriptive analysis. Two researchers implemented the activities based on the engineering design process to all the groups. In the first week, the students were informed about the engineering design process. The following weeks, the students worked in groups and undertook the activities designed by the researchers for each grade level in accordance with the relevant units. The results of this study revealed that students at lower grades had difficulty identifying the problem, obtaining the data, drawing the design, using the materials, and redesigning steps. However, all the students had positive views related to the implementation of the engineering design process.

Mühendislik Tasarım Sürecine Dayalı Etkinliklere Yönelik Ortaokul Öğrencilerinin Performansları ve Görüşleri

Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cuefd.395594

Makale Geçmişi:

Geliş 16.02.2018

Düzeltilme 03.10.2018

Kabul 15.10.2018

Anahtar Kelimeler:

Mühendislik Tasarım Süreci,
Ortaokul Öğrencileri,
Öğrenci performansları

Öz

Bu çalışmanın amacı mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinlikler ile ilgili ortaokul öğrencilerinin performanslarının ve görüşlerinin tespit edilmesidir. Çalışmaya iki ortaokulda öğrenim gören 48 öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Her okulun 5, 6, 7 ve 8. Sınıf düzeyinden 6 öğrenci çalışma için seçilmiştir. Bu çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden birisi olan durum çalışması uygulanmıştır. Bu amaçla, iki farklı okulda holistik yaklaşıma dayalı 4 farklı durum göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada veri toplamak amacıyla nitel veri toplama tekniklerinden yararlanılmıştır. Gözlem ve görüşme formlarından elde edilen veriler içerik analizi yolu ile analiz edilmiştir. Mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinlikler iki araştırmacı tarafından tüm gruplara uygulanmıştır. Uygulamanın ilk haftasında öğrenciler mühendislik tasarım süreci konusunda bilgilendirilmiştir. Devam eden haftalarda, öğrenciler gruplar halinde çalışarak, her grup için üniteler doğrultusunda araştırmacılar tarafından oluşturulan etkinlikleri gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmanın sonucu, alt sınıftaki öğrencilerin problemi belirleme, veri elde etme, tasarımı çizme, materyalleri kullanma ve tasarımın tekrar gözden geçirilmesi aşamalarında zorlandıklarını ortaya çıkarmıştır. Buna karşılık, öğrencilerin hepsinin mühendislik tasarım süreci ile ilgili olumlu görüşlere sahip oldukları belirlenmiştir.

* Author: hsurmeli@mersin.edu.tr

**This research was presented as a poster at the European Science Education Reserach Association (ESERA), 21-25 August, 2017, Dublin, Ireland

Introduction

In a globalised world, countries are in competition in terms of their national economies, scientific and technological development. In some cases, they have concerns about losing their economic status and about their performance in international science and mathematics assessments resulting in falling behind the other countries (Newman, Dantzer & Columa, 2015). In order for these countries to meet the economic, scientific and technological requirements, they realised that they need to train their students to solve the social and technological problems they face and to be able to adopt a group work approach (Bairaktarova, Cox & Evengelou, 2011; De Biase, 2016). In this context, many countries have developed a new science teaching curriculum or revised the existing curriculum and searched for the best instructional approaches and assessments to implement these curriculums (Schnittka, Bell & Richards, 2011). The main goal of these reforms is to promote scientific and technological literacy of their citizens. In Turkey, the science and engineering curriculums have been revised motivated by the results of international assessments and the need to increase the scientific, technological, social and economic capacity of the country, as well as the desire to become a competitor in the arena of developing countries. The latest revision of the draft curriculums was published by the Ministry of Education (MoNE), which will be implemented in elementary, secondary and high schools from the beginning of the 2017-2018 academic year. The programs will be founded on not only the basic concepts and principles of science but also science and engineering applications which will facilitate students in gain engineering and design skills (MoNE, 2017).

The engineering design process is accepted as a model for the science, technology, engineering and mathematics educational program (STEM) curriculum design (Corbett, 2012). The basic engineering design process includes the scientific steps of ask, imagine, plan, create, and improve. In this process, it is important for students to use their scientific and mathematical knowledge in solving problems, understand the role of materials they select, use their creativity and in-depth thinking to design models (English, Hudson & Dawes, 2011). In contrast to traditional teaching, this active process of learning promote students' development of mathematics and science content knowledge, scientific process skills, and their attitudes towards science (Schnittka, et al., 2011). In this approach, students use their mathematics and science knowledge to solve a problem and create a model (Strong, 2013), and they can understand what engineers do and the design process they follow when creating the models (Schnittka, et al., 2011).

In recent years, there has been an increase in studies concerning the engineering design process. These studies have focused on science instruction, and science content learning, the students' technological literacy, learning about the design process, and their use of scientific process skills (Apedoe, et al., 2008; Mehalik, Doppelt & Schurnn, 2008; Mooney & Laubach, 2002; Strong, 2013). All these studies reported increases in student achievement in mathematics and science content knowledge and in the participants' positive attitudes towards the engineering design approach. Since the latest version of the Science Teaching Curriculum (MoNE, 2018) based on engineering practices, in this study, practicing the sample activities through the design process is important both for teachers and students. In the light of the results of the studies in literature and based on the new science curriculum that will be implemented in Turkey from the beginning of the 2017-2018 academic year, the current study aimed to examine the performance and opinions of the participant secondary school students about the activities prepared for the engineering design process. For this purpose, the following research questions were developed to guide the research:

- 1- How do the fifth grade students perform in the activities prepared for the engineering design process?
- 2- How do the sixth-grade students perform in the activities prepared for the engineering design process?
- 3- How do the seventh-grade students perform in the activities prepared for engineering design process?
- 4- How do the eighth-grade students perform in the activities prepared for the engineering design process?

5- What are the views of secondary school students about the activities prepared for the engineering design process?

Method

In this study, a case study method, as one of qualitative research design approaches, was used to explore the performance of different grade levels of secondary school students and their opinions concerning the activities prepared for the engineering design process. In this study, four different situations were selected within a holistic approach in two different schools.

Participants

This study was implemented in two secondary schools which are similar in terms of achievement and socio-economic status and are located in two large cities in Turkey. 48 students from the two secondary schools voluntarily joined this study in the 2016-2017 academic term. The students were selected from grades 5, 6, 7, and 8. Voluntary principle was accepted in the study and six students from each of these grades from each of the schools participated voluntarily in this study. The students worked in groups, each consisting of three students from the same grade. The students' achievement in science and mathematics was also considered in creating the groups. There were 16 groups; two groups for each grade level.

Table 1.
Sampling Groups

	School 1								School 2								Total
	Grade 5		Grade 6		Grade 7		Grade 8		Grade 5		Grade 6		Grade 7		Grade 8		
Groups	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4	3	4	3	4	3	4	
Girls		2	3		1	3	3	1	1	1	1		1	2	2	2	23
Boys	3	1		3	2			2	2	2	2	3	2	1	1	1	25

Instrument

In this case study, qualitative data collection techniques were used. By using observation and interview forms diverse data were obtained. The observation form contains 15 items and the items were rated as low, medium and very. The interview form consisted of 5 open-ended questions and was applied to the students after the activity. The observation and interview forms were analyzed through descriptive analysis.

Data Collection Procedure

Two researchers who implemented the activities were doctoral students and were also science teachers in the national education-related schools. In the first week of this study, students were informed about the engineering design process. In the second week, the researchers applied a sample activity based on the engineering design process to all the groups. In this way, each student gained experience in the design process. In the following weeks, the activities for each grade level were implemented. Students performed the activities designed by the researchers at each grade level in accordance with the relevant science curriculum units.

Practising

Two researchers who implemented the activities were doctoral students and were also science teachers in the national education-related schools. In the first week of this study, students were informed about the engineering design process. In the second week, the researchers applied a sample activity based on the engineering design process to all the groups. In this way, each student gained experience in the design process. In the following weeks, the activities for each grade level were implemented. Students

performed the activities designed by the researchers at each grade level in accordance with the relevant curriculum units. Practising process and activities are shown in Table (2).

Table 2.
Practising Process and Activities

Weeks	Period	Practising
Week 1	1 class hour (40 minute)	Selection of students and making an introduction to the engineering design process
Week 2	1 class hour (40 minute)	Practising a sample activity to fifth-grade level Practising a sample activity to sixth-grade level Practising a sample activity to seventh-grade level Practising a sample activity to eighth-grade level
Week 3	2 class hours (80 minute)	Practising activities to fifth-grade level Practising activities to sixth-grade level Practising activities to seventh-grade level Practising activities to eighth-grade level

Students performed the activities, designed by the researchers at each grade level in accordance with the relevant units. The activities are presented in Table 3.

Table 3.
Activities Applied During Engineering Design Process

Grade	Unit-Content	Objectives	Activity
5	Measuring force/physical phenomena – the frictional force	Explores the inhibitory effect of frictional force on the motion of an object by experimenting in various environments and present examples of frictional force in daily life	Slow drop of an eraser
6	Force and motion/ physical phenomena	Explain combined forces Demonstrate multiple forces acting on an object by experimenting and drawing Explore and compare balanced and unbalanced forces by observing the motion of the objects Explain with examples, how kinetic and potential energy forms are converted to each other and make inference that energy is conserved	Using a catapult
7	Force and energy/ physical phenomena- force-solid pressure relationship	Explore the variables that affect the solid pressure and analyse the relationships between these variables	Using the wheel of a truck
8	Simple Machines/ Physical phenomena	Give examples of simple machines in daily life Utilizing simple machines, designs and build a mechanism that provides convenience in daily life.	Changing the size of a basketball

In the activity process, firstly, a suitable problem was identified and a scenario related to this problem was presented for the student to work on. After that, for each activity, the necessary materials and other alternative materials prepared by the teachers were given to the students. The students were told that they were free to choose the materials they wanted to use for their design. Each activity was performed over 2 class hours (80 minutes). During the activity process, the previously prepared observation analysis

forms were used by the researchers to note the work of each group, and thus obtained the data. After finishing the design activities, the students were asked to fill in the interview form.

Example of an Activity: Adjustable Basketball Hoop

Grade: 8

Unit: Simple Machines/ Physical phenomena

Aim: To design a basketball hoop with an adjustable height.

Problem scenario: There are students from different age groups in the school, and this means they are of different heights. This is a problem for the younger students; so, there is a need for an adjustable basketball hoop. Your task is to design a hoop with the ability to rise and fall relative to the heights of the users. The materials you can use in the design process are given below.

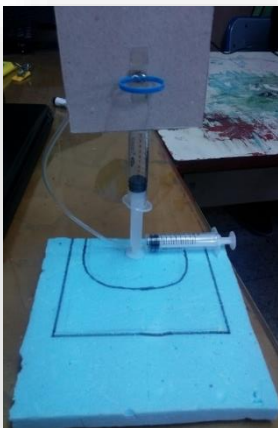
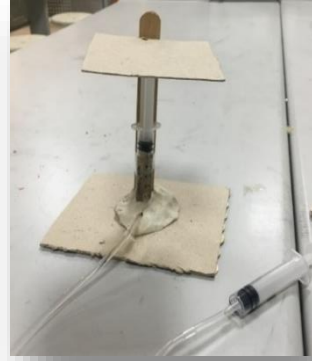
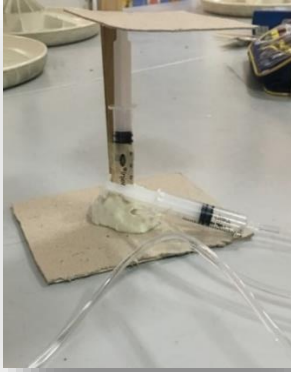
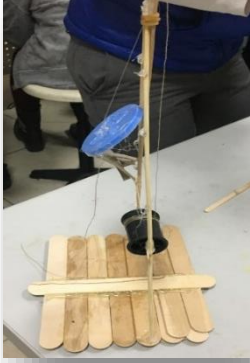
Criteria: Before starting the project, investigate the difference between the normal size of a basketball hoop and the average height of an adult human. Calculate the height of the hoop according to ages groups (10 to 15 ages) using the mathematical ratio but you will not design the actual size of the pot. The height of the basketball hoop is 305 cm. The average height of an adult is 172.6 cm.

Age	Average height of a man
10	137 cm
11	143 cm
12	150 cm
13	156 cm
14	162 cm
15	168 cm

Materials

- 2 pieces of sewing needle rollers
- Thick tyre (rubber)
- Cardboard
- Wooden rod
- Hard sponge
- Adhesive
- 2 syringes
- Connection hose
- Olive Oil, Water
- Rope

Photographs of the designs



Findings

Findings of Observation Forms

Table 4 shows the data obtained from the forms in which the researchers recorded their observations. Each item in the observation form was graded as low, medium and high. The total scores for each group are given in Table 4.

Table 4.

Results of the Observation Forms

Items	Grade 5					Grade 6					Grade 7					Grade 8				
	O1		O2			O1		O2			O1		O2			O1		O2		
	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T
The students described the problem in their own words.	3	3	3	3	12	3	3	2	1	9	3	2	3	2	10	3	3	3	3	12
The students wanted to undertake the research by considering the work that had been done.	2	2	2	1	7	3	2	2	2	9	3	2	2	1	8	3	3	3	3	12
The students proposed different ways to solve the problem.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	1	12	3	3	3	2	11
The students created different ideas that will work.	3	2	2	2	9	3	3	3	2	11	3	2	2	1	8	3	3	3	2	11
The students could evaluate the positive and negative aspects of these ideas.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students could decide on one of these ideas.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students were able to discuss the chosen idea.	3	3	2	1	9	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students could specify materials.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students were able to draw a design in which they could use the materials.	2	1	2	2	7	3	2	3	3	11	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students could design.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12

The students could evaluate how the design worked.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students tried the design many times.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students could record their observations about the design.	2	2	2	2	8	3	2	3	3	11	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
The students could make changes in the design depending on the test results.	3	2	2	1	8	2	3	2	1	8	3	2	2	1	8	3	3	2	2	10
The students could retry the design they changed.	3	2	2	1	8	2	3	2	1	8	3	2	2	1	8	3	3	2	2	10
The students could describe the product they created to the other groups.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Total scores	45	41	41	37	164	46	45	44	40	175	48	43	44	37	174	48	48	46	44	186

As seen in the results of the observations in Table 4, the eighth-grade students attained the highest score. The levels of the sixth and seventh graders were found to be close to each other and the fifth-grade students' scores were found the lowest.

All the groups had difficulty in creating ideas, but after they found an idea, they had no problems in evaluating it and using materials to create it. It was observed that the fifth graders had difficulty in drawing designs while the students in the other grades were able to do this easily. Design creation and the evaluation stages were successfully performed by all the groups. Although the fifth-grade students had difficulty in obtaining the data from their observations related to design, for the other grades, the participants were able to obtain the required data. However, apart from the eighth grade, the other groups did have difficulties in making changes and experimenting with their designs.

Findings of Interviews

Table 5.
Design processes

Design processes	Grades 5				Grades 6				Grades 7				Grades 8			
	O1		O2		O1		O2		O1		O2		O1		O2	
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
We identified the problem					1								1			
We imagined the design					3						2	3	2		3	
We planned the design	1				3				2	2	2	3	2		3	
We created the design	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
We checked the design	3	3			3	3		1	3	3			3	2		1
We developed the design	1				2		1									

The first question on the interview form was, "Which phases have you completed for your design?" The responses from the students to this question are summarised in Table 5 showing that only Group 1 students (6 grade) in School 1 undertook all the design phases. All the students in all groups created the design. The most challenging part of the process was the identifying the problem and design development phase.

The second question on the interview form was, "Did you perform the design as you think? If your answer is No, explain why?" Students' answers to this question are presented in the table (6) below.

Table 6.
Students' Opinions about Creating Their Designs

School	Grades	Group	Yes	No	Partially	Reasons
			f	f	f	
O1	5	G1	3			
		G2	3			
O2		G3	3			

		G4	2	1	The problem was solved, but the design was not aesthetic
O1	6	G1	3		
		G2	2	1	There was a problem in the design process but the problem was solved
		G3	2	1	The problem was not solved
O2		G4		3	The problem was not solved
O1	7	G1	3		
		G2	3		
		G3	3		
O2		G4		3	The problem was not solved
O1	8	G1	3		
		G2	2	1	
O2		G3	3		There was a problem in the design process but the problem was solved
		G4	2	1	The problem was solved, but the design was not aesthetic
Total Number of Students			37	8	3

As shown in Table 6, 37 of the students stated that they liked their designs and it had performed as they had thought. Eight students did not like their designs and stated that they had not performed as they had expected, and the remaining three students said that they had partly achieved their goal in the design. These students also considered that their designs could solve the problem. Other students stated that they experienced problems in the design process, and some students were of the opinion that their designs were not as aesthetic as they thought they would be.

The third question on the interview form was “Did your design achieved its purpose? If your answer is No, explain why?” Students' answers to this question are presented in the table (7) below.

Table 7.
Student Opinions on Whether They Achieved the Purpose of Design

School	Grades	Group	Yes	No	Reason
			f	f	
O1	5	G1	3		
		G2	3		
		G3	3		
O2		G4	1	2	Suitability for problem solving
O1	6	G1	3		
		G2	2	1	Suitability for problem solving
O2		G3		3	Suitability for problem solving
		G4	2	1	Suitability for problem solving

O1	7	G1	3		
		G2	3		
		G3	3		
O2		G4		3	Suitability for problem solving
<hr/>					
O1	8	G1	3		
		G2	1	2	Material usage problem
		G3	3		
O2		G4	3		
<hr/>					
Total Number of Students			36	12	

While 36 of the students who participated in the study declared that they achieved the aim of completing the design, the G3 students participating in the design work of the sixth-grade and all the G4 students participating in the seventh-grade design study stated that they did not achieve their design purpose. The students in the latter two groups stated that the design they undertook was not appropriate to solve the problem. From the eighth grade, two of the G2 students stated that their design did not reach its goal because they could not use the material correctly. Four students in the other groups who thought that their designs were inappropriate indicated that their design was not sufficient to solve the problem.

The fourth question on the interview form was "Have you had any difficulties in implementing your design? If so, what are they? Students' answers to this question are presented in the table (8) below.

Table 8.
Student Views on the Challenges in the Design Work

School	Grade	Group	Yes f	No f	Reason
O1	5	G1		3	
		G2		3	
		G3	3		Material usage problem
O2		G4	3		Material usage problem, Not working in cooperation
<hr/>					
O1	6	G1	3		Material usage problem
		G2	3		Material usage problem
		G3	2	1	Material usage problem
O2		G4	3		Material usage problem
<hr/>					
O1	7	G1	3		Material usage problem
		G2	3		Material usage problem
		G3	3		Material usage problem
O2		G4	3		Material usage problem

O1	8	G1	3	Material usage problem
		G2	3	Material usage problem
O2		G3	3	Material usage problem
		G4	3	Material usage problem
Total Number of Students			41	7

As revealed in Table 8, almost all the students stated that they had problems about using the materials.

The fifth question on the interview form was, “Would you make changes if you need to redesign the design? Why? Students' answers to this question are presented in the table (9) below.

Table 9.
Students' Opinions Concerning Redesign

School	Grade	Group	Yes (f)	No (f)	Reason
O1	5	G1	2	1	Material change
		G2		3	-
O2		G3	3		Design change
		G4	3		Design change, material change
O1	6	G1	1	2	Design change
		G2	3		Design change, material change
O2		G3	1	2	Design change
		G4	2	1	Material change
O1	7	G1	2	1	Material change
		G2	2	1	Material change
O2		G3		3	-
		G4	3		Material change
O1	8	G1	3		Visual change
		G2	3		Material change
O2		G3	3		Material change, visual change
		G4	2	1	Visual change
Total Number of Students:			33	15	

According to Table 9 33 students indicated that they would create the design again and change it if necessary. What they wanted to change most in this redesign was a change in materials. While the fifth and sixth graders require material and design changes, the seventh- and eighth-grade students who demonstrated better designing skills wanted to use different materials and to make the design more aesthetically pleasing.

Discussion & Conclusion

Most educators agree with the idea that the engineering design process should be introduced to high school students prior to them reaching college (Carr & Strobel, 2011; Denson, 2011). They indicate that such an education promotes engineering habits of mind, critical thinking skills and knowledge (Carr & Strobel, 2011; Hynes, 2012). However, some educators suggest that students are engaged in design challenges prior to high school (Hynes, 2012). In this context, age-appropriate engineering design challenges can start as early as the fourth grade, including standard based instruction as guiding principles for an engineering design process (Sneider, 2011).

In the current study, the engineering design process was applied to secondary school students based on the existing Science Curriculum. The data obtained from observation and from interviews generated the results of this study. The results obtained from observation demonstrated that among the secondary school students the highest scores belonged to the eighth grade students. The scores of the sixth graders and the seventh graders were found to be similar, but the fifth grade students had the lowest score. These results indicated that engineering design should be taught in the six, seventh and eighth grades. The integration of engineering design processes in secondary school provides problem-based, hands-on, and inquiry-related activities (Carr & Strobel, 2011) which is also suggested as the teaching approach to be used in the Science Curriculum presented by MoNE. These teaching approaches allows students to promote problem solving, decision making, team working and critical thinking skills, and also allows them to acquire engineering habits of mind and self- management (Denson, 2011; Dym et al., 2009) which are accepted as 21st Century skills. In addition, engineering design activities help students to apply science and mathematics contents in a meaningful way (Chae, Purze & Cardolla, 2010, cited in Carr & Strobel, 2011).

Throughout engineering design activities, students identify problems, generate solutions, decide on a solution to a design, draw the design, design the product, obtain data related to the design, and then iteratively test and redesign their product. The observation results showed that only the fifth graders seemed to have difficulty in drawing the designs and obtaining data related to the design, while the students in the other grades were able to do so easily. However, King and English (2016) introduced an optical engineering task to fifth grade students and found that these students could complete the engineering task. In this study the researchers showed the importance of the design sketch stage and suggested that students be encouraged to complete their drawings. Zhou and colleagues (2017) also emphasized the potential effect of hands-on engineering design activities on students' self-efficacy in sketching. They used toy design activities with real world problems for middle school students. Considering to fifth grades' scores obtaining from observation, in the current study, more age-appropriate design activities may be suggested for this age level in order to apply the design process.

Researchers accept design as an important component of the engineering design process (Davis et al., 2000). In this study, overall, it was observed that the design creation and evaluation stages could be accomplished successfully by all groups. Similarly, the findings obtained from the interviews indicated that all students were able to perform the design step. While most of them stated that they liked their designs and that they performed as they anticipated, a few students stated that they did not perform as they thought they would. However, the observation results showed that except for those in the eighth grade, all students experienced difficulties in the redesigning step. Differently, the interview results revealed that students created the design iteratively, and made some changes by using different materials. Sixth and seventh grade students also stated that they demonstrated better design skills and made more aesthetically-pleasing products. These results revealed that teachers' and students' expectations differed in the redesigning steps. The researchers define the design process as an iterative process which requires the design's revision. In this process, students iteratively test to improve the product (Davis et al., 2000; Gaskins et al., 2015) and understand and identify the aspects of the engineering design process (Zhou et al., 2017). To demonstrate the importance of iteration, Zhou and colleagues (2017) introduced hands-on toy design activities, and found that middle school students' self-efficacy was increased as a result of iteration and prototyping. Loojenga and colleagues (2015) also undertook a study considering the play behaviour of children, and stressed that iteration fits with childrens' natural way of learning.

In the present study, the students declared that, among the steps, they were least aware of identifying the problem, undertaking the research, imagining, planning and developing the design. The observation results also revealed that fifth grade students had difficulty in obtaining the data related to the design. Despite the design steps that they were least aware of, most of the students expressed the view that they achieved the purpose of the design. However, they did not have any problem evaluating the idea or selecting and using the materials. On the other hand, few of those who stated that the design they had created was not appropriate in terms of solving the problem, explained that they had problems with regard to using the materials correctly. In addition, the total scores of the groups showed that all of the students had difficulty during the creation of the ideas, but after they had found a solution, they had no problems in evaluating and creating it. Previous studies indicated that, as students gain experience in design practices, they can understand the substantial aspects of design process (English et al., 2012; Mentzar et al., 2015; Zhou et al., 2017).

This study has implications for determining the factors that teachers should consider when preparing engineering design activities in science education. The results of this study indicated that one of the most important factor that affected the students' performance in the engineering design process was the students' level of education. For example, the students in the lower grades had difficulty identifying the problem, obtaining data, drawing the design, using the materials, and redesigning. However, the students did have positive views related to the implementation of the engineering design process. This study suggested that to improve students' skills, they should engage in more work related to design programs for secondary school students. As Denson (2011) suggested, researchers should work collaboratively to develop engineering design standards that are suitable for the students' age and skills.

This study has also implications for science teachers, since design activities were created in accordance with the learning outcomes of the secondary school science curriculum. Such activities can be considered for use in science classrooms. The successful integration of engineering design processes in the curriculum, and science teachers' knowledge, skills and behaviour, are also important factors (Dux, 2015). In this context, teacher preparation programs need to be revised to consider engineering design practices, and new research should be planned, based on pre-service teachers and teachers in schools.

Türkçe Sürümü

Giriş

Küreselleşen dünyada, ülkeler ulusal ekonomileri, bilimsel ve teknolojik gelişmeleri açısından rekabet halindedir. Bu ülkeler, bazı durumlarda ekonomik güçlerini kaybetme ve uluslararası fen ve matematik sınavlarındaki performansları sonucunda diğer ülkelerin gerisinde kalma kaygısı duymaktadırlar (Newman, Dantzler ve Columa, 2015). Ekonomik, bilimsel ve teknolojik alanlardaki gereksinimlerini karşılayabilmek için, karşılaştıkları sosyal ve teknolojik sorunları çözebilen ve grup çalışması yaklaşımını benimseyen öğrencilere ihtiyaçları olduklarını fark etmişlerdir (Bairaktarova, Cox & Evengelou, 2011; De Biase, 2016). Bu bağlamda, birçok ülke ya yeni bir fen öğretim müfredatı geliştirmiş ya da mevcut müfredatı gözden geçirmiştir. Aynı zamanda bu müfredatları uygulamak için de en iyi öğretim yaklaşımlarını ve değerlendirmeleri bulmaya çalışmışlardır (Schnittka, Bell & Richards, 2011). Bu reformların temel amacı, bireylerin bilimsel ve teknolojik okuryazarlığını teşvik etmektir. Türkiye'de, uluslararası sınavların sonuçları ve ülkenin bilimsel, teknolojik, sosyal ve ekonomik kapasitesinin artırılması gerekliliği ve gelişmekte olan ülkelere rakip olma arzusuyla öğretim programları yeniden gözden geçirilmiştir. Bu amaçla, Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından ilkökul, ortaokul ve liselerde 2017-2018 eğitim-öğretim yılı başından itibaren uygulanmaya başlanan taslak programlar yayınlanmıştır. Hazırlanan programlar sadece bilimin temel kavram ve prensiplerini öğrenme üzerine değil, aynı zamanda öğrencilerin mühendislik ve tasarım becerilerini kazanmalarını sağlayacak fen ve mühendislik uygulamaları üzerine oluşturulmuştur (MEB, 2017).

Mühendislik tasarım süreci, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitim programı (STEM) tasarımına bir model olarak kabul edilmektedir (Corbett, 2012). Temel mühendislik tasarım süreci, soru sormak, hayal etmek, planlamak, yaratmak ve geliştirme bilimsel aşamalarını içermektedir. Bu süreçte öğrencilerin problemleri çözmeye bilimsel ve matematiksel bilgilerini kullanmaları, seçtikleri materyallerin rollerini anlamaları ve yaratıcılıklarını kullanmaları önemlidir (English, Hudson ve Dawes, 2011). Geleneksel öğretimin aksine, bu aktif öğrenme süreci, öğrencilerin matematik ve fen bilgisi içerik bilgisini, bilimsel süreç becerilerini ve fene karşı tutumlarını geliştirmelerini desteklemektedir (Schnittka et al., 2011). Bu yaklaşımda, öğrenciler bir problemi çözmek ve bir model oluşturmak için fen ve matematik bilgilerini kullanırlar (Strong, 2013) ve mühendislerin neler yaptığını ve modeller oluştururken izledikleri tasarım sürecini anlayabilirler (Schnittka vd., 2011).

Son yıllarda mühendislik tasarım süreci ile ilgili çalışmalarda bir artış olmuştur. Bu çalışmalarda fen öğretimi kapsamında fen içerik bilgisini öğrenme, öğrencilerin teknoloji okuryazarlığı, tasarım sürecini öğrenme ve bilimsel süreç becerilerini kullanma konularına odaklanılmıştır (Apedoe, vd., 2008; Mehalik, Doppelt ve Schurnn 2008; Mooney & Laubach, 2002; Strong, 2013). Çalışmaların hepsinde öğrencilerin matematik ve fen içerik bilgisi başarılarının arttığı, mühendislik tasarım yaklaşımına yönelik olumlu tutum sergiledikleri görülmüştür. Güncellenen Fen Bilimleri Programı (MEB, 2018) mühendislik uygulamalarını içerdiğinden dolayı, tasarım sürecine dayalı örnek etkinliklerin yapılması öğretmenler ve öğrenciler için önemlidir. Literatürde yer alan çalışmaların sonuçları ışığında ve 2017-2018 eğitim-öğretim yılından itibaren Türkiye'de uygulanmaya başlanan ve mühendislik uygulamalarını içeren Fen Bilimleri Öğretim Programı nedeni ile bu çalışmada, mühendislik tasarım sürecine yönelik hazırlanan etkinlikler ile ilgili olarak ortaokul öğrencilerinin görüş ve performansları incelenmiştir. Buradan hareketle aşağıdaki araştırma soruları geliştirilmiştir:

- 1- Mühendislik tasarım süreçleri doğrultusunda hazırlanan etkinliklerde 5. Sınıf öğrencilerinin performansları nasıldır?
- 2- Mühendislik tasarım süreçleri doğrultusunda hazırlanan etkinliklerde 6. Sınıf öğrencilerinin performansları nasıldır?
- 3- Mühendislik tasarım süreçleri doğrultusunda hazırlanan etkinliklerde 7. Sınıf öğrencilerinin performansları nasıldır?

- 4- Mühendislik tasarım süreçleri doğrultusunda hazırlanan etkinliklerde 8. Sınıf öğrencilerinin performansları nasıldır?
- 5- Mühendislik tasarım süreçleri doğrultusunda hazırlanan etkinlikler hakkında ortaokul öğrencilerinin görüşleri nelerdir?

Yöntem

Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin performanslarını incelemek ve mühendislik tasarım sürecine yönelik hazırlanan etkinliklerle ilgili görüşlerini belirlemek için durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, iki farklı okulda bütünsel bir yaklaşımla dört farklı durum seçilmiştir.

Katılımcılar

Bu çalışma, Türkiye'deki iki büyük şehirde bulunan ve başarı ve sosyo-ekonomik durum açısından benzer olan iki ortaokulda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya iki okuldan toplam 48 öğrenci, 2016-2017 eğitim öğretim yılı güz döneminde gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar her sınıf seviyesinden altı kişi olarak gönüllü öğrencilerden seçilmiştir. Öğrenciler, her biri aynı sınıftan ve üç öğrenciden oluşan gruplar halinde çalışmışlardır. Grupların oluşturulmasında öğrencilerin fen ve matematik başarıları da dikkate alınmıştır. Çalışma her bir okulda her sınıf seviyesinde iki şer grup olacak şekilde gerçekleştirilmiş olup iki okulda toplam 16 grupla çalışılmıştır.

Tablo 1.

Çalışma Grubu

Gruplar	Okul 1				Okul 2				Toplam									
	5.Sınıf	6.Sınıf	7.Sınıf	8.Sınıf	5.Sınıf	6.Sınıf	7.Sınıf	8.Sınıf										
	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4	3	4	3	4	3	4		
Kız		2	3		1	3	3	1	1	1			1	2	2	2		23
Erkek	3	1		3	2			2	2	2	2	3	2	1	1	1		25

Kullanılan Veri Toplama Araçları

Çalışmada, veri toplamak amacı ile nitel veri toplama teknikleri kullanılmıştır. Veriler gözlem ve görüşme formu kullanılarak toplanmıştır. Gözlem formu 15 maddelik hazırlanmış olup maddeler az, orta ve çok olarak derecelendirilmiştir. Görüşme formu 5 açık uçlu sorudan oluşmaktadır ve öğrencilere etkinlik sonrası uygulanmıştır. Gözlem ve görüşme formları nitel analiz yöntemlerinden betimsel kullanılarak analiz edilmiştir.

Uygulama

Etkinlikleri uygulayan iki araştırmacı Milli Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda fen bilimleri öğretmeni olarak görev yaparken aynı zamanda da Fen eğitimi alanında doktora yapmaktadırlar. Bu çalışmanın ilk haftasında, mühendislik tasarım süreci hakkında katılımcı öğrenciler bilgilendirilmiştir. İkinci haftada, araştırmacılar tüm gruplara mühendislik tasarım sürecine dayanan örnek bir etkinlik uygulamışlardır. Bu sayede her öğrenci tasarım süreci ile ilgili bir deneyim kazanmıştır. Takip eden haftalarda ise her sınıf seviyesi için etkinlikler uygulanmıştır. Öğrenciler, her sınıf seviyesinde araştırmacılar tarafından fen program ünitelerine uygun olarak tasarlanan etkinlikleri gerçekleştirmişlerdir. Uygulama süreci ve etkinlikler Tablo (2) de sunulmuştur.

Tablo 2.*Uygulama Süreçleri ve Etkinlikler*

Haftalar	Süre	Uygulama
1.Hafta	1 ders saati (40 dakika)	Öğrencilerin seçimi ve mühendislik tasarım sürecine giriş yapma
2.Hafta	1 ders saati (40 dakika)	Beşinci sınıf düzeyinde örnek bir etkinlik yapma Altıncı sınıf düzeyinde örnek bir etkinlik yapma Yedinci sınıf düzeyinde örnek bir etkinlik yapma Sekizinci sınıf düzeyinde örnek bir etkinlik yapma
3.Hafta	2 ders saati (80 dakika)	Beşinci sınıf düzeyinde etkinlik uygulama Altıncı sınıf düzeyinde etkinlik uygulama Yedinci sınıf düzeyinde etkinlik uygulama Sekizinci sınıf düzeyinde etkinlik uygulama

Çalışmada araştırmacılar tarafından Fen Bilimleri Ünitelerine uygun olarak her bir seviyede hazırlanan etkinlikler öğrenciler tarafından uygulanmıştır. Uygulanan etkinlikler Tablo (3) de sunulmuştur.

Tablo 3.*Mühendislik Tasarım Sürecinde Uygulanan Etkinlikler*

Sınıf	Ünite-İçerik	Kazanımlar	Etkinlik
5	Kuvvetin Büyüklüğünün Ölçülmesi / Fiziksel Olaylar- Sürtünme kuvveti	Sürtünme kuvvetinin çeşitli ortamlarda hareketi engelleyici etkisini deneyerek keşfeder ve sürtünme kuvvetine günlük yaşamdan örnekler verir.	Paraşüt yapalım
6	Kuvvet ve Hareket / Fiziksel Olaylar- Bileşke kuvvet	Bileşke kuvveti açıklar Bir cisme etki eden birden fazla kuvveti deney ve çizimle gösterir. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri, cisimlerin hareket durumlarını gözlemleyerek keşfeder ve karşılaştırır. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüştüğünü örneklerle açıklar ve enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.	Bir mancınık yapalım
7	Kuvvet ve enerji / fiziksel olaylar Kuvvet-katı basınç ilişkisi	Katı basıncı etkileyen değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki ilişkilerin analizini keşfeder.	En duyarlı kamyon
8	Basit Makinalar/ fiziksel olaylar	Basit makinelerin günlük yaşamdaki kullanım alanlarına örnekler verir. Basit makinelerden yararlanarak günlük yaşamda iş kolaylığı sağlayacak bir düzenek tasarlar ve yapar.	Ayarlanabilir Pota

Etkinlik sürecinde öncelikle öğrencinin üzerinde çalışacağı problem senaryosuna bağlı uygun bir problem verilmiş ve öğrencinin istenilen problemi tespit etmesi sağlanmıştır. Daha sonra her bir etkinlik için, araştırmacılar tarafından hazırlanan gerekli materyaller ve diğer alternatif materyaller öğrencilere verilmiştir. Öğrencilere tasarımları için kullanmak istedikleri malzemeleri seçme konusunda özgür oldukları söylenmiştir. Her etkinlik 2 ders saati boyunca gerçekleştirilmiştir (80 dakika). Aktivite süreci boyunca, önceden hazırlanmış olan gözlem

formu araştırmacılar tarafından kullanılarak her grup için notlar almışlardır ve bu şekilde veriler elde edilmiştir. Tasarım etkinliklerini bitirdikten sonra öğrencilerden görüşme formunu doldurmaları istenmiştir.

Bir Etkinlik Örneği: Ayarlanabilir Basketbol Potası

Sınıf: 8

Birim: Basit Makineler / Fiziksel olaylar

Amaç: Ayarlanabilir bir yüksekliğe sahip bir basketbol potası tasarlamak.

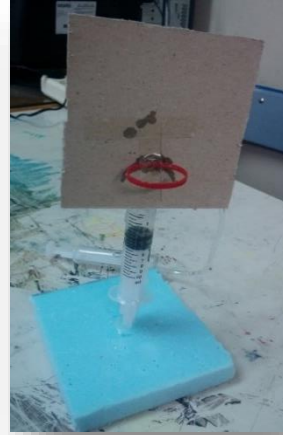
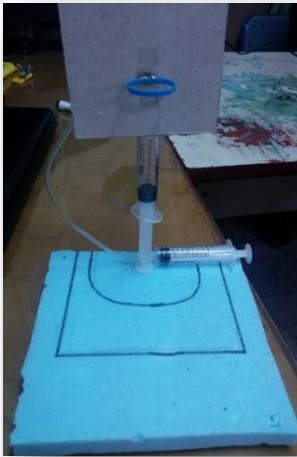
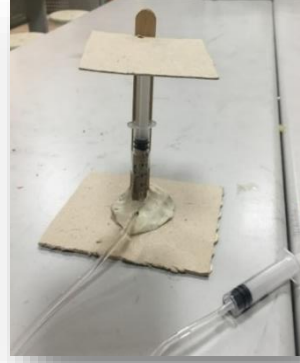
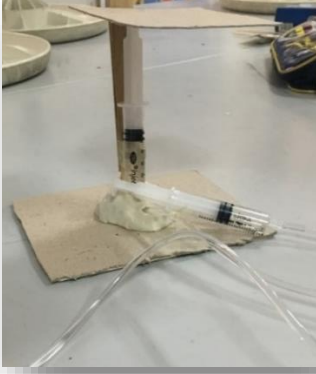
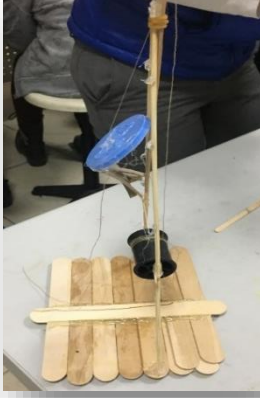
Problem senaryosu: Okulda farklı yaş gruplarından öğrenciler var ve bu onların farklı boy uzunluklarına sahip oldukları anlamına geliyor. Bu küçük ve kısa boylu öğrenciler için bir problemdir; Böylece, ayarlanabilir bir basketbol potasına ihtiyaç vardır. Göreviniz, kullanıcıların boylarına göre ayarlanabilir bir pota tasarlamaktır. Tasarım sürecinde kullanabileceğiniz malzemeler aşağıda verilmiştir.

Kriterler: Projenize başlamadan önce bir basketbol potasının normal boyu ile yetişkin bir insanın ortalama boyu arasındaki farkı araştırınız. Tasarlayacağınız pota gerçek boyutlarda olmayacağı için matematiksel oranı kullanarak pota boyunuzu, yaş gruplarına göre hesaplayınız. Basketbol potasının yerden yüksekliği 3.05 m' dir. Ortalama bir yetişkin boyu ise 172.6 cm' dir.

Yaş	Bir erkeğin ortalama boyu
10	137 cm
11	143 cm
12	150 cm
13	156 cm
14	162 cm
15	168 cm

Malzemeler
<ul style="list-style-type: none">○ 2 Adet dikiş ipli makarası○ Kalın palet lastiği○ Mukavva○ Tahta çubuk (ince ve kalın)○ Sert sünger○ Yapıştırıcı○ 2 adet enjektör○ Bağlantı hortumu○ Zeytinyağı○ Su○ İp

Tasarım fotoğrafları



Bulgular

Gözlem Formları ile ilgili Bulgular

Tablo 4, araştırmacıların gözlemlerini kaydettiği formlardan elde edilen verileri göstermektedir. Gözlem formundaki her madde az, orta ve çok olarak derecelendirilmiştir. Her grup için toplam puanlar tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4'te gözlemler ile ilgili bulgularda görüldüğü üzere sekizinci sınıf öğrencileri en yüksek puana ulaşmıştır. Altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin seviyelerinin birbirine yakın olduğu ve beşinci sınıf öğrencilerinin puanlarının en düşük olduğu bulunmuştur.

Gözlem sonuçları, bütün grupların en çok fikir üretirken zorlandıkları, ancak bir fikir bulduktan sonra, bunları değerlendirmede ve tasarım için materyalleri kullanırken hiçbir problem yaşamadıklarını göstermiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin tasarım çizerken zorlandıkları ancak diğer sınıflardaki öğrencilerin çizimi kolayca yapabildikleri görülmüştür. Tasarımı oluşturma ve değerlendirme aşamaları tüm gruplar tarafından başarıyla gerçekleştirilmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinin, tasarımlarıyla ilgili gözlemlerinden verileri elde etmede zorlandıkları ancak diğer sınıf öğrencilerinin verileri rahatlıkla elde ettikleri gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, sekizinci sınıf öğrencileri dışında, diğer sınıflardaki öğrencilerin tasarımlarında değişiklik ve tasarımı tekrar deneyebilmede zorluk çektikleri görülmüştür.

Tablo 4.*Gözlem Formları ile İlgili Bulgular*

Maddeler	5.Sınıf					6. Sınıf					7. Sınıf					8.Sınıf				
	O1		O2			O1		O2			O1		O2			O1		O2		
	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T	G1	G2	G3	G4	T
Öğrenciler problemi kendi cümleleri ile ifade ettiler.	3	3	3	3	12	3	3	2	1	9	3	2	3	2	10	3	3	3	3	12
Öğrenciler yapılmış çalışmalarını düşünüp araştırma isteği duydular.	2	2	2	1	7	3	2	2	2	9	3	2	2	1	8	3	3	3	3	12
Öğrenciler problemi çözmek için farklı yollar düşündüler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	1	12	3	3	3	2	11
Öğrenciler işe yarayacak farklı fikirler oluşturdu.	3	2	2	2	9	3	3	3	2	11	3	2	2	1	8	3	3	3	2	11
Öğrenciler bu fikirlerin olumlu ve olumsuz yönlerini değerlendirebildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler bu fikirlerden birisine karar verebildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler seçilen fikir üzerinde tartışabildiler.	3	3	2	1	9	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler materyalleri belirleyebildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler materyalleri kullanabilecekleri bir tasarım çizebildiler.	2	1	2	2	7	3	2	3	3	11	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler tasarımı oluşturabildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler tasarımın nasıl çalıştığını değerlendirebildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler tasarımı birçok kez deneyebildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler tasarım ile ilgili gözlemlerini kaydedebildiler.	2	2	2	2	8	3	2	3	3	11	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Öğrenciler test sonuçlarına bağlı olarak tasarımda değişiklikler yapabildiler.	3	2	2	1	8	2	3	2	1	8	3	2	2	1	8	3	3	2	2	10

Hikmet SÜRMEĒİ et al.– Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakóltesi Dergisi, 47 (2), 2018, 844-872

Öğrenciler değiştirdikleri tasarımı tekrar deneyebildiler.	3	2	2	1	8	2	3	2	1	8	3	2	2	1	8	3	3	2	2	10
Öğrenciler oluşturdukları ürünü diğer gruplara anlatabildiler.	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
Toplam Puan	45	41	41	37	164	46	45	44	40	175	48	43	44	37	174	48	48	46	44	186

Görüşme ile ilgili Bulgular

Uygulama sonrası öğrencilere uygulanan görüşme formundaki birinci soru, "Tasarımınızı hangi aşamalardan geçerek yaptınız?" sorusudur. Öğrencilerin bu soruya verdikleri cevaplar, Tablo 5'de özetlenmiştir; 6.sınıf seviyesinde 1. okuldaki grup 1 öğrencilerinin tüm tasarım aşamalarını gerçekleştirdikleri görülmektedir. Tüm seviyelerde, gruplardaki tüm öğrenciler tasarımı oluşturabilmiştir. Öğrencilere göre sürecin en zor kısmının problemi belirleme, tasarım geliştirme aşaması olduğu görülmektedir.

Tablo 5.*Tasarım aşamaları ile ilgili öğrenci görüşleri*

	5.Sınıf				6.Sınıf				7. Sınıf				8. Sınıf			
	O1		O2		O1		O2		O1		O2		O1		O2	
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
<i>Tasarım Süreçleri</i>																
Problemi belirledik					1								1			
Tasarımı hayal ettik					3						2	3	2		3	
Tasarımı planladık	1				3				2	2	2	3	2		3	
Tasarımı oluşturduk	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasarımı kontrol ettik	3	3			3	3		1	3	3			3	2		1
Tasarımı geliştirdik	1				2		1									

Görüşme formunun ikinci sorusu "Tasarımınız düşündüğünüz gibi oldu mu? Hayır, ise neden?" sorusudur. Bu soruya öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıdaki tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6.*Öğrencilerin hayallerindeki tasarımı yapma durumları ile ilgili görüşleri*

Okul	Sınıf	Grup	Evet f	Hayır f	Kısmen f	Nedenleri
O1	5	G1	3			
		G2	3			
		G3	3			
		G4	2		1	Problem çözüldü, ama tasarım estetik değildi
O2	6	G1	3			
		G2	2		1	Tasarım sürecinde bir sorun vardı ama problem çözüldü
		G3	2	1		Problem çözülmedi
		G4		3		Problem çözülmedi
O1	7	G1	3			
		G2	3			
		G3	3			
		G4		3		Problem çözülmedi
O2	8	G1	3			
		G2	2		1	Tasarım sürecinde bir sorun vardı ama problem çözüldü
		G3	3			
		G4	2	1		Problem çözüldü, ama tasarım estetik değildi
Toplam Öğrenci Sayısı			37	8	3	

Çalışmaya iki okul, 16 grup çalışmasından toplam 48 öğrenci katılmıştır. Tablo 6 da görüldüğü gibi bu öğrencilerden 37'si tasarımlarını beğendiklerini ve düşündükleri gibi bir tasarım gerçekleştirdiklerini ifade etmişlerdir. 8 öğrenci hayır derken 3 öğrenci kısmen gerçekleştirdiklerini söylemişlerdir. Nedenleri incelendiğinde, altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinden hayır diyenlerin oluşturdukları tasarımların probleme çözüm oluşturmadığını ve düşündükleri gibi gerçekleşmediğini belirttikleri görülmektedir. Altı ve sekizinci sınıf öğrencilerden tasarımlarının kısmen düşündükleri gibi olduğunu söyleyenler ise neden olarak, problemi çözmelerine rağmen tasarımı gerçekleştirirken sorunlar yaşadıklarını belirtmişlerdir. 5. Sınıf ve sekizinci sınıf öğrencilerinden kısmen ya da hayır cevabını verenler, neden olarak problemi çözmelerine rağmen tasarımlarının düşündükleri kadar estetik olmadığı görüşünü belirtmişlerdir.

Görüşme formunun üçüncü sorusu "Tasarımınız amacına ulaştı mı? Hayır, ise neden?" sorusudur. Bu soruya öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıdaki tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7.
Tasarımın amacına ulaşip ulaşmaması ile ilgili görüşler

Okul	Sınıf	Grup	Evet f	Hayır f	Nedenleri
O1	5	G1	3		
		G2	3		
		G3	3		
		G4	1	2	Problem çözme uygunluğu
O2	6	G1	3		
		G2	2	1	Problem çözme uygunluğu
		G3		3	Problem çözme uygunluğu
		G4	2	1	Problem çözme uygunluğu
O1	7	G1	3		
		G2	3		
		G3	3		
		G4		3	Problem çözme uygunluğu
O2	8	G1	3		
		G2	1	2	Materyali kullanma sorunu
		G3	3		
		G4	3		
Toplam öğrenci sayısı			36	12	

Çalışmaya katılan öğrencilerin 36'sı tasarımın amacına ulaştığını ifade ederken 12 öğrenci bunun dışında görüş bildirmiştir. Altıncı sınıf seviyesindeki tasarım çalışmasına katılan G3 öğrencileri ile 7. Sınıf tasarım çalışmasına katılan G4 öğrencilerinin tamamı tasarımlarının amacına ulaşmadığını beyan etmişlerdir. Bunun nedeni olarak da yaptıkları tasarımın problemin çözümüne uygunluk taşımadığını belirtmişlerdir. Sekizinci sınıflardan G2 öğrencilerinin ikisi ise materyalli doğru kullanamadıkları için tasarımlarının amacına ulaşmadığını belirtmişlerdir. Tasarımlarının uygun olmadığını düşünen diğer gruplardaki dört öğrencide problemi çözmek için yaptıkları tasarımın yeterli olmadığını söylemişlerdir.

Görüşme formunun dördüncü sorusu olan "Tasarımınızı gerçekleştirirken zorluklarla karşılaştınız mı? Karşılaştıysanız nelerdir?" sorusu ile ilgili öğrenci görüşlerine bakıldığında öğrencilerin neredeyse tamamının materyal kullanma ile ilgili sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. Tablo 8'de sonuçlar verilmiştir.

Tablo 8.*Tasarım sırasında karşılaşılan zorluklar ile ilgili görüşler*

Okul	Sınıf	Grup	Evet f	Hayır f	Nedenleri	
O1	5	G1		3		
		G2		3		
G3		3		Materyal kullanma sorunu		
G4		3		Materyal kullanma sorunu İşbirliği yapmamak		
O2	6	G1	3		Materyal kullanma sorunu	
		G2	3		Materyal kullanma sorunu	
G3		2	1	Materyal kullanma sorunu		
G4		3		Materyal kullanma sorunu		
O1		7	G1	3		Materyal kullanma sorunu
			G2	3		Materyal kullanma sorunu
G3			3		Materyal kullanma sorunu	
G4			3		Materyal kullanma sorunu	
O2	8		G1	3		Materyal kullanma sorunu
			G2	3		Materyal kullanma sorunu
G3			3		Materyal kullanma sorunu	
G4			3		Materyal kullanma sorunu	
Toplam öğrenci sayısı			41	7		

Görüşme formunun beşinci sorusu “Tasarımı tekrar tasarlamamız gerekirse değişiklik yapar mıydınız? Neden?” sorusudur. Bu soruya öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıdaki tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9.*Tasarımın yenilenmesi ile ilgili görüşler*

Okul	Sınıf	Grup	Evet f	Hayır f	Nedenleri	
O1	5	G1	2	1	Materyal Değişikliği	
		G2		3	-	
G3		3		Tasarım Değişikliği		
G4		3		Tasarım ve Materyal Değişikliği		
O1	6	G1	1	2	Tasarım Değişikliği	
		G2	3		Tasarım ve Materyal Değişikliği	
G3		1	2	Tasarım Değişikliği		
G4		2	1	Materyal Değişikliği		
O2		7	G1	2	1	Materyal Değişikliği
			G2	2	1	Materyal Değişikliği
G3				3	-	
G4			3		Materyal Değişikliği	
O1	8		G1	3		Görsel Değişiklik
			G2	3		Materyal Değişikliği

O2	G3	3		Materyal Değişikliği, Görsel Değişiklik
	G4	2	1	Görsel Değişiklik
Toplam öğrenci sayısı:		33	15	

Tablo 9 incelendiğinde 33 öğrencinin bu soruya evet cevabı verdiği ve en çok materyal değiştirmek istediklerini belirttikleri görülmektedir. Beş ve altıncı sınıfların materyalle beraber tasarım değişikliği de istedikleri görülürken, daha iyi tasarım yapma becerisi göstermiş olan yedi ve sekizinci sınıf farklı materyal kullanma ve daha estetik tasarım yapmayı istedikleri görülmektedir.

Tartışma ve Öneriler

Çok sayıda araştırmacı mühendislik tasarım sürecinin lise öğrencilerine üniversiteye başlamadan önce gösterilmesi gerektiği konusunda hemfikirdir (Carr & Strobel, 2011; Denson, 2011). Bu eğitimlerin mühendis gibi düşünme becerisi, eleştirel düşünme becerisi ve bilgi kazandırdığını vurgulanmaktadır (Carr & Strobel, 2011; Hynes, 2012). Ancak, bazı eğitimciler, öğrencilerin tasarım çalışmalarına lise seviyesinden önce katılmaları gerektiğini savunmaktadır (Hynes, 2012). Bu bağlamda, standart öğretime mühendislik tasarım ilkelerinin dahil edilmesi ile yaşa uygun olarak mühendislik tasarım uygulamaları 4.sınıf gibi erken sınıf düzeylerinde başlayabilmektedir (Sneider, 2011).

Bu çalışmada güncel fen müfredatına dayalı olarak ortaokul öğrencilerine mühendislik tasarım süreci uygulanmıştır. Veriler gözlem ve görüşme formlarından elde edilmiştir. Gözlemden elde edilen sonuçlar, ortaokul öğrencileri arasında en yüksek puanların sekizinci sınıf öğrencilerine ait olduğunu göstermiştir. Altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin puanlarının benzer olduğu ancak beşinci sınıf öğrencilerinin en düşük puanı aldığı görülmüştür. Bu sonuçlar mühendislik tasarımının altı, yedi ve sekizinci sınıflarda öğretilmesi gerektiğini göstermektedir.

Mühendislik tasarım süreçlerinin ortaöğretim programlarına dahil edilmesi Fen Bilimleri programında (MEB, 2018) da önerilen probleme dayalı, yaparak yaşayarak ve sorgulamaya dayalı etkinliklerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Carr ve Strobel, 2011). Bu öğretim modelleri öğrencilerin problem çözme, karar verme, takım çalışması ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirmesini sağlar ve aynı zamanda 21. Yüzyıl becerileri olarak kabul edilen mühendis gibi düşünme ve öz denetim becerilerini edinmelerin (Denson, 2011; Dym, et al., 2009). Ayrıca, mühendislik tasarım etkinlikleri öğrencilerin fen ve matematik içeriğini anlamlı bir şekilde uygulamalarına yardımcı olur (Chae, Purze & Cardolla, 2010; Carr & Strobel, 2011).

Mühendislik tasarım faaliyetleri boyunca, öğrenciler problemleri tanımlar, çözümler üretir, bir tasarımın çözümüne karar verir, tasarımı çizer, ürünü tasarlar, tasarımla ilgili verileri elde eder ve daha sonra ürünlerini tekrar test eder ve yeniden tasarlarlar. Gözlem sonuçları, sadece beşinci sınıf öğrencilerinin tasarımları çizmek ve tasarımla ilgili verileri elde etmekte zorluk çektiğini ancak diğer sınıflardaki öğrencilerin bunları kolaylıkla yapabildiklerini göstermektedir. Ancak, King ve English (2016) optik mühendislik görevi verilen beşinci sınıf öğrencilerinin mühendislik görevini başarıyla tamamlayabildiklerini tespit edilmişlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar taslak çizim aşamasının önemini vurgulamış ve öğrencilerin, çizimlerini tamamlamaları için teşvik edilmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Zhou ve arkadaşları da (2017) çalışmalarında, uygulamalı mühendislik tasarım etkinliklerinin taslak çizim oluşturmada öğrencilerin öz-yeterlikleri üzerindeki potansiyel etkisini vurgulamışlar ve ortaokul öğrencileri için oyuncak tasarım aktivitelerini gerçek dünya problemleriyle birlikte kullanmışlardır. Mevcut çalışmada, beşinci sınıflar için gözlem formundan elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, tasarım sürecini uygulamak için bu yaş düzeyine yönelik daha uygun tasarım faaliyetleri önerilebilir.

Araştırmacılar, mühendislik tasarım sürecinin önemli bir bileşenin tasarım olduğunu söylemektedirler (Davis, et al., 2000). Bu çalışmada genel olarak, tasarım oluşturma ve değerlendirme aşamalarının tüm gruplar tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştirilebildiği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, görüşmelerden elde edilen bulgular, tüm öğrencilerin tasarım aşamasını gerçekleştirebildiğini göstermiştir. Birçok öğrenci tasarımlarını beğendiklerini ve beledikleri gibi gerçekleştirdiklerini ifade ederken, az sayıda öğrenci düşündükleri gibi gerçekleştiremediklerini belirtmişlerdir. Ancak, araştırmacıların gözlemleri sekizinci sınıftakiler hariç, tüm

öğrencilerin yeniden tasarlama aşamasında zorluk yaşadığını göstermiştir. Buna karşılık, görüşme sonuçları, öğrencilerin tasarımları tekrar tekrar oluşturduğunu ve farklı materyaller kullanarak bazı değişiklikler yaptıklarını ortaya koymuştur. Altı ve yedinci sınıf öğrencileri, iyi tasarımlar yaptıklarını ve estetik açıdan güzel ürünler oluşturduklarını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, araştırmacıların ve öğrencilerin beklentilerinin yeniden tasarlama adımlarında farklı olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar tasarım sürecini, tasarımda düzenleme sağlamak için, tekrarlı bir süreç olarak tanımlar. Bu süreçte, öğrenciler ürünü geliştirmek için sürekli olarak denemeler yaparlar (Davis, et al., 2000; Gaskins, et al., 2015) ve mühendislik tasarım sürecinin özelliklerini anlar ve tanımlarlar (Zhou, et al., 2017). Yinelemenin önemini göstermek için, Zhou ve arkadaşları (2017) uygulamalı oyuncak tasarım etkinliklerini uygulamış ve ortaokul öğrencilerinin öz yeterliklerinin yineleme ve prototip yapma sonucunda arttığını bulmuşlardır. Looijenga ve arkadaşları da (2015) çocukların oyun davranışları üzerine bir çalışma yürüterek yinelemenin çocukların doğal öğrenme tarzlarına uygun olduğunu vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, öğrenciler, problemi tanımlama, araştırma yapma, tasarlama, planlama ve geliştirme aşamalarının daha az farkında olduklarını ifade etmişlerdir. Gözlem sonuçları aynı zamanda beşinci sınıf öğrencilerinin tasarımıyla ilgili verileri elde etmede de zorlandıklarını ortaya koymuştur. En az farkında oldukları tasarım adımlarına rağmen, öğrencilerin çoğu tasarım sürecinde amaçlarına ulaştıklarını ifade etmişlerdir. Yine, fikirleri değerlendirmek veya materyalleri seçmek ve kullanmak ile ilgili herhangi bir sorun yaşamadıklarını söylemişlerdir. Bun karşılık, oluşturdukları tasarımın problemi çözme açısından uygun olmadığını belirtenlerin birkaçı, materyalleri doğru kullanma konusunda problem yaşadıklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, grupların toplam puanları, tüm öğrencilerin fikir oluşturmada zorluk çektiklerini, ancak bir çözüm bulduktan sonra bunları değerlendirme ve oluşturma konusunda hiçbir problem yaşamadıklarını göstermiştir. Yapılan çalışmalar da, öğrencilerin tasarım uygulamalarında deneyim kazandıkları takdirde tasarım sürecinin önemli yönlerini anlayabildiklerini vurgulamaktadır (English, et al., 2012; Mentzar, et al., 2015; Zhou, et al., 2017).

Bu çalışmanın, fen eğitiminde mühendislik tasarım etkinliklerini hazırlarken öğretmenlerin dikkate alması gereken faktörleri belirlemeye yönelik etkileri vardır. Bu çalışmanın sonuçları, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecindeki performansını etkileyen en önemli faktörlerden birinin öğrencilerin sınıf seviyeleri olduğunu göstermiştir. Örneğin, alt sınıflarda yer alan öğrenciler problemi tanımlama, veri elde etme, tasarımı çizme, materyalleri kullanma ve yeniden tasarlama aşamalarında güçlük çekmişlerdir. Buna karşılık, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinin uygulanması ile ilgili olumlu görüşlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışma, öğrencilerin becerilerini geliştirmek için, ortaokul öğrencilerinin tasarım programlarıyla ilgili daha fazla çalışmaya katılmaları gerektiğini önermektedir. Bu nedenle Denson'un (2011) önerdiği gibi, araştırmacılar öğrencilerin yaşına ve becerilerine uygun mühendislik tasarım standartlarını geliştirmek için işbirliği yapmalıdır.

Bu çalışma, tasarım etkinlikleri ortaokul fen müfredatının öğrenme kazanımlarına uygun olarak oluşturulduğu için fen bilimleri öğretmenleri açısından da önemlidir. Bu tür etkinlikler fen derslerinde kullanılmak üzere dikkate alınabilir. Mühendislik tasarım süreçlerinin programa başarılı bir şekilde dahil edilmesi, fen bilimleri öğretmenlerinin bilgi, beceri ve davranışları da önemli faktörlerdir (Dux, 2015). Bu bağlamda, öğretmen yetiştirme programlarının mühendislik tasarım uygulamalarını dikkate alacak şekilde gözden geçirilmesi ve öğretmen adaylarına ve öğretmenlere yönelik yeni araştırmaların planlanması önerilmektedir.

References

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET; 2010). Criteria for accrediting engineering programs. Baltimore, MD: ABET. <http://www.mcrit.com/enginycat/XF/RTK/ABET.pdf> (01.10.2017).
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R. & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Bairaktarova D., Cox, M. F. & Evangelou, D. (2011). Leadership training in science, technology, engineering and mathematics education in Bulgaria. *European Journal of Engineering Education*, 36, 6, 585-594.
- Car, R.L. & Strobel, J. (2011). Integrating engineering design challenges into secondary stem education. National Center for Engineering and Technology Education, www.ncete.org (23.01.2018).
- Corbett, K.S. (2012). *The engineering design process as a model for STEM curriculum design*. Unpublished doctoral dissertation, College of Engineering and Science Louisiana Tech University.
- Davis, D.C., Gentili, K.L., Trevison, N.S., Christianson, R.K. & McCauley, J.F. (2000). *Measuring learning outcomes for engineering design education*. Proceedings, ASEE Conference and Exhibition. <https://peer.asee.org/measuring-learning-outcomes-for-engineering-design-education.pdf> (22.01.2018).
- Dawes, L. & Rasmussen, G. (2007). Activity and engagement—keys in connecting engineering with secondary school students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 13–20.
- De Biase, K. (2016). *Teacher preparation in science, technology, engineering and mathematics instruction*. Unpublished doctoral dissertation, California State University, Department of Educational Leadership.
- Denson, C.D. (2011). *Building a framework for engineering design experiences in STEM: a synthesis*. Utah State University Publications. Paper 169. http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/169 (22.01.2018).
- Dux, H.A.D. (2015). Introducing engineering in elementary education: A 5-year study of teachers and students. *British Journal of Educational Technology*, 46(5), 1015–1019.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2006). Engineering design thinking, teaching, and learning. *IEEE Engineering Management Review*, 34(1), 65–92.
- English, L. D., Hudson, P. B. & Dawes, L. (2012). Engineering design processes in seventh-grade classrooms: bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, 37, 5, 436-447.
- English, L.D. & Mousoulides, N. (2011). *Engineering-based modelling experiences in the elementary and middle classroom*. In: M.S. Khine and I.M. Saleh, eds. *Models and modelling: Cognitive tools for scientific inquiry*. Models and Modelling in Science Education Series. Dordrecht: Springer, 173–194.
- Gaskins, W., Kukreti, A., Maltbie, C. & Steimle, J. (2015). *Student understanding of the engineering design process using challenge based learning*. American Society for Engineering Education, 122nd ASEE Annual Conference (14-17 June), Seattle, WA.
- Hynes, M.M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: a look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International Journal of Technology & Design Education*, 22, 345–360.
- King, D. & English, L.D. (2016). Engineering design in the primary school: applying STEM concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762-2794.
- Looijenga, A., Klapwijk, R., Vries, M.J. (2015). The effect of iteration on the design performance of primary school children. *International Journal of Technology & Design Education*, 25, 1-23.
- MEB (2017). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*. Temel Eğitim Müdürlüğü: Ankara.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schunn, C. D. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71.
- Mooney, M. A. & Laubach, T. A. (2002). Adventure engineering: A design centered, inquiry based approach to middle grade science and mathematics education. *Journal of Engineering Education*, 91(3), 309-318.
- Newman J. L., Dantzler, J. & Coleman, A. N. (2015). Science in action: how middle school students are changing their world through STEM service-learning projects. *Theory into Practice*, 54(1), 47-54.

- Schnittka, C. G., Bell, R. L. & Richards, L. G. (2010). Save the penguins: Teaching the science of heat transfer through engineering design. *Science Scope*, 34(3), 82–91.
- Sneider, C. (2011). *A possible pathway for high school science in a STEM world*. <http://ncete.org/flash/research.php>. (22.01.2018).
- Strong, M.G. (2013). *Developing process skills through engineering design*. Unpublished master's dissertation, Hofstra University, School of Education, Master Arts of Program in Elementary Education.
- Zhou, N., Pereira, N.L., George, T.T., Alperovich, J., Booth, J., Chandrasegaran, S., Tew, J.D., Kulkarni, D.M. & Romani, K. (2017). The influence of toy design activities on middle school students' understanding of the engineering design processes. *Journal of Science Educational Technology*, 26, 481–493.