



(ISSN: 2602-4047)

Bakir, S. (2023). How To Make An Learning Outcome-Focused Stem Lesson Plan At Secondary School Level: An Exemplary Lesson Plan On Hydrostatic Pressure, *International Journal of Eurasian Education and Culture*, 8(22), 1664-1705.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijoecc.704>

Article Type: Research Article

---

## HOW TO MAKE AN LEARNING OUTCOME-FOCUSED STEM LESSON PLAN AT SECONDARY SCHOOL LEVEL: AN EXEMPLARY LESSON PLAN ON HYDROSTATIC PRESSURE<sup>1</sup>

**Selda BAKIR**

Associate Professor Doctor, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey, [sbakir@mehmetakif.edu.tr](mailto:sbakir@mehmetakif.edu.tr)  
ORCID: 0000-0002-2169-2910

Received: 16.03.2023

Accepted: 15.08.2023

Published: 01.09.2023

### ABSTRACT

STEM, which improves students' academic achievement as well as 21st century skills such as analytical and creative thinking, problem solving, and collaborative working skills, provides a link between school, workplace, society and the global economy. In the STEM approach, students are expected to solve real-world problems by using science, technology, mathematics and engineering in an integrated manner. Although the STEM approach is included in the education system of many countries, it is known that there are still problems in its implementations. The purpose of this study is to develop an exemplary STEM lesson plan that will shed light on teachers who will apply the STEM approach in their classrooms. The 5E model was used in the plan developed for the study. In the 5E model, which consists of five steps: engage, explore, explain, elaborate and evaluate, the most appropriate step for the STEM scenario is the elaborate step. Because the elaborate step is the step that the information learned in the previous stages will be used in solving the new problem. In this step, a scenario involving a real-world problem is given. In STEM practice, real-world scenarios, which can be difficult for teachers to prepare, should be used to encourage students and realize meaningful learning. While preparing the scenario, criteria and limitations must be included. It should be paid attention to ensure that there is not only one solution to the problem. The STEM scenario prepared for this study was developed with a focus on hydrostatic pressure in the 1st unit of science course for middle school 8th grade students. The same scenario can be used and modified according to the level for preschool, primary, high school and university students at different levels. For example, at the high school level, it can be associated with gains in physics concepts such as balance, static, and tensile force. At the university level, it can be focused on a certain acquisition, or it can be left to their creativity to design bridges in very different structures.

**Keywords:** STEM, STEM scenario, STEM practice, lesson plan.

---

<sup>1</sup> The STEM lesson plan developed for this study was used in the "Let's STEM It" Erasmus+ project numbered "2019-1-TR01-KA201-076730" and was included in the learning module of the project.

---

## INTRODUCTION

The rapid development in science and technology influencing societies in social, economic and technical fields has brought along new requirements in the field of education (Lawrenz et al., 2017). It is thought that the economic growth of China and other East Asian countries in recent years is related to the importance they attach to science, technology, mathematics and engineering in their education systems. This situation has been carefully handled by the USA, which is leaving its place in economic leadership to these countries (Akgündüz et al., 2015). With these developments, many reports have emerged to try to determine life, career and learning skills describe the skills which are necessary to be successful in the 21st century world (Morrison, 2018). These reports emphasize that the 21st century skills of students who will form the future workforce should not only be basic skills but also practical skills that enable the use of these skills (Phuseengen & Singhchainana, 2022).

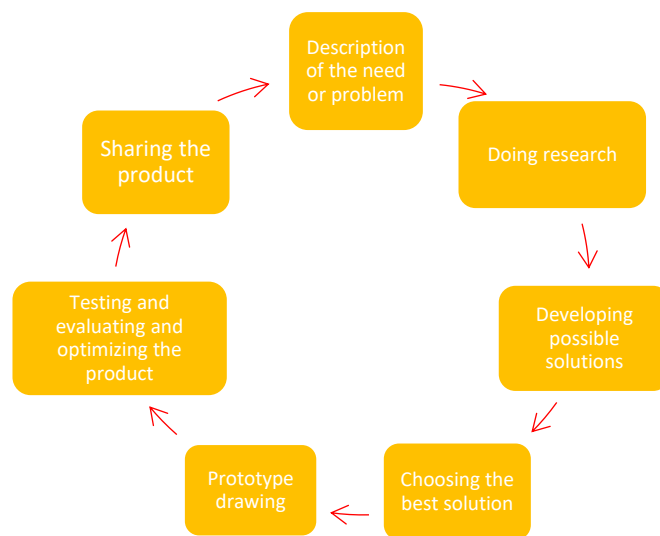
Science, mathematics, technology and engineering (STEM) disciplines are the first to come to mind in gaining 21st century skills such as research, questioning, decision making, creativity, critical and analytical thinking (Lacey & Wright, 2009; Yamak, Bulut & DüNDAR, 2014). STEM is defined as a driving force for the qualified workforce to be trained in the fields of science, technology, engineering and mathematics. Through STEM education, citizens with developed logical thinking and creative questioning will be raised who will not leave their countries behind other countries and will protect the competitiveness of the country (Breiner et al., 2012). It is said that STEM, one of the biggest reforms of recent years, emerged in the USA in 2001 with Judith Ramaley (Daugherty, 2013; Yıldırım and Altun, 2015). According to Ramaley, STEM is educational research where opportunities are created for students to solve real-world problems (Daugherty, 2013). There are two main reasons for the emergence of STEM education in the USA. The first of these is the decrease in the desire of US students to science, technology, mathematics and engineering (Sanders, 2009). The second is that the USA does not want to lag behind countries that are gaining momentum in terms of science and technology in the international arena (NRC, 2011).

There is no universally accepted definition of STEM. For some, STEM is a restructuring of education in the fields of science, technology, engineering, and mathematics, while for some, over-concentration on just a few lessons, for others, it is an approach in which students work collaboratively by integrating science, technology, engineering and mathematics to solve real-world problems in scientific ways (the last one is adopted in this article). STEM is much more than a new way of teaching mathematics and science and should affect all lessons (Bender, 2018; Bybee, 2010b; Rogers & Postmore, 2004). According to Paez et al. (2019), the product formed as a result of the integration of science, technology, engineering and mathematics disciplines is more than the sum of these four disciplines separately.

In addition to academic success, students taking STEM education also improve 21st century skills such as problem solving, innovation, creativity, self-confidence, logical thinking, technological literacy, communication, systematic thinking, career awareness, and critical thinking (Bybee, 2010a; Bybee, 2010b; Grier et al., 2008; Hansen, 2014; Morrison, 2006; Shirey, 2018; Stohlmann et al., 2012; Vega, 2012; Winarti et al., 2021).

- Instructional principles emphasized for STEM classes are as follows (Bender, 2018, p.6):
- Real world problems
- Engineering design cycle
- Open-ended and applied inquiry
- Collaborative working
- High-level math and science content
- Allowing more than one correct answer
- To encourage students to learn by learning from their mistakes.

STEM consists of fields that are very close to each other, including science, technology, engineering and mathematics. While mathematics is used as a tool in the data processing process of science, technology and engineering is the application of science (Syukri et al., 2021). Among the disciplines that make up STEM, the discipline that is most likely to experience difficulties is engineering. For example, as a result of a study conducted with pre-school teachers, it was determined that pre-service teachers have stereotypical thoughts that engineering is a dirty job and engineers are male workers working at construction sites, carrying sand (Karademir & Yildirim, 2021). In the same study, they stated that STEM education on construction and computer engineering skills of preschool teachers would make them better equipped. Accordingly, it can be said that the engineering discipline part of STEM is not perceived as an engineering design cycle by pre-service teachers. The engineering design cycle is shown in Figure 1. Accordingly, the engineering design cycle seen in Figure 1 begins with the problem definition step. In the second step, necessary research should be done to solve the problem. In the third step, at least two solutions are developed considering the criteria and limitations. In the fourth stage, the best solution is chosen by considering the criteria and limitations. In the fifth stage, the prototype is drawn by paying attention to proportioning, labeling and coloring. In the sixth stage, the product is developed, tested and optimized. In the last stage, the developed product is shared with others. Different methods can be chosen in determining the required budget. For example, while it is allowed to use an amount determined by the teacher for each group, in another method, the same materials can be given to each group and asked to create products using only these materials. Or the budget part can be left completely free.



**Figure 1.** Engineering Design Cycle (URL1)

Although the STEM approach is included in the education system of many countries, it is known that there are still problems in its implementation (Akça & Beşoluk, 2023; Dare et al., 2018; Goodwin & Hein, 2014; Holincheck & Golan, 2022; Khuyen et al., 2020; Kınık Topalsan ve Akkoyun, 2022; Shernoff et al., 2017; Tao, 2019). For example, Holincheck and Golan (2022) found that teachers have complex concepts about the implementation of STEM in classrooms. Shernoff et al. (2017) found as a result of their studies that teachers believed that they were not sufficiently equipped for the in-class application of STEM. As a result of a study conducted with 186 Vietnamese teachers, inexperienced teachers had much more positive attitudes towards STEM education than experienced teachers. And regarding the difficulties in the implementation of STEM, it was determined that there was no significant difference between the two groups (Khuyen et al., 2020). As a result of another study conducted with 93 science teachers in Indonesia, it was found that teachers believed that their attitudes towards STEM were quite good, moderately good in practice, and low in STEM knowledge (Parmin et al., 2020). As a result of the systematic analysis of studies on STEM, Margot and Kettler (2019) stated that although teachers think that STEM education is beneficial for children, they also think that there are many difficulties in STEM applications.

The difficulties experienced by teachers regarding STEM practices should be taken very seriously. Because the disconnected and problematic perspectives on STEM extend from teachers to students (Kelley & Krowles, 2016). Margot and Kettler (2019) suggest that teachers should be given opportunities for the integration of STEM fields and their professional development in this regard. Suggested strategies to improve teacher quality in STEM are purpose-oriented curriculum, motivation and guidance to teachers (Syafri et al., 2021). Eren and Dökme (2022), as a result of their studies evaluating STEM applications used in science education, stated that it would be beneficial to create guide application guides for the more widespread use of STEM applications in science education. Again, as a result of their research, Lamberg and Trzyradlowski (2015) stated that teachers need resources for planning STEM practices. According to the knowledge map developed by the researcher based on

the relevant literature review, it is seen that planning is related to almost all concepts (Figure 2). Accordingly, the primary goal of STEM practices, which has an important place in the education systems of all countries in global competition, should be to train teachers and provide resources. In this context, studies that will eliminate the confusion about STEM applications and can be a source for teachers gain importance.

In the literature, there are studies related to STEM lesson plan. However, when these studies are examined, it is seen that the majority of them are studies that examine the plans made by teachers or pre-service teachers as a result of a training (Aykan & Yıldırım, 2022; Bozkurt Altan & Uçuncuoğlu, 2019; Han et al., 2015; Maicorca & Mohr-Schoeder, 2018; Mumcu, Uslu & Yıldız, 2023). For example, Mumcu, Uslu & Yıldız (2023) stated that 40 teachers from different branches prepared acceptable STEM plans as a result of their collaborative work after the training they attended. In the study of Maicorca and Mohr-Schroeder (2018), it was determined that most of the teachers who took STEM education integrated mathematics and engineering in their plans, and only three participants were able to integrate science, mathematics and engineering. Very few of the studies on the STEM lesson plan are about how the STEM plan should be. When these plans were examined, it was seen that the planning process was given in detail, but no sample plan was given. For example, although Ceylan and Özdilek (2015) explained in detail how the STEM lesson plan should be prepared according to 5E model, the scenario was not used for the STEM problem to be done in the elaborate step. Again, only the multiple-choice test was included in the evaluation step, STEM product and process evaluation were not included. Again, in the studies of Winangun and Fauziah (2019), the process was explained in detail, but the sample plan was not included. In this context, this study, which aims to develop an exemplary STEM lesson plan that will shed light on teachers and pre-service teachers, is different from the studies in the literature and it is thought that the deficiency in the literature will be eliminated with this study.



**Figure 2.** Information Map of STEM Practice

**METHOD**

Firstly, since this study does not require "ethics committee approval", "ethics committee approval" was not obtained. This study is a case study of how to be a good STEM plan example. In the study, first of all, a needs analysis was made from the data collected through document review. In the needs analysis to develop a STEM plan, the path followed in the analysis of the studies to be examined is as follows:

- 1) Determination of the criteria: The studies to be examined should be related to the personal problems experienced by teacher/pre-service teachers in STEM practices, they should be of Turkish origin, they should be one of the types of thesis, article, presentation, and the full text should be accessible. A date range was not determined for the selection of the studies.

2) Determination of keywords: Turkish was determined as “STEM application”, “FeTeMM application”, “teacher”, “pre-service teacher” keywords.

3) Determination of databases: Publications in Google Scholar databases were scanned. Google Scholar is one of the largest known open access databases. The reason why Google Scholar was chosen as the database is that, since the sample of the plan to be developed will be prepared for teacher/pre-service teachers, anyone who wishes can easily access the studies that have been reviewed.

4) Weeding out duplicate studies.

5) Analysis of studies.

Accordingly, twelve scientific studies that met the criteria were examined.

An example of a STEM lesson plan was developed considering the results obtained to determine the main problems of teachers in the needs analysis, the knowledge map developed as a result of the literature review (Figure 2) and Akarsu et al.’s criteria (2021) which are (i) to include real life problems, (ii) to relate interdisciplinary, (iii) to be student-centered, (iv) to be developed according to the engineering design process, (v) to develop questioning and thinking skills (vi) providing communication opportunities to students within and between groups, (vii) allowing the planned product to be designed many times, and (viii) providing evaluation opportunities for the design.

The 5E model was used in the plan developed for the study. The 5E model can be used effectively in the teaching process in STEM education (Bybee, 2019). The 5E model consists of five steps: engage, explore, explain, elaborate and evaluate (Bybee, 2019; Bybee&Landes, 1990; Süzen, 2004). The engage step in which images, videos, stories, questions, etc. were used for the purpose of attracting attention, arousing curiosity, checking for preliminary information, informing about the aim, is followed by the explore step, in which the new information that will lead to the target acquisition is discovered by the students themselves. In the third stage, the explain, firstly, the students express the information they discovered in the previous step, verbally or in writing, and then the teacher makes the necessary explanations. The elaborate step is the most appropriate step for presenting and solving the STEM problem. In this step, students are given a scenario that includes a real-world problem, criteria and limitations that they can solve using the knowledge they learned in the previous steps, and they are asked to solve the problem in the scenario using science, technology, engineering and mathematics disciplines together. In the evaluate step, which is the last step, STEM product and the degree to which the students have achieved the target achievement are evaluated with rubric, open-ended questions, self-assessment, peer assessment, concept map, etc.

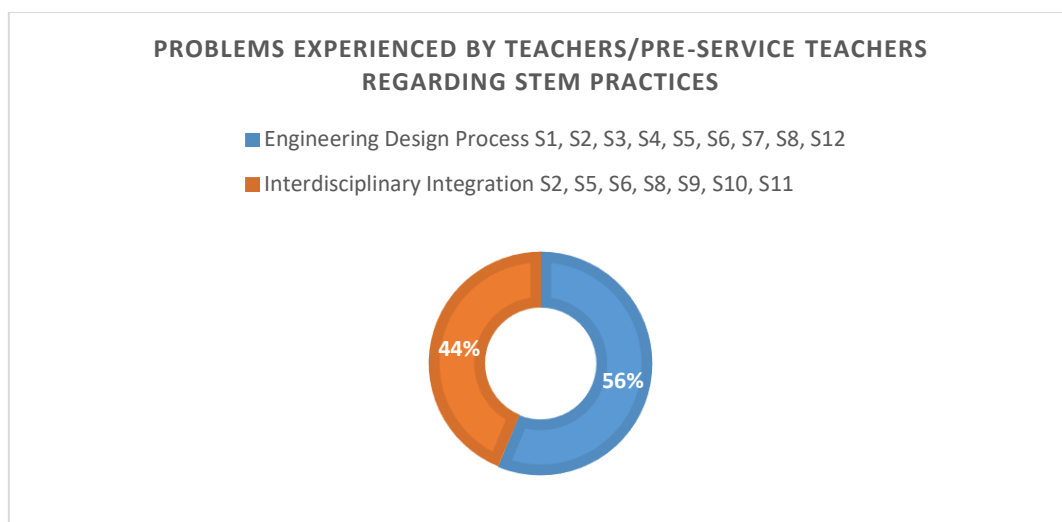
**FINDINGS**

The results of the analysis of the findings of 12 studies originating in Turkey, which investigated the personal difficulties experienced by teacher/pre-service teachers during the implementation process, are shown in Table 1.

**Table 1.** Results of the Analysis of the Findings of 12 Studies Originating in Turkey, Investigating the Personal Difficulties of Teachers/Pre-service Teachers during the Implementation Process

Categories	Study code	f	%
Engineering Design Process	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, Ç8, Ç12	9	56
Interdisciplinary Integration	S2, S5, S6, S8, S9, S10, S11	7	44
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>100</b>

According to Table 1, nine of the examined studies mention the difficulties experienced in the engineering design process during STEM applications, and the difficulties experienced in interdisciplinary integration in seven of them. For example, in the study coded as S12, it was revealed that “classroom teachers do not perceive the engineering design method as a teaching method and their knowledge about the engineering design method is insufficient”. This study was coded as the problem experienced in the engineering design cycle. The graphical representation of the needs analysis results is also shown in Figure 3.



**Figure 3.** Problems Experienced By Teachers/Pre-Service Teachers Regarding STEM Practices

Accordingly, taking into account the results of the needs analysis mentioned in the method section, the information map developed by the researcher (Figure 2) and the criteria used by Akarsu et al. (2021), a sample STEM lesson plan was developed by researcher. The plan consists of two stages. The first stage is the formal part and the second part is the operational part. In the formal part of the plan given in Figure 4, there are explanations



about duration, outcomes specific to the four disciplines that make up STEM, and STEM career awareness. After the preparation of the formal part, the process of the lesson starts.

<b>Subject / Concepts:</b> Hydrostatic Pressure		<b>Grade :</b> 8th Grade
		<b>Time Range :</b> 8 lesson
<b>OBJECTIVES</b>		
<b>Science</b>	- Be able to give examples of applications of pressure properties of solids, <i>liquids</i> and gases in daily life and technology (Liquids pressure is covered in this lesson plan) .	
<b>Math</b>	- Be able to solve problems related to the field. - Be able to solve problems related to right and inverse proportion.	
<b>Technology and Engineering</b>	- Be able to predict possible changes that may be caused by technological progress - Be able to complete the steps in the engineering design cycle completely	
<b>STEM Career Awareness</b>	<p><b>-Costruction Engineering:</b> A construction engineer is a <b>type of civil engineer who plans, directs, and supervises large construction projects</b>. Most construction engineers specialize in a specific type of project such as commercial buildings, heavy highway (bridges, tunnels, and underground wastewater plants), mechanical systems, or electrical (URL2).</p> <p><b>-Transportation engineering:</b> <b>Transportation engineering</b> or <b>transport engineering</b> is the application of technology and <u>scientific principles</u> to the planning, functional design, operation and management of facilities for any mode of transportation in order to provide for the safe, efficient, rapid, comfortable, convenient, economical, and environmentally compatible movement of people and goods transport (URL3).</p> <p><b>-Environmental engineering:</b> <b>Environmental engineering</b> is a job type that is a professional engineering discipline and takes from broad <u>scientific</u> topicslike <u>chemistry, biology, ecology, geology, hydraulics, hydrology, microbiology,</u> and mathematics to create solutions that will protect and also improve the health of living organisms and improve the quality of the environment (URL4)</p>	

**Figure 4.** The Formal Part of The STEM Lesson Plan

In the operational part of the plan, the activities to be done throughout the course are planned in accordance with the 5E model. Before proceeding with the course, the students are divided into groups of 4-5 each.

**First Step/Engage**

(In this part, preliminary information is polled, attention is drawn and the target is informed. Teacher can use some photographs, videos etc. to keep students’ attentions).

The teacher can ask questions about the concept of pressure they learned in previous lessons to check the background and show some photos of fluid pressure to get the students' attention. It can inform the target directly or indirectly. For example, by using the pictures below (Figure 5), you can inform indirectly saying “by the end of this lesson, you will learn how the vehicles you see the pictures of work”.



**Figure 5.** Some Tools That Works On Pascal Principle (URL5)

### **Second Step/Explore**

(In this part, students should explore the concepts, theory, etc. about the outcomes through various activities).

How do water presses, compression systems (hydraulic brakes, hydraulic presses, spray pumps), transport systems (hydraulic lifts, cranes, fire escapes, hydraulic lifting systems of bucket and dump trucks), suction-discharge pumps, barber chairs work? How can auto mechanics lift huge cars easily off the ground with very little force? Discuss with your group mates what the reason for all this is.

Each group is given a ping pong ball, a pin, water and a syringe with the needle removed. Students are asked to use these materials to squirt water from the ping pong ball like a fountain. Students who cannot do the experiment are asked to drill a few holes in the ping-pong ball, insert the syringe into one of these holes, fill the syringe with the plunger removed, and then insert the plunger and pour the water into the ball. It is wanted from students to observe the gushing water from the ball filled with water. What causes water to gush out of the holes of the ping pong ball? Would we still encounter the same result if another liquid was used instead of water? Group discussions are requested.

### **Third Step/Explain**

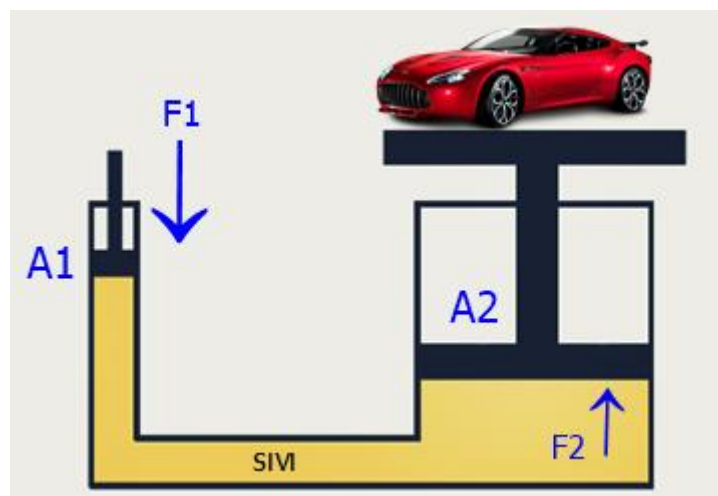
(In this section, students first explain what they discovered in the previous section, either orally or in writing. Afterwards, the teacher provides a description of the concept, theory, example, etc. that needs to be explained. The information obtained by the groups as a result of the experiment and discussion is shared by the students. Then the teacher makes the necessary explanation).

### **Pascal's Principle**

The compressibility of liquids is negligible. Thanks to this feature, liquids transmit the applied pressure equally in all directions. In other words, the pressure created at any point of the liquid by the force applied to the liquids in the closed container is transmitted perpendicularly to all the surfaces that the liquid comes into contact with. This principle is called Pascal's principle. When the force is applied on the balloon with the holes opened, the

pressure created in the liquid is transmitted to all the holes in the same way and the flow rates of the water gushing out of the balloon are the same just like in ping pong ball.

By making use of Pascal's principle; water press, compression systems (hydraulic brakes, hydraulic presses, spray pumps), transport systems (hydraulic lifts, cranes, fire ladders, hydraulic lifting systems of buckets and dump trucks), suction-discharge pumps, barber seats, tools used to measure pressure (barometer and manometer) and composite vessels were made (URL6). For example, large loads can be lifted by applying small force with a water press (Figure 6). In auto repair shops, cars weighing tons can be lifted off the ground with a single button, thanks to a water press.



**Figure 6.** Water Press (URL7)

With the help of hydraulic brakes used as a compression system, a small force is applied to obtain a large force and the vehicle can be stopped. When the driver presses the brake pedal, pressure is created in the fluid called hydraulic in the pipe with the effect of the force applied to the pedal, and this pressure is transmitted to the pads thanks to this hydraulic. Since the surface of the pads is large, a greater force is obtained and this force compresses the pads, causing them to rub against the inner part of the tires and slow down or stop the car according to the pressure created (URL6).

With the same principle, compression by hydraulic presses, spraying pesticides with spraying pumps through the force applied to the pump arm, lifting objects with the help of pressure created in the liquid by the force applied to the liquid with the compressor in hydraulic lifts used as lifting systems and firefighter ladders, lifting truck dampers, lifting and lowering barber seats, buses the opening and closing of the doors and the operation of the buckets are provided.

#### **Fourth Step/Elaborate**

(This stage is the stage of expanding what has been learned. Here, the scenario for the STEM activity is given and students are asked to solve the problem in the scenario using the disciplines of SCIENCE, TECHNOLOGY, MATHEMATICS and ENGINEERING and create a product).

#### ***The Aim Of This Activity***

The purpose of this activity is that students design a bridge by using the knowledge obtained in science lesson integrated with the gains of liquid pressure, mathematics, technology, engineering outcomes and skills.

Teacher gives the scenerio below.

#### ***Unlucky Village And Their Unlucky Children***

Unlucky village, a poor fishing village, had one bridge which was only secure connection to the city. And unfortunetelly it was was destroyed due to adverse weather conditions. This creates great problems for the adults and children of the village. The river passing through the village and the city is connected to the sea. Since the village is located close to where the river flows into the sea, both the depth is high and the flow is strong. But this part of the village is the closest part of the city (300m). Children walk to the school and the villagers walk 7 km to the east every day and cross the unsafe suspension bridge in the area where the depth of the river is minimal. But it is both dangerous and exhausting them. While the river water is normally (in autumn and winter)10m, it increases by 1.5m in the spring with snow melting in the mountains. At the point where the village is closest to each other, there is a distance of 5 meters between the water surface and the surface of the settlement areas in autumn and winter. Unfortunately, the city administration remains insensitive to this problem of the villagers. For these villagers who have financial problems, design a bridge that is as low-cost as possible, environmentally friendly, energy-efficient, safe, long-lasting, where pedestrians and vehicles can cross and fishing boats can sail without difficulty.

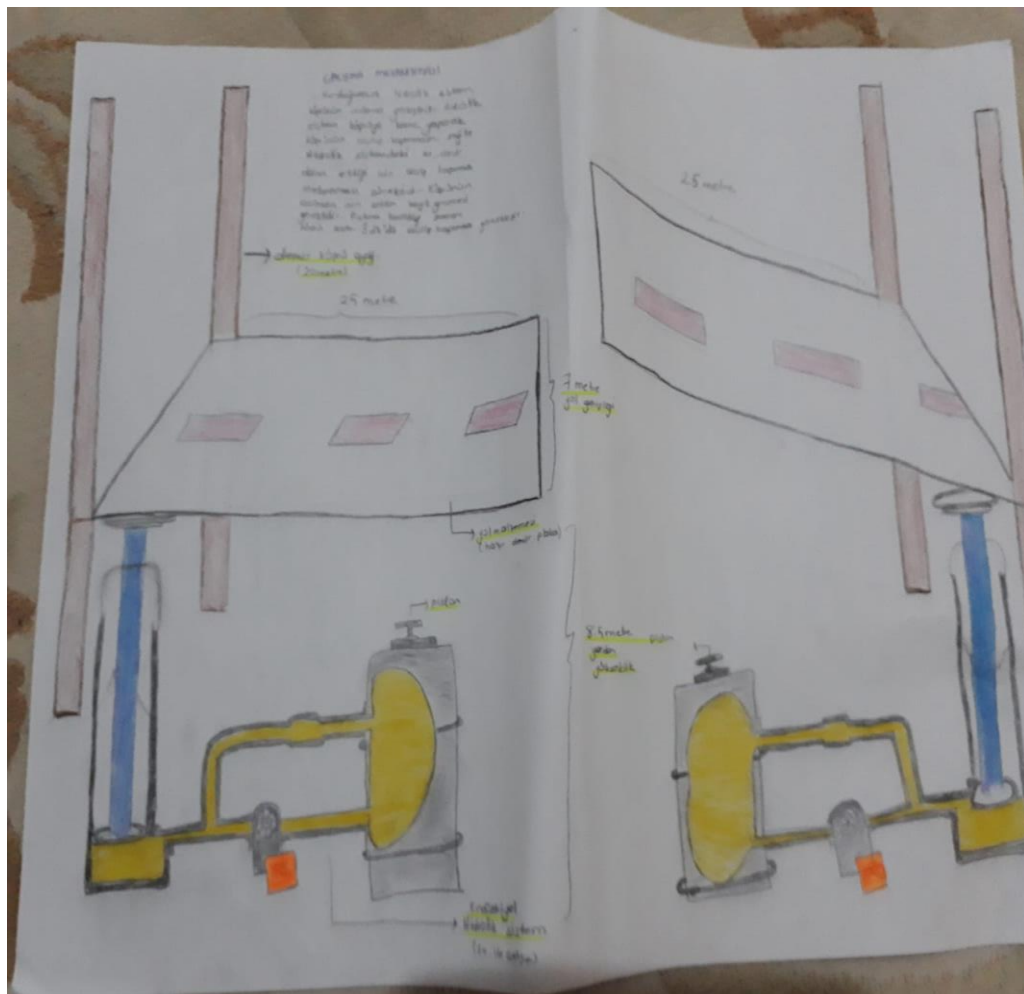
#### ***Engineering Design Cycle***

(Students must perform the following steps)

- Identify the problem.
- Prepare questions whose answers will help you to solve the problem. And reserach to answer them (20 minutes). Share them with teacher and class.
- Find at least two solution for the problem. Each solutions must be written as description style such as it will have four wheels, wheels' radius will be 30 cm. etc. At this step, no solution should be superior to another. Solutions should be alternatives to each other.
- Choose the best solution in group. At this step, when the best solution is choosen, groups must prepare reasoned report explained why this solution is choosen in terms of some criterion (budget, energy

saving, climate conditions, nature friendly, safety, durability, aesthetic etc). For example solution 1 is better than solution 2 in terms of energy saving and eco friendly. Because in solution 1, we will use solar energy. But solution 2 is better than solution 1 in terms of yield and budget. Because we will use coal. We prefer solution 2, because we have very little money...Or we prefer solution 1, because we care nature.

- Show reasoned report to teacher. If she confirm it, you can begin to draw prototype. When you are drawing the prototype, you should pay attention to proportioning, use mathematical symbols or numbers, tags, coloring . Also you must explain the working principles on prototype paper.



**Figure 7.** A Prototype Drawing Example

- After the teacher confirmed prototype of groups, you can pass the next step-product creation and test (If it doesn't work, return to related step)
- And the final...Share your product with the others (In front of class or intergroups visitings)



**Figure 8.** Sharing The Product

**Fifth Step/Evaluate**

(In this step, after the activity various assessment tools can be used to evaluation. For example you can use, open ended questions, self assessment form, stem rubric and group assesment form etc).

In this plan, you can use the open-ended questions for learning outcomes and the rubric given in Figure 9 to evaluate the STEM products developed. The STEM rubric can be used by both teachers and groups to evaluate each other.

**Open-ended Questions**

- 1) Explain Pascal's principle.
- 2) Give examples from the applications of Pascal's principle and explain their working mechanism.

NAME	INNOVATION 1.....10	ECO-FRIENDLY 1.....10	USABILITY 1.....10	LONGEVITY 1.....10	ECONOMY 1.....10	AESTHETICS 1.....10	STEM				TOTAL
							SCIENCE 1.....10	TECHNOLOGY 1.....10	ENGINEERIN G 1.....10	MATH. 1.....10	
GROUP 1											
GROUP 2											
GROUP 3											
ETC											

**Figure 9.** STEM Rubric

## **CONCLUSION and DISCUSSION**

STEM connects school, workplace, society and the global economy while equipping students with analytical and creative thinking, problem solving, and collaborative skills. Since many sectors are directly related to STEM fields, it is gaining more and more importance in the economic development of countries. This makes STEM one of the largest employers in the world (Science Foundation Arizona, 2017). From this point of view, it is very important to include STEM in the education system, which will enable the training of qualified individuals that a country needs for its development, leadership in the scientific field and economic growth (Lacey & Wright, 2009).

STEM education aims, STEM literacy, 21st century competencies, STEM workforce preparedness, and abilities to make connections between STEM disciplines for students (National Research Council [NRC], 2014). With these features, STEM education is becoming common in many countries (Lawrenz et al., 2017). In the STEM approach, students are expected to solve real-world problems by using science, technology, engineering and mathematics in an integrated way (Thomas, 2014).

When the literature is examined, due to the lack of knowledge and experience during STEM practices, teachers encounter many conceptual confusions and problems, especially the holistic approach of STEM education (Dare et al., 2018; Goodwin & Hein, 2014; Holincheck & Golan, 2022; Karademir & Yildirim, 2021; Khuyen et al., 2020; Shernoff et al., 2017; Tao, 2019). An exemplary STEM lesson plan was developed in this study, which was carried out in order to eliminate the difficulties experienced by teachers about how to implement the STEM approach. A STEM-based program should guide students in solving real-life problems by enabling them to design, experiment, structure, analyze, interpret, and integrate natural phenomena (Wang, 2012).

First of all, as a result of the needs analysis carried out to determine the problems experienced by the teacher/pre-service teachers during STEM applications, it was determined that they had difficulties in the engineering design cycle and interdisciplinary integration. A STEM application lesson plan was developed according to the needs analysis results and the relevant literature. The 5E model is one of the best models available for STEM practice. In the engage step, which is the first step of the 5E model, preliminary information was checked, attention was drawn and the target was informed. In the second step, the explore step, it was provided that students reached the concept, theory, etc. in outcomes. In the explain step, which is the third step, first the students were provided to explain the information they discovered, and then the teacher made the necessary explanations. Thus, access to scientific information that will be needed in the next stages has been provided. The fourth step is the elaborate step, which is the most suitable step in the 5E model for STEM application. Because the elaborate step is the step where the knowledge learned in the previous stages will be used in the solution of the new problem in integration with other disciplines. In this step, a scenario involving a real-world problem is given to students. In STEM practice, real-world scenarios, which can be difficult for teachers to prepare, should be used to encourage students and realize meaningful learning (Kelley & Krowles, 2016). While preparing the scenario, criteria such as eco-friendly, economy etc. and limitations must be included. Care should be taken to ensure that there is not only one solution to the problem. This step is where the engineering design

cycle is. Thus, in the elaborate step, both the engineering discipline was used and interdisciplinary integration was realized. For example, Pascal's principle requires science, scaling and calculations in prototype drawing require mathematics, and the use of eco-friendly energy providers such as solar panels requires technology discipline. In the last step, the evaluation step, both academic knowledge and the STEM process were evaluated. In the whole process, cooperative work was provided by suggesting group work. Thus, all the prominent conditions in STEM application have been fulfilled.

In summary, as a result of this study, which aims to develop an exemplary STEM lesson plan that will shed light on teachers and pre-service teachers, it is thought that the deficiency in the literature will be eliminated. Because, when the studies on the STEM lesson plan in the relevant literature are examined, this study is quite different from the studies in the literature, according to the results that almost all of the plans made by the teachers or pre-service teachers are examined, very few studies give details about the STEM lesson planning process, and these studies do not include a sample plan. In the STEM lesson plan developed in this study, each step was explained in detail, a scenario containing a real-world problem was written for the STEM application, an outcome in the science lesson program was used as an example and both process and product evaluation techniques are used.

#### **SUGGESTIONS**

The STEM scenario prepared for this study was developed with a focus on hydrostatic pressure in the 1st unit of science course for middle school 8th grade students. The same scenario can be used and modified according to the level for preschool, primary, high school and university students at different levels. For example, at the high school level, it can be associated with gains in physics concepts such as balance, static, and tensile force. At the university level, it can be focused on a certain learning outcome, or it can be left to their creativity to design bridges in very different structures.

#### **ETHICAL TEXT**

In this article, journal writing rules, publication principles, research and publication ethics rules, journal ethics rules were followed. Responsibility for any violations that may arise regarding the article belongs to the author. This study does not require ethics committee approval.

**Author(s) Contribution Rate:** The researcher's contribution rate is 100%



**REFERENCES**

- Akarsu, M., Okur-Akçay, N. ve Öçal, M. F. (2021). Okul öncesi öğretmen adaylarının geliştirdikleri STEM modülünü değerlendirmelerine yönelik bir inceleme *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*,42, 51-79. Doi: 10.33418/ataunikkefd.818849
- Akça, Z. ve Beşoluk, Ş. (2023). Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinler arası yaklaşımlara ve STEM'e yönelik algıları. *Trakya Eğitim Dergisi*, 13 (1), 141-159. DOI: 10.24315/tred.1015343
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Corlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* Retrieved from [http://www.academia.edu/15033151/STEM\\_e%C4%9Fitimi\\_T%C3%BCrkiye\\_raporu\\_G%C3%BCn%C3%BCn\\_modas%C4%B1\\_m%C4%B1\\_yoksa\\_gereksinim\\_mi\\_A\\_report\\_on\\_STEM\\_Education\\_in\\_Turkey\\_A\\_](http://www.academia.edu/15033151/STEM_e%C4%9Fitimi_T%C3%BCrkiye_raporu_G%C3%BCn%C3%BCn_modas%C4%B1_m%C4%B1_yoksa_gereksinim_mi_A_report_on_STEM_Education_in_Turkey_A_)
- Aykan, A. & Yıldırım, B. (2022). The Integration of a Lesson Study Model into Distance STEM Education during the COVID-19 Pandemic: Teachers' Views and Practice. *Technology, Knowledge and Learning*, 27, 609–637.
- Bender, W.N. (2018). *20 Strategies STEM for instruction*. Çeviri editörü: Soner Durmuş, Ali Sabri İpek, Bahadır Yıldız. Nobel.
- Bozkurt Altan, E., & Ucuncuoglu, I. (2019). Examining the development of pre-service science teachers' STEM-focused lesson planning skills. *Eurasian Journal of Educational Sciences*, 83, 103-124, DOI: 10.14689/ejer.2019.83.5
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of stem in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 1-11.
- Bybee, R. W. (2010a). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996–996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2019). Using the BSCS 5E instructional model to introduce STEM disciplines. *Science and Children*, 56 (6), 8-12.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1990). Science for life & living: An elementary school science program from biological sciences curriculum study. *The American Biology Teacher*, 52(2), 92-98.
- Ceylan, S. & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177, 223 – 228.
- Dare, EA, Ellis, JA. & Roehrig, GH. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*. 5 (4), 1-19
- Daugherty, M.K. (2013). The prospect of an "A" in STEM education. *Journal of STEM Education*, 14 (2).
- Eren, E. ve Dökme, İ. (2022). Fen eğitiminde kullanılan STEM uygulamalarının değerlendirilmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9 (2) , 669-681. DOI: 10.21666/muefd.1080617
- Goodwin, B. & Hein, H. (2014, December). Research says: STEM schools produce mixed results. *Educational leadership*, 72(4), 84-85.
-

- Grier, R., Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E. & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922-939.
- Han, S., Yalvac, B., Capraro, M.M. & Capraro, R.M. (2015). In-service Teachers' Implementation and Understanding of STEM Project Based Learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 63-76.
- Hansen, M. (2014). Characteristics of schools successful in Stem: Evidence from two states' longitudinal data. *Journal of Educational Research*, 107(5), 374-391.
- Holincheck, N. & Galanti, T.M. (2022) Are you a stem teacher?: exploring k-12 teachers' conceptions of stem education. *Journal of STEM Education*, 23(2), 23-29.
- Karademir, A. & Yıldırım, B. (2021). A different perspective on preschool STEM education: STEM education and views on engineering. *Journal of Turkish Science Education*, 18(3), 338-350. DOI no: 10.36681/tused.2021.77
- Kelley, T., & Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11.
- Khuyen, N.T.T., Bien, N.V., Lin, P.-L., Lin, J. & Chang, C-Y. (2020). Measuring teachers' perceptions to sustain STEM education development. *Sustainability*, 12(4), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su12041531>
- Kınık Topalsan, A. ve Akkoyun, M. N. (2022). İlkokulda fen bilimleri öğretimi ve STEM uygulamaları: Sınıf öğretmenlerinin genel kaygı durumları. *Milli Eğitim Dergisi*, 51(235), 2031-2060. DOI: 10.37669/milliegitim.926093
- Lacey, T. A. & Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018. *Monthly Labor Review*, November, 82-123.
- Lamberg, T. & Trzynadlowski, N. (2015). How STEM Academy teachers conceptualize and implement STEM education. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 45-58.
- Lawrenz, F., Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2017). Introduction to this special issue. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1–4. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9815-5>
- Maiorca, C. & Mohr-Schroeder, M.J. (2020). Elementary preservice teachers' integration of engineering into STEM lesson plans. *School Science and Mathematics*, 120, 402–412. <https://doi.org/10.1111/ssm.12433>
- Margot, K.C. & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *Int. J. STEM Educ.*, 6, 1–16.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. TIES.
- Morrison, R. (2018). *We need to completely reimaging education*. <https://bold.expert/we-need-to-completely-reimagine-education/>
- Mumcu, F., Uslu, N.A. & Yıldız, B. (2023). Teacher development in integrated STEM education: Design of lesson plans through the lens of computational thinking. *Education and Information Technologies*, 28, 3443–3474. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11342-8>

- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. NAP. <https://goo.gl/1JEnUQ>
- National Research Council (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
- Páez, T. M., Aguilera, D., Javier, F. & Palacios, P. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education ? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Parmin, P., Saregar, A., Deta, UA. & El Islami, RAZ. (2020). Indonesian science teachers' views on attitude, knowledge, and application of STEM. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 17-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.17478/jegys.647070>
- Phuseengoen, N. & Singhchainara, J. (2022). Effects of STEM-integrated movement activities on movement and analytical thinking skills of lower secondary students. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(2), 511 – 517.
- Rogers, C. & Postmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3), 17-28.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, stemmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Science Foundation Arizona. (2017). Why STEM? What is STEM? *Arizona STEM Network*. <http://www.sfaz.org/stem-stem/>
- Shernoff, D.J., Sinha, S., & Bressler, D.M. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>.
- Shirey, K. (2018). Breaking the silos of discipline for integrated student learning: A global STEM course's curriculum development. *Engineering*, 4(2), 170–174. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.03.006>
- Süzen, S.(2004). *The effect of a constructivist learning model on information level and comprehension level of cognitive domain and attitude toward science of students in 7th class in science lesson about physical and chemical change*. Unpublished master's thesis. Gazi University, Ankara, TURKEY. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.
- Syafril, S., Rahayu, T., Fithri Al-Munawwarah, S., Satar, I, Bt Halim, L, Yaumas,N.E., & Pahrudin, A. (2021). Mini review: Improving teachers' quality in STEMbased science teaching-learning in secondary school. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1796, 1-11. doi:10.1088/1742-6596/1796/1/012072
- Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L., & Soewarno, S. (2018). The Impact of Engineering Design Process in Teaching and Learning to Enhance Students' Science Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66-75. doi:<https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12297>
- Tao, Y. (2019). Kindergarten Teachers' Attitudes toward and Confidence fir integrated STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2, 154-171. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00017-8>
-

- Thomas, T. A., (2014). *Elementary teachers' receptivity to integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in the elementary grades.*(Doctoral dissertation). Retrieved from Proquest. (3625770).
- URL1:NASA *Engineering design process.* Retrieved, June 1, 2023 from <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/resources/engineering-in-the-classroom.php>
- URL2: [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0n%C5%9Faat\\_m%C3%BChendisli%C4%9Fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0n%C5%9Faat_m%C3%BChendisli%C4%9Fi)
- URL3: <https://www.kariyer.net/bolumler/ulastirma%2Bmuhendisligi/nedir>
- URL4: [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87evre\\_m%C3%BChendisli%C4%9Fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87evre_m%C3%BChendisli%C4%9Fi)
- URL5: <https://www.fenokulu.net/mobil/fen-konulari/konu1367>
- URL6: [https://fenokulu.net/yeni/Fen-Konulari/Konu/Pascal-Principle-Using-Alanina-Ornekler\\_0\\_1367.html](https://fenokulu.net/yeni/Fen-Konulari/Konu/Pascal-Principle-Using-Alanina-Ornekler_0_1367.html)
- URL7: <http://bilgioloji.com/pages/fen/fizik/basinc/sivi/su-cenderesi-nedir/>
- Vega, V.(2012). *Research-based practices for engaging students in STEM learning.* Retrieved from [www.edutopia.org/stw-college-career-stem-research](http://www.edutopia.org/stw-college-career-stem-research)
- Wang, H. (2012). *A New era of science education: science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration.* (Doctoral dissertation). Retrieved from Proquest. (3494678).
- Winangun, M.M.& Fauziah, D. (2019). Designing lesson plan of Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) education in science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318, 1-7.
- Winarti, W., Sulisworo, D. & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based physics learning on students' critical thinking skills: A systematic literature review. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 4(2), 61-69. DOI: 10.12928/irip.v4i2.3814
- Yamak, H., Bulut, N. ve DüNDAR, S. (2014). 5.sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *GEFAD*, 34(2), 249-265.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40.

**APPENDIX 1. STUDIES REVIEWED IN NEEDS ANALYSIS**

- \*Aydin, S., ve Tarkin Çelikkiran, A. (2017). Kimya öğretmen adaylarının FeTeMM uygulamaları hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1624–1656. <https://doi.org/10.23891/efdyyu.2017.58>
- \*Bakırcı, H., ve Kutlu, E. (2018). Fen Bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM yaklaşımı hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 9(2), 367–389. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.417939>
- \*Bozkurt Altan, E., ve Hacıoğlu, Y. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin derslerinde STEM odaklı etkinlikler gerçekleştirmek üzere geliştirdikleri problem durumlarının incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 487–507. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.506462>
- \*Can, K., ve Uluçınar Sağır, Ş. (2018). Sınıf öğretmenlerinin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik (FeTeMM) uygulamalarına ilişkin görüşleri. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2018(11), 62–83. <https://dergipark.org.tr/goputeb/issue/39821/450515>
- \*Çınar, S. ve Kereci, N. (2020). Sınıf öğretmenlerinin mühendislik tasarım uygulamalarının fen bilimleri öğretimine entegrasyonu hakkındaki görüşleri: Ordu örneği. *International Journal of Innovative Approaches in Education*, 4(2), 26-45. doi: 10.29329/ijiape.2020.261.1
- \*Çınar, S., Pırasa, N., Uzun, N. ve Erenler, S. (2016). The Effect of Stem Education on Pre-Service Science Teachers' Perception of Interdisciplinary Education. *Journal of Turkish Science Education*, 118-142.
- \*Delen, İ. ve Uzun, S. (2018). Matematik öğretmen adaylarının FeTeMM temelli tasarladıkları öğrenme ortamlarının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(3), 617-630.
- \*Erdem, A., Anılan, B. & Kiliç, Z. (2021). STEM Experiences of Science Teachers and Fifth Grade Students. *Acta Didactica Napocensia*, 14(2), 318-332 , <https://doi.org/10.24193/adn.14.2.22>
- \*Hacıoğlu, Y., Yamak, H. & Kavak, N. (2016). Pre-service science teachers' cognitive structures regarding Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) and Science Education. *Journal of Turkish Science Education*, 13, 88-102.
- \*Marulcu, İ. ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 13-23.
- \*Özmen, N. , Adıgüzel, T. ve Özel, S. (2020). FeTeMM odaklı olarak tanımlanan ders planları için bir çerçeve: Bir meta-sentez çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, STEM Eğitimi*, 123-154.
- \*Yıldırım, B. (2018). STEM uygulamalarına yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim, Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 42-53.

## ORTAOKUL DÜZEYİNDE KAZANIM ODAKLI BİR STEM DERS PLANI NASIL YAPILIR: SIVI BASINCI İLE İLGİLİ ÖRNEK BİR DERS PLANI<sup>2</sup>

### Öz

Öğrencilerin hem akademik başarılarını hem de analitik ve yaratıcı düşünme, problem çözme, işbirlikli çalışma becerileri gibi 21. yy becerilerini geliştiren STEM, okul, işyeri, toplum ve küresel ekonomi arasında bağlantı kurulmasını sağlamaktadır. STEM yaklaşımında, öğrencilerden, karşılıklarına çıkan gerçek dünya problemini, fen, teknoloji, matematik ve mühendisliği bütünleşik olarak kullanarak çözmeleri beklenir. STEM yaklaşımı, birçok ülke eğitim sistemine dahil edildiği halde, uygulama konusunda hala aksaklıklar olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, sınıflarında STEM yaklaşımını uygulayacak öğretmenlere ışık tutacak örnek bir STEM planı geliştirmektir. Çalışma için geliştirilen planda 5E modeli kullanılmıştır. Giriş, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme olmak üzere beş basamaktan oluşan 5E modelinde, STEM senaryosu için en uygun basamak derinleştirme basamağıdır. Çünkü derinleştirme basamağı, önceki aşamalarda öğrenilen bilgilerin yeni problemin çözümünde kullanacağı basamaktır. Bu basamakta gerçek dünya problemi içeren senaryo verilir. STEM uygulamasında, öğrencileri teşvik etmek ve anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirmek için, öğretmenler için hazırlaması zor olabilen, gerçek dünya senaryoları kullanılmalıdır. Senaryo hazırlanırken, kriter ve sınırlılıklara mutlaka yer verilmelidir. Problemin, sadece bir tane çözüm yolunun olmamasına özen gösterilmelidir. Bu çalışma için geliştirilen STEM senaryosu, ortaokul 8. Sınıf öğrencileri için fen bilimleri dersi 1. ünitesinde geçen sıvı basıncı ile ilgili kazanım odaklı geliştirilmiştir. Aynı senaryo, değişik kademelerdeki okul öncesi, ilkököl, lise ve üniversite öğrencileri için seviyeye göre değiştirilip kullanılabilir. Örneğin lise düzeyinde, denge, statik, gerilme kuvveti gibi fizik kavramlarına yönelik kazanımlarla ilişkilendirilebilir. Üniversite düzeyinde, belirli bir kazanım odağında olabileceği gibi, tamamen yaratıcılıklarına bırakılıp, çok değişik yapıda köprü tasarımları sağlanabilir.

**Anahtar kelimeler:** STEM, STEM senaryosu, STEM uygulaması, ders planı.

---

<sup>2</sup> Bu çalışma için geliştirilen STEM ders planı, "2019-1-TR01-KA201-076730" nolu "Let's STEM It" Erasmus+ projesinde kullanılmış ve projenin öğrenme modülünde yer almıştır.

## GİRİŞ

Bilim ve teknolojiadaki hızlı gelişimin toplumları sosyal, ekonomik ve teknik alanlar konusunda etki altına alması, eğitim alanında da yeni gereksinimleri beraberinde getirmiştir (Lawrenz vd., 2017). Son yıllarda Çin ve diğer Doğu Asya ülkelerinin ekonomik yönden büyümelerinin eğitim sistemlerinde fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarına verdikleri önemle ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu durum ekonomik liderlikte yerini bu ülkelere bırakmakta olan ABD tarafından dikkatle ele alınmıştır (Akgündüz vd., 2015). Bunlara ek olarak 21.yy dünyasında başarılı olabilmek için gerekli olan becerileri tanımlayan, yaşam, kariyer ve öğrenme becerilerini belirlemeye çalışan birçok rapor ortaya çıkmıştır (Morrison, 2018). Raporlar, geleceğin işgücünü oluşturacak öğrencilerin 21. yy becerilerinin sadece temel becerileri değil, bu becerilerin kullanılmasını sağlayan uygulama becerilerinin de olması gerektiğini önemle vurgulamaktadır (Phuseengen ve Singhchainana, 2022).

Araştırma, sorgulama, karar verme, yaratıcılık, eleştirel ve analitik düşünme gibi 21.yy becerilerinin kazandırılmasında ilk akla gelen fen, matematik, teknoloji ve mühendislik (STEM) disiplinleridir (Lacey ve Wright, 2009; Yamak, Bulut ve Dünder, 2014). STEM, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında yetişecek nitelikli işgücü için itici bir güç olarak tanımlanmaktadır. STEM eğitimi sayesinde, ülkelerini diğer ülkelerin gerisinde bırakmayacak ve ülkenin rekabet gücünü koruyacak, mantıksal düşünme ve yaratıcı sorgulamaları gelişmiş vatandaşlar yetiştirecektir (Breiner vd., 2012). Son yılların en büyük reformlarından biri olan STEM'in Judith Ramaley ile birlikte 2001 yılında ABD'de ortaya çıktığı söylenmektedir (Daugherty, 2013; Yıldırım ve Altun, 2015). Ramaley'e göre, STEM, öğrencilerin gerçek dünya problemlerini çözebilecekleri fırsatların yaratıldığı eğitsel araştırmadır (Daugherty, 2013). STEM eğitiminin ABD'nde ortaya çıkmasının iki temel nedeni vardır. Bunlardan ilki ABD'li öğrencilerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına olan isteklerinin azalmasıdır (Sanders, 2009). İkincisi ise ABD' nin uluslararası alanda bilim ve teknoloji yönünden hız kazanan ülkelere geri kalmak istememesidir (NRC, 2011).

STEM'in herkes tarafından kabul edilmiş ortak bir tanımı bulunmamaktadır. Bir kesim için STEM, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarındaki eğitimin yeniden yapılandırılması iken, bir kesim için yalnız birkaç derse aşırı yoğunlaşma, başka bir kesim için, (ki bu makalede benimsenen yaklaşım budur) öğrencilerin gerçek dünya problemlerinin bilimsel yollarla çözümü için fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştirerek işbirlikli çalıştıkları bir yaklaşımdır. STEM, matematik ve fen eğitimi için yeni bir yoldan çok daha ötedir ve tüm dersleri etkilemelidir (Bender, 2018; Bybee, 2010b; Rogers ve Postmore, 2004). Paez vd. (2019)' e göre, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonu sonucunda oluşan ürün, bu dört disiplinin ayrı ayrı toplamından daha fazladır.

STEM eğitimi alan öğrencilerde, akademik başarının yanı sıra problem çözme, yenilikçilik, yaratıcılık, özgüven, mantıksal düşünme, teknolojik okuryazarlık, iletişim, sistemli düşünme, kariyer bilinci, eleştirel düşünme gibi 21.yy becerileri de gelişir (Bybee, 2010a; Bybee, 2010b; Grier vd, 2008; Hansen, 2014; Morrison, 2006; Shirey, 2018; Stohlmann vd., 2012; Vega, 2012; Winarti vd., 2021).

STEM sınıfları için vurgulanan öğretimsel prensipler şunlardır (Bender, 2018, s.6) :

- Gerçek dünya problemleri
- Mühendislik tasarım döngüsü
- Açık uçlu ve uygulamalı sorgulama
- İşbirlikli çalışma
- Üst düzey matematik ve fen içeriği
- Birden fazla doğru cevaba izin vermek
- Öğrencilerin hatalarından ders çıkararak öğrenmelerini teşvik etmek.

STEM, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik olmak üzere birbirine çok yakın alanlardan oluşur. Matematik, fenin veri işleme sürecinde bir araç olarak kullanılırken, teknoloji ve mühendislik fenin uygulamasıdır (Syukri vd., 2021). STEM'i oluşturan disiplinlerden en çok zorluk yaşanması muhtemel disiplin mühendisliktir. Örneğin, Okul öncesi öğretmen adaylarıyla yapılan bir çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının mühendisliğin kirli bir iş olduğu, mühendislerin ise şantiyelerde çalışan, kum taşıyan erkek çalışanlar olduğuna dair basmakalıp düşüncelere sahip oldukları belirlenmiştir (Karademir ve Yıldırım, 2021). Yine aynı çalışmada, okul öncesi öğretmenleri inşaat ve bilgisayar mühendislik becerileri üzerine düzenlenecek STEM eğitiminin onları daha donanımlı hale getireceğini belirtmişlerdir. Buna göre STEM'in mühendislik disipliniyle ilgili kısmının öğretmen adayları tarafından mühendislik tasarım döngüsü olarak algılanmadığı söylenebilir. Mühendislik tasarım döngüsü Şekil 1'de görülmektedir. Buna göre mühendislik tasarım döngüsü problemi tanımlama adımıyla başlar. İkinci adımda problemin çözümü için gerekli araştırmanın yapılması gerekir. Üçüncü adımda kriterler ve sınırlılıklar dikkate alınarak en az iki çözüm yolu geliştirilir. Dördüncü aşamada yine kriterler ve sınırlılıklar göz önünde bulundurularak en iyi çözüm yolu seçilir. Beşinci aşamada oranlama, etiketleme, renklendirmeye dikkat edilerek prototip çizilir. Altıncı aşamada ürün geliştirilir, test edilir ve en uygun hale getirilir. Son aşamada ise geliştirilen ürün paylaşılır. Gerekli bütçenin belirlenmesinde farklı yöntemler seçilebilir. Örneğin her grup için öğretmenin belirlediği bir tutarın kullanılmasına izin verilirken, bir başka yöntemde her gruba aynı malzemeler verilir, sadece bu malzemeleri kullanarak ürün oluşturmaları da istenebilir. Ya da bütçe kısmı tamamen serbest bırakılabilir.





Şekil 1. Mühendislik Tasarım Döngüsü (URL1)

STEM eğitimi yaklaşımı, birçok ülke eğitim sistemine dahil edildiği halde, uygulama konusunda hala aksaklıklar olduğu bilinmektedir (Akça ve Beşoluk, 2023; Dare vd., 2018; Goodwin ve Hein, 2014; Holincheck ve Golan, 2022; Khuyen vd., 2020; Kınık Topalsan ve Akkoyun, 2022; Shernoff vd., 2017; Tao, 2019). Örneğin, Holincheck ve Golantı (2022), öğretmenlerin, STEM'in sınıflarda uygulanmasına dair karmaşık kavramlara sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Shernoff vd. (2017) yaptıkları çalışmaları sonucunda, STEM'in sınıf içi uygulaması konusunda öğretmenlerin yeterince donanımlı olmadıklarına inandıklarını bulmuşlardır. 186 Vietnamlı öğretmenle yapılan bir çalışma sonucunda, deneyimsiz öğretmenlerin deneyimli öğretmenlere göre STEM eğitimi konusunda çok daha olumlu tutumlara sahip oldukları; STEM'in uygulamasına yönelik zorluklarla ilgili olarak ise her iki grup arasında anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir (Khuyen vd., 2020). Endonezya'da 93 fen bilgisi öğretmeniyle yapılan bir başka çalışma sonucunda, öğretmenlerin STEM'e yönelik tutumlarının oldukça iyi, uygulama konusunda orta seviyede iyi, STEM bilgisi konusunda ise düşük seviyede olduklarına inandıklarına ulaşılmıştır (Parmin vd. 2020). Margot ve Kettler (2019), STEM'le ilgili yapılan çalışmaların sistematik analizi sonucunda, öğretmenlerin, STEM eğitiminin çocuklar için faydalı olduğunu düşünmekle beraber, STEM uygulamaları konusunda birçok zorluğun da olduğunu düşündükleri sonucunu bulmuşlardır.

Öğretmenlerin STEM uygulamalarına dair yaşadıkları sıkıntılarının son derece ciddiye alınması gerekir. Çünkü, STEM'le ilgili kopuk ve sorunlu bakış açıları öğretmenlerden öğrencilere uzanmaktadır (Kelley ve Krowles, 2016). Margot ve Kettler (2019), STEM alanlarının entegrasyonu ve bu konudaki profesyonel gelişimleri konusunda öğretmenlere fırsatlar tanınmasını önermektedirler. STEM'de öğretmen kalitesini artırmak amacıyla önerilen stratejiler; amaca yönelik program, motivasyon artırma ve öğretmenlere rehberliktir (Syafri vd. 2021). Eren ve Dökme (2022), fen eğitiminde kullanılan STEM uygulamalarını değerlendirdikleri çalışmaları sonucunda, fen eğitiminde STEM uygulamalarının daha yaygın kullanımı için rehber uygulama kılavuzlarının oluşturulmasının faydalı olacağını belirtmişlerdir. Yine Lamberg ve Trzyradlowski (2015) yaptıkları araştırma sonucunda

öğretmenlerin STEM uygulamalarının planlanması konusunda kaynağa ihtiyaçları olduklarını belirtmişlerdir. İlgili alan yazın incelemesine dayanarak araştırmacı tarafından geliştirilen bilgi haritasına göre de, planlamanın neredeyse tüm kavramlarla ilgili olduğu görülmektedir (Şekil 2). Buna göre küresel rekabet içinde olan tüm ülkelerin eğitim sistemlerinde önemli bir yer kaplayan STEM uygulamaları konusunda öncelikli hedef öğretmenleri eğitmek ve kaynak sağlamak olmalıdır. Bu bağlamda, öğretmenlere STEM uygulamaları ile ilgili karmaşayı ortadan kaldıracak, kaynak olabilecek çalışmalar önem kazanmaktadır.

Alanyazında, STEM ders planı ile ilgili çalışmalara raslanmaktadır. Ancak bu çalışmalar incelendiğinde büyük çoğunluğunun bir eğitim sonucunda öğretmenlerin ya da öğretmen adaylarının yaptıkları planların incelendiği çalışmalar oldukları görülmektedir (Maicorca ve Mohr-Schroeder, 2018; Mumcu, Uslu ve Yıldız, 2023; Aykan ve Yıldırım, 2022; Bozkurt Altan ve Ucuncuoğlu, 2019; Han vd., 2015). Örneğin, Mumcu, Uslu ve Yıldız (2023), farklı branşlardan toplam 40 öğretmenin katıldıkları eğitim sonrasında, işbirlikli çalışmaları sonucunda kabul edilebilir STEM planları hazırladıkları belirtmişlerdir. Maicorca ve Mohr-Schroeder (2018)'in çalışmalarında, STEM eğitimi alan öğretmenlerin birçoğunun planlarında matematik ve mühendisliği entegre ettikleri, sadece üç katılımcının fen, matematik ve mühendisliği entegre edebildiği belirlenmiştir. STEM ders planıyla ilgili yapılan çalışmalardan çok azı, STEM planının nasıl olması gerektiğiyle ilgilidir. Bu planlar incelendiğinde planlama sürecinin ayrıntılı bir şekilde verildiği fakat örnek bir planın verilmediği görülmüştür. Örneğin, Ceylan ve Özdilek (2015), STEM ders planının 5E modeline göre nasıl hazırlanması gerektiği detaylı bir şekilde açıklanmış olmasına rağmen, derinleştirme basamağında yapılacak STEM problemi için senaryo kullanılmamıştır. Yine, değerlendirme basamağında sadece çoktan seçmeli teste yer verilmiş, STEM ürünü ve süreç değerlendirmeye yer verilmemiştir. Yine Winangun ve Fauziah (2019)'ın çalışmalarında süreç detaylı olarak açıklanmış fakat örnek plana yer verilmemiştir. Bu bağlamda, öğretmen ve öğretmen adaylarına ışık tutacak örnek bir STEM ders planı geliştirmeyi amaçlayan bu çalışma, alan yazındaki çalışmalardan farklıdır ve bu çalışmayla alan yazındaki eksikliğin giderileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. STEM Uygulaması Bilgi Haritası

## YÖNTEM

Öncelikle, bu çalışma “etik kurul onayı” gerektirmeyen bir çalışma olduğu için “etik kurul onayı” alınmamıştır. Bu çalışma, iyi bir STEM planının nasıl olacağına dair bir durum çalışmasıdır. Çalışmada öncelikle doküman incelemesi yoluyla toplanan verilerden ihtiyaç analizi yapılmıştır. STEM planı geliştirmek için yapılan ihtiyaç analizinde, incelenecek çalışmaların analizinde izlenen yol şu şekildedir:

- 1) Kriterlerin belirlenmesi: İncelenecek çalışmaların öğretmen/öğretmen adaylarının STEM uygulamalarında yaşadıkları kişisel sıkıntılarla ilgili olması, Türkiye menşeli olması, tez, makale, bildiri yayın türlerinden biri olması, tam metne ulaşılabilir olması gerekmektedir. Çalışmaların seçiminde bir tarih aralığı belirlenmemiştir.

- 2) Anahtar kelimelerin belirlenmesi: Türkçe, “STEM uygulaması”, “FeTeMM uygulaması”, “öğretmen”, “öğretmen adayı” anahtar kelimeleri olarak belirlenmiştir.
- 3) Veri tabanlarının belirlenmesi: Google Scholar veri tabanlarındaki yayınlar taranmıştır. Google Scholar, bilinen açık erişimli en geniş veri tabanlarından biridir. Google Schoların veri tabanı olarak seçilme sebebi, geliştirilecek plan örneğinin öğretmen/öğretmen adayları için hazırlanacak olması nedeniyle, isteyen herkesin kolaylıkla incelenen çalışmalara ulaşabilmesidir.
- 4) Tekrarlanan çalışmaların ayıklanması.
- 5) Çalışmaların analizi.

Buna göre kriterlere uyan on iki bilimsel çalışma incelenmiştir.

Öğretmenlerin yaşadıkları temel sıkıntıları belirlemek için yapılan ihtiyaç analizinde elde edilen sonuçlar, Akarsu vd. (2021)'nin, çalışmalarında kullandıkları (i) gerçek hayat problemini içerme, (ii) disiplinler arası ilişkilendirme, (iii) öğrenci merkezli olma, (iv) mühendislik tasarım sürecine göre geliştirilmiş olma, (v) sorgulama ve düşünme becerisi geliştirmeye yönelik olma, (vi) grup içi ve gruplar arasında öğrencilere iletişim olanakları sunma, (vii) oluşturulması planlanan ürünün birçok kez tasarlanmasına olanak sunma ve (viii) tasarım için değerlendirme olanakları sunma kriterleri ve alanyazın incelemesi sonucunda geliştirilen bilgi haritası (Şekil 2) dikkate alınarak bir STEM ders planı örneği geliştirilmiştir. STEM eğitiminde ders işleme sürecinde 5E modeli etkin bir şekilde kullanılabilir (Bybee, 2019). 5E modeli, giriş, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme olmak üzere beş basamaktan oluşmaktadır (Bybee, 2019; Bybee&Landes, 1990; Süzen, 2004 ). İlgi çekme, merak uyandırma, ön bilgileri yoklama, hedeften haberdar etme amacıyla, görseller, videolar, hikayeler, sorular vb. kullanıldığı giriş (engage) aşamasını, hedef kazanıma götürecek yeni bilginin bizzat öğrenciler tarafından keşfedildiği keşfetme (explore) basamağı takip eder. Üçüncü aşama olan açıklama (explain), basamağında ise, öncelikle öğrenciler bir önceki basamakta keşfettikleri bilgileri sözlü ya da yazılı olarak ifade ederler, sonra da öğretmen gerekli açıklamaları yapar. Derinleştirme (elaboration) basamağı STEM probleminin sunumu ve çözülmesi için en uygun basamaktır. Bu basamakta öğrencilere, önceki basamaklarda öğrendikleri bilgiyi ve fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini birlikte kullanarak çözebilecekleri, gerçek dünya problemi, kriterler ve sınırlılıklar içeren bir senaryo ile verilir ve senaryodaki problemi çözmeleri istenir. En son basamak olan değerlendirme (evaluation) basamağında ise öğrencilerin hedef kazanımı ne derece edindikleri ve STEM ürünü, açık uçlu sorular, rubrik, öz değerlendirme, akran değerlendirme, kavram haritası vb. araçlarla değerlendirilir.

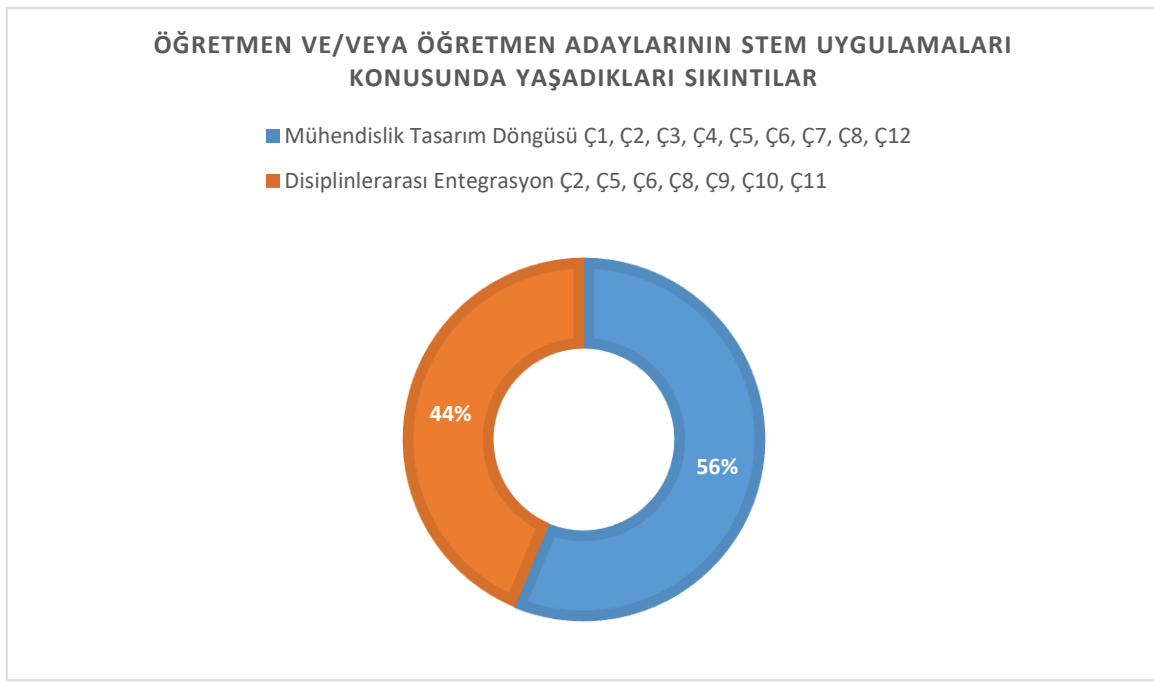
## **BULGULAR**

Öğretmen/öğretmen adaylarının uygulama sürecinde yaşadıkları kişisel zorlukları araştıran, Türkiye menşeli, 12 çalışmanın bulgularının analizi sonuçları Tablo 1’de görülmektedir.

**Tablo 1.** Öğretmen/Öğretmen Adaylarının Uygulama Sürecinde Yaşadıkları Kişisel Zorlukları Araştıran, Türkiye Menşeli, 12 Çalışmanın Bulgularının Analizi Sonuçları

Kategoriler	Çalışma Kodu	f	%
Mühendislik Tasarım Döngüsü	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, Ç7, Ç8, Ç12	9	56
Disiplinlerarası Entegrasyon	Ç2, Ç5, Ç6, Ç8, Ç9, Ç10, Ç11	7	44
<b>Toplam</b>		<b>16</b>	<b>100</b>

Tablo 1'e göre, incelenen çalışmalardan dokuz tanesinde STEM uygulamaları sırasında mühendislik tasarım döngüsü ile ilgili yaşanan zorluklar, yedisinde ise disiplinlerler arası entegrasyon ile ilgili yaşanan zorluklardan bahsedilmektedir. Örneğin Ç12 kodlu çalışmada, "sınıf öğretmenlerinin mühendislik tasarım yöntemini bir öğretim yöntemi olarak algılamadıkları ve mühendislik tasarım yöntemi hakkında bilgilerinin yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır". Bu çalışma mühendislik tasarım döngüsünde yaşanan sıkıntı olarak kodlanmıştır. İhtiyaç analizi sonuçlarının grafiksel gösterimi de Şekil 3'te görülmektedir.



**Şekil 3.** Öğretmen ve/veya Öğretmen Adaylarının STEM Uygulamaları Konusunda Yaşadıkları Sıkıntılar

Buna göre, yöntem kısmında da belirtilen ihtiyaç analizi sonuçları, araştırmacı tarafından geliştirilen bilgi haritası (Şekil 2) ve Akarsu vd. (2021)'nin kullandıkları kriterler baz alınarak örnek bir STEM ders planı geliştirilmiştir. Plan 2 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşaması biçimsel kısım, ikinci kısım ise işleyiş kısmıdır. Şekil 4'te verilen planın biçimsel kısmında süre, STEM'i oluşturan dört disipline özgü kazanımlar ve STEM kariyer farkındalığına ilişkin açıklamalar yer almaktadır. Biçimsel kısmın hazırlanmasından sonra dersin işleyiş aşamasına geçilir.

Konu/Kavram: Sıvı Basıncı		Sınıf: 8.Sınıf
		Süre: 8 Ders Saati
<b>KAZANIMLAR</b>		
<b>Fen Bilimleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Katı, <u>sıvı</u> ve gazların basınç özelliklerinin günlük hayattaki teknolojideki uygulamalarına örnekler verir (Bu ders planında sıvı basıncı alınmıştır).</li> <li>a. Sıvı basıncı ile ilgili Pascal prensibinin uygulamalarından örnekler verilir.</li> <li>b. Bilimsel bilgi türü olarak ilke ve prensiplere vurgu yapılır.</li> </ul>	
<b>Matematik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alanı ile ilgili problemleri çözer.</li> <li>- Doğru ve ters orantı ile ilgili problemleri çözer.</li> </ul>	
<b>Teknoloji ve Mühendislik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teknolojik ilerlemenin neden olabileceği olası değişiklikleri tahmin eder.</li> <li>- Mühendislik tasarım döngüsündeki adımları eksiksiz olarak tamamlar.</li> </ul>	
<b>STEM Kariyer Farkındalığı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>İnşaat Mühendisliği:</b> Bir inşaat mühendisi, inşaat projelerini planlayan, yöneten ve denetleyen mühendistir. İnşaat mühendislerinin çoğu, ticari binalar, ağır otoyollar (köprüler, tüneller ve yer altı atık su tesisleri), mekanik sistemler veya elektrik gibi belirli bir proje türünde uzmanlaşmıştır (URL2).</li> <li>-<b>Ulaştırma mühendisliği:</b> Ulaştırma mühendisliği veya ulaşım mühendisliği, ekonomik ve çevreye uyumlu, güvenli, verimli, hızlı, konforlu insan ve eşya taşımacılığı sağlamak amacıyla herhangi bir ulaşım türü için tesislerin planlanması, işlevsel tasarımı, işletilmesi ve yönetimini teknoloji ve bilimsel ilkelerle uygular (URL3).</li> <li>-<b>Çevre mühendisliği:</b> Çevre mühendisliği, canlı organizmalar ve çevrenin kalitesini iyileştirmek için kimya, biyoloji, ekoloji, jeoloji, hidrolik, hidroloji, mikrobiyoloji ve matematik gibi geniş bilimsel konulardan yararlanarak insanların sağlığını koruyacak ve geliştirecek çözümler üreten ve profesyonel bir mühendislik disiplini olan bir iş türüdür. (URL4)</li> </ul>	

Şekil 4. STEM Ders Planının Biçimsel Kısmı

Planın işleyiş kısmında, ders boyunca yapılacak etkinlikler 5E modeline uygun şekilde planlanır. Dersin işleyişine geçmeden önce öğrenciler 4-5 er kişilik gruplara ayrılırlar.

#### Birinci Aşama/Giriş

(Bu bölümde ön bilgiler yoklanır, dikkat çekilir ve hedeften haberdar edilir. Öğretmen, öğrencilerin dikkatini çekmek için bazı fotoğraflar, videolar vb. kullanabilir).

Öğretmen ön bilgileri kontrol etmek için önceki derslerde öğrendikleri basınç kavramıyla ilgili sorular sorabilir ve öğrencilerin dikkatini çekmek için sıvı basıncı içeren bazı fotoğraflar gösterebilir. Hedeften doğrudan ya da dolaylı olarak haberdar edebilir. Örneğin, aşağıdaki resimleri (Şekil 5) kullanarak, bu dersin sonunda resimlerini gördüğünüz araçların nasıl çalıştıklarını öğreneceksiniz diyerek, dolaylı olarak hedeften haberdar edebilir.



Şekil 5. Pascal Prensibiyle Çalışan Bazı Araçlar (URL 5)

### **İkinci Aşama/Keşfetme**

(Bu bölümde, öğrenciler kazanımla ilgili kavramları, teoriyi vb. çeşitli etkinliklerle keşfetmelidirler).

Su cenderesi, sıkıştırma sistemleri (hidrolik frenler, hidrolik presler, püskürtme pompaları), taşıma sistemleri (hidrolik asansörler, vinçler, yangın merdivenleri, kova ve damperli kamyonların hidrolik kaldırma sistemleri), emme-boşaltma pompaları, berber koltukları nasıl çalışırlar? Otomobil tamircileri, devasa arabaları çok az bir kuvvetle nasıl kolayca yerden kaldıracaklardır? Tüm bunların sebebinin ne olduğunu grup arkadaşlarınızla tartışın.

Her gruba birer pinpon topu, toplu iğne, su, iğnesi çıkarılmış şırınga verilir. Öğrencilerden bu malzemeleri kullanıp pinpon topundan fiskiye gibi su fışkırtmaları istenir. Deneyi yapamayan öğrencilere pinpon topunda birkaç tane delik açmaları, bu deliklerden birine şırıngayı sokmaları, pistonu çıkarılmış şırıngaya su doldurmaları ve sonra pistonu takıp, suyu topa boşaltmaları istenir. Suyla dolan toptan fışkıran suyun gözlemlenmesi istenir. Suyun pinpon topunun deliklerinden fışkırmasının sebebi nedir? Su yerine başka bir sıvı kullanılsa yine aynı sonuçla mı karşılaşılırdı? Grupça tartışmaları istenir.

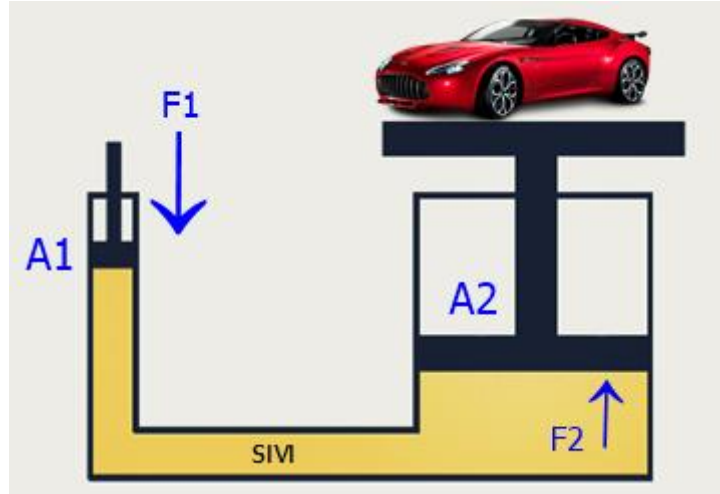
### **Üçüncü Aşama/Açıklama**

(Bu bölümde öğrenciler öncelikle bir önceki bölümde keşfettiklerini sözlü veya yazılı olarak açıklarlar. Daha sonra öğretmen, açıklanması gereken kavram, teori, örnek vb. açıklar. Grupların deney ve tartışma sonucunda elde ettikleri bilgiler öğrenciler tarafından paylaşılır. Daha sonra öğretmen gerekli açıklamayı yapar).

### **Pascal Prensibi**

Sıvıların sıkıştırılabilirlik özelliği ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu özellik sayesinde sıvılar uygulanan basıncı her yöne eşit olarak iletirler. Bir başka deyişle kapalı kaptaki sıvılara uygulanan kuvvet etkisiyle sıvının herhangi bir noktasında oluşturulan basınç, sıvının temas ettiği bütün yüzeylere dik olarak aynen iletir. Bu prensibe **Pascal prensibi** denir. Delikler açılan balon üzerine kuvvet uygulandığında sıvıda oluşan basınç bütün deliklere aynen iletir ve balondan fışkıran suyun akış hızları aynı olur, tıpkı pinpon topu deneyinde olduğu gibi.

Pascal prensibinden faydalanılarak; su cenderesi, sıkıştırma sistemleri (hidrolik frenler, hidrolik presler, ilaçlama pompaları), taşıma sistemleri (hidrolik liftler, vinçler, itfaiye merdivenleri, kepçe ve damperli kamyonların hidrolik kaldırma sistemleri), emme- basma tulumları, berber koltukları, basınç ölçmek için kullanılan araçlar (barometre ve manometre) ve bileşik kaplar yapılmıştır (URL6). Örneğin, su cenderesiyle, küçük kuvvet uygulanarak büyük yükler kaldırılabilir. Oto tamirhanelerinde tonlarca ağırlıktaki otomobillerin tek bir düğmeyle havaya kaldırılması su cenderesi sayesinde olur (Şekil 6).



Şekil 6. Su Cenderesi (URL7)

Sıkıştırma sistemi olarak kullanılan hidrolik frenler yardımıyla küçük kuvvet uygulanarak büyük kuvvet elde edilir ve araç durdurulabilir. Sürücü, fren pedalına bastığında, pedala uygulanan kuvvet etkisiyle borudaki hidrolik denilen sıvıda basınç oluşur ve oluşan bu basınç bu hidrolik sayesinde balatalara iletilir. Balataların yüzeyi büyük olduğu için daha büyük bir kuvvet elde edilir ve bu kuvvet balataları sıkıştırarak lastiklerin iç kısmına sürtünmesini ve oluşan basınca göre arabanın yavaşlamasını ya da durmasını sağlar (URL6).

Aynı prensiple hidrolik presler yoluyla sıkıştırma, pompa koluna uygulanan kuvvet yoluyla ilaçlama pompalarıyla ilaç püskürtme, kaldırma sistemi olarak kullanılan hidrolik liftlerde ve itfaiye merdivenlerinde kompresör ile sıvıya uygulanan kuvvet sayesinde sıvıda oluşan basınç yardımıyla cisimleri kaldırma, kamyon damperlerini kaldırma, berber koltuklarını kaldırma-indirme, otobüslerin kapılarının açılıp-kapanması, kepçelerin çalışması sağlanır.

#### Dördüncü Aşama/Derinleştirme

(Bu aşama, öğrenilenlerin derinleştirme aşamasıdır. Burada STEM etkinliğinin senaryosu verilir ve öğrencilerin senaryodaki problemi FEN, TEKNOLOJİ, MATEMATİK ve MÜHENDİSLİK disiplinlerini kullanarak çözmeleri ve bir ürün oluşturmaları istenir).

#### Etkinliğin Amacı

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin fen bilimleri dersinde sıvı basıncı ile ilgili edindikleri bilgileri, matematik, teknoloji, mühendislik kazanımları ve becerileriyle bütünleştirerek bir köprü tasarımlarıdır.

Öğretmen aşağıdaki senaryoyu verir.



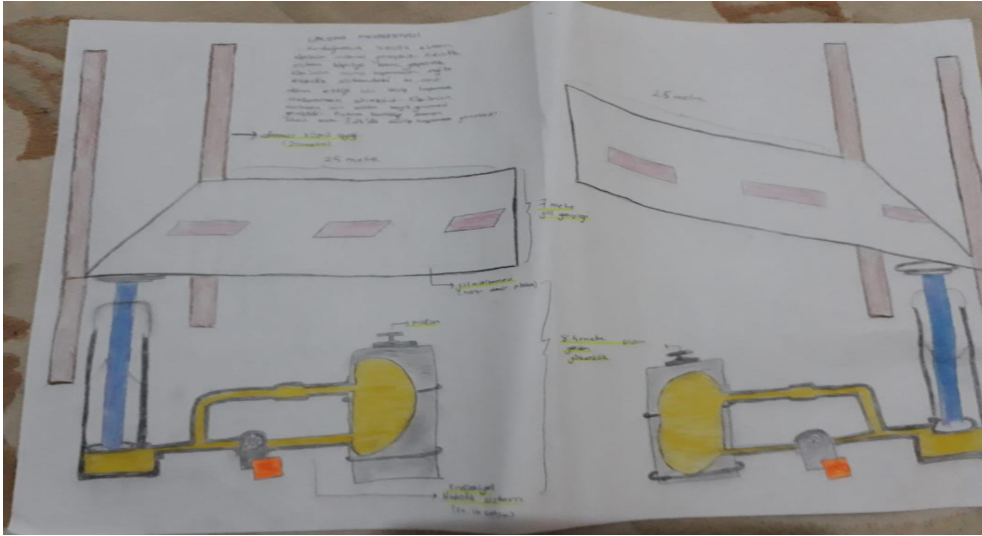
### **Şanssız Köy ve Onun Şanssız Çocukları**

Balıkçılıkla geçinen, yoksul bir köy olan Şanssız Köy'ün şehirle tek güvenli bağlantısı olan köprüsü olumsuz hava koşulları nedeniyle yıkılmıştır. Bu durum köyün yetişkinleri ve çocukları için büyük sıkıntılar doğurmaktadır. Köy ve şehrin ortasından geçen nehrin denizle bağlantısı bulunmaktadır. Köy, nehrin denize döküldüğü yere yakın olan kısımda bulunduğu için, hem derinlik fazla hem de akım kuvvetlidir. Ama bu kısım köyle şehrin birbirine en yakın olduğu kısımdır (300m). Çocuklar okula, köylüler de şehre gidebilmek için her gün 7 km doğuya yürüyerek nehrin derinliğinin en az olduğu bölgede, alelade yapılan güvenli olmayan, asma köprüden karşıya geçmektedirler. Fakat bu hem tehlikeli hem de onları fazlasıyla yormaktadır. Derenin suyu normalde 10m iken baharda dağlardaki karın erimesiyle birlikte 1,5 metre daha artmaktadır. Köyle şehrin birbirine en yakın olduğu noktada, sonbahar ve kış aylarında su yüzeyi ile yerleşim alanlarının yüzeyi arası 5 metre mesafe bulunmaktadır. Köylülerin bu sorununa şehir yönetimi ne yazık ki duysuz kalmaktadır. Maddi sorunları olan bu köylüler için, mümkün olduğunca az maliyetli, çevre dostu, enerji tasarruflu, güvenli, hem yaya hem de araçların geçebileceği, balıkçı teknelerinin de sıkıntısız denize açılabilceği bir köprü tasarlayınız.

### **Mühendislik Tasarım Döngüsü**

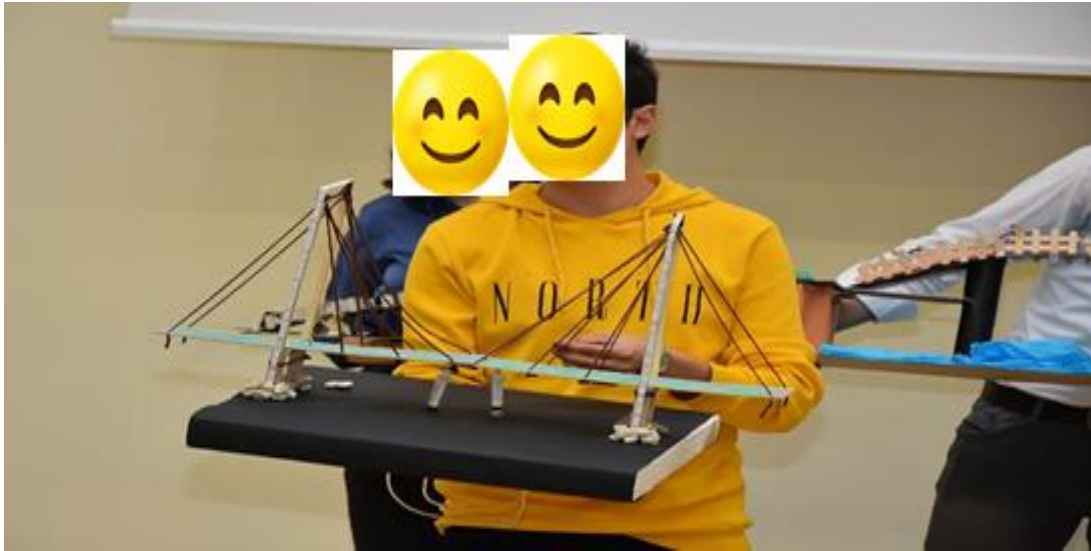
(Aşağıda belirtilen aşamaları öğrenciler gerçekleştirmelidir)

- Problemi belirleyin.
- Cevabı, problemi çözüme yardımcı olacak sorular hazırlayın ve bu soruları cevaplamak için araştırma yapın (20 dakika). Bunları öğretmen ve sınıfla paylaşın.
- Problem için en az iki çözüm bulun. Her çözüm, detaylı bir açıklama stilinde yazılmalıdır. Örneğin, dört tekerleği olacak, tekerleklerin yarıçapı 30 cm olacaktır. vb. Bu adımda hiçbir çözüm bir diğerinden üstün olmamalıdır. Çözümler birbirinin alternatifi olmalıdır.
- Grup halinde en iyi çözümü seçin. Bu aşamada en iyi çözüm seçildiğinde gruplar neden bu çözümün seçildiğini bazı kriterler (bütçe, enerji tasarrufu, iklim koşulları, doğa dostu, güvenlik, dayanıklılık, estetik vb.) açısından açıklayan gerekçeli rapor hazırlamalıdır. Örneğin, çözüm 1, enerji tasarrufu ve doğa dostu olması açısından çözüm 2'den daha iyidir. Çünkü 1. çözümde güneş enerjisi kullanacağız. Ancak 2. çözüm, verim ve bütçe açısından 1. çözümden daha iyidir. Çünkü kömür kullanacağız. Çözüm 2'yi tercih ediyoruz çünkü çok az paramız var...Veya Çözüm 1'i tercih ediyoruz çünkü doğayı önemsiyoruz.
- Gerekçeli raporu öğretmene gösterin. Onaylarsa, prototip çizmeye başlayabilirsiniz. Prototipi çizerken orantılamaya dikkat etmeli, matematiksel semboller veya sayılar, etiketler, renklendirmeler kullanmalısınız. Ayrıca çalışma prensiplerini de prototip çizimi üzerinde açıklamanız gerekmektedir.



**Şekil 7.** Prototip Çizim Örneği

- Öğretmen grupların prototipini onayladıktan sonra bir sonraki adım olan ürün oluşturma ve test aşamasına geçebilirsiniz (Çalışmazsa ilgili adıma geri dönün). Ürününüzün iyileştirilmesi gereken yerleri varsa onları tamamlayın.
- Ve final...Ürününüzü diğerleriyle paylaşın (Sınıf önü veya grup içi ziyaretler).



**Şekil 8.** Ürün Paylaşımı

#### **Beşinci Aşama/Değerlendirme**

(Bu aşamada, etkinlik tamamlandıktan sonra çeşitli değerlendirme araçları kullanılır. Örneğin açık uçlu sorular, öz değerlendirme formu, STEM rubriği ve grup değerlendirme formunu kullanabilirsiniz).

Bu planda kazanıma yönelik açık uçlu sorular ve geliştirilen STEM ürünlerini değerlendirmek amacıyla Şekil 9’de verilen rubrik kullanılabilir. STEM rubriğini, hem öğretmen hem de gruplar birbirini değerlendirmek için kullanılabilirler.

#### Açık Uçlu Sorular

- Pascal prensibini açıklayınız.
- Pascal prensibinin uygulamalarından örnekler veriniz ve çalışma mekanizmalarını anlatınız.

GRUP İSMİ	YENİLİK 1.....10	ÇEVRE DOSTU 1.....10	KULLANIŞILIK 1.....10	UZUN ÖMÜRLÜLÜK 1.....10	EKONOMİKLIK 1.....10	ESTETİK 1.....10	STEM				TOTAL
							FEN 1.....10	TEKNOLOJİ 1.....10	MÜHENDİSLİK	MATEMATİK 1.....10	
GRUP 1											
GRUP 2											
GRUP 3											
:											

Şekil 9. STEM Rubriği

#### TARTIŞMA ve SONUÇ

STEM, öğrencileri analitik ve yaratıcı düşünme, problem çözme, işbirlikli çalışma becerileriyle donatırken okul, işyeri, toplum ve küresel ekonomi arasında bağlantı kurar. Birçok sektör, STEM alanlarıyla doğrudan ilgili olduğu için ülkelerin ekonomik gelişiminde STEM her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu durum, STEM’in dünyadaki en büyük işverenlerden biri olmasını beraberinde getirmektedir (Science Foundation Arizona, 2017). Bu açıdan bakıldığında, bir ülkenin kalkınması, bilimsel alanda önderlik edebilmesi ve ekonomik büyümesi için ihtiyacı olan nitelikli bireylerin yetişmesini sağlayacak STEM’in, eğitim sistemine dahil edilmesi oldukça önemlidir (Lacey ve Wright, 2009).

STEM eğitimi öğrenciler için, STEM okuryazarlığı, 21.yy yeterlilikleri, STEM işgücüne hazırlıklı olma ve STEM disiplinleri arasında bağlantı yapma becerisini amaçlamaktadır (National Research Council [NRC], 2014). Bu özellikleriyle STEM eğitimi, birçok ülkede yaygın hale gelmektedir (Lawrenz vd., 2017). STEM yaklaşımında,

öğrencilerden, karşılıklarına çıkan gerçek dünya problemini, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleşik olarak kullanarak çözmeleri beklenir (Thomas, 2014).

Alan yazın incelendiğinde STEM uygulamaları sırasında bilgi ve deneyim eksikliği nedeniyle öğretmenler, başta STEM eğitiminin bütüncül bir yaklaşım olması olmak üzere birçok kavram kargaşası ve sorunla karşılaşmaktadırlar (Goodwin ve Hein, 2014; Dare vd., 2018; Shernoff vd., 2017; Tao, 2019; Holincheck ve Golantı, 2022; Khuyen vd., 2020; Karademir ve Yıldırım, 2021). Öğretmenlerin STEM yaklaşımının nasıl uygulanacağına dair yaşadıkları sıkıntıyı gidermek amacıyla yapılan bu çalışmada, örnek bir STEM planı geliştirilmiştir. STEM'e dayalı bir program, öğrencilerin tasarım yapma, deneme, verileri yapılandırma, analiz etme, yorumlama ve doğal olayları birleştirmelerini sağlayarak, gerçek yaşamla ilgili problemleri çözmelerine rehberlik etmelidir (Wang, 2012).

Çalışmada öncelikle öğretmen/öğretmen adaylarının STEM uygulamaları sırasında yaşadıkları sorunları belirlemek için yapılan ihtiyaç analizi sonucunda, mühendislik tasarım döngüsü ve disiplinlerarası entegrasyonda sıkıntı çektikleri belirlenmiştir. İhtiyaç analizi sonuçları ve ilgili alanyazına göre STEM uygulaması ders planı geliştirilmiştir. 5E modeli, STEM uygulaması için kullanılabilir en iyi modellerden biridir. 5E modelinin ilk basamağı olan giriş kısmında, ön bilgiler yoklanmış, dikkat çekilmiş ve hedeften haberdar edilmiştir. İkinci basamak olan keşfetme kısmında ise kazanımda geçen kavram, teori vb. öğrencinin ulaşması sağlanmıştır. Üçüncü basamak olan açıklama kısmında önce öğrencilerin keşfettikleri bilgiyi açıklamaları sağlanmış, sonra da öğretmen gerekli açıklamaları yapmıştır. Böylece daha sonraki aşamalarda gerekli olacak olan bilimsel bilgiye ulaşım sağlanmıştır. Dördüncü basamak ise, STEM uygulaması için, 5E modelinde en uygun basamak olan derinleştirme basamağıdır. Çünkü derinleştirme basamağı, önceki aşamalarda öğrenilen bilgilerin diğer disiplinlerle bütünleşik olarak yeni problemin çözümünde kullanılacağı basamaktır. Bu basamakta öğrencilere gerçek dünya problemi içeren senaryo verilir. STEM uygulamasında, öğrencileri teşvik etmek ve anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirmek için, öğretmenler için hazırlaması zor olabilen, gerçek dünya senaryoları kullanılmalıdır (Kelley ve Krowles, 2016). Senaryo hazırlanırken, kriter (ekonomiklik, çevre dostu olma vb.) ve sınırlılıklara mutlaka yer verilmelidir. Problemin, sadece bir tane çözüm yolunun olmamasına özen gösterilmelidir. Bu basamak mühendislik tasarım döngüsünün olduğu basamaktır. Böylece derinleştirme basamağında hem mühendislik disiplini kullanılmış olup, hem de disiplinlerarası entegrasyon gerçekleşmiştir. Örneğin, pascal prensibi fen disiplini olarak, prototip çiziminde ölçekleme ve hesaplamalar matematik disiplinini, güneş paneli gibi çevre dostu enerji sağlayıcıların kullanılması teknoloji disiplinini gerektirmektedir. Son basamak olan değerlendirme basamağında ise hem akademik bilgi hem de STEM süreci değerlendirilmiştir. Sürecin tamamında ise grup çalışması önerilerek işbirlikli çalışma sağlanmıştır. Böylece STEM uygulamasında öne çıkan tüm koşullar yerine getirilmiştir.

Özetle, öğretmen ve öğretmen adaylarına ışık tutacak örnek bir STEM ders planı geliştirmeyi amaçlayan bu çalışma sonucunda, alan yazındaki eksikliğin giderileceği düşünülmektedir. Çünkü, ilgili alan yazında STEM ders planı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde nerdeyse tamamının öğretmen ya da öğretmen adaylarının aldıkları bir eğitim sonrası yaptıkları planların incelendiği, çok az sayıda çalışmanın STEM ders planlama sürecine dair detaylar verdiği, bu çalışmaların da örnek bir plan içermediği sonuçlarına göre, bu çalışma alan yazındaki

çalışmalardan oldukça farklıdır. Bu çalışmada geliştirilen STEM ders planında her adım detaylı olarak açıklanmış, STEM uygulaması için gerçek dünya problemi içeren senaryo yazılmış ve örnek olması açısından fen bilimleri dersi programında bulunan bir kazanım ve hem ürün hem de süreç değerlendirme teknikleri kullanılmıştır.

## ÖNERİLER

Bu çalışma için geliştirilen STEM senaryosu, ortaokul 8. Sınıf öğrencileri için fen bilimleri dersi 1. ünitesinde geçen sıvı basıncı ile ilgili kazanım odaklı geliştirilmiştir. Aynı senaryo, değişik kademelerdeki okul öncesi, ilkökul, lise ve üniversite öğrencileri için seviyeye göre değiştirilip kullanılabilir. Örneğin lise düzeyinde, denge, statik, gerilme kuvveti gibi fizik kavramlarına yönelik kazanımlarla ilişkilendirilebilir. Üniversite düzeyinde, belirli bir kazanım odağında olabileceği gibi, tamamen yaratıcılıklarına bırakılıp, çok değişik yapıda köprü tasarımları sağlanabilir.

## Etik Metni

Bu makalede dergi yazım kurallarına, yayın ilkelerine, araştırma ve yayın etiği kurallarına, dergi etik kurallarına uyulmuştur. Makale ile ilgili doğabilecek her türlü ihlallerde sorumluluk yazara aittir. Bu çalışma etik kurul onayı gerektiren bir çalışma değildir.

**Yazarın Katkı Oranı Beyanı:** Araştırmacının katkı oranı %100'dür.

## KAYNAKÇA

- Akarsu, M., Okur-Akçay, N. ve Öçal, M. F. (2021). Okul öncesi öğretmeni adaylarının geliştirdikleri STEM modülünü değerlendirmelerine yönelik bir inceleme *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42, 51-79. Doi: 10.33418/ataunikkefd.818849
- Akça, Z. ve Beşoluk, Ş. (2023). Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinler arası yaklaşımlara ve STEM'e yönelik algıları. *Trakya Eğitim Dergisi*, 13 (1), 141-159. DOI: 10.24315/tred.1015343
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Corlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* Retrieved from [http://www.academia.edu/15033151/STEM\\_e%C4%9Fitimi\\_T%C3%BCrkiye\\_raporu\\_G%C3%BCn%C3%BCn\\_modas%C4%B1\\_m%C4%B1\\_yoksa\\_gereksinim\\_mi\\_A\\_report\\_on\\_STEM\\_Education\\_in\\_Turkey\\_A\\_](http://www.academia.edu/15033151/STEM_e%C4%9Fitimi_T%C3%BCrkiye_raporu_G%C3%BCn%C3%BCn_modas%C4%B1_m%C4%B1_yoksa_gereksinim_mi_A_report_on_STEM_Education_in_Turkey_A_)
- Aykan, A. & Yıldırım, B. (2022). The Integration of a Lesson Study Model into Distance STEM Education during the COVID-19 Pandemic: Teachers' Views and Practice. *Technology, Knowledge and Learning*, 27, 609–637.
- Bender, W.N. (2018). *20 Strategies STEM for instruction*. Çeviri editörü: Soner Durmuş, Ali Sabri İpek, Bahadır Yıldız. Nobel.
- Bozkurt Altan, E., & Ucuncuoğlu, I. (2019). Examining the development of pre-service science teachers' STEM-focused lesson planning skills. *Eurasian Journal of Educational Sciences*, 83, 103-124, DOI: 10.14689/ejer.2019.83.5

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of stem in education and partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 1-11.
- Bybee, R. W. (2010a). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30–35.
- Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education? *Science, 329*(5995), 996–996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2019). Using the BSCS 5E instructional model to introduce STEM disciplines. *Science and Children, 56* (6), 8-12.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1990). Science for life & living: An elementary school science program from biological sciences curriculum study. *The American Biology Teacher, 52*(2), 92-98.
- Ceylan, S. & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 177*, 223 – 228.
- Dare, EA, Ellis, JA. & Roehrig, GH. (2018). Understanding science teachers’ implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education. 5* (4), 1-19
- Daugherty, M.K. (2013). The prospect of an “A” in STEM education. *Journal of STEM Education, 14* (2).
- Eren, E. ve Dökme, İ. (2022). Fen eğitiminde kullanılan STEM uygulamalarının değerlendirilmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 9* (2) , 669-681. DOI: 10.21666/muefd.1080617
- Goodwin, B. & Hein, H. (2014, December). Research says: STEM schools produce mixed results. *Educational leadership, 72*(4), 84-85.
- Grier, R., Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E. & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(8), 922-939.
- Han, S., Yalvac, B., Capraro, M.M. & Capraro, R.M. (2015). In-service Teachers’ Implementation and Understanding of STEM Project Based Learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11*(1), 63-76.
- Hansen, M.(2014). Characteristics of schools successful in Stem: Evidence from two states’ longitudinal data. *Journal of Educational Research, 107*(5), 374-391.
- Holincheck, N.& Galanti, T.M. (2022)Are you a stem teacher?: exploring k-12 teachers’ conceptions of stem education. *Journal of STEM Education, 23*(2), 23-29.
- Karademir, A.& Yıldırım, B. (2021). A different perspective on preschool STEM education: STEM education and views on engineering. *Journal of Turkish Science Education,18*(3), 338-350. DOI no: 10.36681/tused.2021.77
- Kelley, T., & Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 1–11.
- Khuyen, N.T.T., Bien, N.V., Lin, P-L., Lin, J. & Chang, C-Y. (2020). Measuring teachers’ perceptions to sustain STEM education development. *Sustainability, 12*(4), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su12041531>

- Kinik Topalsan, A. ve Akkoyun, M. N. (2022). İlkokulda fen bilimleri öğretimi ve STEM uygulamaları: Sınıf öğretmenlerinin genel kaygı durumları. *Milli Eğitim Dergisi*, 51(235), 2031-2060. DOI: 10.37669/milliegitim.926093
- Lacey, T. A. & Wright, B. (2009). Occupational employment projections to 2018. *Monthly Labor Review*, November, 82-123.
- Lamberg, T. & Trzynadlowski, N. (2015). How STEM Academy teachers conceptualize and implement STEM education. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 45-58.
- Lawrenz, F., Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2017). Introduction to this special issue. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1–4. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9815-5>
- Maiorca, C. & Mohr-Schroeder, M.J. (2020). Elementary preservice teachers' integration of engineering into STEM lesson plans. *School Science and Mathematics*, 120, 402–412. <https://doi.org/10.1111/ssm.12433>
- Margot, K.C. & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *Int. J. STEM Educ.*, 6, 1–16.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. TIES.
- Morrison, R. (2018). *We need to completely reimaging education*. <https://bold.expert/we-need-to-completely-reimagine-education/>
- Mumcu, F., Uslu, N.A. & Yıldız, B. (2023). Teacher development in integrated STEM education: Design of lesson plans through the lens of computational thinking. *Education and Information Technologies*, 28, 3443–3474. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11342-8>
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. NAP. <https://goo.gl/1JEnUQ>
- National Research Council (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
- Páez, T. M., Aguilera, D., Javier, F., & Palacios, P. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education ? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Parmin, P., Saregar, A., Deta, U.A. & El Islam, RAZ. (2020). Indonesian science teachers' views on attitude, knowledge, and application of STEM. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 17-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.17478/jegys.647070>
- Phusengoen, N. & Singhchainara, J. (2022). Effects of STEM-integrated movement activities on movement and analytical thinking skills of lower secondary students. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(2), 511 – 517.
- Rogers, C. & Postmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(3), 17-28.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, stemmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Science Foundation Arizona. (2017). Why STEM? What is STEM? *Arizona STEM Network*. <http://www.sfaz.org/stem-stem/>
-

- Shernoff, D.J., Sinha, S., & Bressler, D.M. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>.
- Shirey, K. (2018). Breaking the silos of discipline for integrated student learning: A global STEM course's curriculum development. *Engineering*, 4(2), 170–174. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.03.006>
- Süzen, S.(2004). *The effect of a constructivist learning model on information level and comprehension level of cognitive domain and attitude toward science of students in 7th class in science lesson about physical and chemical change*. Unpublished master's thesis. Gazi University, Ankara, TURKEY. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.
- Syafril, S., Rahayu, T., Fithri Al-Munawwarah, S., Satar, I, Bt Halim, L, Yaumas,N.E., & Pahrudin, A. (2021). Mini review: Improving teachers' quality in STEMbased science teaching-learning in secondary school. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1796, 1-11. doi:10.1088/1742-6596/1796/1/012072
- Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L., & Soewarno, S. (2018). The Impact of Engineering Design Process in Teaching and Learning to Enhance Students' Science Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66-75. doi:<https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12297>
- Tao, Y. (2019). Kindergarten Teachers' Attitudes toward and Confidence fir integrated STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2, 154-171. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00017-8>
- Thomas, T. A., (2014). *Elementary teachers' receptivity to integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in the elementary grades*.(Doctoral dissertation). Retrieved from Proquest. (3625770).
- URL1:NASA *Engineering design process*. Retrieved, June 1, 2023 from <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/resources/engineering-in-the-classroom.php>
- URL2: [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0n%C5%9Faat\\_m%C3%BChendisli%C4%9Fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0n%C5%9Faat_m%C3%BChendisli%C4%9Fi)
- URL3: <https://www.kariyer.net/bolumler/ulastirma%2Bmuhendisligi/nedir>
- URL4: [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87evre\\_m%C3%BChendisli%C4%9Fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87evre_m%C3%BChendisli%C4%9Fi)
- URL5: <https://www.fenokulu.net/mobil/fen-konulari/konu1367>
- URL6: [https://fenokulu.net/yeni/Fen-Konulari/Konu/Pascal-Principle-Using-Alanina-Ornekler\\_0\\_1367.html](https://fenokulu.net/yeni/Fen-Konulari/Konu/Pascal-Principle-Using-Alanina-Ornekler_0_1367.html)
- URL7: <http://bilgioloji.com/pages/fen/fizik/basinc/sivi/su-cenderesi-nedir/>
- Vega, V. (2012). *Research-based practices for engaging students in STEM learning*. Retrieved from [www.edutopia.org/stw-college-career-stem-research](http://www.edutopia.org/stw-college-career-stem-research)
- Wang, H. (2012). *A New era of science education: science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration*. (Doctoral dissertation). Retrieved from Proquest. (3494678).
- Winangun, M.M.& Fauziah, D. (2019). Designing lesson plan of Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) education in science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318, 1-7.
-



- Winarti, W., Sulisworo, D. & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based physics learning on students' critical thinking skills: A systematic literature review. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 4(2), 61-69. DOI: 10.12928/irip.v4i2.3814
- Yamak, H., Bulut, N. ve Dündar, S. (2014). 5.sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *GEFAD*, 34(2), 249-265.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40.

**APPENDIX 1. STUDIES REVIEWED IN NEEDS ANALYSIS**

- \*Aydin, S., ve Tarkin Çelikkiran, A. (2017). Kimya öğretmen adaylarının FeTeMM uygulamaları hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1624–1656. <https://doi.org/10.23891/efdyyu.2017.58>
- \*Bakırcı, H., ve Kutlu, E. (2018). Fen Bilimleri öğretmenlerinin FeTeMM yaklaşımı hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 9(2), 367–389. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.417939>
- \*Bozkurt Altan, E., ve Hacıoğlu, Y. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin derslerinde STEM odaklı etkinlikler gerçekleştirmek üzere geliştirdikleri problem durumlarının incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 487–507. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.506462>
- \*Can, K., ve Uluçınar Sağır, Ş. (2018). Sınıf öğretmenlerinin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik (FeTeMM) uygulamalarına ilişkin görüşleri. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2018(11), 62–83. <https://dergipark.org.tr/goputeb/issue/39821/450515>
- \*Çınar, S., ve Kereci, N. (2020). Sınıf öğretmenlerinin mühendislik tasarım uygulamalarının fen bilimleri öğretimine entegrasyonu hakkındaki görüşleri: Ordu örneği. *International Journal of Innovative Approaches in Education*, 4(2), 26-45. doi: 10.29329/ijiape.2020.261.1
- \*Çınar, S., Pırasa, N., Uzun, N. ve Erenler, S. (2016). The Effect of Stem Education on Pre-Service Science Teachers' Perception of Interdisciplinary Education. *Journal of Turkish Science Education*, 118-142.
- \*Delen, İ. ve Uzun, S. (2018). Matematik öğretmen adaylarının FeTeMM temelli tasarladıkları öğrenme ortamlarının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(3), 617-630.
- \*Erdem, A., Anılan, B. & Kiliç, Z. (2021). STEM Experiences of Science Teachers and Fifth Grade Students. *Acta Didactica Napocensia*, 14(2), 318-332 , <https://doi.org/10.24193/adn.14.2.22>
- \*Hacıoğlu, Y., Yamak, H. & Kavak, N. (2016). Pre-service science teachers' cognitive structures regarding Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) and Science Education. *Journal of Turkish Science Education*, 13, 88-102.
- \*Marulcu, İ. ve Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 13-23.
- \*Özmen, N. , Adıgüzel, T. ve Özel, S. (2020). FeTeMM odaklı olarak tanımlanan ders planları için bir çerçeve: Bir meta-sentez çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, STEM Eğitimi*, 123-154.
- \*Yıldırım, B. (2018). STEM uygulamalarına yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim, Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 42-53.