



## Products From Building an Engineering Model for Stem Education Activity

Yunus GÜDER<sup>a\*</sup> (ORCID ID - 0000-0002-6595-1953)

Ramazan GÜRBÜZ<sup>b</sup> (ORCID ID - 0000-0002-2412-5882)

<sup>a</sup>Ministry of Education, Bingöl/Turkey

<sup>b</sup>Adıyaman University, Faculty of Education, Adıyaman/Turkey



### Article Info

DOI: 10.14812/cufej.1027721

Article history:

Received 23.11.2021

Revised 21.08.2022

Accepted 23.08.2022

Keywords:

STEM education,  
Engineering Model Eliciting  
Activity (EngMEAs),  
Design Process.

### Abstract

The aim of this study is to examine whether the purpose of the Engineering Model Eliciting Activities (EngMEAs) are to be used as a tool to bridge engineering and school mathematics in the transition to STEM education. To this end, researchers have developed "Traffic Lights Problem", which has an interdisciplinary nature, working with mathematics teacher. This problem was applied to two groups of 3 and 4 students studying in the 7th grade in a city center in the eastern region of Turkey in the 2017-2018 academic year. In the process of solving the problem, the students used mathematics, science, technology and engineering knowledge in an integrated structure and introduced their own mathematical and scientific ideas and supported these ideas with in-group discussions and presented different models (products). The models of the students were different from each other because of students' first exposure to such a process, different way of thoughts in the groups and inherent complexity of the modelling problems. In the light of the findings, it was concluded that the traffic lights modeling problem had an interdisciplinary nature, and this problem may have an important function for STEM education.

### Research Article

## STEM Eğitimi İçin Bir Mühendislik Modeli Oluşturma Etkinliğinden Çıkan Ürünler

### Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cufej.1027721

Makale Geçmişi:

Geliş 23.11.2021

Düzeltilme 21.08.2022

Kabul 23.08.2022

Anahtar Kelimeler:

STEM Eğitimi,  
Mühendislik Model Oluşturma  
Etkinliği (MühMOE),  
Tasarım Süreci

### Araştırma Makalesi

### Öz

Bu çalışmanın amacı, Mühendislik Model Oluşturma Etkinliklerinin (MühMOE) STEM eğitimine geçişte mühendislik ile okul matematiği arasında köprü kurmak için bir araç olarak kullanılıp kullanılmayacağını incelemektir. Bu amaçla, araştırmacılar matematik öğretmeni ile birlikte çalışarak disiplinlerarası bir doğaya sahip "Trafik Işıkları Problemi" geliştirdiler. Geliştirilen bu problem, Türkiye'nin Doğu bölgesinde bir il merkezinde 2017-2018 eğitim-öğretim yılında 7. sınıfta öğrenim gören 3 ve 4 kişilik iki gruba uygulanmıştır. Problemin çözüm sürecinde öğrenciler matematik, fen bilimleri, teknoloji ve mühendislik bilgilerini bütünlük bir yapıda kullanarak kendi matematiksel ve bilimsel fikirlerini ortaya atmış, bu fikirlerini grup içi tartışmalarla destekleyerek birbirinden farklı modeller (ürün) ortaya koymuşlardır. Grupların problem çözme sürecinde geliştirdikleri modellerin farklı olmasında; öğrencilerin ilk defa böyle bir problem ile karşılaşmaları, grup içerisindeki kişilerin farklı düşünmeleri, problemin doğası gereği karmaşık yapıda olması gibi nedenlerin etkili olduğunu söylemek mümkündür. Elde edilen bulgular ışığında trafik ışıkları modelleme probleminin disiplinlerarası bir doğaya sahip olduğu görülmüş, bu problemin STEM eğitimi için önemli bir işlev görebileceği sonucuna varılmıştır.

## Introduction

In today's dynamic and digital societies, mathematics, science, medicine, social sciences, finance, engineering, economics and many other areas consist of complex systems. Complexity, formed of interconnected and hard to understand parts, has led to significant scientific methodological developments (Sabelli, 2006). With the spread of complex systems, new technologies have emerged for communication, collaboration and conceptualization, and these technologies have led to significant changes in the mathematical and scientific thinking styles required outside the classroom environment, such as producing, analyzing, working on and transforming complex data (English & Sriraman, 2010). These changes brought along new educational approaches. STEM is also one of these educational approaches. STEM education is an educational approach designed to meet the need of educating creative individuals in science, technology, engineering and mathematics fields, who think systematically, provide a critical perspective, transfer their learning to new and different problems, and are increasingly needed. One of the main objectives of STEM education is to train scientifically literate individuals (Shaughnessy, 2013). In the training of these individuals, especially in the addition of engineering experience, primary and secondary schools remain limited compared to other stages (Holmes, Rulfs, & Orr, 2007; Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012).

STEM education has begun to be implemented in secondary schools and universities, beginning with primary schools in many countries of the world (Korea, Japan, Germany, China), principally in the United States (Common Core State Standards Initiative, 2012). There are institutions such as STEM Education Coalition, which has a role as a roof in STEM education and has developed policies in this regard (Akgündüz et al., 2015). In addition, other initiatives such as the US National Engineering Academy's Great Challenges for Engineering have contributed to efforts to advance STEM participation (National Academy of Engineering, 2012). Just as in the US, Australia also emphasizes STEM education. Recent years' reports emphasize the importance of increasing student participation in STEM fields, which are seen as powerful tools for promoting innovative, inventive and economic development (Engineers Australia, 2009; Tytler, Osborne, Williams, & Cripps Clark, 2008). Malaysia also referred to the need for STEM education and there are studies showing that STEM teachers educational programs in this country have positively increased teachers' interests, attitudes, proficiency perceptions and knowledge towards STEM (Osman and Saat, 2014; Shahali et al., 2015). India is also one of the countries, speaking of the need to develop and increase the number of talented students in the field of STEM (Kurup, Chandra & Binoy, 2015).

### STEM Education in Turkey

It is observed that STEM education approach is adopted in the Science Education Program (2017) prepared by the Ministry of National Education in our country. Among the basic skills of the curriculum are "Engineering and Design Skills". This skill involves integrating science with technology, mathematics and engineering, giving problems a cross-disciplinary point of view, to reach the students to the level of performing discovery and innovation.

Studies and projects carried out at universities in our country related to STEM education are limited (Çorlu, 2013). In order to be able to switch to STEM education in our country, STEM centers, which can be accessible by a number of university students and teachers, have started to open (MEB, 2016). It is aimed to increase the STEM education skills of teachers and students in these training centers. It is possible to talk about the many difficulties that educators face. These challenges include how to teach students the solutions of unusual, complex problems in the context of STEM education, which teachers to work with, the roles of these teachers in the implementation process and what tools should be used when STEM training is applied in school mathematics (Lesh & Yoon, 2007; Zawojewski, 2016; Güder & Gürbüz, 2018). The answers to these questions are also discussed in our country and there is no consensus on how to carry out the integration of the disciplines in STEM education (Bybee, 2013; El-Deghaidy & Mansour, 2015; Nadelson & Seifert, 2017). In this context, it can be said that the study has an important function for STEM education. The main problem of the research is as follows:

What is the influence of interdisciplinary "Traffic Light Problem" on Engineering Modeling Activities in transition to STEM? Below are the sub-problems related to this question:

1. How did the design skills of groups evolved in EngMEAs?
2. Why did the groups present different models (products) in the same EngMEAs?
3. Can the Traffic Light Problem (EngMEAs) be used as a tool for STEM training in school mathematics?

### **EngMEAs**

Recent studies have emphasized the need to develop new perspectives on the nature of problem solving and its role in the mathematics curriculum (Lesh & Zawojewski 2007; Mousoulides et al. 2008). One of these perspectives is the interdisciplinary problem-solving approach. Researchers were interested in how to teach different disciplines (especially mathematics and science) together, how to integrate these into school curricula, and how to develop students' problem solving experiences using real life problems. According to Mousoulides and English (2011), the use of mathematical ideas in interdisciplinary contexts can be addressed by engineering discipline.

Engineering provides an extraordinary context for students to transfer their learning in mathematics and science to the authentic problems in daily life (Petroski, 2003). According to Mousoulides and English (2011), engineering-based problems in both basic and secondary mathematics curricula can be used to: (i) Provide students with creative and innovative real-world problem-solving skills including engineering principles, design processes and mathematical modeling. (ii) to show how students apply what they learn in mathematics and science to solve real-world problems (iii) to encourage group work in which students learn to communicate and work together to solve complex problems.

One way to address engineering-based problems in school mathematics is the Engineering Modeling Activities (EngMEAs), which are based on the theoretical framework of model and modeling and are taken from complex real-life problems (Lesh & Doerr, 2003). Solutions for EngMEAs are generalizable models that reveal students' thought processes. In these models, students perform specific procedures to expose their thoughts and present a concrete product. EngMEAs are generally applied in groups of three or four (Lesh & Doerr 2003; Mousoulides, Christou & Sriraman, 2008; Zawojewski et al. 2008; Lesh & Zawojewski 2007).

In the application process of EngMEAs, teacher / s observe what kind of gains students have achieved by opening the products they have exposed to other students in the classroom and completes their deficiencies if any (Chamberlin & Moon, 2006; English, 2009; Lesh & Caylor, 2007). For example, before applying the Traffic Light Problem in this study, students were asked to come to school by having researched on traffic lights and traffic rules. Then a video about the issues to be paid attention about traffic lights was shown. (<https://www.youtube.com/watch?v=3iccTVpAs24>). In this way, a discussion was conducted in the classroom after the students were allowed to warm up and the process mentioned in the second paragraph of the Implementation Process was followed.

## **Method**

### **Research Model**

#### ***Design of Research, Participants and Process***

Multi-tiered teaching experiment provide learning experiences for all participants due to their nature and create environments that encourage maximum learning. Multi-tiered teaching experiments, participants are not considered independently, even at different levels of learning (Kelly & Lesh, 2000). In classroom applications of research designed for Multi-tiered teaching experiment, mathematical modeling activities are often used (Nutchey, Grant, Cooper & English, 2015). In these activities, students in groups (3-4 people) determine the mathematical concepts and the relations between these concepts and establish a mathematical model through these concepts. The teacher observes the process of

building models for students and provides tips to encourage students to build models where needed. The researcher also monitors and explains the collective behavior of the teacher and students.

In this study, multi-tiered teaching experiment (Lesh & Kelly, 2000) was used to see the development of the students in the process of solution of Traffic Lights Problem. In addition, a modified version of the design research method (Dolk, Widjaja, Zonneveld, & Fauzan, 2010) was used to support the interpretation of research findings and the analysis of data. The study was deemed appropriate for the nature of multi-tiered teaching experiment, since the aim was to understand how mathematical modeling support early-stage engineering skills of students and to analyze the learning of students in a working relationship with the teacher.

Participants of the study are 7 at the same school as the maths teacher who served at a provincial center in the eastern region of Turkey in 2017-2018 academic year. It has been applied to two groups of 3 and 4 who have studied in the classroom. Volunteering and vocational experience have been put in the forefront of the teacher's choice. It is thought that a teacher with professional experience will have more control over the area and will be able to identify deficiencies more easily. Given the school life of students and the level of classroom they are in, perhaps the most critical period is 7. It's a class level. Because it's 7. Students, who are average 13 years old in the classroom, are at the beginning of the period of abstract processing, which is a period of cognitive development. According to Piaget (1963), the period of abstract transactions, which is the top cognitive development period, extends from the age of 11-12 to the years of adulthood. In this period, the following characteristics are evident: i) New and stronger cognitive capabilities are developed. Abstract concepts are understood, abstract thinking analyzed, synthesized and evaluated. ii) The concept of probability is formed during this period. An abstract thinker can consider many possible solutions and does so according to a systematic plan. iii) Another characteristic of this period is the idea of a combination. Addressing a number of factors will help resolve the issue. iv) Can create a thesis and defend this thesis.

#### ***Multi-Tiered Teaching Experiment***

Multi-tiered teaching experiments naturally provide learning experiences for all participants and create maximum learning-encouraging environments. In multi-tiered teaching experiments, even though the participants are at different levels of learning, they cannot be considered independently from each other (Lesh & Kelly, 2000). Openness to sharing, mutual trust and compromise are essential for participants to be able to collaborate effectively. The purpose in the multi-tiered teaching experiment, which can be adaptable due to its nature: i) develop new concepts from experiences of participants (student, teacher, researcher), ii) Configure interactions to test and organize structures, iii) provide tools to facilitate building of related models, iv) guarantee development of structures in productive direction, to create situations that will increase their chances of development without using guidance to use informal feedback and voting structure (English, 2003). Mathematical modeling activities are often used in classroom applications of research designed according to multi-tiered teaching experience (Nutchey, Grant, Cooper & English, 2015). The following interactions have been passed through the implementation process of this research, in which the multi-tiered teaching experiment (researcher, teacher, student) method is adopted.

#### ***Researchers-Mathematics Teacher***

At this stage, first semi-structured preliminary interviews were conducted with the teacher to determine the mathematics teacher's thoughts about modeling. Questions such as "*What are your thoughts on using real life problems in mathematics education?*", "*What do you understand from model, modeling and mathematical modeling expressions?*", "*What kind of a method do you use to relate mathematics to other disciplines?*" were asked to reveal the thoughts of the mathematics teachers. Then, two weeks of workshops and informative sessions on concepts such as model, modeling, mathematical modeling, modeling activities (problems), difference between modeling problems and traditional problems were organized with mathematics teacher. As a result of the workshops, a semi-structured interview was conducted for the last time about modeling with the teacher. Later,

researchers have developed 6 mathematical modeling problems (warming activities) along with mathematics teacher that provide rich learning areas for students and force them to think.

### ***Mathematics Teacher-Students***

The developed modeling problems (warming activities) were applied to the students in two groups (3-4 persons) before the "Traffic Lights Problem" which is a more comprehensive problem and constitutes the main application of the study was applied. In these problems, the students determined the mathematical concepts and the relations between these concepts and developed a mathematical model from these concepts. In order to present the developed models, each group has selected a spokesperson for the group. The teacher also observed the process of model building of the students and gave hints to encourage them to set up models where necessary. The application period of the warming activities lasted approximately four weeks. Thus, it was decided that the students' level of readiness for actual application was sufficient.

### ***Relation of Developed Problem to STEM and Application Process***

It is emphasized that in the STEM education approach, it is necessary to train individuals who are able to make inquiries, design products, test the products they design, produce results, make evaluation, and openly share (MEB, 2016). The characteristics of the Traffic Light Problem (EngMEAs) applied in this study and the skills that it aims to achieve can be listed as follows: i) The problem enabling to discover research questions, to organize data, and to be able to produce a product (model), ii) Application of interdisciplinary concepts and engineering design in formulating and solving the problem, iii) Representation of data in more than one way, iv) Resulting product can be evaluated with a critical point of view, v) Require to think in creative, flexible and innovative ways. In the context of these features, it can be seen that the achievements in the Traffic Lights Problem (EngMEAs) overlap with the achievements in the STEM education.

After the warm-up activities, the Traffic Lights Problem is applied and it consists of a video, a reading text and the photo of a crossroads (Appendix-1). The main purpose of the video is to inform students about traffic rules. The main objective of the reading text is to inform the students about traffic and to raise awareness in this regard. The groups completed the traffic lights problem in two sessions of 60-80 minutes. In the first session, students tried to understand the problem by conducting in-group discussions. In the second session, they created reports on the models they had built for the solution of the problem and group spokespersons presented these reports in the learning environment. During the application process, mathematics teachers gave hints to the students where needed, and the researchers also made observations in the learning environment. Teachers and researchers were not directly intervened to the students.

### ***Data Collection Tools***

Teaching experiment research deals with what students mostly do as well as how they are doing. For this reason, collected data are mostly qualitative in nature rather than quantitative. Cobb and Steffe (1983) state that qualitative data from teaching experience are fed from two main sources: teaching performed and periodic clinical interviews. Thus, this study's data collection tools consisted of semi-structured interviews with teachers, written responses of students in groups to the problems on the solution sheets during the application, video recordings of the students' thinking aloud during the solution process, observations that the researchers made during the application process and reports containing developments of the participants. This study uses semi-structured interview technique from interview types. Before the semi-structured interview form was prepared in this study, a detailed literature study was conducted by the researcher on "model", "modeling" "mathematical modeling" and "interdisciplinary relationship". The process of data collection has been established by the opinion that the conversation questions provide the desired data. "What are your thoughts on taking advantage of real life problems in math's education?", "how do you use a method to associate math's with other disciplines", "do you have issues associated with math's when you process your courses?", "how do you think this association reflects on students?", "have you heard about modeling activities before?" the

teacher's interdisciplinary views have been established by asking questions such as. The pre-interview with the teacher took about 30 minutes.

## **Data Analysis**

### ***Design Research Method***

In order to interpret and analyze the data of this study, the design research method (Dolk et al., 2010) was used within scope of multi-layered teaching experiment. One of the important aspects of design research is the focus on retrospective analysis. This analysis shows that researchers and teachers work together to bring meaningful changes in practice and teaching in the classroom (Design-Based Research Collective, 2003). In design research, the interaction process involves phase cycles of knowledge, design, experiment, and retrospective analysis (Dolk et al., 2010, p. 175).

Throughout the data analysis of the research, line by line coding technique was applied (Strauss & Corbin, 1990; Corbin & Strauss, 2007). Data analysis of this study was firstly started from the analysis of semi-structured interviews. Two independent researchers analyzed the data obtained from semi-structured interviews with the teachers and as a result of these analyzes, the data revealed the themes of Math and Real Life, Interdisciplinary Relationship, Model, Modeling and Mathematical Modeling. In the last interview, the themes of benefit of solving the modeling problem (traffic lights) to students and the factors affecting the students' ability to establish different models were obtained.

Retrospective analysis involves the reconsidering of the entire data set. This analysis requires careful examination of the relevant records of the teaching experiment (preliminary interviews, teaching process and post interviews). The aim of this analysis is to explain the mathematical development of students (Simon, 200). Print-outs of teaching processes and all of the interviews made in accordance with this purpose were made and the models (justifications, operations and drawings) developed by the groups on the Traffic Lights Problem were scanned and converted into a file in the computer environment and the data set was created. The researchers discussed the results and observations obtained by following the recorded videos at the end of each course in the continuous analysis process. At the beginning of the analysis, two researchers independently coded the data line by line and as a result of this open coding, it was tried to determine which approaches students applied in the solution of EngMEAs.

The coding process was continued with axial coding to link open codes and to reveal the identified categories and relationships between the categories (Strauss & Corbin, 1990; 1998). Data analysis continued with selective coding to determine core categories at the upper abstraction level. The codes were compared in the frame of the discussions between the researchers and the similarities and differences of the different codes were put forward. As a result of the evaluations, three basic categories are determined (Table-1). The solutions developed by the students for EngMEAs are analyzed according to these three basic categories and levels. As a general rule in qualitative research, the similarity ratio of the dataset encoded by different encoders is important (Fidan & Öztürk, 2015). This similarity rate also determines the reliability of qualitative research. In this study, researchers identified the numbers of codes they agreed on and could not reconcile after discussing the analysis together.

By determining the number of consensus and dissent points of the researchers, the coding reliability formula (Miles and Huberman, 1994) was used and reliability was 84% in interview codes with the teacher; 86% was the reliability of the codes related to the analysis of EngMEAs. Inter-rater reliability calculation was made with the formula of  $[\text{Consensus} / (\text{Consensus} + \text{Difference of Opinion})] \times 100$ . Miles and Huberman (1994) emphasize that the reliability of the coding should be at least 80% compliance level for good qualitative reliability. Considering the results, it can be said that there are reliable results.

**Table 1.**  
*Modeling Skills/Competence Assessment Rubric*

Skills/Competence	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Assumptions</i>	<p>*Not being able to make any assumptions.</p> <p>*Making incorrect assumptions.</p>	<p>*Making at least 2 assumptions based on real life interpretations of the problem and explaining it.</p> <p>*Assumptions being partially suitable for the model.</p>	<p>*Making and explaining a comprehensive list of assumptions based on real life interpretations of the problem.</p> <p>*Assumptions being suitable for the model.</p>
<i>Interpreting Problem and Solution using real life knowledge.</i>	<p>*Not being able to utilize any proving in model building or considering only one real life situation.</p>	<p>*Considering two real life situation when examining variables that affect solution and interpretation of modeling problem.</p>	<p>*Considering 3 or more real life situation when examining variables that affect solution and interpretation of modeling problem.</p>
<i>Mathematical Reasoning and Calculations</i>	<p>*Considering 1 variant in model building.</p> <p>*Using mathematical terms correctly with few minor mistakes in the calculation.</p> <p>*Partially making logical mathematical reasoning.</p> <p>*Advising without verified mathematical reasoning.</p>	<p>*Considering 2 variables in model building.</p> <p>*The correct use of mathematics with almost no calculation mistakes.</p> <p>*Making logical mathematical reasoning.</p> <p>*Advising with verified mathematical reasoning.</p>	<p>*Considering 3 or more variables in model building.</p> <p>*Proper use of mathematical terms.</p> <p>*Making mathematical reasoning correctly and not making mistakes in calculations.</p> <p>*Advising with verified mathematical reasoning.</p>

The modeling skills/competences mentioned in the rubric consist of *making assumptions, interpreting problem and solution using real life knowledge, mathematical reasoning and calculations*. These skills are explained briefly below:

*Making Assumptions:* Students developing assumption awareness when trying to understand and simplify the problem. The development of this awareness serves as a bridge between the real world and the world of mathematics. *Interpreting the Problem and Solution Using Real Life Knowledge:* Students form appropriate representations through real world and mathematical knowledge while formulating various associations.

*Mathematical Reasoning and Calculations:* The ability to deal with a large number of variables mathematically to solve the problem with logical suggestions.

### Findings

In this section, the "preliminary interview" with the mathematics teacher will be discussed first and then the models developed by the two groups (A and B) on the "Traffic Lights Problem" will be presented under the determined skills/competencies and finally the "final interviews" made with the teacher will be presented.

#### 1. Results from Pre-interview with the Teacher

Semi-structured interviews with the teacher were conducted at the preliminary interview and these interviews were presented within the framework of the themes mentioned in Table 2 below. The quotes from the answers given by the teacher to the questions were presented and inferences from these quotations were made.

**Table 2.**  
*The Themes and Interpretations Determined from the Pre-interview with the Teacher*

Themes	Quotes	Interpretation/Inference
Mathematics and Real Life	<i>... Some students say they do not need to learn because they do not use them in daily life. It is better to select the examples from daily life while giving examples after a subject is explained. Let me give an example: let's say on a 100 km road a vehicle spends 5 liters of fuel. According to this, how much fuel do you spend on the 400 km road? So I think it would be better to give examples of daily life like this. For example, we are learning the subject of percentages. We learn about percentages but what is the purpose of percentages? Where do we use it in daily life? In this type of questions, we do the following: Let's think of a pair of pants for students love shopping. Its price is 100 TL. How much it would be if a 30% discount is made?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Associating mathematics with daily life.</li> <li>*Giving examples from daily life.</li> <li>*Benefits of subjects learned to students in daily life.</li> </ul>
Interdisciplinary Association	<i>Interdisciplinary relationship. All lessons are connected. When we give examples of daily life, we make associations. Sometimes, there are no materials to describe some subjects.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Interdisciplinary association.</li> <li>*Pointing out lack of materials in association.</li> </ul>
Model, Modeling and Mathematical Modeling Perception	<i>When you look at the model, the students will do something but will get help from the model. In mathematics, model is showing students how to use materials to concretize abstract subjects. I've heard the expression of mathematical modeling before. Especially in university, in material lessons. As you know, most subjects in mathematics are abstract. We are models to concretize these. The student understands better.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Specifying model as Representation status/Prototype.</li> <li>*Explain modeling as the process of emergence of the model.</li> <li>*Thinking of mathematical modeling as concretize abstract subjects.</li> </ul>



The teacher said that he has encountered statements of students pointing out that they do not need to learn mathematics because it did not correspond to anything in real life. For this reason, he stated that examples of daily life should be selected while learning subjects. He gave examples from motion problems and percentages to indicate that mathematics is related to daily life. He stated that he associates mathematics with other disciplines, but he does this by giving examples of daily life. He also stated that he needed material when describing the subject. The teacher described the model as a representation state, the mathematical model as concretizing the abstract subjects, building of model as modeling. He also expressed that he has seen mathematical modeling in the material design course at the university.

### 1. Traffic Lights Problem Solution Process

In this section, the mathematical modeling skills of two groups were evaluated according to the criteria in the rubric. These evaluations are based on students' written answers and in-group discussions.

#### Example to Mathematical Modeling Skill Level 2 (Group B)

Based on the written responses and in-group discussions of group B, it was evaluated at Level 2 according to rubric. This group has benefited from limited assumptions when building a model about traffic lights. The group stated real life information with limited variables when building the model.

#### Making Assumptions Skill

The intersection model developed by group B has two opposite dual roads and six traffic lights (Figure-1). This group did not make any assumptions about pedestrian crossing, although the model it developed was based on assumptions about the transitions of cars.

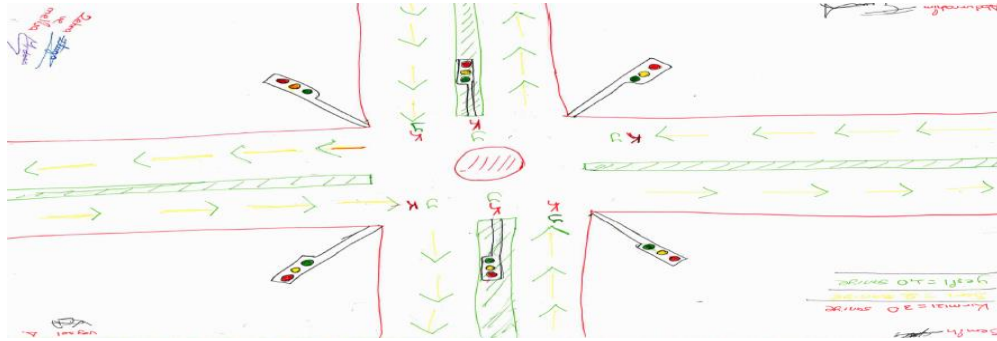


Figure 1. Model Developed by Group B

#### Interpreting the Problem and Solution Using Real Life Knowledge

When building their model, Group B has taken into account the road which is located in the province center and constantly used by students. This road is used by vehicles enabling local and intercity means of transportation. On the road there is a crossing to facilitate the passage of vehicles and pedestrians, and traffic lights that enables passages at this crossing. Although Group B took this into account when creating the model, they did not give any information about the pedestrian crossing in their model. Below is a dialogue from the in-group discussion when the group was building the model:

BS1: Let's think about the road at the university crossing. We can do something like that.

BS2: Yes, could be. Türk Telekom crossing is also possible.

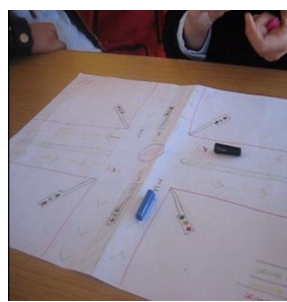
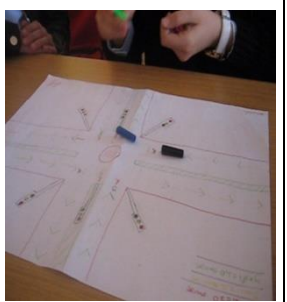
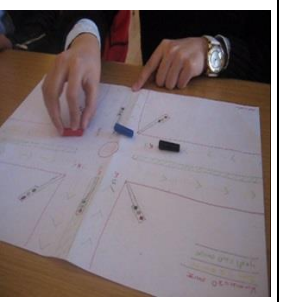
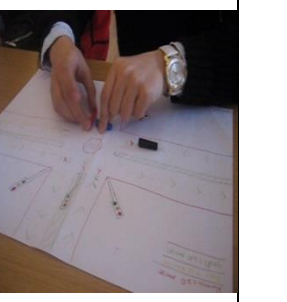
*BS3: But the traffic lights on that crossing do not work. I think we can do something similar to lights on the university crossing.*

*BS1: Ok, let's do that. Let's start...*

**Mathematical Reasoning and Calculations**

Group B selected the lighting times the lights (Red, Yellow, Green) in their model to be 30 seconds, 2 seconds and 40 seconds, respectively. In the model, the group showed the lighting order of lights with symbols such as red (K) and green (Y) KY, YK (Table-3). This group showed the vehicles using different colored objects when presenting the model. In this way the understanding of the model of the group was made easier. In Table 3 below, the group spokesperson has explained the model they have built with justification:

**Table 3.**  
*Example to Mathematical Modeling Skill Level 3 (Group A)*

			
<p>1) The black object is the vehicle in the red light, the blue object is the vehicle in the green light.</p>	<p>2) Once the vehicle shown in blue has passed in the green light, it turns left and stuck on to the red light.</p>	<p>3) A vehicle with a red color on the road to the right of the vehicle shown with blue color has passed at green light.</p>	<p>4) In order to avoid the collision of the red vehicle with the blue vehicle, we installed the light system where the blue vehicle was.</p>

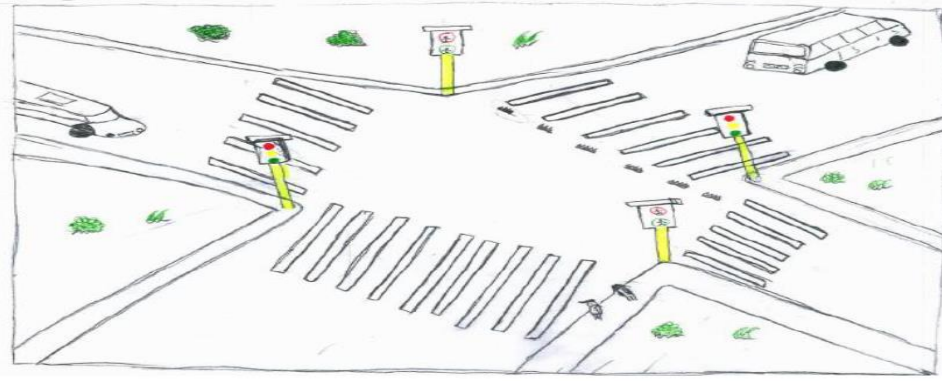
**Example to Mathematical Modeling Skill Level 3 (Group A)**

Group A's written answers and in-group discussions was evaluated at level 3 according to Rubric. This group, when building a model for traffic lights, created a list of detailed assumptions, used real life information in consideration of various factors and did mathematical reasoning and calculations correctly. Therefore, the group was evaluated at Level 3.

**Making Assumptions Skill**

In the crossing model, which Group A has developed, there are two opposite dual roads, four traffic lights and four pedestrian crossings that control the passages in these roads, which are equipped with cameras and are bidirectional (Figure-2). In the model of Group A, there are barbed wire placed at the bottom side of the pedestrian crossing. When the red light is on for the vehicles, these barbed wires come out from under and thus the vehicle is prevented from passing through the red light. This group considered different variables to understand the problem and produce mathematical solutions. This group also used mathematical reasoning and reasoning skills more accurately. Below are the expressions of the group spokesperson and the model this group built up:

*When the lights are red for cars and green for pedestrians, the thorns that are lit with red light come out under the asphalt. So if the vehicle that has to stop in the red light is not stopped, it cannot pass these barbed wires and it will have to stop. And our devices are duplex. Vehicles from both sides can see the lights.*



**Figure 2.** Model Developed by Group A

Group A had in-group discussions, and as a result of these discussions, placed barbed wire and two-way lights in the model. The group have expressed the justifications for the use of the barbed-wire and bi-directionally visible lights that they placed on their model.

#### ***Interpreting the Problem and Solution Using Real Life Knowledge***

Group A, while creating the model, was impressed/inspired by the news (TV, Internet, etc.) they heard before and placed cameras in the device. In group discussions, some students described the systems they saw where they visited. Below is a dialogue from the in-group discussion when the group was building the model:

*AS1: Let's place the lights at the edges of pavements. Lights are bi-directional and have cameras inside. Thus non-observants can be identified and penalized. I have seen this before on the TV.*




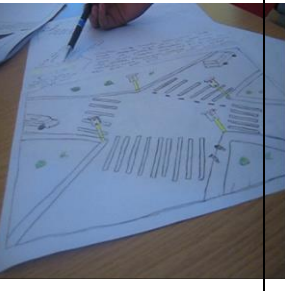
*AS2: Let's put pedestrian crossings. Place barbed wires to the bottom of this pedestrian crossing. When red light is on for the vehicles, these wires come out and prevents vehicles from passing. I have seen something like this in Istanbul.*

Group have made such discussions and built their model influenced by factors they have seen or heard.

#### ***Mathematical Reasoning and Calculations***

Group A selected 50, 5, and 120 seconds of lighting time for the lights (Red, Yellow, Green) respectively. The group stated these lighting times with their reasons. This group has put forward different ideas in building the model by conducting in-group discussions. The group has done mathematical reasoning and calculations correctly by taking into account the details. In Table 4 below, the group spokesperson explained the model by justifying in order:

**Table 4.**  
*Reasoning and Justifications of Group a Model*

			
<p>1) As seen here, we placed four traffic lights on the sides of the pavements. We have placed a pedestrian crossing in all the roads to facilitate the passage of pedestrians.</p>	<p>2) Our lights are bi-directional. Vehicles from both sides can see. For example, one side lights up red while the other side lights up green. There are also cameras in the lights and record passage of vehicles..</p>	<p>3) For those who do not observe when the red light is on for vehicles, the thorns that are lit with red light come out from under the asphalt of the pedestrian crossing, thus preventing the passage of vehicles.</p>	<p>4) There are lighting timers on the devices. The red light is 50 seconds. If the red light is too long, traffic happens. Yellow light for 5 seconds. Five seconds is enough to get ready. Green light is 120 seconds. We thought 120 seconds was appropriate for pedestrians to not wait too long.</p>

**1. Findings from Final Interview Made with the Teacher**

In the final interview with the teacher, it was discussed whether the teacher had a change in her thinking about modeling from her previous thoughts after the application process. Accordingly, a general evaluation of the application process of the Traffic Lights Problem has been made. In this section, the teacher's thoughts about the Traffic Lights Problem will be discussed.

**Table 5.**  
*Themes and Interpretations Determined by the Last Interview Made With Teacher*

Themes	Quotes	Interpretation/Inference
Benefit of Solving Modeling Problem (Traffic Lights) to Students	<p><i>Students are constantly confronted with the traffic lights system in daily life, but there is very little information about how the system in these lights work. When students encountered this problem, they have created some ideas to solve the problem. As a result of these ideas, students presented different solution proposals. In this way, students became involved in engineering at an early age. This, in turn, can affect the profession the students choose. Students who encounter such problems can cope with complex problems that they may encounter later in all areas of life. Students are willing to solve such</i></p>	<p>*Recognizing engineering skills in students at early age.</p> <p>*Dealing with complicated problems that can be encountered in every area of life.</p>

	<i>problems. The fact that even the students with very low mathematics achievement are willing to solve these problems reveals the importance of this problem. As students encounter these problems, they have a positive attitude towards mathematics. Interdisciplinary learning with this type of problem definitely develops.</i>	
Factors Affecting Students to Build Different Models	<i>Since the students live in different places, they have offered different solutions. For example, mathematical knowledge of student A is not very good, but he used the information about the places he saw in solving the problem because he traveled a lot. In addition, these students brainstormed with different opinions in groups of 3-4 and they came up with different ideas.</i>	*Living in different places and being affected by the places they see.  *Solving the problem in groups and putting forward different ideas.

The teacher stated that students constantly encounter traffic lights in daily life, but that they do not have much information about how these systems work. The teacher has stated that students met with concepts that require engineering skills at an early age in the solution process of this problem, which in turn will affect their choice of profession. In addition, the teacher said that factors such as in-group discussion, living in different environments and traveling were effective in the development of different models of the two groups.

### Discussion & Conclusion

In this study, it was emphasized that Engineering Model Eliciting Activities (EngMEAs) in complex structure could not be used as a tool to bridge engineering and school mathematics in the transition to STEM education. The Traffic Lights Problem (EngMEAs) applied in the study is a problem in the interdisciplinary structure created from the theoretical framework of the Model and Modeling Perspective, which is different from traditional problems and allows for different answers and ideas, which require interpretation, analysis and synthesis of complex data. The students put forward their own mathematical and scientific ideas in this problem and built a model by supporting these ideas with in-group discussions.

In this paragraph, the answer to the following sub-questions are discussed: How did the design skills of groups evolved in EngMEAs? Why did the groups present different models (products) in the same EngMEAs? When the processes of the groups in the solution of the Traffic Lights Problem are examined in the findings section, it is seen that the groups A and B have different models. Group B placed two opposite dual roads and six traffic lights. In the model of this group, only assumptions about vehicle passages have been made and no information has been given about the pedestrian crossing. When the video transcripts of the groups were examined, it was seen that the vehicles indicated different objects in different colors in order to make the group B model more clear (Table-3). The reason why B group designed such a model was discussed and when the video analyzes were examined, it was found that the group took the example of the intersection on a road in the city center. For example, a student from group B said, "We can use the intersection in the city center". Other members of the group were affected by this proposal and designed their models according to this. As for Group A, there are two opposite dual roads, four traffic lights in which the cameras are located and which are bidirectional, and four pedestrian crossings, which control the passage through these roads (Table-4). In the observations and video analysis by the researchers, it was determined that group A used the information from communication tools such as TV and internet. In addition, some students in the group explained that they saw the systems in different places. For example, a student from group A said: I saw barbed wire in

Istanbul. When the red light was on, these wires emerged. Considering the suggestions of this student, the group considered to put the barbed wires under pedestrian crossing to prevent vehicles from crossing the red light. Another student from this group "Let's place cameras on devices (lights). Let it determine the ones who do not obey the rules". Group A has thought of barbed wire under the pedestrian crossing to prevent vehicles passing in red light. Both groups indicated the lighting durations of the light systems they set up in their models with different numbers, but both groups showed the lighting orders of these lights as Red, Yellow and Green. Why did Group B fail to think about the variables such as pedestrian crossing, barbed wire, etc. while Group A considered these? Why are the lighting durations of the groups different from each other? Why is Group B influenced by the environment while Group A is influenced by communication tools when building their models? Why did the groups develop different types of models, even though the students in both groups were selected from the same class (7th grade) and the students in both groups had the same mathematics teacher for mathematics lesson? It can be said that the students in the Group A who make a systematic model by considering a large number of variables think deeper than the students in the Group B and have made more effective discussions (Table-5). In Group A, there may be persons whose judgment ability is better than the students in the other group. In Group A, persons with leadership qualities that is in the forefront and that is more for those who like to engage in discussion may have helped to develop a more effective model. Moreover, it can be said that the problem being from real life and, as the teacher has mentioned in his opinions (Table-5), groups having students who have different levels of socialization is an important factor in building the model. As other studies (English & Mousoulides, 2011; Mousoulides & English, 2011) emphasize, model development is not an easy process. In this study, it was determined that decision making in complex problems is not a simple process (Table-3 and Table-4). In the models developed by the students in the problem solving process being different; it is possible to say that factors such as students encountering such a problem for the first time, people in the group thinking differently, and the fact that the problem having a complex structure due to its nature are effective. It is possible to come across studies that support this assumption in the literature (Doerr & English, 2001; Lesh, Zawojewski, & Carmona, 2003).

In this paragraph it was discussed whether the Traffic Light Problem (EngMEAs), which is another sub-problem of the research, can be used as a tool for STEM education in school mathematics. The answer to the question is discussed. Engineering Model Eliciting Activities (EngMEAs) involve collaboration, evaluation, documentation and reporting processes (English, 2013). In this study, groups worked together while designing their models and they had the opportunity to evaluate the models they developed by conducting group discussions. The groups have documented their models by finalizing them (Figure-1 and Figure-2). Groups building models, sharing and documenting these models they built, significantly overlap with the learning cycle of STEM education (MEB, 2016). In the solution process of the Traffic Lights Problem (EngMEAs), students have introduced products using mathematics, science, technology and engineering knowledge in an integrated structure (Table-3 and Table-4). In the Science Teaching Program (2017) prepared by MEB, the "Engineering and Design Skills" aims to provide the integration of science with technology, mathematics and engineering. Therefore, it can be said that the students have gained significant engineering and design skills stated in the draft program by MEB (2017) during the solution process of this problem. The students encountered a problem from daily life with Traffic Lights Problem (EngMEAs), produced possible solutions for the problem and selected the appropriate ones within the criteria by comparing them, designed the product and presented it in the learning environment. It can be said that the achievements of the students in the traffic lights problem (EngMEAs) in the solution process overlap with the gains in the "Science and Engineering Practices" unit of the MEB (2017) draft program.

STEM is an educational, collaborative, design-based, research and inquiry-based educational approach that requires innovative thinking. This educational approach adopts students to address real life problems with an interdisciplinary viewpoint (Schnittka, Bell, & Richards, 2010; Wang, 2012).

In this study, students focused on mathematical, technological, design and engineering skills of STEM Education by building a traffic lights system. It can be said that Traffic Light Problem (EngMEAs), which

provides students with the concrete application of scientific, mathematical and technological concepts, contributes to the development of information about engineering design applications. When the last opinions of the teacher were examined (Table-5), it was determined that the Traffic Lights Problem provides students with engineering experience at an early age. Likewise, this problem was emphasized in the opinion of the teacher that the students' awareness of engineering skills at an early age might affect their choice of profession. Engineering design projects can offer interesting experiences for secondary school students and teachers. Using engineering as a problem-solving context that links science and mathematics knowledge enables students to design creative and innovative solutions. To solve these complex problems, requires considering different variables. Students' learning of science and mathematics needs to be practiced, and brought forward together with important connections on aimed engineering insights. When the last views of the teacher are examined (Talo-5), it can be said that interdisciplinary learning will develop with Traffic Lights and similar problems. Considering the opinions of the teachers and the results obtained above, it can be said that Traffic Lights Problem can serve as an important tool for the bridge between STEM education and school mathematics. In such modeling problems, the teacher acts as a guide, and the students work on the problem in small groups. Sufficient time should be given for the solution of these problems to allow the students' thoughts to come to light. In this study, Traffic Lights Problem was applied to groups in two sessions. The first session lasted 60 minutes and the second session lasted 80 minutes. The teacher asked the students to read and understand the problem individually in the first five to ten minutes of the first session. The teacher then tried to help students understand the problem conceptually by conducting group discussions. In this process, the teacher guided the students by visiting the groups and made explanations to help them understand the concepts they did not understand. In the second session, the teacher continued his role as a guide and encouraged the students to report on the models they created for the solution of the problem. In the last 20 minutes of the second session, the teacher gave each group ten minutes to present their models to the class and discuss. Upon the request of each group for teacher evaluation after the presentation, the teacher stated that the model of each group reflected their point of view and each group model was nice and beautiful. The teacher stated that the models that emerged would actually occur during the implementation process and if necessary, these models could be revised. Students' persistent questions about teacher feedback are a result of the examination system in Turkey. Because at almost every education level students in Turkey are subjected to various tests. As a result of these examinations, the students are provided with feedbacks of very successful, successful, less successful. In the studies (English, 2016; English, Hudson & Dawes, 2013; English & Mousoulides, 2011; Moore & Hjalmarson, 2010; Roehrig et al., 2012; Kertil & Gürel, 2016) it has been observed that modeling activities have an interdisciplinary nature, activities have been found to be important tools in the transition to STEM education. It can be said that the Traffic Lights Modeling Problem (EngMEAs) applied in this study is an important tool for STEM education.

#### **Author Contribution Rates**

The contribution rates of the researchers to the study are equal. The study was carried out and reported in cooperation.

#### **Ethical Declaration**

All rules included in the "Directive for Scientific Research and Publication Ethics in Higher Education Institutions" have been adhered to, and none of the "Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics" included in the second section of the Directive have been implemented.

#### **Conflict Statement**

The authors declare no competing interests.

## Türkçe Sürümü

### Giriş

Günümüzün dinamik ve dijital toplumlarında matematik, fen bilimleri, tıp, sosyal bilimler, finans, mühendislik, ekonomi ve daha birçok alan karmaşık sistemlerden oluşmaktadır. Birbirine bağlanmış anlaşılması güç parçalardan oluşan bir durum olan karmaşıklık, önemli bilimsel metodolojik gelişmelere yol açmıştır (Sabelli, 2006). Karmaşık sistemlerin yayılması ile birlikte iletişim, iş birliği ve kavramsallaştırma için yeni teknolojiler ortaya çıkmış ve bu teknolojiler karmaşık verileri üretme, analiz etme, üzerlerinde çalışma ve dönüştürme gibi sınıf ortamı dışında gerekli olan matematiksel ve bilimsel düşünme şekillerinde önemli değişikliklere yol açmıştır (English & Sriraman, 2010). Bu değişiklikler beraberinde yeni eğitim yaklaşımlarını getirmiştir. STEM de bu eğitim yaklaşımlarından biridir. STEM eğitimi, günümüzde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında sistemli düşünen, eleştirel bir bakış açısı kazandıran, öğrendiklerini yeni ve farklı problemlere transfer etmelerini sağlayan ve artarak ihtiyaç duyulan yaratıcı bireyler yetiştirme ihtiyacı karşılamak amacıyla oluşturulan bir eğitim yaklaşımıdır. STEM eğitiminin temel amaçlarından biri bilimsel okuryazar bireyler yetiştirmektir (Shaughnessy, 2013). Bu bireylerin yetiştirilmesinde özellikle de mühendislik deneyimlerinin eklenmesi konusunda ilkököl ve ortaokullarda diğer kademelere göre sınırlı kalmaktadır (Holmes, Rulfs & Orr, 2007; Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012).

STEM eğitimi, başta ABD olmak üzere (Common Core State Standards Initiative, 2012) dünyanın birçok ülkesinde (Kore, Japonya, Almanya, Çin) ilkökullardan başlayarak ortaöğretim ve üniversitelerde uygulanmaya başlanmıştır. STEM Education Coalition gibi STEM eğitiminde bir çatı görevi üstlenen, STEM eğitime yön veren ve bu kapsamda politika geliştiren kuruluşlar bulunmaktadır (Akgündüz vd, 2015). Ayrıca ABD “Ulusal Mühendislik Akademileri Mühendislik için Büyük Zorluklar” gibi diğer girişimler de STEM katılımını ilerletme çabalarına katkıda bulunmaktadır (Ulusal Mühendislik Akademisi, 2012). Tıpkı ABD gibi Avustralya da STEM eğitime önem vermektedir. Son yıllarda yayımlanan raporlar, yenilikçi, buluşçu ve ekonomik kalkınmayı teşvik etmek için güçlü araçlar olarak görülen STEM alanlarında öğrencilerin katılımını arttırmanın önemini vurgulamaktadırlar (Department of Innovation, Industry, Science, and Research 2011; Engineers Australia, 2009; Tytler, Osborne, Williams, & Cripps Clark, 2008). Malezya’da da STEM eğitime olan gereksinimden bahsedilmiş, bu ülkede STEM öğretmenleri eğitim programlarının, öğretmenlerin STEM’e karşı olan ilgilerinin, tutumlarının, yeterlilik algılarının ve bilgilerinin olumlu şekilde artırttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Osman ve Saat, 2014; Shahali vd., 2015). Hindistan da STEM alanında üstün yetenekli öğrencileri geliştirmeye ve sayısını arttırmaya yönelik çalışmaların gereğinden bahseden ülkelerden biridir (Kurup, Chandra ve Binoy, 2015).

### Türkiye’de STEM Eğitimi

Ülkemizde Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan Fen Bilimleri Taslak Öğretim Programında (2017) STEM eğitimi yaklaşımının benimsendiği görülmektedir. Hazırlanan öğretim programının temel becerileri arasında “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” yer almaktadır. Bu beceri, fen bilimlerinin teknoloji, matematik ve mühendislikle bütünleştirilmesini sağlamayı, problemlere disiplinlerarası bakış açısı kazandırmayı, öğrencileri buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaştırmayı kapsamaktadır.

STEM eğitimi ile ilgili ülkemizde üniversitelerde yapılan çalışmalar ve projeler sınırlı sayıdadır (Çorlu, 2013). Ülkemizde STEM eğitime geçilebilmesi için birkaç üniversitede öğrenci ve öğretmenlerin ulaşabileceği STEM merkezleri açılmaya başlanmıştır (MEB, 2016). Bu eğitim merkezlerinde öğretmen ve öğrencilerin STEM eğitimi becerilerini arttırmak hedeflenmektedir. Eğitimcilerin karşılaştıkları birçok zorluktan biri karmaşık yapıdaki sıra dışı problemlerin çözümlerinin STEM eğitimi bağlamında öğrencilere hangi yollarla öğretilmektedir. Bir başka deyişle STEM eğitimi okul matematiğinde uygulanırken hangi araç-gereçler kullanılmalıdır (Lesh & Yoon, 2007; Zawojewski, 2016; Güder & Gürbüz, 2018) ? Bu soruların cevapları ülkemizde de tartışılmakta ve STEM eğitiminde disiplinlerin entegrasyonunun hangi



yollarla sağlanacağına dair bir fikir birliğine varılamamaktadır (Bybee, 2013; El-Deghaidy & Mansour, 2015; Nadelson & Seifert, 2017). Bu bağlamda çalışmanın STEM eğitimi için önemli bir işleve sahip olduğu söylenebilir. Çalışmanın ana problemi şu şekildedir:

Disiplinlerarası bir doğaya sahip olan "Trafik Işıkları Probleminin" STEM eğitimine geçişte Mühendislik Model Oluşturma Etkinliklerine ne gibi etkileri vardır? Bu soruya bağlı alt problemler de aşağıda verilmiştir:

1. MühMOE'lerde grupların STEM eğitimi için önemli bir işleve sahip olan tasarım becerileri nasıl gelişti?
2. Gruplar aynı MühMOE'de niçin birbirinden farklı modeller (ürünler) ortaya koymuşlardır?
3. Trafik Işıkları Problemi (MühMOE) okul matematiğinde STEM eğitimi için bir araç olarak kullanılabilir mi?

### **MühMOE**

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, problem çözmenin doğası ve matematik müfredatındaki rolü ile ilgili yeni bakış açılarının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Lesh ve Zawojewski 2007; Mousoulides ve ark. 2008). Bu bakış açılarından biri disiplinlerarası problem çözme yaklaşımıdır. Farklı disiplinlerin (özellikle matematik ve fen) bir arada nasıl öğretileceği, bu öğretimin okul müfredatına nasıl entegre edileceği, gerçek yaşam problemleri kullanılarak öğrencilerin problem çözme deneyimlerinin nasıl geliştirilebileceği gibi sorular araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Mousoulides ve English'a (2011) göre matematiksel fikirlerin disiplinlerarası bağlamlarda kullanılması, mühendislik disiplini ile ele alınabilir.

Mühendislik, öğrencilerin matematik ve fen bilimlerindeki öğrenmelerinin, günlük yaşamlarında kendileri için anlamlı olan otantik problemleri ele almanın önemini gösteren olağanüstü bir bağlam sağlar (Petroski, 2003). Mousoulides ve English'a (2011) göre hem temel hem de ortaokul matematik müfredatında mühendislik temelli problemler kullanılarak şunlar yapılabilir: (i) Öğrencilerin var olan temellerini oluşturan mühendislik ilkelerini, tasarım süreçlerini ve matematiksel modellemeyi içeren yaratıcı ve yenilikçi gerçek dünya problem çözme becerileri öğrencilere kazandırılabilir. (ii) Öğrencilerin matematik ve fen alanlarında öğrendiklerini gerçek dünya problemlerinin çözümü için nasıl uyguladıkları gösterilebilir. (iii) Öğrencilerin karmaşık problemleri çözmek için iletişim kurmayı ve birlikte çalışmayı öğrendikleri grup çalışmalarını teşvik edilebilir.

Okul matematiğinde mühendislik temelli problemleri ele almanın bir yolu, model ve modellemenin teorik çerçevesine dayanan ve gerçek yaşam problem durumunda alınan Mühendislik Modeli Oluşturma Etkinlikleridir (EngMEAs) (Lesh ve Doerr, 2003). EngMEAs, karmaşık yapıdaki gerçek yaşam problem durumundan alınır. EngMEA'lara yönelik çözümler, öğrencilerin düşünce süreçlerini ortaya koyan genelleştirilebilir modellerdir. Bu modellerde öğrenciler belirli prosedürleri uygulayarak düşüncelerini açığa çıkarır ve somut bir ürün ortaya koyarlar. EngMEAs, genellikle üç veya dört kişilik gruplar hâlinde uygulanır (Lesh ve Doerr 2003; Mousoulides ve ark. 2008; Zawojewski ve ark. 2008; Lesh ve Zawojewski, 2007).

MühMOE'lerin uygulama sürecinde öğretmen/ler, öğrencilerin ortaya koyduğu ürünleri sınıfta diğer öğrencilerle beraber tartışmaya açarak ne tür kazanımlar elde ettiklerini gözlemler ve varsa eksikliklerini tamamlarlar. Örneğin, bu çalışmada uygulanan Trafik Işıkları Problemi uygulanmadan önce öğrencilere trafik ışıkları ile ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında bir video izletilmiştir (<https://www.youtube.com/watch?v=3iccTVpAs24>). Bu şekilde öğrencilerin konu ile ilgili ön bilgilerinin olması amaçlanmıştır. Daha sonra trafik ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı bir okuma parçası öğrenme ortamında öğrenciler ile tartışılmıştır. Bu şekilde öğrencilerin ısınmalarına izin verildikten sonra sınıfta tartışma yapılmış ve uygulama sürecinin ikinci paragrafında belirtilen süreç takip edilmiştir.

## Yöntem

### Araştırma Modeli

#### *Araştırmanın Dizaynı, Katılımcılar ve Süreç*

Çok katmanlı öğretim deneyleri (multi-tiered teaching experiment) doğaları gereği tüm katılımcılar için öğrenme deneyimleri sunar ve maksimum öğrenmeyi teşvik edici ortamlar oluşturur. Çok katmanlı öğretim deneylerinde katılımcılar değişik öğrenme düzeylerinde olsalar bile birbirlerinden bağımsız düşünülemezler (Lesh & Kelly, 2000). Çok katmanlı öğretim deneyine göre tasarlanan araştırmaların sınıf içi uygulamalarında genellikle matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılır (Nutchey, Grant, Cooper & English, 2015). Bu etkinliklerde, grup (3-4 kişi) içindeki öğrenciler matematiksel kavramları ve bu kavramlar arasındaki ilişkileri belirleyerek bu kavramlar aracılığıyla matematiksel bir model oluşturur. Öğretmen, öğrencilerin model oluşturma sürecini gözlemler ve öğrencileri gereken yerlerde model oluşturmaya teşvik etmek için ipuçları verir. Araştırmacı da öğretmenin ve öğrencilerin toplu davranışlarını gözlemleyip açıklar.

Bu çalışmada, Trafik Işıkları Probleminin çözümü sürecinde öğrencilerin gelişimini görmek için çok katmanlı öğretim deneyi (Lesh & Kelly, 2000) kullanılmıştır. Bununla birlikte çalışmanın verilerini yorumlamak ve analiz etmek için çok katmanlı öğretim deneyi kapsamında dizayn araştırma yöntemi (Dolk, Widjaja, Zonneveld, & Fauzan, 2010) kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı da matematiksel modellemenin öğrenmeyi nasıl desteklediğini anlamak ve öğretmenlerin bu süreçteki gelişimlerini takip ederek öğrencilerin öğrenmelerini analiz etmek olduğundan çalışma çok katmanlı öğretim deneyinin (multi-tiered teaching experiment) doğasına uygun görülmüştür.

Araştırmanın katılımcıları Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesindeki bir ilin merkez okulunda görev yapan matematik öğretmeni ile aynı okuldan seçilen yedi (7) 7. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Trafik Işıkları Problemi öğrencilere 3 ve 4 kişilik gruplar hâlinde uygulanmıştır. Öğretmen seçiminde gönüllülük ve mesleki deneyim ön planda tutulmuştur. Mesleki deneyime sahip bir öğretmenin alanıyla ilgili konulara daha fazla hâkim olacağı ve eksiklikleri daha rahat tespit edebileceği düşünülmüştür. Öğrencilerin okul yaşantıları ve buldukları sınıf seviyesi dikkate alındığında belki de en kritik dönem 7. sınıf seviyesidir. Çünkü 7. sınıfta ortalama 13 yaşlarında olan öğrenciler, bilişsel gelişim dönemlerinden olan soyut işlem döneminin başlarındadırlar. Piaget'e [89] göre en üst bilişsel gelişim dönemi olan soyut işlemler dönemi, 11-12 yaş döneminden yetişkinlik yıllarına uzanır. Bu dönemde şu özellikler belirginleşir: i) Yeni ve daha güçlü bilişsel yetenekler gelişir. Soyut kavramlar anlaşılır, soyut düşünce analiz edilir, sentezlenir ve değerlendirilir. ii) Olasılık anlayışı bu dönemde oluşur. Soyut düşünen birey birçok olası çözümü göz önüne alabilir ve bunu da sistematik bir plana göre yapar. iii) Bu dönemin diğer bir özelliği de birleştirmeci (kombinasyonel) düşünmedir. Birkaç faktörün ele alınarak sorunun çözülmesi sağlanır. iv) Bir tez oluşturabilir ve bu tezi savunabilir.

#### **Çok Katmanlı Öğretim Deneyi (Multi-Tiered Teaching Experiment)**

Çok katmanlı öğretim deneyleri (multi-tiered teaching experiment) doğaları gereği tüm katılımcılar için öğrenme deneyimleri sunar ve maksimum öğrenmeyi teşvik edici ortamlar oluşturur. Çok katmanlı öğretim deneylerinde katılımcılar değişik öğrenme düzeylerinde olsalar bile birbirlerinden bağımsız düşünülemezler (Lesh & Kelly, 2000). Paylaşım açık olma, karşılıklı güven ve uzlaşma, katılımcıların etkili bir şekilde iş birliği yapabilmeleri için gereklidir. Doğası gereği uyarlanabilen çok katmanlı öğretim deneyinde amaç: i) Katılımcıların (öğrenci, öğretmen, araştırmacı) deneyimlerinden yeni kavramlar geliştirmek, ii) Yapıları test etmek ve düzenlemek amacıyla etkileşimleri yapılandırmak, iii) İlgili modellerin oluşturulmasını kolaylaştıracak araçlar sağlamak, iv) Yapıların üretken bir yönde gelişimini garantilemek, bilgilendirici geri dönüt ve oy birliği yapılandırması kullanmak için yönlendirme yapmadan gelişim şanslarını arttıracak durumlar oluşturmaktır (English, 2003). Çok katmanlı öğretim deneyine göre tasarlanan araştırmaların sınıf içi uygulamalarında genellikle matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılır (Nutchey, Grant, Cooper & English, 2015). Çok katmanlı öğretim deneyi (araştırmacı, öğretmen, öğrenci) yönteminin benimsendiği bu araştırmanın uygulama sürecinde aşağıdaki etkileşimler geçmiştir.

**Araştırmacılar-Matematik Öğretmeni:** Bu aşamada matematik öğretmenin modelleme hakkındaki düşüncelerini belirlemek için ilk önce öğretmenle yarı yapılandırılmış ön mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Ön mülakatta matematik öğretmenin uygulama öncesi modelleme etkinlikleri hakkındaki düşüncelerini ortaya koymak için “*Matematik eğitiminde gerçek hayat problemlerinden faydalanılması hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?*”, “*Model, modelleme ve matematiksel modelleme ifadelerinden ne anlıyorsunuz?*”, “*Matematiği diğer disiplinlerle ilişkilendirirken nasıl bir yöntem kullanırsınız*” gibi sorular sorularak matematik öğretmenin düşünceleri ortaya konmuştur. Daha sonra matematik öğretmeni ile model, modelleme, matematiksel modelleme, modelleme etkinlikleri (problemleri), modelleme problemlerinin geleneksel problemlerden farkı gibi kavramlar üzerine iki hafta süren çalıştaylar, bilgilendirme seansları düzenlenmiştir. Çalıştaylar sonucunda öğretmen ile modelleme hakkında son kez yarı yapılandırılmış mülakat gerçekleştirilmiştir. Daha sonra araştırmacılar matematik öğretmeni ile birlikte öğrenciler için zengin öğrenme alanları sağlayan ve onları düşünmeye zorlayan 6 adet matematiksel modelleme problemi (ısındırma aktiviteleri) geliştirmiştir.

**Matematik Öğretmeni-Öğrenciler:** Geliştirilen modelleme problemleri (ısındırma aktiviteleri), daha kapsamlı bir problem olan ve çalışmanın asıl uygulamasını teşkil eden “*Trafik Işıkları Problemi*” uygulanmadan önce öğrencilere iki grup hâlinde (3-4 kişilik) uygulanmıştır. Bu problemlerde öğrenciler matematiksel kavramları ve bu kavramlar arasındaki ilişkileri belirlemiş ve bu kavramlardan hareketle matematiksel bir model ortaya koymuşlardır. Geliştirilen modelleri sunmak için her grup kendi içerisinde bir grup sözcüsü seçmiştir. Öğretmen de öğrencilerin model kurma süreçlerini gözlemlemiş, gereken yerlerde öğrencilerin model kurmalarını teşvik etmek için ipuçları vermiştir. Isındırma aktiviteleri uygulama süreci yaklaşık olarak dört hafta sürmüştür. Böylece öğrencilerin asıl uygulama için hazırbulunuşluk seviyelerinin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

#### **Geliştirilen Problemin STEM ile İlişkisi ve Uygulama Süreci**

STEM eğitimi yaklaşımında sorgulama yapabilen, ürün tasarlayan, tasarladığı ürünü test eden, sonuç çıkaran, değerlendirme yapabilen, paylaşımına açık bireylerin yetiştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (MEB, 2016). Bu çalışmada uygulanan Trafik Işıkları Probleminin (MühMOE) özellikleri ve kazandırmayı hedeflediği beceriler şu şekilde sırlanabilir: i) Problemin araştırma sorularını keşfetmeyi sağlaması, verileri düzenlemeyi ve bir ürün (model) ortaya çıkarmayı mümkün kılacak yapıda olması, ii) Problemin formüle edilmesi ve çözülmesinde disiplinlerarası kavramların ve mühendislik tasarımının uygulanması, iii) Verilerin birden fazla yolla temsil edilmesi, iv) Ortaya çıkan ürünün eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirilebilmesi, v) Yaratıcı, esnek ve yenilikçi yollarla düşünmeyi gerektirmesi. Bu özellikler bağlamında Trafik Işıkları Probleminde (MühMOE) hedeflenen kazanımlar ile STEM eğitimindeki kazanımların örtüştüğü görülebilir.

Isındırma aktivitelerinden sonra uygulanan Trafik Işıkları Problemi, trafik ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı okuma parçası ve problem için önemli bir değişken olan kavşak resminden oluşmaktadır (Ek-1). Okuma parçasının temel amacı, trafik konusunda öğrencileri bilgilendirmek ve bu konuda onları bilinçlendirmektir. Gruplar Trafik Işıkları Problemini 60-80 dakikalık iki seans hâlinde tamamlamışlardır. İlk seansta öğrenciler grup içi tartışmalar yaparak problemi anlamaya çalışmışlardır. İkinci seansta ise problemin çözümü için oluşturdukları modelleri raporlaştırmışlar ve bu raporları grup sözcüleri öğrenme ortamında sunmuşlardır. Uygulama sürecinde matematik öğretmeni öğrencilere gereken yerlerde ipuçları vermiş, araştırmacılar da öğrenme ortamında gözlem yapmıştır. Öğretmen ve araştırmacılar öğrencilere doğrudan bir müdahalede bulunmamıştır.

#### **Veri Toplama Araçları**

Öğretim deneyi araştırmaları öğrencilerin ne yaptıkları ile ilgilendiği gibi daha ağırlıklı olarak nasıl yaptıkları ile ilgilenir. Bu nedenle toplanan veriler genelde nicelden ziyade nitel özelliktedir. Cobb ve Steffe (1983) öğretim deneyindeki nitel verilerin iki temel kaynaktan beslendiğini söylemektedirler: Yapılan öğretim ve belirli aralıklarla yapılan klinik mülakatlar. Dolayısıyla bu araştırmanın veri toplama araçlarını, öğretmenlerle yapılan yarı yapılandırılmış mülakatlar, problemlere uygulama sürecinde öğrencilerin çözüm kâğıtlarında grupça verdikleri yazılı cevaplar, çözüm sürecinde öğrencilerin sesli

düşüncelerini içeren video kayıtları, uygulama sürecinde araştırmacıların yapmış olduğu gözlemler ve katılımcıların gelişmelerinin yer aldığı raporlar oluşturmaktadır. Bu çalışmada, yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış mülakat formu hazırlanmadan önce araştırmacı tarafından “model”, “modelleme” “matematiksel modelleme” ve “disiplinlerarası ilişki” konularında ayrıntılı bir literatür çalışması yürütülmüştür. Görüşme sorularının istenen verileri sağladığı kanaati ile veri toplama sürecine geçilmiştir. Veri toplama sürecinde öğretmene “Matematik eğitiminde gerçek yaşamdan faydalanmaya ilişkin düşünceleriniz nelerdir?”, “Matematiği diğer disiplinlerle ilişkilendirmek için nasıl bir yöntem kullanırsınız?”, “Derslerinizi işlerken matematik ile diğer disiplinleri ilişkilendirir misiniz?”, “Modelleme aktivitelerini daha önce duydunuz mu?” gibi sorular sorularak öğretmenin disiplinlerarası görüşleri belirlenmiştir. Öğretmenle görüşme yaklaşık 30 dakika sürmüştür.

### **Verilerin Analizi**

#### ***Dizayn Araştırmaları Yöntemi***

Bu çalışmanın verilerini yorumlamak ve analiz etmek için çok katmanlı öğretim deneyi kapsamında dizayn araştırma yöntemi (Dolk vd., 2010) kullanılmıştır. Dizayn araştırmasının önemli yönlerinden biri geriye dönük analize (retrospective analysis) odaklanmalarıdır. Bu analizde araştırmacı ve öğretmenlerin sınıf içindeki uygulamada ve öğretimde anlamlı değişiklikler meydana getirmek için birlikte çalıştıkları görülür (Design-Based Research Collective, 2003). Dizayn araştırmaları etkileşim süreci bilgi (knowledge), dizayn (design), deney (experiment) ve geriye dönük analiz (retrospective analysis) aşama döngülerini içerir (Dolk vd., 2010, p.175).

Araştırmanın veri analiz boyunca genel anlamda “*satır satır kodlama*” tekniği dikkate alınmıştır (Strauss & Corbin, 1990; Corbin & Strauss, 2007). Bu çalışmanın veri analizine ilk olarak yarı yapılandırılmış görüşmelerin analizinden başlanılmıştır. Birbirinden bağımsız iki araştırmacı yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verileri analiz etmiş ve bu analizler sonucunda öğretmen ile yapılan yarı yapılandırılmış ön görüşmelerden elde edilen verilerde *Matematik ve Gerçek Hayat, Disiplinlerarası İlişkilendirme, Model, Modelleme ve Matematiksel Modelleme Algısı* temaları ortaya çıkmıştır. Son görüşmede ise *Modelleme Problemini (Trafik Işıkları) Çözmenin Öğrencilere Faydası, Öğrencilerin Farklı Modeller Kurmalarını Etkileyen Faktörler* temaları elde edilmiştir.

Geriye dönük analiz tüm veri setinin yeniden ele alınmasını içerir. Bu analiz öğretim deneyinin ilgili kayıtlarının (ön görüşmeler, öğretim süreci ve son görüşmeler) tamamının dikkatle incelenmesini gerektirir. Bu analizin amacı, öğrencilerin matematiksel gelişmelerini açıklayabilmektir (Simon, 2000). Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen öğretim sürecinin ve yarı yapılandırılmış görüşmelerin tamamının dökümleri yapılmış, grupların Trafik Işıkları Problemi üzerine geliştirdikleri modeller (gerekçelendirmeler, işlemler ve çizimler) taratılarak bilgisayar ortamında bir dosya hâline getirilip veri seti oluşturulmuştur. Grupların çözüm kâğıtları sürekli gözden geçirilmiş, görüntülü ve sesli kayıtlar transkript edilmiştir. Araştırmacılar sürekli analiz sürecinde her dersin sonunda kaydedilen videoları izleyerek elde edilen sonuçları ve gözlemlerini tartışmışlardır.

Dizayn araştırmalarında kodlama sürecinde farklı yollar izlenebilmektedir. Bunlar; satır satır kodlama yapmak, cümleler ya da paragraflar üzerinden kodlama yapmak ve eldeki görüşme ya da gözlem dokümanının tümü üzerinden değerlendirme yaparak kodlama yapmaktır. Bu çalışmada Corbin ve Strauss yaklaşımları dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımlar; *açık, eksensel ve seçici kodlama* yaklaşımlarıdır. Bu doğrultuda, analizin başlarında iki araştırmacı birbirinden bağımsız olarak verileri satır satır kodlamış, bu açık kodlama sonucunda öğrencilerin MühMOE’lerin çözümünde hangi yaklaşımları sergiledikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kodlama süreci, açık kodları birbirine bağlamak ve belirlenen kategorileri ve kategoriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için gerçekleştirilen eksensel kodlamayla devam edilmiştir (Strauss & Corbin, 1990; 1998). Sonra daha üst soyutlama düzeyindeki merkezi kategorilerin (core categories) belirlenmesi amacıyla yapılan seçici kodlama ile veri analizine devam edilmiştir. Araştırmacıların birlikte yaptıkları görüşmeler ve tartışmalar çerçevesinde kodlar karşılaştırılmış ve farklı kodların temelindeki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda MühMOE’lerin analizi için üç tane temel kategori ve üç temel oluşan bir

rubrik (Tablo-1) belirlenmiştir. Öğrencilerin MühMOE'ler için geliştirdikleri çözümler, bu üç temel kategori ve bu seviyelere göre analiz edilmiştir. Nitel araştırmalarda, farklı kodlayıcılar tarafından kodlanan veri setinin benzerlik oranı önemlidir (Fidan ve Öztürk, 2015). Bu benzerlik oranı, nitel araştırmaların güvenilirliğini de belirlemektedir. Bu çalışmada araştırmacılar, analizleri birlikte tartıştıktan sonra üzerinde anlaştıkları ve uzlaşamadıkları kodların sayısını belirlemiştir. Araştırmacıların görüş birlikleri ve ayrılıklarının sayısı belirlenerek, kodlayıcı güvenilirliği formülü (Miles ve Huberman, 1994) kullanılmış ve güvenilirlik öğretmen ile yapılan görüşme kodlarında % 84; MühMOE'lerin analizi ile ilgili kodlarda %86 olarak hesaplanmıştır. Kodlayıcılar arası güvenilirlik hesaplaması [Görüş Birliği/ (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)] X 100 formülüyle yapılmıştır. Miles ve Huberman (1994), iyi bir nitel güvenilirlik için kodlamanın güvenilirliğinin en az % 80 uyum düzeyinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Çıkan sonuçlar dikkate alındığında güvenilir sonuçlar olduğu söylenebilir.

**Tablo 1.***Modelleme Becerilerini/Yeterliklerini Değerlendirme Rubriği*

Beceriler/Yeterlikler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
<i>Varsayımlar</i>	*Hiçbir varsayım yapamama *Doğru olmayan varsayımlar yapma	*Problemin gerçek yaşam yorumlarına dayalı olarak en az 2 varsayımın yapılması ve açıklanması *Varsayımların modele kısmen uygun olması	*Problemin gerçek yaşam yorumlarına dayanarak kapsamlı bir varsayım listesinin yapılması ve açıklanması *Varsayımların modele uygun olması
<i>Gerçek yaşam bilgisini kullanarak Problemi ve Çözümü Yorumlama</i>	*Modeli kurmada hiçbir kanıtlamadan yararlanamama ya da sadece bir tane gerçek yaşam durumunu göz önünde bulundurma.	*Modelleme probleminin çözümünü ve yorumunu etkileyecek değişkenleri incelerken iki gerçek yaşam durumunu göz önünde bulundurma	*Modelleme probleminin çözümünü ve yorumunu etkileyecek değişkenleri incelerken 3 ya da daha fazla durumu göz önünde bulundurma
<i>Matematiksel Muhakeme ve Hesaplamalar</i>	*Model kurmada 1 değişkeni dikkate alma *Hesaplama birkaç küçük hata olmakla birlikte matematiksel terimleri doğru kullanma *Kısmen mantıklı matematiksel muhakeme yapma *Matematiksel muhakemeye doğrulanmamış tavsiyelerde bulunma	*Model kurmada 2 değişkeni dikkate alma *Neredeyse hiç hesaplama hatası olmadan doğru matematik kullanımı *Mantıklı matematiksel muhakeme yapma *Matematiksel muhakemeye doğrulanmış tavsiyelerde bulunma	*Model kurmada 3 ya da daha fazla değişkeni dikkate alma * Matematiksel terimleri doğru kullanım *Matematiksel muhakemeyi doğru bir şekilde yapma ve hesaplamalarda hata yapmama. *Matematiksel muhakemeye doğrulanmış tavsiyelerde bulunma

Rubrikte belirtilen modelleme becerileri/yeterlikleri *varsayımlarda bulunma, gerçek yaşam bilgisini kullanarak problemi ve çözümü yorumlama, matematiksel muhakeme ve hesaplamalar* başlıklarından oluşmaktadır. Bu beceriler aşağıda kısaca açıklanmıştır:

*Varsayımlarda Bulunma*: Öğrencilerin problemi anlamaya ve basitleştirmeye çalışırken varsayım farkındalığı geliştirmesidir. Bu farkındalığın gelişmesi gerçek dünya ile matematik dünyası arasında bir köprü görevi görür.

*Gerçek Yaşam Bilgisini Kullanarak Problemi ve Çözümü Yorumlama*: Öğrencilerin çeşitli ilişkileri formüle ederken gerçek dünya ve matematik bilgisi yoluyla uygun temsiller oluşturmasıdır.

*Matematiksel Muhakeme ve Hesaplamalar*: Problemi, mantıklı önerilerle çözmek için çok sayıda değişken ile matematiksel olarak uğraşma yeteneğidir.

### Bulgular

Bu bölümde ilk önce matematik öğretmeni ile yapılan “ön görüşme” ele alınacak, daha sonra iki grubun (A ve B) “Trafik Işıkları Problemi” üzerine geliştirdikleri modeller belirlenen beceriler/yeterlikler altında sunulacak ve son olarak öğretmenle yapılan “son görüşmelere” yer verilecektir.

#### 1. Öğretmenle Yapılan Ön Görüşmeden Elde Edilen Bulgular

Ön görüşmede öğretmenle yarı yapılandırılmış mülakatlar yapılmış ve bu mülakatlar aşağıda Tablo 2’de belirtilen temalar çerçevesinde gerçekleştirilerek sunulmuştur. Öğretmenin sorulara verdiği cevaplardan alıntılara yer verilmiş ve bu alıntılardan çıkarımlarda bulunulmuştur.

**Tablo 2.**  
*Öğretmenle Yapılan Ön Görüşmeden Belirlenen Temalar ve Yorumlar*

Temalar	Alıntılar	Yorum/Çıkarım
Matematik ve Gerçek Hayat	<i>...Bazı öğrenciler konuları günlük hayatta kullanmadığımız için öğrenmeye de gerek yok derler. Bunun için konu anlatıldıktan sonra örnekler verilirken o örnekleri günlük hayattan seçersek daha güzel olur. Örnek veriyorum: diyelim ki 100 km’lik bir yolda bir araç 5 lt yakıt harcamıştır. Buna göre 400 km’lik yolda ne kadar yakıt harcar? Yani bu şekilde günlük hayattan örnekler verirsek daha güzel olur diye düşünüyorum. Mesela şuan yüzdeler konusunu işliyoruz. Yüzdeyi öğreniyoruz da yüzdenin amacı ne, günlük hayatta nerede kullanıyoruz? Bu tip sorularda şunu yaparız: Öğrenciler alışverişi sevdiği için bir pantolon düşünelim. 100 tl lik olsun. %30 indirim yapılırsa kaç tl olur? Öğrencilere şunu derim: Eğer bu konuyu öğrenirseniz çoğu mağazada indirim olur, ürünlerin indirimli fiyatlarının ne kadar olacağını hesaplırsınız.</i>	*Matematiği günlük hayatla ilişkilendirme *Günlük hayattan örnek verme *Öğrenilen konuların günlük yaşamda öğrenciye faydaları
Disiplinlerarası İlişkilendirme	<i>Disiplinlerarası ilişki. Tüm dersler birbiriyle bağlantılı. Zaten konuyu anlatınca günlük hayattan örnek verdiğimizde ilişkilendirme yaparız. Bazı konuları anlatırken materyal olmuyor.</i>	* Disiplinlerarası ilişki kurma *İlişkilendirmede materyal eksikliğini belirtme

Model,  
Modelleme ve  
Matematiksel  
Modelleme  
Algısı

*Model deyince, örneğin bizler öğrenciler için bir modeliz. Matematikte model, soyut konuları somutlaştırmak için materyal kullanarak öğrencilere göstermedir. Modelleme de modelin yapılışdır. Matematiksel modelleme ifadesini daha önce duydum. Özellikle üniversitede materyal derslerinde gördük. Bildiğiniz gibi matematikte çoğu konu soyuttur. Bunları somutlaştırmak için modelleriz. Öğrenci daha iyi anlar.*

\*Modeli Temsil durumu/Prototip olarak belirtme

\*Modellemeyi modelin ortaya çıkma süreci olarak açıklama

\*Matematiksel modellemeyi soyut konuları somutlaştırma olarak düşünme

Öğretmen, daha önce öğrencilerin matematiği günlük hayatta bir karşılığının olmadığını düşündükleri için öğrenmeye gerek duymadıklarını belirten ifadelerle karşılaştığını söylemiştir. Bunun için konuları işlerken günlük hayattan örnekler seçilmesi gerektiğini dile getirmiştir. Matematiğin günlük hayatla ilişkili olduğunu belirtmek için hareket problemleri ve yüzdeler konusundan örnekler vermiştir. Matematik ile diğer disiplinleri ilişkilendirdiğini ancak bu ilişkilendirmeyi günlük hayattan örnekler vererek yaptığını belirtmiştir. Ayrıca konuları anlatırken materyal gereksinimi duyduğunu ifade etmiştir. Öğretmen, modeli bir temsil durumu, matematiksel modeli soyut konuları somutlaştırma, modelin yapılışını modelleme olarak belirtmiştir. Ayrıca matematiksel modellemeyi üniversitede materyal tasarlama dersinde gördüğünü dile getirmiştir.

### 1. Trafik Işıkları Problemi Çözüm Süreci

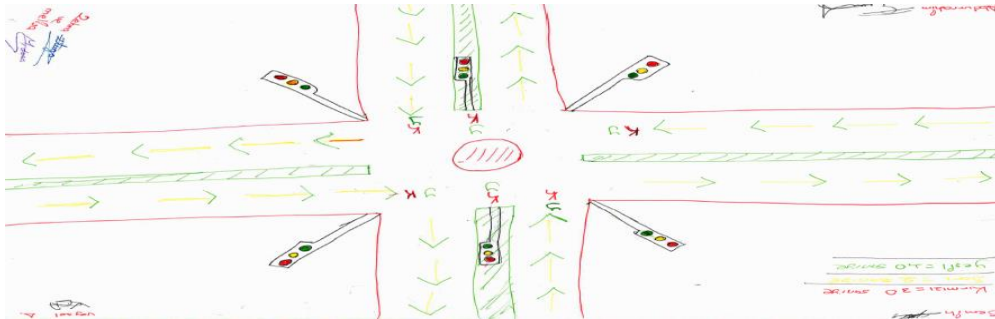
Bu bölümde iki grubun matematiksel modelleme becerileri, rubrikte yer alan kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler öğrencilerin yazılı cevaplarına ve grup içi tartışmalarına dayanmaktadır.

#### Matematiksel Modelleme Becerisi Seviye 2'ye Örnek (B Grubu)

B grubunun yazılı cevapları ve grup içi tartışmalarından yola çıkarak rubriğe göre Seviye 2'de değerlendirilmiştir. Bu grup trafik ışıkları ile ilgili model oluştururken kısıtlı varsayımlardan yararlanmıştır. Grup, modelini kurarken gerçek yaşam bilgisini sınırlı değişkenlerle belirtmiştir.

#### Varsayımlarda Bulunma Becerisi

B grubunun geliştirmiş olduğu kavşak modelinde karşılıklı bölünmüş iki yol ve altı adet trafik ışığı bulunmaktadır (Şekil-1). Bu grup geliştirdiği modelde arabaların geçişleri ile ilgili varsayımlarda bulunmuş olmasına rağmen yaya geçişi ile ilgili herhangi bir varsayımda bulunmamıştır.



Şekil 1.B grubunun Geliştirdiği Model

### **Gerçek Yaşam Bilgisini Kullanarak Problemi ve Çözümü Yorumlama Becerisi**

B grubu, modelini oluştururken il merkezinde bulunan ve öğrencilerin de sürekli kullandığı bir yolu dikkate almıştır. Bu yolu şehir içi ve şehirlerarası ulaşımı sağlayan araçlar kullanmaktadır. Yolda araçların ve yayaların geçişini kolaylaştırmak için bir kavşak ve bu kavşakta geçişleri sağlayan trafik ışıkları bulunmaktadır. B grubu, modelini oluştururken bu yolu dikkate almış olmasına rağmen, modelinde yaya geçidi ile ilgili herhangi bir bilgiye yer vermemiştir. Aşağıda grubun model oluştururken grup içi tartışmasından bir diyalog verilmiştir:

*BÖ1: Üniversite kavşağındaki yolu düşünelim. Onun gibi bir şeyler yapabiliriz.*

*BÖ2: Evet olabilir. Türk Telekom kavşağı da olur.*

*BÖ3: Ama o kavşaktaki trafik ışıkları çalışmıyor ki. Bence de üniversite kavşağındaki ışıklara benzer bir şeyler yapabiliriz.*


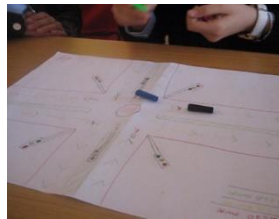
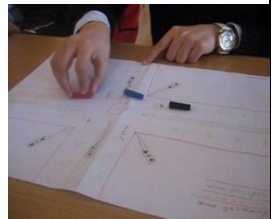

*BÖ1: Tamam öyle yapalım. Hadi başlayalım...*

### **Matematiksel Muhakeme ve Hesaplamalar**

B grubu, modelinde ışıkların yanma sürelerini (Kırmızı, Sarı, Yeşil) sırasıyla 30 saniye, 2 saniye ve 40 saniye olarak seçmiştir. Grup, modelinde ışıkların hangi sıraya göre yanacağını kırmızı (K) ve yeşil (Y) KY, YK gibi sembollerle belirtmiştir (Tablo-3). Bu grup, modelini sunarken araçları farklı renkte nesnelere kullanarak göstermiştir. Bu şekilde grubun modelinin anlaşılması kolaylaşmıştır. Aşağıda Tablo-3'te grubun sözcüsü kurdukları modeli sırası ile gerekçelendirerek anlatmıştır:

**Tablo 3.**

*B Grubunun Modelindeki Muhakemeler ve Gerekçeleri*

			
<p>1) Siyah renkli nesne kırmızı ışıkta duran aracı, mavi renkli nesne yeşil ışıkta geçen aracı göstermektedir.</p>	<p>2) Mavi renkle gösterilen araç yeşil ışıkta geçtikten sonra sola dönsün ve kırmızı ışığa takılsın.</p>	<p>3) Mavi renkle gösterilen aracın sağ tarafındaki yoldan kırmızı renkli bir araç yeşil ışıkta geçmiş olsun.</p>	<p>4) Mavi renkli araçla kırmızı renkli araçların çarpışmaması için mavi renkli aracın olduğu yere ışık sistemi kurduk.</p>

### **Matematiksel Modelleme Becerisi Seviye 3'e Örnek (A Grubu)**

A grubunun yazılı cevapları ve grup içi tartışmalarından yola çıkarak rubriğe göre Seviye 3'te değerlendirilmiştir. Bu grup trafik ışıkları ile ilgili model oluştururken ayrıntılı varsayımlar listesi oluşturmuş, gerçek yaşam bilgisini çeşitli etkenleri göz önünde bulundurarak kullanmış ve matematiksel muhakeme ve hesapları doğru bir şekilde yapmıştır. Bundan dolayı grup Seviye 3'te değerlendirilmiştir.

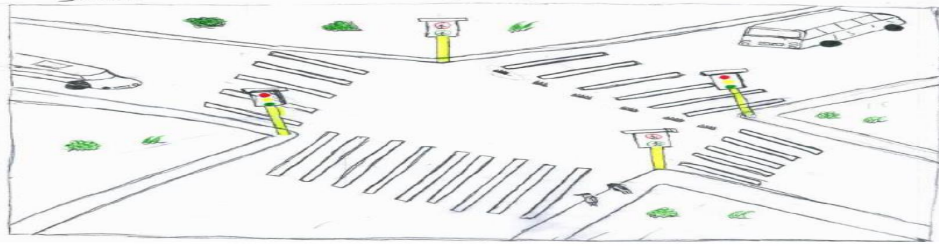
### **Varsayımlarda Bulunma Becerisi**

A grubunun geliştirmiş olduğu kavşak modelinde karşılıklı iki yol, bu yollarda geçişi kontrol eden, içinde kameraların olduğu ve çift yönlü olan dört adet trafik ışığı ve dört adet yaya geçidi bulunmaktadır



(Şekil-2). A grubunun modelinde yaya geçidinin alt tarafına yerleştirilmiş dikenli teller bulunmaktadır. Araçlar için kırmızı ışık yandığında bu dikenli teller alttan çıkar ve böylece aracın kırmızı ışıkta geçmesi engellenmiş olur. Bu grup problemi anlamak ve matematiksel çözümler üretmek için farklı değişkenleri göz önünde bulundurmıştır. Ayrıca bu grup matematiksel muhakeme ve akıl yürütme becerilerini daha doğru kullanmıştır. Aşağıda bu grubun kurduğu model ve grup sözcüsünün ifadeleri yer almaktadır:

*Araçlar için kırmızı, yayaalar için yeşil ışık yandığında bilmeyenler için kırmızı ışıkla yanan dikenler asfaltın altında çıkar. Böylece kırmızı ışıkta durması gereken araç eğer durmazsa bu dikenli telleri geçemez ve durmak zorunda kalır. Bir de cihazlarımız çift yönlüdür. Her iki taraftan gelen araçlar ışıkları görebilir.*



**Şekil 2. A Grubunun Geliştirdiği Model**

A grubu, grup içinde tartışmalar yapmış, bu tartışmalar sonucunda geliştirdiği modelde dikenli tel ve çift yönlü görülebilen ışıkları modeline yerleştirmiştir. Grup, modeline yerleştirmiş olduğu dikenli telleri ve çift yönlü görülebilen ışıkları niçin kullandığını gerekçeleri ile birlikte belirtmiştir.

#### **Gerçek Yaşam Bilgisini Kullanarak Problemi ve Çözümü Yorumlama Becerisi**

A grubu, modelini oluştururken, daha önce (TV, İnternet vb.) duyduğu haberlerden etkilenerek/esinlenerek cihazın içine kameralar yerleştirmiştir. Grup içi tartışmalarda bazı öğrenciler gezdikleri yerlerde gördükleri sistemleri anlatmışlardır. Aşağıda grubun model oluştururken grup içi tartışmasından bir diyalog verilmiştir:

*AÖ1: Işıkları kaldırımların kenarlarına yerleştirelim. Işıklarımız çift yönlü olsun ve içerisinde kameralar bulunsun. Böylece uymayanlar tespit edilip ceza yazılır. Ben daha önce televizyonda görmüştüm.*



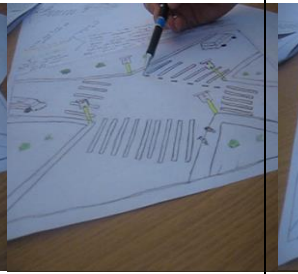

*AÖ2: Yaya geçitleri de koyalım. Bu yaya geçidinin alt tarafına dikenli teller yerleştirelim. Araçlar için kırmızı ışık yandığında bu teller dışarı çıksın ve araçların geçişini engellesin. Ben İstanbul'da böyle bir şey görmüştüm.*

Grup bu şekilde tartışmalar yaparak gördükleri ve duydukları faktörlerden etkilenmiş ve modelini oluşturmuştur.

#### **Matematiksel Muhakeme ve Hesaplamalar**

A grubu, modelinde ışıkların yanma sürelerini sırasıyla (Kırmızı, Sarı, Yeşil) 50 saniye, 5 saniye ve 120 saniye olarak seçmiştir. Grup, bu yanma sürelerini gerekçeleri ile birlikte belirtmiştir. Bu grup, grup içi tartışmalar yaparak modelini kurmada farklı fikirler öne sürmüştür. Grup matematiksel muhakeme ve hesaplamaları ayrıntıları da dikkate alarak doğru yapmıştır. Aşağıda Tablo-4'te grubun sözcüsü kurdukları modeli sırası ile gerekçelendirerek anlatmıştır:

**Tablo 4.**  
*A Grubunun Modelindeki Muhakemeler ve Gereçekleri*

			
1) Burada görüldüğü gibi dört adet trafik ışığını kaldırımların kenarlarına yerleştirdik. Bütün yollara yayaların geçişini kolaylaştırmak için yaya geçidini yerleştirdik.	2) Işıklarımız çift yönlüdür. Her iki taraftan gelen araçlar görebilir. Örneğin, bir tarafa kırmızı yanarken diğer tarafa yeşil yanar. Ayrıca ışıkların içerisinde kameralar bulunmakta ve geçişleri kayıt altına almaktadır.	3) Araçlar için kırmızı ışık yandığında uymayanlar için kırmızı ışıkla yanar dikenler yaya geçidinin bulunduğu asfaltın altından çıkar ve böylece araçların geçişi engellenmiş olur.	4) Cihazların üzerinde yanma süreleri vardır. Kırmızı ışık 50 saniye. Uzun süre kırmızı yanarsa trafik olur. Sarı ışık 5 saniye. Hazırlanması için 5 saniye yeterli. Yeşil ışık 120 saniye. Yayaların bekleme süresinin çok olmaması için 120 saniyeyi uygun gördük

### 1. Öğretmen ile Yapılan Son Görüşmeden Elde Edilen Bulgular

Öğretmen ile yapılan son görüşmede öğretmenin modelleme hakkında önceki düşünceleriyle uygulama sürecinden sonraki düşüncelerinde bir değişiklik olup olmadığı konuşulmuştur. Buna bağlı olarak Trafik Işıkları Probleminin uygulama sürecinin genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu bölümde öğretmenin Trafik Işıkları Problemi hakkındaki düşünceleri ele alınacaktır.

**Tablo 5.**  
*Öğretmenle Yapılan Son Görüşmeden Belirlenen Temalar ve Yorumlar*

Temalar	Alıntılar	Yorum/Çıkarım
Modelleme Problemini (Trafik Işıkları) Çözmenin Öğrencilere Faydası	Öğrenciler günlük hayatta trafik ışıkları sistemi ile sürekli karşılaşmalar ancak bu ışıklardaki sistemin nasıl çalıştığıyla ilgili çok az kişinin bilgisi mevcuttur. Bu problemle öğrenciler karşılaştığında problemin çözümü için bazı fikirler oluşmuştur. Bu fikirler sonucunda öğrenciler farklı çözüm önerileri sunmuşlardır. Bu şekilde öğrenciler erken yaşta mühendislikle iç içe olmuşlardır. Bu da öğrencilerin seçeceği mesleği etkileyebilir. Bu gibi problemlerle karşılaşan öğrenciler hayatın her alanında daha sonra karşılaşabileceği karmaşık problemlerle baş edebilir. Öğrenciler bu tür problemleri çözmeye isteklidirler. Matematik başarıları çok düşük olan öğrencinin bile bu	*Erken yaşta öğrencilerde mühendislik becerisini fark etme  *Hayatın her alanında karşılaşılacak karmaşık problemlerle baş etme

---

	<p><i>problemleri çözmeye istekli olması bu problemin önemini gözler önüne sermektedir. Öğrenciler bu problemlerle karşılaştıkça matematiğe karşı olumlu bir tutum sergilemektedir. Bu tür problemlerle disiplinlerarası öğrenme muhakkak gelişir.</i></p>	
Öğrencilerin Farklı Modeller Kurmalarını Etkileyen Faktörler	<p><i>Öğrenciler farklı yerlerde yaşadıklarından dolayı farklı çözüm önerileri sunmuşlardır. Örneğin A öğrencisinin matematik bilgisi çok iyi değil, fakat çok gezdiği için problemin çözümünde gördüğü yerlerle ilgili bilgileri burada kullanmıştır. Ayrıca bu öğrenciler 3-4 kişilik gruplar hâlinde farklı görüşler ile beyin fırtınası yapmış ve farklı fikirler ortaya atmışlardır.</i></p>	<p>*Farklı yerlerde yaşama ve gördükleri yerlerden etkilenme</p> <p>*Gruplar hâlinde problemi çözmeye ve farklı fikirler önerme</p>

---

Öğretmen, öğrencilerin günlük hayatta trafik ışıkları ile sürekli karşılaştıklarını ancak bu ışıklardaki sistemin nasıl çalıştığı ile ilgili fazla bilgi sahibi olunmadığını belirtmiştir. Öğretmen, öğrencilerin bu problemin çözüm sürecinde erken yaşta mühendislik becerisi gerektiren kavramlarla tanıştıklarını, bunun da ilerde meslek seçimini etkileyeceğini dile getirmiştir. Ayrıca öğretmen, iki grubun farklı modeller geliştirmesinde grup içi tartışma, farklı çevrelerde yaşama, seyahat etme gibi faktörlerin etkili olduğunu söylemiştir.

#### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, karmaşık yapıdaki Mühendislik Modelleme Etkinliklerinin (MühMOE) STEM eğitime geçişte mühendislik ile okul matematiği arasında köprü kurmak için bir araç olarak kullanılıp kullanılmayacağı üzerine durulmuştur. Çalışmada uygulanan Trafik Işıkları Problemi (MühMOE) geleneksel problemlerden farklı yapıda olup karmaşık verileri yorumlama, analiz etme ve sentez yapmayı gerektiren, farklı cevaplara ve fikirlere olanak sağlayan, Model ve Modelleme Perspektifinin teorik çerçevesinden hareketle oluşturulan disiplinlerarası yapıda olan bir problemidir. Öğrenciler bu problemde kendi matematiksel ve bilimsel fikirlerini ortaya atmış, bu fikirlerini grup içi tartışmalarla destekleyerek bir model ortaya koymuşlardır.

Bu paragrafta araştırmanın alt problemleri olan “MühMOE’lerde grupların STEM eğitimi için önemli bir işleve sahip olan tasarım becerileri nasıl gelişti?” ve “Gruplar aynı MühMOE’de niçin birbirinden farklı modeller (ürünler) ortaya koymuşlardır?” sorularının cevabı tartışılmıştır. Bulgular bölümünde grupların Trafik Işıkları Probleminin çözümünde geçirdikleri süreçler incelendiğinde, A ve B gruplarının farklı modeller oluşturdukları görülmüştür. B grubu, modelinde karşılıklı bölünmüş iki yol ve altı adet trafik ışığı yerleştirmiştir. Bu grup modelinde sadece araba geçişleri ile ilgili varsayımlarda bulunmuş, yaya geçidi ile ilgili herhangi bir bilgi vermemiştir. Grupların video transkriptleri incelendiğinde B grubu modelini daha anlaşılır kılmak için araçları farklı renkteki nesnelere belirttiği görülmüştür (Tablo-3). B grubunun niçin böyle bir model tasarladığı tartışılmış, video analizleri incelendiğinde grubun modeli kurarken il merkezinde bulunan ve öğrencilerin de kullandığı bir yol üzerinde bulunan kavşağı örnek aldığı tespit edilmiştir. Örneğin B grubundan bir öğrenci “Telekomun orada bulunan kavşağı düşünelim, ona göre yapalım” demiştir. Grubun diğer üyeleri bu öneriden etkilenmiş, modellerini il merkezinde bulunan bir kavşağa göre tasarlamışlardır. A grubu ise modelinde karşılıklı iki yol, bu yollarda geçişi kontrol eden, içinde kameraların olduğu ve çift yönlü olan dört adet trafik ışığı ve dört adet yaya geçidi belirtmiştir (Tablo-4). Araştırmacılar tarafından öğrenme ortamında yapılan gözlemlerde ve video analizlerinde A grubu modelini kurarken TV, internet gibi iletişim araçlarından duyduğu bilgileri kullandığı sonucu tespit edilmiştir. Ayrıca grup içinde bazı öğrenciler farklı yerlerde gördükleri sistemleri anlatmışlardır. Örneğin A grubundan bir öğrenci “Ben İstanbul’da dikenli teller gördüm. Kırmızı ışık

*yandığında bu teller ortaya çıkıyor”* demiştir. Bu öğrencinin önerileri dikkate alınarak grup, modelinde yaya geçidinin altına araçların kırmızı ışıkta geçmesini engellemek için dikenli teller düşünmüştür. Bu gruptan başka bir öğrenci “Cihazlara (ışıklara) kameralar yerleştirelim. Kurallara uymayanları tespit etsin” demiş, grup bu öneriyi de dikkate alarak modelini tasarlamıştır. Her iki grup da modellerinde kurdukları ışık sistemlerinin yanma sürelerini farklı sayılarla belirtmiş, ancak iki grup da bu ışıkların yanma sıralarını Kırmızı, Sarı ve Yeşil olarak göstermiştir. A grubu modelinde yaya geçidi, dikenli tel gibi değişkenleri dikkate alırken B grubu bunları niçin düşünmemiştir? Grupların ışıklarda belirttiği yanma süreleri neden birbirlerinden farklıdır? A grubu modelini kurarken iletişim araçlarından etkilenirken B grubu neden çevreden etkilenmiştir? Her iki gruptaki öğrenciler de aynı sınıftan (7.Sınıf) seçilmiş ve her iki grupta bulunan öğrencilere aynı matematik öğretmeni matematik dersine girmiş olmasına rağmen gruplar neden farklı yapıda modeller geliştirmiştir? Çok sayıda değişkeni dikkate alarak sistemli bir şekilde model oluşturan A grubundaki öğrencilerin B grubundaki öğrencilere göre daha derin düşündükleri ve daha etkili tartışmalar yaptıkları söylenebilir (Tablo-5). A grubunda muhakeme yeteneği diğer gruptaki öğrencilere göre daha iyi olan kişi veya kişiler bulunabilir. A grubunda liderlik özeliği ön plana çıkan ve tartışma yapmayı seven kişilerin olması daha etkili model geliştirmeyi sağlamış olabilir. Ayrıca problemin gerçek hayattan olması ve öğretmenin de görüşlerinde yer verdiği (Tablo-5) gibi gruplarda sosyalleşme düzeyleri farklı olan öğrencilerin yer alması model kurmada önemli etken olduğu söylenebilir. Diğer araştırmalarda (English & Mousoulides, 2011; Mousoulides & English, 2011) vurgulandığı gibi model geliştirme kolay bir süreç değildir. Bu çalışmada da karmaşık problemlerde karar vermenin basit bir süreç olmadığı sonucu tespit edilmiştir (Tablo-3 ve Tablo-4). Öğrencilerin problem çözme sürecinde geliştirdikleri modellerin farklı olmasında; öğrencilerin ilk defa böyle bir problem ile karşılaşmaları, grup içerisindeki kişilerin farklı düşünceleri, problemin doğası gereği karmaşık yapıda olması gibi nedenlerin etkili olduğunu söylemek mümkündür. Alanyazınında bu varsayımına destek veren çalışmalara (Doerr & English, 2001; Lesh, Zawojewski, & Carmona, 2003; English, 2013) rastlamak mümkündür.

Bu paragrafta araştırmanın bir diğer alt problemi olan “Trafik Işıkları Problemi (MühMOE) okul matematiğinde STEM eğitimi için bir araç olarak kullanılabilir mi?” sorusunun cevabı tartışılmıştır. Mühendislik Model Oluşturma Etkinliklerinin (MühMOE) çözümünde iş birliği, değerlendirme, dokümantasyon ve raporlama süreçleri yer alır (English, 2013). Bu çalışmada gruplar, modellerini tasarlarken iş birliği yapmış, grup içi tartışmalar yaparak geliştirdikleri modellerini değerlendirme fırsatı bulmuşlardır. Gruplar modellerine son hâlini vererek belgelendirmişlerdir (Şekil-1 ve Şekil-2). Grupların model oluşturmaları, oluşturdukları modelleri belgelendirip birbirleriyle paylaşmaları STEM eğitiminin öğrenme döngüsü (MEB, 2016) ile önemli ölçüde örtüşmektedir. Trafik Işıkları Probleminin (MühMOE) çözüm sürecinde öğrenciler matematik, fen bilimleri, teknoloji ve mühendislik bilgilerini bütünleşik bir yapıda kullanarak ürünler ortaya koymuşlardır (Tablo-3 ve Tablo-4). MEB tarafından hazırlanan Fen Bilimleri Taslak Öğretim Programında (2017) “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” fen bilimlerinin teknoloji, matematik ve mühendislikle bütünleştirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Dolayısıyla bu problemin çözüm sürecinde MEB’in (2017) taslak programda belirttiği mühendislik ve tasarım becerilerini öğrencilerin önemli ölçüde kazandığı söylenebilir. Öğrenciler Trafik Işıkları Problemi (MühMOE) ile günlük yaşamdan bir problem ile karşılaşmış, problem için muhtemel çözümler üretmiş ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçmiş, ürünü tasarlamış ve bu ürünü öğrenme ortamında sunmuşlardır. Öğrencilerin Trafik Işıkları Probleminin (MühMOE) çözüm sürecinde elde ettiği bu kazanımlar MEB’in (2017) taslak programında yer alan “Fen ve Mühendislik Uygulamaları” ünitesindeki kazanımlar ile örtüştüğü söylenebilir. STEM; uygulamalı, iş birliği, tasarım temelli, araştırma ve sorgulamaya dayalı ve yenilikçi (inovatif) düşünmeyi gerektiren bir eğitim yaklaşımıdır. Bu eğitim yaklaşımı öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini disiplinlerarası bir bakış açısıyla ele almayı benimser (Schnittka, Bell, & Richards, 2010; Wang, 2012; MEB, 2016). Bu çalışmada öğrenciler, trafik ışıkları sistemi kurarak STEM eğitiminin, matematik teknolojik, tasarım ve mühendislik becerileri üzerine yoğunlaşmışlardır. Öğrencilere bilimsel, matematiksel ve teknolojik kavramların somut uygulanmasını sağlayan Trafik Işıkları Problemi (MühMOE), öğrencilerin mühendislik tasarım uygulamalarına dair bilgiler geliştirmelerine katkı sağladığı söylenebilir. Öğretmenin son görüşleri incelendiğinde (Tablo-5) Trafik Işıkları Probleminin erken yaşlarda öğrencilere mühendislik ile ilgili deneyimleri sağladığı sonucu tespit edilmiştir. Aynı şekilde bu problem sayesinde öğrencilerin erken yaşlarda mühendislik ile ilgili

becerilerinin farkına varmaları ilerleyen dönemlerde meslek seçimini etkileyebileceği öğretmen görüşünde vurgulanmıştır. Mühendislik tasarım projeleri, ortaokul öğrencileri ve öğretmenleri için ilgi çekici deneyimler sunabilir. Mühendisliği, fen ve matematik bilgisini birbirine bağlayan bir problem çözüme bağlamı olarak kullanmak, öğrencilerin yaratıcı ve yenilikçi çözümleri tasarlamalarına imkân tanır. Karmaşık yapıda olan bu problemleri çözmek, farklı değişkenleri dikkate almayı gerektirir. Öğrencilerin fen ve matematik alanlarındaki öğrenmelerinin uygulanması, hedeflenen mühendislik anlayışlarıyla olan önemli bağlarla birlikte ön plana çıkması gerekir. Öğretmenin son görüşleri incelendiğinde (Talo-5) Trafik Işıkları Problemi ve buna benzer problemlerle disiplinlerarası öğrenmenin gelişeceği söylenebilir. Öğretmen görüşleri ve yukarıda elde edilen sonuçlar dikkate alındığında Trafik Işıkları Probleminin STEM eğitimi ile okul matematiği arasında köprü kurmak için önemli bir araç işlevi görebileceği söylenebilir. Bu tür modelleme problemlerinde öğretmen rehber işlevi görür, öğrenciler de küçük gruplar hâlinde problem üzerinde çalışırlar. Bu problemlerin çözümünde öğrencilerin düşüncelerinin açığa çıkması için yeterli süre verilmelidir. Bu çalışmada Trafik Işıkları Problemi iki seans hâlinde gruplara uygulanmıştır. İlk seans 60 dakika, ikinci seans 80 dakika sürmüştür. İlk seansta öğrenciler grup içi tartışmalar yaparak problemi anlamaya çalışmışlardır. Öğretmen de grupları gezerek öğrencilere rehberlik etmiş, öğrencilerin anlamadıkları kavramları ayrıntılı olarak açıklamıştır. İkinci seansta ise öğrenciler problemin çözümü için oluşturdukları modelleri raporlaştırmış ve bu modellerini öğrenme ortamında sunmuşlardır. Bu seansta öğretmen, öğrencileri model kurmak için cesaretlendirmiş ve gerekli yerlerde onlara ipuçları vermiştir. Öğretmen, gruplara doğrudan bir müdahalede bulunmamıştır. Yapılan çalışmalarda (English, Hudson & Dawes, 2013; English & Mousoulides, 2011; Moore & Hjalmarson, 2010; Roehrig et al., 2012; English, 2016; Kertil ve Gürel, 2016) modelleme aktivitelerinin disiplinlerarası bir doğaya sahip oldukları görülmüş, bu aktivitelerin STEM eğitime geçişte önemli araçlar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada uygulanan Trafik Işıkları modelleme Probleminin (MühMOE) STEM eğitimi için önemli bir araç olduğu söylenebilir.

#### **Yazar Katkı Oranı**

Yazarlar, çalışmaya eşit oranda katkı sunmuşlardır. Çalışma işbirliği içinde yürütülmüş ve raporlanmıştır.

#### **Etik Beyan**

“Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde’ yer alan tüm kurallara uyulmuş ve yönergenin ikinci bölümünde yer alan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemlerden” hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

#### **Çatışma Beyanı**

Yazarlar çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedirler.

#### **References**

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., et al. (2015). A report on STEM Education in Turkey: A provisional agenda or a necessity? Istanbul, Turkey: *Aydin University. Istanbul Aydin University STEM Center and Faculty of Education.*
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities.* Arlington, VA: NSTA Press
- Chamberlin, S. A., & Moon, S. M. (2006). *Model-eliciting Activities: An Introduction to Gifted Education. Journal of Secondary Gifted Education, 17, 37-47.*
- Common Core State Standards Initiative. (2012). Implementing the common core state standards. *Washington DC:Author. Retrieved February, 23, 2014.* <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4086-3.ch003>.
- Çorlu, M. (2013). Uzman alan öğretmeni eğitimi modeli ve görüşler. Retrieved January 27, 2017, from <http://fetemm.tstem.com/gorusler>.

- Doerr, H., & English, L. D. (2001). A modelling perspective on students' learning through data analysis. In M. van den Heuvel-Panhuizen (Ed.), *Proceedings of the 25th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 361-368). Utrecht University. <https://doi.org/30034902?seq=1>.
- Dolk, M., Widjaja, W., Zonneveld, E., & Fauzan, A. (2010). Examining teachers' role in relation to their beliefs and expectations about students' thinking in design research. *A decade of PMRI in Indonesia*, 175-187. <http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30048399>.
- El-Deghaidy, H. and Mansour, N. (2015). Science teachers' perceptions of STEM education: Possibilities and challenges. *International Journal of Learning and Teaching*, 1(1), 51-54. <https://doi.org/10.18178/ijlt.1.1.51-54>
- Engineers Australia (2009). Technically Speaking Victoria: *Confronting the challenges facing science, technology, engineering and mathematics education and promotion*. <<https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=769754917386849;res=IELENG>> [cited 11 Aug 20].
- English, L. D. & Mousoulides, N. (2011). Engineering-based modelling experiences in the elementary and middle classroom. In M. S. Khine, & I. M. Saleh (Eds.), *Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 173-194). Dordrecht: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_8).
- English, L. D. (2015). STEM: challenges and opportunities for mathematics education. In *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 4-18). PME. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_5).
- English, L. D. (2016). Advancing mathematics education research within a STEM environment. In *Research in Mathematics Education in Australasia 2012-2015* (pp. 353-371). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1419-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1419-2_17).
- English, L. D., Hudson, P., & Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3 (2), 43-55.
- English, L., & Sriraman, B. (2010). Problem solving for the 21st century. In *Theories of mathematics education* (pp. 263-290). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-00742-2\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-642-00742-2_27).
- Güder, Y. ve Gürbüz, R. (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: öğretmen ve öğrenci görüşleri [Özel Sayı]. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 171-199. <https://doi.org/10.17984/adyuebd.457626>
- Holmes, M., Rulfs, J., & Orr, J. (2007). *Curriculum development and integration for K-6 engineering education*. Paper presented at the 2007 ASEE Annual Conference & Exposition. <https://peer.asee.org/curriculum-development-and-integration-for-k-6-engineering-education>.
- Kertil, M., & Gurel, C. (2016). Mathematical Modeling: A Bridge to STEM Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44-55. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1086722.pdf>.
- Kurup, A., Chandra, A., & Binoy, V. V. (2015). Little minds dreaming big science': Are we really promoting 'children gifted in STEM'in India. *Current Science*, 108(5), 779-781. <https://www.jstor.org/stable/24216499?seq=1>.
- Lesh, R., & Caylor, B. (2007). Introduction To Special Issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 12 (3), 173-194.
- Lesh, R. & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3–

- 33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/9781410607713/chapters/10.4324/9781410607713-7>.
- Lesh, R., & Kelly, A. (2000). Multitiered teaching experiments. *Handbook of research design in mathematics and science education*, 197-230. <https://doi.org/9781410602725/chapters/10.4324/9781410602725-16>.
- Lesh, R., Doerr, H. M., Carmona, G., & Hjalmarson, M. (2003). Beyond constructivism. *Mathematical thinking and learning*, 5(2-3), 211-233. <https://doi.org/10.1080/10986065.2003.9680000>.
- Lesh, R., & Yoon, C. (2007). What is distinctive in (our views about) models & modelling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching?. In *Modelling and applications in mathematics education (pp. 161-170)*. Springer, Boston, MA.
- MEB, 2016. "STEM Education Report", Ankara. (ISBN: 978-975-11-3989-4). [http://yegitek.meb.gov.tr/STEM\\_Education\\_Report.pdf](http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Education_Report.pdf).
- Moore, T.J. & Hjalmarson, M.A. (2010). Developing measures of roughness: Problem solving as a method to document student thinking in engineering. *International Journal of Engineering Education*, 26 (4), 820-830. [http://www.modelsandmodeling.pitt.edu/Publications\\_files/Tamara\\_IJEE\\_1.pdf](http://www.modelsandmodeling.pitt.edu/Publications_files/Tamara_IJEE_1.pdf).
- Mousoulides, N. G., Christou, C., & Sriraman, B. (2008). A modeling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(3), 293-304. <https://doi.org/10.1080/10986060802218132>.
- Mousoulides, N. G., & English, L. D. (2011). Engineering model eliciting activities for elementary school students. In *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 221-230). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_23).
- Nadelson, L. S. and Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Context, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>.
- National Academy of Engineering. (2012). *NAE Grand Challenges for Engineering*. Retrieved from <http://www.engineeringchallenges.org/cms/challenges.aspx>.
- Nutchev, D., Grant, E., Cooper, T., & English, L. (2015). Introducing the multi-faceted teaching experiment. In *Proceedings of the CAR Symposia: Contemporary Approaches to Research in Mathematics, Science, Health and Environmental Education*. <https://doi.org/94775/>.
- Osman, K., & Saat, R. M. (2014). Editorial. Science technology, engineering and mathematics (STEM) education in Malaysia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(3), 153-154. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1077a>.
- Petroski, H. (2003). Engineering: Early education. *American Scientist*, 91(3), 206-209. <https://doi.org/27858205?seq=1>.
- Piaget, J. *The psychology of intelligence*. New York: Routledge, 1963.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM Integration. *School of Engineering Education Faculty Publications*. Paper 6. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Sabelli, N. H. (2006). Complexity, technology, science, and education. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 5-9. <https://doi.org/25473505?seq=1>.
- Schnittka, C. G., Bell, R. L., & Richards, L. G. (2010). Save the penguins: Teaching the science of heat transfer through engineering design. *Science Scope*, 34(3), 82-91.
- Shahali, M., Hafizan, E., Halim, L., Rasul, S., Osman, K., Ikhsan, Z., et al. (2015). Bitara-stem training of trainers'programme: impact on trainers'knowledge, beliefs, attitudes and efficacy towards integrated stem teaching. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1).

- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.18.6.0324?seq=1>.
- Tytler, R., Osborne, J., Williams, G., & Cripps Clark, J. (2008). *Opening up pathways: Engagement in STEM across the primary-secondary school transition*. Canberra, Australia: Department of Education, Employment and Workplace Relations. <http://pandora.nla.gov.au/tep/88047>
- 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)
- Zawojewski, J. S. (2016). Teaching and learning about mathematical modeling. In C. Hirsch and A.R. McDuffie, eds. *Annual Perspectives in Mathematics Education 2016: Mathematical Modeling and Modeling Mathematics*. Reston, VA: NCTM, pp.51-52.
- Zawojewski, J. S., Hjalmarson, J. S., Bowman, K., & Lesh, R. (2008). A modeling perspective on learning and teaching in engineering education. *Models and modeling in engineering education: Designing experiences for all students*. Rotterdam: Sense Publications. <https://doi.org/9789087904043/BP000002.xml>

## Appendix

### Appendix 1/Ek 1: Traffic Lights Problem

#### TRAFFIC LIGHTS PROBLEM

Traffic is the movement of ships, trains, aircraft, etc. along a particular route. Many European countries have set up a council to settle traffic problems. Members of this council, headquartered in Paris, France, gather from time to time to discuss traffic problems. This council adopted the week beginning on the first Saturday of May as "International Road Confidence Week". The same week has also been accepted as "Traffic Safety and Training Week" by the organizations in Turkey that have tried to prevent traffic accidents. During this week, traffic rules are explained to the public by means of media organs in order to prevent traffic accidents and it is stated that traffic rules must be obeyed. Students are informed about traffic.



#### Your Mission:

We will organize a competition for 7th grade students to celebrate Traffic Week this year. In this competition, you are expected to draw the necessary traffic lights for a newly constructed junction in the picture and determine the functions of these lights. Develop your system and win the prize!