

The Effect of Scientific Model Training and Model-Based Activities on Middle School Students' Model Perception and Modeling Level*

Ayşegül Yazan¹  Mustafa B. Aktan² 

Article Info

Keywords

Scientific models,
Model-based teaching,
Modeling,
Model perception,
Middle school students

Received: 01.12.2024

Accepted: 28.01.2025

Published: 30.06.2025

Research Article

[DOI: 10.17984/adyuebd.1594563](https://doi.org/10.17984/adyuebd.1594563)

Abstract

Scientific models and model-based activities have an important place in learning scientific topics and concepts. The aim of this research, which was designed based on the importance of model-based education and conducted in a mixed research design, is to determine how middle school students' model perceptions and modeling levels change as a result of two different interventions, lessons conducted with scientific model training and model-based activities. Within the scope of the research, quantitative and qualitative data were collected and analyzed from four different classes. The focus of the research is based on revealing how the model perceptions and modeling levels of students who are trained about the nature of scientific models and who engaged in model design activities changed compared to students who did not receive training and did not engage in activities. The study group includes 80 middle school students from four different classrooms. Data were collected using the Students' Understanding of Models in Science Scale and the Student Models Evaluation Rubric. Data from three groups (training, modeling, training and modeling) and one control group were compared and analyzed. The results showed that in the model-based teaching process, the education given about the nature of scientific models and the middle school science lessons conducted through the modeling activity did not lead to a significant change in the modeling levels and model perception of the classes before and after the intervention. However, significant differences were observed in the groups where the modeling activity was carried out in terms of the purpose of the model and the communication elements of the model. Within the scope of the study, various suggestions were made based on the literature and the findings of the research in order to improve students' modeling levels and perception of scientific models.

Introduction

In recent years, significant changes have been observed in society's perspective on science and science education. The view that science education should not only involve deriving results, teaching, and developing explanatory and predictive theories and models about the world but also include teaching how to conduct scientific research has gained prominence in science education. As in the recent curriculum in Türkiye (MEB, 2018; 2024), many recently published international education reform documents emphasize the importance of using scientific models in lessons to develop science literacy skills (Gilbert & Justi, 2016; Louca & Zacharia, 2012; Ministry of Education of Taiwan, 2018; Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States, 2013). For instance, the Next Generation Science Standards (NGSS, 2013) prepared in the United States include the development and use of scientific models as one of the eight core practices which are essential for classroom applications (NRC, 2012). National science education standards documents mandatory for German States include standards related to models and modeling for the disciplines of physics, chemistry, and biology (Krell

* This article is a part of PhD thesis of the first author under the supervision of the second author.

Corresponding author¹: Ayşegül Yazan, Hacettepe University, Türkiye, aysgl2725@gmail.com

Author²: Mustafa B. Aktan, Hacettepe University, Türkiye, mbaktan@hacettepe.edu.tr

et al., 2015). Models and modeling lie at the center of science and scientific studies, and scientific models are crucial components of science education. The literature contains numerous studies about the significance of models in science education, on model epistemology (Grosslight et al., 1991; Krell et al., 2014; Treagust et al., 2002) and the application of the modeling approach (Chiu & Lin, 2019; Schwarz et al., 2009). However, striking differences have been reported among the findings of the studies. For example, there are studies suggesting a relationship between students' engagement in modeling practices and their perceptions of models (Schwarz et al., 2009). There are also studies reporting no such relationship between modeling practices and students' perceptions of models (Krell et al., 2015; Louca & Zacharia, 2012). Additionally, there are studies indicating that students with a higher epistemological understanding of scientific models are capable of deeper cognitive evaluations during modeling activities and processes (Gogolin & Krüger, 2018; Sins et al., 2009).

Modeling should not merely be considered as a tool for learning and understanding scientific topics and natural phenomena. For students and teachers, modeling includes pedagogical practices that can be used for communication, explanation, and evaluation. In this way, during model-based education practices, students can use skills such as problem-solving and reasoning in the process of designing and building models. They can communicate with each other and develop subject-specific explanations. Research (Aktan et al., 2019; Arslan & Doğru, 2014; Crawford & Cullin, 2004; Gümüş et al., 2008; Justi & Gilbert, 2003; Kara, 2019; Metin & Leblebicioğlu, 2015; Oh & Oh, 2011; Schwarz et al., 2009; Ünal Çoban & Ergin, 2011; Van Driel & Verloop, 1999) has demonstrated that models can be utilized to support students' content knowledge and for pedagogical purposes. However, the practice of designing, evaluating, and revising models based on students' own observations and empirical data, as well as making explanations related to their designed models, rarely occurs in science classrooms (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz & White, 2005; Schwarz et al., 2009). Students' practice of developing explanations using models and their perception of models as a way of knowledge generation enable them to develop more comprehensive and complex views as a result of model-based teaching practices (Schwarz et al., 2009). In science classrooms, teachers frequently use models to provide scientific explanations for their students and expect them to create models to provide scientific explanations (Willard & Roseman, 2010). Thus, designing and using models to create scientific explanations are naturally occurring processes in science classrooms. For this reason, to improve the science classrooms and increase achievement, it is necessary to characterize students' skill levels of modeling and the existing teaching practices surrounding these basic skills. Studies have shown that understanding scientific models and modeling practices enhances students' scientific knowledge, positively impacts learning performance and interest in learning (Cheng & Lin, 2015; Gobert et al., 2011; Schwarz & White, 2005). Students with a more consistent and detailed understanding of models and modeling get better grades in mathematics and science lessons (Krell et al., 2012).

On the other hand, Nielsen and Nielsen (2021) underlines the difficulty of integrating models and modeling into science education. The researchers attribute this difficulty to two primary factors. The first is the difficulty in evaluating teachers' and students' knowledge of models and modeling. The second factor is the fact that scientific models and modeling take an increasingly prominent place in science education programs and the necessity of a program structure that will support this. In addition, notable issues also occur in schools such as the use of models in science lessons, teaching and learning with models (Harrison & Treagust, 2000), and scientific modeling being rarely included in the science curriculum (Van Driel & Verloop, 1999). Harrison and Treagust (2000) argue that teachers often struggle to predict the impact of models presented in teaching materials such as textbooks, videos, and computer simulations on students' minds and what they mean for them. For example, Nielsen and Nielsen (2021) highlight the need to support teachers to figure out how they can make modeling competencies functional in Danish curriculum. Research emphasizes the importance of adopting modeling as a practice in science classrooms, in other words, the necessity for teachers to evaluate, interpret, and functionalize the modeling processes.

Using scientific models in lessons enhances students' motivation but occasionally leads to the development of unexpected alternative conceptions through individual or group interactions (Harrison & Treagust, 1996, 2000). Much of the research conducted with models and modeling in science education focuses on students' understanding of model and modeling (Bamberger & Davis, 2013; Cheng et al., 2017; Grosslight et al., 1991;

Treagust et al., 2002). However, studies reveal that students have a limited understanding of the value and role of models in science and the scientific world (Grosslight et al., 1991; Harrison & Treagust, 1996). For example, many secondary school students perceive models solely as reproduction of scientific phenomena (Chen & Lin, 2015; Grosslight et al., 1991). In science lessons, models are often presented to students as static realities (Van Driel & Verloop, 1999), and students are not encouraged to actively create and revise models. While teachers acknowledge the importance of the nature of scientific models, studies indicate a tendency to focus on the content and visual elements of models, often neglecting inherent nature of scientific models (Aktan, 2016; Nielsen & Nielsen, 2021; Van Driel & Verloop, 1999).

In Türkiye, with the curriculum change in science education in 2005, the subject of modeling was included more in the curriculum and accelerated with the changes made in the following years (MEB, 2018). However, the information related to modeling in the Science Curricula remains insufficient (Aktan et al., 2019; Ayvaci & Bebek, 2017). In the Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (Türkiye Century Education Model), published in 2024 (MEB, 2024), 13 science field skills that students should acquire were identified, and scientific modeling is among these field skills. It states that models should be used to explain natural phenomena and concepts that students cannot directly observe in training process explicitly. It explicitly includes the statement "the process of modeling integrated with conceptual content should be planned by enriching it with contemporary teaching approaches and methods, considering scientific inquiry and engineering design cycles" (MEB, 2024, p. 8). However, high-level modeling activities such as model developing, designing, and evaluating are not yet included in Turkish curriculum with the aim of enabling students to think through models. Most of the models featured in Turkish textbooks are limited to physical and mathematical models (Aktan et al., 2019). The literature argues for designing model-based instructional activities that go beyond merely using existing models, including the development and use of models by students, developing their understanding of scientific models or modeling practices (Cheng et al., 2014; Cheng & Brown, 2015; Gilbert & Justi, 2016; Louca & Zacharia, 2012).

The present study aims to determine how middle school students' perceptions of models and their modeling levels change as a result of the program carried out with two different interventions, scientific model training and model-based activities. Furthermore, it examines whether there is a relationship between middle school students' understanding of scientific models and their modeling levels. The study includes four different sections, three of which were experimental (training, modeling, training and modeling) groups and one was a control group. Within the scope of the research, an answer is sought to the question of what is the effect of model-based teaching developed for the units "Reproduction, Growth and Development in Living Things", "Cells and Divisions", and "DNA and Genetic Code" on students' modeling levels and their modeling perceptions? The sub-research questions are as follows:

1. Is there a statistically significant difference between the development of model perceptions of the students in the groups taught with model-based education and activities, taught with traditional education, taught only with model-based education, and taught only with model-based activities?
2. Is there a statistically significant difference between the modeling levels of the students in the experimental groups in the study, who were taught with model-based education and activities and who were taught only with model-based activities?
3. Is there a statistically significant relationship between the modeling levels and model perceptions of the students in the study?

Method

Research Design

This study, designed based on the importance of model-based education and conducted using the convergent mixed-methods design (Creswell & Plano Clark, 2018), employed both quantitative and qualitative analysis methods together to examine how model-based teaching influence students' perceptions of models and their modeling levels. The convergent mixed-methods design, which involves collecting quantitative and qualitative data together, can offer more holistic and comprehensive answers to research

questions by providing a variety of data sources and methods diversity (Creswell & Plano Clark, 2018; Leech & Onwuegbuzie, 2009). The research focuses on revealing how the perceptions of models and modeling levels of the students who received training on scientific models and the nature of scientific models, and participated in model designing activities differ from those of the students who did not undergo such training or activities. Accordingly, the students were tasked with designing and developing models following the scientific modeling cycle. To implement model design and modeling activities in the classroom, the GEM cycle (model generation, evaluation and modification) proposed by Khan (2007), which includes the generation, evaluation, and modification of models was used. The first step of the GEM cycle, *model generation* phase, students were provided an environment where they could discuss and exchange ideas using their prior knowledge, experiences using diverse resources (e.g., published and digital resources like textbooks, Internet) regarding a scientific topic or problem. Later, the mental models that emerged in this process were drawn and explained by the students, and they were individually designed and developed their preliminary models. In the *evaluation* phase, students assessed their preliminary models based on various criteria, such as purpose and representational power (Aktan, 2016) or accuracy and credibility (Schwarz & White, 2005). This way, minor corrections can be made and alternative designs can be developed. In the final phase of the cycle, *modification* phase, models were subjected to revision. The phase that final models were designed involved some minor corrections and modifications or comprehensive modifications requiring the redesign of the model. In short, during the model-based instructional activities, students are expected not only to learn and apply relevant concepts to construct explanatory scientific models but also to revise or modify their models.

During the research process, the first author, who served as a participant observer, took part in collecting data from four sections and conducting the research and lessons as a science teacher. In order to obtain a more comprehensive understanding of the modeling levels of middle school students, four separate model design activities were prepared and implemented by the researchers in accordance with the curriculum in two of the (sections that both participated in the activities and received training, and that only participated in the activities) four participating sections (Table 1). In another section, lessons were conducted using traditional teaching methods, while in the fourth section, the students received training about scientific models and their nature before engaging in activities. Data were collected through a scale measuring students' perceptions of models administered as a pre and post-test, an activity notebook where students responded to questions, drew preliminary and revised models, and wrote explanations, as well as rubrics used to evaluate their model designs and explanations. At the beginning of the study, activity notebooks were distributed to the students, and the qualitative themes derived from the models collected from these notebooks were quantified and scored using the pre-prepared rubrics. The experimental and control groups were randomly assigned in the research, but the school where the study was conducted was selected based on the students' appropriateness using convenience sampling method (Büyüköztürk et al., 2018; Fraenkel et al., 2012).

In the research process, quantitative and qualitative data obtained from different data sources were used:

- Quantitative data sources (SUMS-TR Scale, Model evaluation rubric).
- Qualitative data sources (Activity notebook, model design and drawings, written explanations, observation notes).

The Students' Understanding of Models in Science Scale in Turkish (SUMS-TR) used as a measurement tool in this study was translated from its original English version. The original scale, developed by Treagust et al. (2002), is a reliable and valid instrument discussed in many analyses and studies in the literature. Quantitative data were analyzed using SPSS 23. The qualitative data of the study were derived from examining the students' written responses, model designs, and drawings in their activity notebooks (see Appendix) that they used during the process. The modeling activities designed and implemented for data collection were finalized after pilot studies designed by researchers and expert evaluations. Both quantitative and qualitative data collected from these instruments were evaluated using rubrics developed by the researchers based on the literature. In this article, the findings obtained from the quantitative data of the study are presented.

Study Group

The data were collected from 80 students, 36 female and 44 male, studying in four different classrooms at a middle school in Düzce city during the 2022–2023 academic year (initially, a total of 83 students participated; three students left the study, and their data were excluded from the analysis). The students in the study group were monitored throughout the spring semester of the 7th grade and the fall semester of the 8th grade. The middle school where the research was conducted was selected due to having four different sections at 7th grade, its accessibility and its presumed representativeness of the average educational level in the province. The school where the data were collected is a school where families with low socioeconomic levels are more concentrated, and the academic achievement levels of the students in science courses are below the general average of the province. The students in the study had not received any scientific modeling training before and had not been educated about scientific models. Before the study, the average science course grades of the four groups from their 6th grade school reports were compared using ANOVA, and no statistically significant differences were found among science achievement levels of the four groups. Thus, the groups were deemed equivalent, and three of the four sections were randomly assigned as experimental groups, one served as the control group. Table 1 summarizes the groups and the research design.

Table 1. Participants and Research Design of the Study

Groups	Pre-test	Experimental Procedure	Post-test
Experimental Group 7A (N=21)	SUMS-TR	Training + Activity	SUMS-TR
Control Group 7B (N=23)	SUMS-TR	Traditional	SUMS-TR
Experimental Group 7C (N=20)	SUMS-TR	Training	SUMS-TR
Experimental Group 7D (N=19)	SUMS-TR	Activity	SUMS-TR

The SUMS-TR scale was administered as a pre-test and post-test to all classrooms at the beginning and end of the study. Data from students who did not participate in both pre and post-tests and who were not willing to contribute to the data collection process were excluded from the study. At the beginning of the study in sections A and C, students received training on the role and nature of scientific models. This training covered topics such as the applications of scientific models in science and in everyday life, the significance of using models, the characteristics and types of models, and how the scientific modeling process can be conducted, and examples of various models were presented to the total of 39 students in these two groups. This training given to the students in sections A and C is not necessary for the execution of model design activities. In section A, both training and modeling activities were conducted; in section D, only modeling activities were conducted. In sections B and C, lessons were conducted according to the traditional plan in the textbook, and no model-based activities were conducted.

Data Collection Instruments

This study aimed to develop materials based on expert opinions, implement these materials as paper-and-pencil activities for students, and examine their effects on students' understanding of models and modeling levels. To measure students' perceptions of models, the SUMS (*Students' Understanding of Models in Science*) scale was adapted into Turkish with permission from the original researchers. Developed by Treagust et al. (2002), the original scale is well-known in science education literature and has been used in various studies across different cultural contexts. Initially developed in English, the scale has been translated into multiple languages, including Chinese, Spanish, and Turkish (e.g., Campos et al., 2016; Chang & Chang, 2013; Cheng et al., 2014, 2019; Derman & Kayacan, 2017; Everett et al., 2009; Gobert et al., 2011; Park et al., 2017; Villablanca et al., 2020). The original scale is 5-point Likert scale (5 = strongly agree, 1 = strongly disagree) and consists of 27 items focusing on scientific models and their nature. Factor structure of the scale consists of five themes and reported reliability values ranges from 0.71 to 0.84. These themes are: 'models as multiple representations' (MR/ÇTM), 'models as exact replicas' (ER/GKM), 'models as explanatory tools' (ET/AAM), the 'uses of scientific models' (USM/MK), and the 'changing nature of models' (CNM/MD). However, adaptation studies revealed that the scale demonstrates higher validity and reliability with 24 items. This adapted model

structure has been supported by recent studies (Campos et al., 2016; Cheng & Lin, 2015; Lazenby & Becker, 2021; Oliva & Blanco-Lopez, 2021; Villablanca et al., 2020; Wei et al., 2014). Therefore, the data for this study were collected using the 24-item adapted version of the scale.

The researchers prepared four biology-based activities from the 7th and 8th-grade curriculum to apply to the participating students. These activities were implemented in two experimental groups as part of science lessons incorporating model design and modeling activities. In the first activity, Let's Model a Flower, students firstly drew a specific flower model and labeled its parts. Such models are generally conceptual and scaled models that are used to represent the shape and structure of the original target but occasionally reflect functions or mechanisms (Coll, 2006; Harrison & Treagust, 2000). The models created by students in the other three activities required to focus on both the nature of the model and its underlying mechanisms (Penner et al., 1997). In the Mendelian Inheritance and DNA Replication activities, students developed functional, conceptual models to explain the encoding and transmission of genetic information. Finally, in the Cell Division activity, students designed scaled models to depict structures and functional models to analyze conceptual interactions. The units and topics covered by the activities are presented as follows:

- 7th Grade, Cells and Divisions Unit, Activity 1: Cell Division Activity (HBE),
- 7th Grade, Reproduction, Growth, and Development in Living Organisms Unit, Activity 2: Creating a Flower Model (ÇMYE),
- 8th Grade, DNA and Genetic Code Unit, Activity 3: DNA Replication Activity (DNA-E),
- 8th Grade, DNA and Genetic Code Unit, Activity 4: Mendelian Inheritance Activity (MKE).

The students' mental models, expressed through their drawings and explanations, represented internal representation of the target phenomenon. The "Student Models Evaluation Rubric (SMER)" was developed to evaluate students' initial and revised final models (see Appendix) by the researchers based on Pluta et al. (2011) considering different studies in the literature (Cheng & Brown, 2015; Cheng & Lin, 2015; Cheng et al., 2017, 2019; Grosslight et al., 1991). Student models are evaluated under these three categories: purpose of the model (the purpose of the model in design; 5 criteria, 0–15 points), components of the model (the components of the designed model; 5 criteria, 0–15 points), and communication elements of the model (the communication elements of the designed model; 4 criteria, 0–12 points).

Data Analysis

During the research process, all participants were assigned descriptive codes (class, gender, activity, etc., for example DBBK), and all collected data were recorded systematically. All pre and post-data from the SUMS-TR scale, SMER rubric, and activity notebooks containing model designs, drawings, and explanations, were checked and transferred to digital formats (MS Word, MS Excel, and SPSS files). The analyses were conducted using total and sub-scores derived from the scales and rubrics. The quantitative data were examined in terms of missing data, normal distribution, and skewness. Descriptive analysis and parametric tests (paired and independent-samples t-tests, one-way ANOVA) were employed to compare and analyze intra-class and inter-class data.

The criteria in three sections in SMER rubric were categorized into three levels, ranging from low to high level. If a relevant indicator or criteria within a subsection was absent, impossible to be evaluated, or was incomprehensible in that model, it was scored as 0. If the indicator or criterion was present but vague, not completely defined, or incomplete, it was scored as 1. If it was present, clear, and explicitly defined, it was scored as 2. If the indicator or criteria was present, with multiple clear definitions, detailing how and why the phenomenon or problem occurred, developed, or was represented, it was scored as 3. For example, the purpose of the model sub-dimension consists of five criteria (explanation, definition, representation/display, answering, and data). In a student model, score that could be achieved in this section ranges from 0-15. The components of the model sub-dimension, which evaluates the quality and adequacy of the model components, is also assessed using five criteria (pictures, words, diagrams, labels, and drawings). The total score that can be achieved in this part also ranges from 0 to 15, with a maximum score of 3 per criteria. The sub-dimension of communication elements of the model was evaluated using four criteria (clarity,

organization, attribution, and reasoning) and range of score that can be achieved is 0-12. The total value a student model can receive varies between 0-42 points.

Example of Scoring Student Models

Figure 1 illustrates a scientific flower model design drawn (ÇMYE activity) by a student in the D section, where lessons were exclusively conducted with model design and modeling activities. The student's design received 11 points for the purpose of the model, 15 points for the components of the model, and 8 points for the communication elements of the model, with 34 points in total.

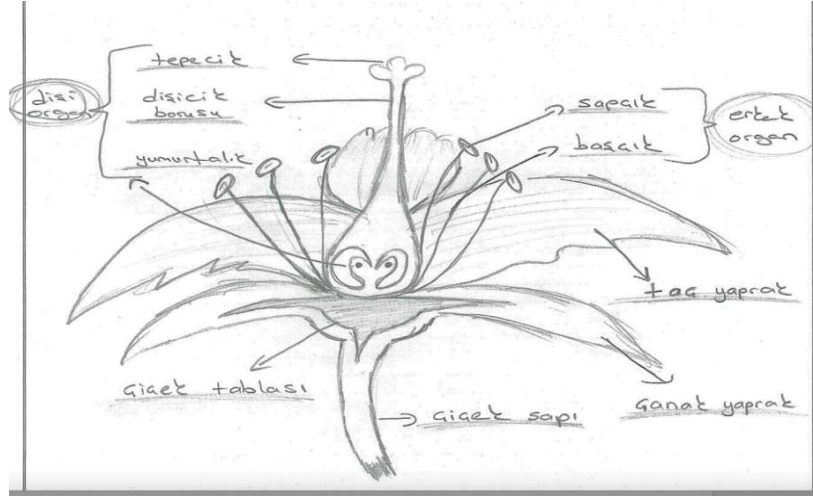


Figure 1. Flower Model of A Student in D Section Experimental Group

For instance, under the purpose of the model sub-dimension, the student did not score any points for the *Explanation* criteria. While the analyzed model of the student illustrated only the parts of the flower, it did not provide an explanation of how or why the phenomenon occurred. It was accepted that there was not any explanatory information in the model, and it was scored 0 points. *Definition*: The model shows that the student had an image in the mind defining exactly how the components of the flower are. In model, important part of the components of the flower was present with accurate naming. Model was aligned with the structure and components of the flower. It was scored 3 points as it completely met the scientific model definition criteria. *Representation*: The model shows the complete components and representation of the flower. It was designed in a way that others can easily understand that it is a flower and what components it has. Design, drawing or plan of the model presents a close representation to the target. Here, no exact similarity is expected here. The model was aligned with the target in functional and structural terms. As the components in the model represented all aspects of the intended target to be given to students, it was scored 3 points. *Answering*: The student's model provided answers to which parts the flower consists of and how these parts are assembled. However, it did not answer many questions about how these parts function or what they produce. The model was evaluated on a scale of 0 to 3 points for its ability to answer questions such as how, why, or to what extent something occurs: 0 points if it does not provide an answer, 1 point if the answer is vague and incomplete, 2 points if the answer is clear and understandable, and 3 points if it provides multiple answers. In this case, the model offered information about the composition of the flower's sections and how they were assembled, and thus it was scored 2 points. *Data*: The descriptions in the model support the data related to the flower. As the descriptions are accurate and include multiple clear and understandable data points, the model was scored 3 points.

Under the model components sub-dimension, the model scored 3 points in the *Pictures* criteria. The pictures in the model were clear, and all parts were distinctly separated. The images explicitly depicted how the parts of the flower are structured and how they are assembled. *Words*: Not all the words in the model are accurate, and some were not placed correctly. For instance, the student incorrectly labeled the anther (as "sapçık" instead of "başık") and filament (as "başık" instead of "sapçık") in the stamen. However, the model included multiple clear and explicitly defined terms, and thus this section was scored 3 points. *Diagrams*: This criterion evaluates the scientific model as a diagram. As a result of evaluation of the relationships between words and

explanation as a diagram, in this model, the student represented the parts of the pistil and connected them accurately in the flower model. Since there were multiple correct relationships like this, the model was scored 3 points. *Labels*: This criterion assesses the placement and accuracy of the labels identifying the parts of the model. Parts marked with arrows were considered labels. If no part of the model was marked with an arrow, it was scored 0 points. If a student marked a part with an arrow but did not name it, it was interpreted as the student recognized the part's distinction without knowing its exact name. In this model, the student used multiple clear and understandable labels marked with arrows, earning 3 points. *Drawings*: This criterion evaluates all drawings and symbols in the model. If there is no clear and correct drawing, the score is 0. If there is one unclear or incomplete drawing, the score is 1. If there is one clear, correct, and explicitly defined drawing, the score is 2. If there are multiple clear and correct drawings, the score is 3. The student's model included nine arrows, all of which clearly indicated their respective parts, so this criterion was scored 3 points.

Communication elements of model sub-dimension was scored similarly and analyzed under four criteria. *Clarity*: This criterion evaluates how clearly the scientific model can be understood by others. The presence of any deficiencies in the labels, words, images, and diagrams is assessed. While the positions of the stamen and filament were incorrectly shown in the student's model, the labels, words, and images in the model were clear and understandable, earning 3 points. *Organization*: This criterion evaluates whether there is an evident organization in the model design. It analyzes whether the model has a certain organization. In the student's model, the parts of the flower's organs were separately linked. For instance, the stigma, style, and ovary in the pistil were linked individually with arrows and correctly organized, but the organization of the stamen was incorrect. This criterion was scored 2 points. *Attribution*: This criterion assesses whether there are multiple clear attributions between the parts of the flower. As all the associations in the model are complete and clear, it was scored 3 points. *Reasoning*: This criterion evaluates whether the underlying mechanisms and functions of the parts in the model have been reasoned out. In the flower model, the ovule was drawn as a separate structure within the ovary, but it was not defined separately from the ovary. The parts of the flower were partially correctly depicted and related. No explanations were provided regarding their functions or roles in the flower. For example, while the student drew the ovule that would form the seed after fertilization, it was marked as part of the ovary without naming or explaining its function. But this reasoning is not entirely correct and complete. The parts of the stamen were incorrectly depicted, and no reasoning about their function or role was provided. For instance, there was no reasoning about pollen production in the anther or its role in reproduction. Additionally, there was no mention of how the colorful and fragrant petals attract insects or their function. Therefore, the student's model did not score any points in this criterion.

Validity and Reliability

The validity and reliability of the research process, data, and findings are crucial to generating meaningful, testable, and replicative scientific answers to research questions (Creswell & Plano Clark, 2018). Prior to this study, necessary permissions were obtained, and data collection tools and activities developed based on the literature were tested through pilot studies, incorporating feedback from experts and teachers. Relevant expert opinions for the content of the scientific models, modeling training, and model-based activities was acquired from three researchers, two Turkish language teachers, and one science teacher. Based on the feedback received, necessary revisions were made, and the activities were finalized. During the adaptation process of the SUMS scale into Turkish, the steps recommended by Beaton et al. (2000) were followed, employing a translation and back-translation technique. The scale, prepared under the supervision of three field experts, two Turkish language experts, and two English language experts, was tested for clarity, applicability, and internal validity with a group of sixth-grade students ($N = 55$; Cronbach's $\alpha = 0.852$). In the final stage, the psychometric properties of the SUMS-TR scale were analyzed with participants from a different population and grade levels (grades 5-7, $N = 276$; $\chi^2/df = 1.475$, CFI = 0.951, TLI = 0.947, RMSEA = 0.042) and its construct validity were examined through confirmatory factor analysis (Mplus 7, Cronbach's $\alpha = 0.884$).

Additionally, inter-rater reliability statistics were calculated during the development of the Student Models Evaluation Rubric (SMER) and the coding of qualitative data. 10% of the student models from two classrooms were randomly selected and independently coded by the researchers. Inter-coder reliability was determined

using Krippendorff's alpha test (Hayes & Krippendorff, 2007). The results based on the final total model scores ($\alpha = 0.880$) indicated strong agreement among the researchers, with an ideal level of reliability achieved ($\alpha > 0.80$). Furthermore, expert and teacher support was sought during the rubric development process employed in this research.

Ethical Disclosure

Ethics Committee Approval: This research was conducted with the permission obtained by the Hacettepe University Scientific Research and Publication Ethics Social and Human Sciences Board's decision dated 14/12/2021 and numbered E-10240236-20-43231889.

Findings

This section presents the findings and interpretations related to the research questions. Findings will be reported respectively regarding whether there is a significant difference in the modeling perceptions and modeling levels between the experimental group students, who received training on scientific models and the nature of scientific models and performed model-based teaching activities, and the control group students, who were trained using the traditional methods outlined in the curriculum. In the two experimental groups (sections A and C), the duration of the training was two class periods. For the classes engaged in modeling activities (sections A and D), each activity took two class periods. The analyses included only the students who completed both pre and post-models and had pre and post-test results for modeling perception. Due to high rates of absenteeism and student turnover at the school where the study was conducted, data of 306 pre and post-models were obtained from two classes (A and D) in total.

Findings Related to Students' Modeling Perceptions

The first research question of this study investigates whether there is a statistically significant difference in the modeling perceptions of experimental and control group students at the beginning and end of the process. In this section, the SUMS-TR scale was used to determine if there were differences in students' modeling perceptions. A total of 80 pre and post-test data sets were collected from students in three experimental groups and one control group: 20 students from section A, which received instruction with model-based training and modeling activities; 23 students from section B, which received traditional instruction; 19 students from section C, which received only model-based training; and 18 students from section D, which participated only in modeling activities. Among these students, 36 were female and 44 were male. Descriptive statistics regarding the number of students in each section and the mean pre and post-test scores for the scale are presented in Table 2.

Table 2. The Distribution of SUMS-TR Scale Mean Scores By Sections

Sections	n	%	$\bar{X}_{Pre}$ (SD)	$\bar{X}_{Post}$ (SD)
A (Training + Activity)	20	25.0	3.43 (0.23)	3.32 (0.42)
B (Traditional)	23	28.7	3.30 (0.28)	3.28 (0.24)
C (Training)	19	23.8	3.34 (0.25)	3.37 (0.21)
D (Activity)	18	22.5	3.05 (0.38)	3.32 (0.49)
Total	80	100.0	3.29 (0.31)	3.32 (0.35)

When the pre and post-test mean scores of all groups were analyzed, it was observed that there were no major differences in the model perception of the groups, but there were notable changes in some sections. While there was a slight decrease in model perception in section B, which received traditional education, a more significant decrease was observed in section A, which received training and modeling activities. However, there was a small increase in the post-test scores of model perceptions in section C, which received training, and a much larger increase in section D, which received model-based activities.

In all sections, to assess the normality of model perception scores, skewness and kurtosis values, Kolmogorov-Smirnov test, and Shapiro-Wilk test, due to small sample size, were used. According to Tabachnick and Fidell (2013), skewness and kurtosis values between -1.5 and +1.5 indicate normal distribution. Except for the post-test kurtosis value of section C (2.44), the skewness (-1.16 to -0.09) and

kurtosis (-0.88 to 1.58) values of the pre and post-test scores for all sections were generally coherent. Furthermore, the values obtained from the pre and post-tests of all sections ($p > 0.05$) indicated that the score distributions did not significantly deviate from a normal distribution. The mean pre and post-test model perception scores collected using the SUMS-TR scale were analyzed by ANOVA (Table 3). The Levene test results for the data obtained from the scale indicated a test statistic of 1.791 and a p-value of 0.156 ($p > 0.05$), suggesting homogeneity of variance between groups.

Table 3. ANOVA Results For SUMS-TR pre-test and Post-Test Scores

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
Pre-test	Between Groups	1.499	3	0.500			
	Within Groups	6.434	76	0.085	5.901	0.001	0.188
	Total	7.932	79				
Post-test	Between Groups	0.067	3	0.022			
	Within Groups	9.779	76	0.129	0.174	0.913	0.006
	Total	9.846	79				

The results in Table 3 reveal a statistically significant difference in the pre-test scores of students from the sections in which different practices were applied ($F(3, 79) = 5.901$; $p = 0.001$). To identify which sections contributed to this difference, multiple comparison post-hoc tests were conducted. Given the equality of variances and the unequal group sizes, the LSD test was applied. The results indicated that scores of section D differed from section A ($p = 0.000$, 95% CI = [-0.5725, -0.1960]), section B ($p = 0.008$, 95% CI = [-0.4335, -0.0687]), and section C ($p = 0.004$, 95% CI = [-0.4785, -0.0973]). On the other hand, the ANOVA analysis of the post-test results revealed no statistically significant differences in the mean scores of students from the sections in which different applications were applied ($F(3, 79) = 0.174$; $p = 0.913$).

Additionally, a paired-samples t-test was conducted to determine whether the model perception scores of all sections from the SUMS-TR scale showed significant differences within each section. The results indicated that the significance values for the SUMS-TR pre and post-test mean scores of section A were higher than 0.05, that the model perceptions of students in this group, which received both training and participated in modeling activities, did not change ($p > 0.05$). Similar results were observed for section D, which only participated in modeling activities ($p > 0.05$), and section C, which only received scientific model training ($p > 0.05$). As expected, there was also no significant difference in the model perception scores of students in section B, which received traditional instruction ($p > 0.05$). As a result, while there was no significant difference in the pre and post-test model perception mean scores of sections A, B, and C, a notable increase was observed in the scores of class D ($\bar{X}_{Pre} = 3.05$, $SD = 0.38$; $\bar{X}_{Post} = 3.32$, $SD = 0.49$). Although it is noteworthy that no difference was observed in the model perceptions of all experimental groups, similar results have been reported in the literature (Cheng & Lin, 2015; Cheng et al., 2019; Krell et al., 2015; Villablanca et al., 2020). These findings obtained in parallel with the variable results reported in the literature reveal the need for further research. Considering the findings, various factors, such as the structure of the study group and the limited number of students, the research process, and data collection tools, may have affected the findings.

Findings Related to Students' Modeling Levels

The second research question of this study investigates whether there is a statistically significant difference in the levels of models designed by the students in the two experimental groups (sections A and D). Students' model designs were evaluated according to their rubric scores. A total of 156 model data (50.6%) were collected from section A, where students received training on scientific models and participated in model design activities, comprising 78 pre and 78 post-test models. From section D, where students participated only in model design activities, 152 model data (49.4%) were collected, including 76 pre and 76 post-test models. In total, 308 model data were evaluated in this study. The means and standard deviations of the general pre and post-test scores for the scientific models designed by the students from sections A and D across four units are presented in Table 4. In both classes, there was a significant increase in the mean scores

for the pre and post-modeling levels. It is important to determine which dimension of the modeling levels this increase in scores is related to (Table 5).

Table 4. Students' averages of general modeling levels by section

	Pre Model Score	Post Model Score
Sections	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)
A (Training + Activity)	0.3373 (0.281)	0.3919 (0.321)
D (Activity)	0.3747 (0.295)	0.4586 (0.315)

The modeling level scores of sections A and D were analyzed using paired-samples t-tests for modeling dimensions (*purpose of the model*, *components of the model*, and *communication elements of the model*), and the results are presented in Table 5.

Table 5. Comparison of Scores Related to Model Dimensions With Paired-Samples T-Test

Section	Model dimensions	$\bar{X}_{\text{Pre-Post}}$	SD	t	df	p
A	Purpose of the model	-0.0837	0.3284	-2.252	77	0.027*
	Components of the model	-0.0478	0.3461	-1.221	77	0.226
	Communication elements of the model	-0.0267	0.3622	-0.651	77	0.517
	General model score	-0.0546	0.3243	-1.488	77	0.141
D	Purpose of the model	-0.0842	0.3237	-2.268	75	0.026*
	Components of the model	-0.0719	0.3433	-1.826	75	0.072
	Communication elements of the model	-0.0986	0.3329	-2.584	75	0.012*
	General model score	-0.0839	0.3083	-2.374	75	0.020*

* $p < 0.05$

The paired-samples t-test results for section A indicated no significant difference ($t(77) = -1.488$, $p > 0.05$) in the general mean model scores ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0546$, $SD = 0.3243$). Additionally, no significant difference was found ($p > 0.05$) for the components of the model ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0478$, $SD = 0.3461$) or the communication elements of the model ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0267$, $SD = 0.3622$). However, in terms of the purpose of the model dimension, a significant difference ($t(77) = -2.252$, $p < 0.05$, $d = 0.2516$) was observed in modeling scores of section A ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0837$, $SD = 0.3284$). Nonetheless, the effect size of the difference observed in the purpose of the model dimension was weak.

In section D, the results revealed significant differences in the general mean model scores ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0839$, $SD = 0.3083$; $t(75) = -2.374$, $p < 0.05$, $d = 0.2601$) as well as in dimensions the purpose of the model ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0842$, $SD = 0.3237$; $t(75) = -2.268$, $p < 0.05$, $d = 0.2601$) and the communication elements of the model ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0986$, $SD = 0.3329$; $t(75) = -2.584$, $p < 0.05$, $d = 0.2963$). However, the effect sizes of these differences were weak. No significant difference was found ($p > 0.05$) in the components of the model dimension ($\bar{X}_{\text{Pre-Post}} = -0.0719$, $SD = 0.3433$).

The primary difference between sections A and D was the training provided on scientific models. To determine whether the modeling levels mean scores differed between the sections, an independent-samples t-test was conducted, and the results are presented in Table 6.

Table 6. Independent-Samples T-Test Results For the Mean Scores of Model Dimensions in Sections A and D

Model dimensions	Section	N	$\bar{X}$	SD	t	df	p
------------------	---------	---	-----------	----	---	----	---

Purpose of the pre-model	A	78	0.3111	0.2535	-1.651	146.5	0.101
	D	76	0.3851	0.3000			
Components of the pre-model	A	78	0.3974	0.3454	-0.625	152	0.533
	D	76	0.4325	0.3498			
Communication elements of the pre-model	A	78	0.2949	0.2993	0.114	152	0.909
	D	76	0.2895	0.2859			
General pre-model score	A	78	0.3373	0.2818	-0.804	152	0.423
	D	76	0.3747	0.2954			
Purpose of the post-model	A	78	0.3949	0.3299	-1.399	152	0.164
	D	76	0.4693	0.3302			
Components of the post-model	A	78	0.4453	0.3530	-1.036	152	0.302
	D	76	0.5044	0.3545			
Communication elements of the post-model	A	78	0.3216	0.3272	-1.314	152	0.191
	D	76	0.3882	0.3004			
General post-model score	A	78	0.3919	0.3216	-1.300	152	0.196
	D	76	0.4586	0.3150			

When the results of the independent-samples t-test were compared in terms of the pre and post-model designs of the A and D sections, no statistically significant difference was observed ($p > 0.05$) in the data regarding to the modeling dimensions of both classes. The mean scores obtained in the modeling levels of sections A and D were largely similar. In both classes, the highest average was obtained in the components of the model, while the lowest average was observed in the communication elements of the model. Compared to section D, which only did model design activities, it is seen that the training provided to section A, which both received training and did model design activities, did not make a difference. These results also show that there is no significant or statistically significant difference in the modeling levels of the students in A and D sections. The training given to middle school students about scientific models and the nature of scientific models may not have any effect on their modeling levels. These results should be investigated in more detail in further research.

Findings on the Relationship Between Students' Modeling Levels and Perceptions of Models

The third research question of this study focuses on whether there is a relationship between the modeling levels and perceptions of models among students in the experimental and control groups. To determine this relationship, Pearson correlation analyses were conducted. The results indicated no significant relationship between students' perceptions of models and their modeling level scores ($r(80) = -0.169$, $p > 0.05$). Figure 2 illustrates the distribution of pre and post-test mean scores from the SUMS-TR scale on the understanding of scientific models across different themes. Except for models as exact replicas ($\bar{X}_{GKM} = 2.36$), the responses aligned with "agree" for the other four themes (models as multiple representations ($\bar{X}_{\text{ÇTM}}$), models as explanatory tools (AAM), the uses of scientific models (MK), and the changing nature of models (MD). This result suggests that middle school students are uncertain whether scientific models are exact replicas and reproduction of the target phenomena. The themes with the highest means were AAM ($\bar{X}_{AAM} = 3.80$) and MD ($\bar{X}_{MD} = 3.68$), respectively. These results show that students evaluate scientific models as a means of an explanation tool. Middle school students think that models are used by scientists to explain natural phenomena and that models can change.

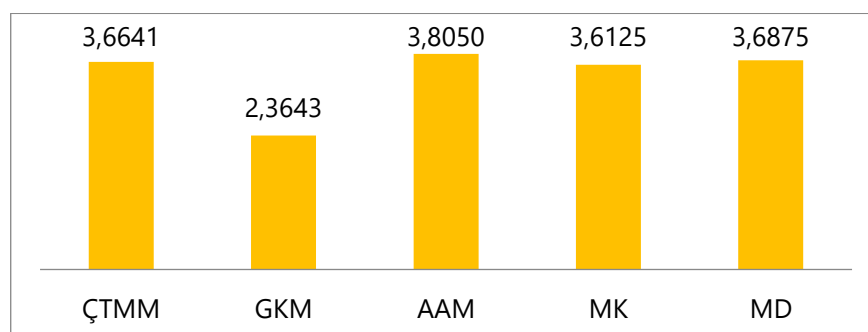


Figure 2. Mean Scores For the Five Themes Derived From the SUMS-TR scale

Correlation analyses were conducted to investigate whether there is a relationship between the themes of students' perceptions of models and their general modeling levels scores (Table 7). The results revealed no significant relationship between the themes of scientific model perceptions and the students' general modeling levels scores ($p > 0.05$).

Table 7. The relationship between students' perception of scientific model and their modeling levels

		ÇTM	GKM	AAM	MK	MD
Modeling levels	r	-0.050	-0.101	-0.141	-0.002	0.146
	p	0.657	0.375	0.213	0.983	0.197
	N	80	80	80	80	80

In addition, the themes related to the students' model perceptions were compared with the general scores of modeling levels, and the test results showed that there were no statistically significant differences. In conclusion, considering the findings of the study, the fact that model-based teaching activities are related to the field of biology, the limited number of students in the study group, and the limitations of data collection tools may have affected the findings.

Discussion and Conclusion

In this study, scientific models were used as a teaching tool at the middle school level. The development and differentiation in students' modeling levels and model perceptions were assessed through the training on scientific models and their nature, along with model design activities. The first research question focuses on how students' perceptions of modeling changed over time based on the training provided on scientific models and their nature, as well as the model design and modeling activities. When the in-group pre-test and post-test mean scores related to the model perceptions of the sections were examined, it was seen that there were no major differences, but there were noticeable changes in some groups. The results revealed a small increase in section C, where training was provided, and a much larger increase in section D, where model-based activities were conducted. At the end of a four-week practice, post-test results obtained from the SUMS-TR scale were analyzed, and no significant differences were found in the model perceptions of the students across different classrooms where different practices were conducted. Only the model perception scores of section D differed from other sections at the beginning of the study, but this difference disappeared by the end of the study. No significant differences were found in the model perception scores of all sections in the post-tests. The analysis of students' perceptions of models in science revealed that these middle school students had an intermediate to good level of understanding of models and modeling in terms of many aspects, including sub-themes of ÇTM, AAM, MK, and MD. However, students are uncertain about whether a model is an exact copy of reality. This is consistent with other studies in the literature (Cheng & Lin, 2015; Chittleborough et al., 2005; Grosslight et al., 1991; Gümüş et al., 2008; Krell et al., 2015; Metin & Leblebicioğlu, 2015; Pluta et al., 2011). For example, in a science camp program on the nature of science, Metin and Leblebicioğlu (2015) observed that 6th and 7th grade students were able to understand that models are data-based and developed as a result of scientific research. As a result of modeling activities, students' perceptions of scientific models can be improved, and students can make more comprehensive explanations in accordance with the purpose of the models (Metin & Leblebicioğlu, 2015). A significant number of studies have shown that most middle and high school students perceive scientific models as physical copies of target objects (Arslan & Doğru, 2014; Cheng et al., 2014; Cheng & Lin, 2015; Gobert et al., 2011; Grosslight et al., 1991; Metin & Leblebicioğlu, 2015; Treagust et al., 2002; Ünal Çoban & Ergin, 2011). Similarly, Cheng and Lin's (2015) study showed that even students with the best science learning performance may have a more naïve understanding that models can be like exact copies of reality. In order to overcome this confusion in students' perceptions of scientific models, the distinction and complex relationships between models and target phenomena may need to be explicitly taught and emphasized during model training. Students' model perception has an important role in model-based activities (Gümüş et al., 2008; Kara, 2019; Ünal Çoban & Ergin, 2011). For example, Arslan and Doğru (2014), in their study examining the effect of modeling-based science teaching on 6th grade students, drew attention to the

positive effect of modeling, especially in terms of mental model development, but stated that it had no effect on students' conceptual understanding levels and recall. There is a need for more studies focusing on how students' model perceptions can be improved in model-based instruction within the curriculum.

Some researchers (Everett et al., 2009) have used the SUMS scale to determine teachers' perceptions of modeling in pre-service teacher training programs. For example, Everett et al. (2009) found that the participating pre-service teachers did not have a strong understanding of scientific models, their uses, characteristics, and types. Although the pre-service teachers' understanding developed especially in four sub-themes during the study, it was noted that the scale had limited utility in assessing prospective teachers. The limitations due to the usage of the scale may also have influenced the results in our study. Some recent studies on the scale have supported the factor structure of the scale (e.g., Cheng & Lin, 2015; Cheng et al., 2019; Villablanca et al., 2020), while others have highlighted issues with unclear items and factors showing low internal consistency. For example, Lazenby and Becker (2021) identified problems related to reliability analysis, language, and structural validity in their study. In the studies conducted on scale, it has been proposed to use the scale conducting various modifications, such as reducing the number of items or merging (e.g., AAM and MK) certain themes (e.g., Campos et al., 2016; Lazenby & Becker, 2021; Oliva & Blanco-Lopez, 2021; Wei et al., 2014). In this study, three items were removed from the scale and data were evaluated. Thus, it was aimed to reduce potential errors that might result from the scale.

Moreover, a limitation of this study is the use of the context-independent SUMS-TR scale to assess model perceptions. Various studies in the literature have suggested that model perceptions may be sensitive to context and the topic under investigation, and that context-independent responses may not fully reflect students' actual perceptions (Cheng & Lin, 2015; Krell et al., 2015). Several studies have indicated that students' understanding of models is influenced by the field of study (Gobert et al., 2011; Krell et al., 2015). The SUMS-TR measurement tool does not account for the relationship between context and epistemological views. Various studies in the literature have shown that students may have different model understandings across different scientific disciplines and different contexts (Cheng et al., 2019; Cheng & Lin, 2015; Krell et al., 2012, 2015). All activities in this study were focused on the field of biology. Several researchers have highlighted that biology is one of the most context-sensitive fields. For instance, Nehm and Ha (2011) emphasized that the contextuality in biology is more significant than in other scientific fields, while Krell et al. (2015) stated that context-specific differences could emerge in models created within disciplines in biology. Krell et al. (2015) proposes that students in biology tend to think with scale and functional models such as human or animal models, while in chemistry and physics, they more often think with analogical and abstract models related to topics like atoms and molecules. Therefore, it is suggested that students' perceptions of models in these three disciplines and model-based activities may produce diverse outcomes. As can be seen, the selection of model-based teaching activities from biology field in this study may have created a limitation for middle school students and may have influenced the obtained results. Future studies could explore the change in students' modeling perceptions in biology based on context, and compare them with different disciplines.

The second research question of this study examined whether the applied activities led to an improvement in middle school students' modeling levels. The findings of our study suggest that there was no differentiation in the modeling levels of students across the different sections. In the literature, there are many studies suggesting that students' modeling levels and model perceptions can be improved through model-based instruction that helps students create, evaluate, revise, and apply their models (Bamberger & Davis, 2013; Çiltaş & Muşlu, 2016; Gobert et al., 2011; Gümüş et al., 2008; Williams & Clement, 2015). Chittleborough et al. (2005) used the VOMMS scale (Treagust et al., 2004), a scale similar to the SUMS, to examine how students' modeling ability affects their model use and understanding of chemical concepts and found that as age and maturity increased (from 8th grade to the first year of university), students more easily identified the role of the scientific model. The researchers noted that the concept of models and modeling can be complex especially for younger students, and the lack of teaching about the different roles and meanings of models could cause confusion. Liu (2006), examining the effects of applied laboratory and computer modeling on students' chemistry learning using the SUMS scale, indicated that sample size was effective in measuring secondary school students' model perceptions. Liu's (2006) findings showed that there was no difference in

the level of understanding of models, and that students were highly engaged in all aspects of scientific models, and there was no clear hierarchy across different dimensions. Additionally, the literature suggests that as students' academic years progress, the number of students who believe models are exact reproduction of reality decreases (Chittleborough et al., 2005; Gobert et al., 2001; Grosslight et al., 1991). Similarly, Krell et al. (2015) observed that there was a significant improvement in students' understanding of models and modeling in the context of biology, chemistry, and physics between grades 7 and 8 and grades 9 and 10, and that model perception improved as students' age and maturity increased. It was also found that students' general understanding of the nature of scientific models, models and modeling became more detailed as their school experiences and knowledge increased (Al-Balushi, 2011; Crawford & Cullin, 2004). In addition, Treagust et al.'s (2002) analyses using the SUMS scale showed that there was no statistically significant difference between middle school students' grade levels for any of the five themes. According to the researchers, students' interpretations of the term 'scientific model' depend on their experiences and personal understandings. Consequently, it is assumed that students' model perceptions and modeling levels will become more detailed as students move to higher grade levels, with increasing age, maturity, and academic experience. However, in our study, the training given at the beginning of the study in two sections on topics such as types of models, their role in science, and their uses created no significant differences between groups. This result may stem from the training being given once at the beginning of the term, students' young age, or the relatively low readiness of the classes. Therefore, further research should involve longer-term and more comprehensive training processes to explore the possible effects.

Cheng et al.'s (2017) study demonstrated that when students were supported in developing their own models through model-based teaching activities, they were able to create more complex and consistent models compared to students who were trained showing scientific models presented by their teachers. However, contrary to Cheng et al. (2017), our findings indicate no significant difference between students who developed their own models through model-based teaching and those who were taught through traditional teaching of the models in the textbook. Based on the findings of this study, it is possible that the lack of rational and objective evaluation and revision of the models students designed hindered the development of their modeling levels. Cheng and Brown (2015) proposed that creating models alone is insufficient to develop students' modeling levels, and emphasized the need for a curriculum that explicitly supports students' thoughts on scientific modeling criteria. Cheng et al. (2017) argue that in addition to asking students to create, evaluate, and revise models, it is necessary to guide student's thinking on their own models with more objective scientific modeling criteria. On the other hand, the school where this study was conducted has a lower socioeconomic level and science achievement compared to the regional average. Thus, the lack of differentiation and development in students' model perceptions and modeling levels within the limited time may stem from the low level of science achievement. Additional studies and more time for students at this level may have a greater impact on their modeling levels and model perceptions.

The third research question of this study focused on whether there is a relationship between model perception and modeling level. The data obtained from the SUMS-TR scale and model-based activities showed that students' model perceptions, both at the general level and at the theme level, were not related to their modeling levels. This result, derived from comparing different experimental effects, aligns with various studies that have shown no relationship between middle school students' model perceptions and modeling practices, and that there is no experimental evidence (Cheng & Lin, 2015; Krell et al., 2015; Louca & Zacharia, 2012). The relationship between students' understanding and perception of scientific models and their model creation and evaluation levels is minimal and may not have practical significance (Cheng et al., 2019). Various studies in the literature suggest that students' understanding of scientific models and their grasp of modeling are largely influenced by their experiences with models in science lessons (Krell et al., 2012, 2015; Treagust et al., 2002). Krell et al. (2015) argue for increasing the cycle of model generation, evaluation, and modification in science classrooms, as proposed by Khan (2007, 2011), and for teachers to explain not only the descriptive nature of models but also their predictive nature, which would foster a higher-level understanding of modeling. Furthermore, in this study, the model understanding and modeling levels of science teachers were not investigated. Studies in the literature conducted on science teachers show that teachers and teacher candidates generally have a rather inadequate understanding of models and

modeling (Aktan, 2016; Crawford & Cullin, 2004; Justi & Gilbert, 2003; Van Driel & Verloop, 1999). The inadequacy of teachers in this regard could be seen as an explanation for the students' lack of understanding of models, and it is also possible that this gap could not be eliminated within the limited class hours.

The findings of this study showed that in the model-based instruction process, the training given about the nature of scientific models and the middle school science lessons conducted through model design and modeling activities did not lead to a significant change in students' modeling levels and model perception. Within the scope of the study, several suggestions were made based on the literature and the findings of the study in order to improve students' modeling levels and scientific model perception.

Recommendations

As mentioned earlier, there are various limitations arising from the scope and process of the study. Many factors such as the selection of activities from the field of biology, the limited sample size, socioeconomic factors, limitations in data collection and measurement tools, the training provided during the instructional process, the modeling activities, and their duration could have influenced the results of this research. Therefore, planning future studies, particularly those involving middle school students, to compare model-based activities from different fields and over a longer duration, and testing through developing different measurement tools could lead to clearer different findings in the literature. The changes in students' modeling levels and perceptions of scientific models, as well as any potential relationship between them, should be measured with context sensitivity. The findings in this study were gathered over a limited time period from 7th and 8th grade students. Longer-term studies involving students of various ages and science teachers are needed. It is important to provide students with more opportunities to create, evaluate, and modify their own models through model-based activities in more and different units.

With the recent curriculum change (MEB, 2024), modeling has become an important component of the science curriculum. However, how modeling should be taught depending on the content of the subject and how the model-based teaching processes should be planned and implemented needs to be investigated. How and by which criteria students design and evaluate their own models, and their effect on modeling levels, are also issues to be investigated. In this study, only the scientific models designed by the students were considered. Student approaches and interactions in model building and model evaluation processes and their impact on model perception can be further investigated in the future. Finally, due to the differing educational standards and cultural structures of different countries, the conclusions drawn in this study may only be transferable to students from other countries to a limited extent, and further research in this area is needed.

Bilimsel Model Eğitimi ve Model Tabanlı Etkinliklerin Ortaokul Öğrencilerinin Model Algısına ve Modelleme Seviyesine Etkisi*

Ayşegül Yazan¹  Mustafa B. Aktan² 

Makale Bilgisi

Özet

Anahtar Kelime

Bilimsel modeller,
Model tabanlı öğretim,
Modelleme,
Model algısı,
Ortaokul öğrencileri

Yükleme: 01.12.2024

Kabul: 28.01.2025

Yayın: 30.06.2025

Araştırma Makalesi

[DOI: 10.17984/adyuebd.1594563](https://doi.org/10.17984/adyuebd.1594563)

Bilimsel modeller ve model tabanlı etkinlikler bilimsel konu ve kavramların öğrenilmesinde önemli bir yere sahiptir. Model tabanlı eğitimin öneminden yola çıkılarak tasarlanan ve karma araştırma deseni yürütülen bu araştırmanın amacı ortaokul öğrencilerinin iki farklı müdahalenin uygulanması (bilimsel model eğitimi ve model tabanlı etkinliklerle yürütülen dersler) sonucunda model algıları ve modelleme seviyelerinin nasıl değiştiğini belirlemektir. Araştırma kapsamında dört farklı sınıftan nicel ve nitel veriler toplanmış ve analiz edilmiştir. Araştırmanın odak noktası bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında eğitim verilen, model tasarımı etkinliği yapan öğrencilerin model algıları ve modelleme seviyelerinin, eğitim almayan ve etkinlik yapmayan öğrencilere göre nasıl değiştiğinin ortaya çıkarılmasına dayanmaktadır. Çalışma grubu dört farklı şubeden 80 ortaokul öğrencisini kapsamaktadır. Veriler, Öğrencilerin Bilimsel Model Algı Ölçeği ve Öğrenci Modellerini Değerlendirme Rubriği kullanılarak toplanmıştır. Üç deney (eğitim, modelleme, eğitim ve modelleme) ve bir kontrol şubesinden elde edilen veriler karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın sonuçları model tabanlı öğretim sürecinde, bilimsel modellerin doğası hakkında verilen eğitim ile modelleme etkinliği aracılığıyla yürütülen ortaokul fen derslerinin müdahale öncesi ve sonrasında sınıfların modelleme seviyeleri ve model algısında belirgin bir değişime yol açmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, modelleme etkinliği gerçekleştirilen şubelerde modelin amacı ve modelin iletişim unsurları boyutlarında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Çalışma kapsamında öğrencilerin modelleme seviyeleri ve bilimsel model algısını geliştirebilmek amacıyla literatüre ve araştırmanın bulgularına dayanarak çeşitli öneriler getirilmiştir.

Giriş

Son yıllarda toplumun bilime bakış açısı ve bilim eğitiminde önemli değişimler yaşanmaktadır. Bilim eğitimi yalnızca sonuçlar çıkarmanın, öğretmenin ve dünyaya ilişkin açıklayıcı, tahmin edici teorileri ve modelleri geliştirmenin yanında aynı zamanda bilimsel araştırmanın nasıl yürütüleceğini öğretmeyi de içermelidir görüşü fen eğitiminde önem kazanmıştır. Türkiye’de yeni öğretim programlarında olduğu gibi (MEB, 2018; 2024) son zamanlarda da uluslararası alanda yayımlanan eğitim reformu belgelerinden birçoğu fen okuryazarlığı becerilerinin kazandırılması için derslerde bilimsel modelleri kullanmanın öneminden bahsetmektedir (Gilbert ve Justi, 2016; Louca ve Zacharia, 2012; Ministry of Education of Taiwan 2018; Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States 2013). Örneğin Amerika’da hazırlanan Yeni Nesil Bilim Standartları (NGSS, 2013) bilimsel model geliştirme ve kullanmayı sınıflarda uygulanması önemli olan sekiz temel uygulamanın içine dahil etmiştir (NRC, 2012). Alman Eyaletleri için zorunlu olan fen eğitimi ulusal standartlar belgeleri fizik, kimya ve biyoloji disiplinleri için model ve modellemeye ilişkin standartlar içermektedir (Krell vd., 2015). Modeller ve modelleme bilimin ve bilimsel çalışmaların merkezinde yer

* Bu makale, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı doktora tezinin bir parçasıdır.

Sorumlu yazar¹: Ayşegül Yazan, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye, aysgl2725@gmail.com

Yazar²: Mustafa B. Aktan, Hacettepe, Türkiye, mbaktan@hacettepe.edu.tr

almaktadır ve bilimsel modeller bilim eğitiminin önemli bir parçasıdır. Literatürde modellerin fen eğitimindeki önemini konu alan, model epistemolojisi (Grosslight vd., 1991; Krell vd., 2014; Treagust vd., 2002) ve modelleme yaklaşımının uygulanması (Chiu ve Lin, 2019; Schwarz vd., 2009) üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak araştırmaların sonuçları arasında dikkat çekici farklılıklar rapor edilmiştir. Örneğin, öğrencilerin modelleme uygulamalarını gerçekleştirmesi ile model algıları arasında bir ilişki olduğunu öne süren çalışmalar bulunmaktadır (Schwarz vd., 2009). Modelleme uygulamaları ile öğrencilerin model algıları arasında bir ilişkinin olmadığını belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Krell vd., 2015; Louca ve Zacharia, 2012). Ayrıca bilimsel modellere ilişkin üst düzeyde epistemolojik anlayışa sahip öğrencilerin modelleme etkinlikleri ve sürecinde daha derin bilişsel değerlendirmeler yapabildiğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Gogolin ve Krüger, 2018; Sins vd., 2009).

Modelleme sadece bilimsel konuları ve doğal olguları öğrenmeye ve anlamaya yardımcı bir araç olarak değerlendirilmemelidir. Öğrenciler ve öğretmenler için modelleme iletişim kurmak, açıklamak, değerlendirmek amacıyla kullanılabilecek pedagojik uygulamalar içerir. Böylece öğrenciler model tabanlı öğretim uygulamaları sırasında, model tasarım süreçlerinde problem çözme ve akıl yürütme gibi becerileri kullanabilir. Birbirleriyle iletişim kurabilir ve konuya özgü açıklamalar geliştirebilir. Ulusal ve uluslararası literatürde yer alan pek çok araştırma (Aktan vd., 2019; Arslan ve Doğru, 2014; Crawford ve Cullin, 2004; Gümüş vd., 2008; Justi ve Gilbert, 2003; Kara, 2019; Metin ve Leblebicioğlu, 2015; Oh ve Oh, 2011; Schwarz vd., 2009; Ünal Çoban ve Ergin, 2011; Van Driel ve Verloop, 1999) öğrencilerin içerik bilgisini desteklemek için ve pedagojik amaçlarla modellerin kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte öğrencilerin kendi gözlemleri ve ampirik verilerini kullanarak model tasarlaması, değerlendirmesi ve revize etmesi, tasarladıkları modellerle ilgili açıklamalar yapması fen sınıflarında nadiren gerçekleşmektedir (Gogolin ve Krüger, 2018; Schwarz ve White, 2005; Schwarz vd., 2009). Öğrencilerin modelleri kullanarak açıklama geliştirmesi, modelleri bilgi üretmenin bir yolu olarak görmesi model tabanlı öğretim uygulamaları sonucunda daha kapsamlı ve karmaşık görüşler geliştirmesini sağlamaktadır (Schwarz vd., 2009). Fen sınıflarındaki öğretmenler, öğrencilerine bilimsel açıklama yapmak için modelleri sıklıkla kullanırlar ve öğrencilerden bilimsel açıklama yapmaları için modeller oluşturmalarını beklerler (Willard ve Roseman, 2010). Yani bilimsel açıklamalar oluşturmak için model tasarlamak ve kullanmak fen sınıflarında doğal olarak ortaya çıkan süreçlerdir. Bu yüzden de fen sınıflarını geliştirmek ve başarıyı artırmak için, öğrencilerin modellemeye ilişkin beceri düzeylerini ve bu temel becerileri çevreleyen mevcut öğretmen uygulamalarını karakterize etmek gerekmektedir. Yapılan çalışmalar öğrencilerin bilimsel modelleri ve modelleme uygulamalarını anlamalarının, bilimsel bilgilerini artırdığını, öğrenme performansı ve öğrenmeye olan ilgilerine olumlu etki ettiğini göstermiştir (Cheng ve Lin, 2015; Gobert vd., 2011; Schwarz ve White, 2005). Model ve modelleme konusunda daha tutarlı ve daha ayrıntılı bir anlayışa sahip öğrenciler matematik ve fen bilimleri derslerinde de daha iyi notlar almaktadır (Krell vd., 2012).

Öte yandan, Nielsen ve Nielsen (2021) modellerin ve modellemenin fen öğretimine entegrasyonunun zorluğuna dikkat çekmektedir. Araştırmacılar bunu başlıca iki sebebe bağlamaktadır. İlki, öğretmen ve öğrencilerin model ve modelleme ile ilgili bilgilerinin değerlendirilmesindeki zorluktur. İkinci sebep ise bilimsel model ve modellemenin bilim eğitimi programlarında giderek daha belirgin yer alması ve bunu desteleyecek bir program yapısının gerekliliğidir. Ayrıca okullarda fen bilimleri dersinde modelleri kullanma, modellerle öğretme ve öğrenme konularında (Harrison ve Treagust, 2000) ve bilimsel modellemenin fen müfredatına nadiren dahil edilmesi (Van Driel ve Verloop, 1999) gibi önemli sorunlar da yaşanmaktadır. Harrison ve Treagust'a (2000) göre öğretmenler ders kitapları, videolar ve bilgisayar simülasyonları gibi öğretim materyallerinde yer alan modellerin öğrencilerin zihinlerindeki etkisini ve ne anlama geldiğini tahmin etmekte zorlanmaktadır. Örneğin, Nielsen ve Nielsen (2021), Danimarka müfredatında, öğretmenlerin modelleme yeterliliğini benimseyip işlevsel hale getirebilmeleri için desteklenmelerinin gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Araştırmalar modellemenin fen sınıflarında bir uygulama olarak benimsenmesine yani öğretmenlerin modelleme süreçlerini değerlendirebilmesi, yorumlayabilmesi ve işlevsel hale getirebilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir.

Derslerde bilimsel modelleri kullanmak öğrencilerin derse olan motivasyonunu artırır ancak zaman zaman öğrencilerin kendi kendilerine ya da grup etkileşimleri sonucu beklenmedik alternatif kavramları oluşabilir (Harrison ve Treagust, 1996, 2000). Fen eğitiminde modeller ve modelleme ile gerçekleştirilen araştırmaların

önemli bir bölümü öğrencilerin fen eğitimindeki model ve modelleme anlayışına odaklanmaktadır (Bamberger ve Davis, 2013; Cheng vd., 2017; Grosslight vd., 1991; Treagust vd., 2002). Ancak çalışmalar, öğrencilerin modellerin fen bilimlerinde ve bilim dünyasındaki değeri veya rolü hakkında çok sınırlı bir anlayışa sahip olduğunu göstermiştir (Grosslight vd., 1991; Harrison ve Treagust, 1996). Örneğin, ortaokul seviyesindeki öğrencilerin önemli bir bölümü modelleri yalnızca bilimsel olayların kopyaları olarak gören bir anlayışa sahiptir (Chen ve Lin, 2015; Grosslight vd., 1991). Fen derslerinde ise genellikle modeller öğrencilere statik gerçekler olarak sunulmaktadır (Van Driel ve Verloop, 1999) ve öğrenciler aktif olarak model oluşturmaya ve revize etmeye teşvik edilmemektedir. Bilimsel modellerin doğasının önemi öğretmenler tarafından kabul edilse de yapılan çalışmalar çoğu zaman modellerin içeriğine ve görsel unsurlarına odaklanıldığını ve bilimsel modellerin doğasının göz ardı edildiğini ortaya çıkarmıştır (Aktan, 2016; Nielsen ve Nielsen, 2021; Van Driel ve Verloop, 1999).

Ülkemizde de fen eğitiminde 2005 yılında gerçekleştirilen müfredat değişikliği ile öğretim programında modelleme konusu daha çok yer almış ve ilerleyen yıllarda yapılan değişikliklerle hız kazanmıştır (MEB, 2018). Ancak, Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda modelleme ile ilgili yer alan bilgilerin halen yeterli olmadığı görülmektedir (Aktan vd., 2019; Ayvaci ve Bebek, 2017). 2024 yılında yayınlanan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde (MEB, 2024) öğrencilerin kazanması gereken 13 fen bilimleri alan becerisi belirlenmiştir ve bu alan becerileri arasında bilimsel model oluşturma da yer almaktadır. Öğrenim sürecinde açıkça öğrencilerin doğrudan gözlemlemeyeceği doğal olgular, konular için modellerden faydalanılması gerektiği belirtilmiştir. "Kavramsal içerikle bütünleştirilen model oluşturma süreci; bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarım döngüsü dikkate alınarak, güncel öğretim yaklaşım ve yöntemleri ile zenginleştirilerek planlanmalıdır" ifadesine açıkça yer verilmiştir (MEB, 2024, s. 8). Öğrencilerin modeller aracılığıyla düşüncelerini sağlamak için model geliştirme, tasarlama ve değerlendirme gibi üst seviye modelleme etkinlikleri müfredatımızda henüz bulunmamaktadır. Ders kitaplarımızda yer alan modellerin önemli bir kısmının ise fiziksel ve matematiksel modellerle ilgili olduğu görülmektedir (Aktan vd., 2019). Literatürde model tabanlı öğretim uygulamalarının, mevcut modellerin kullanımından da öte, öğrencilerin model geliştirme ve kullanmasını da içerecek ve onların bilimsel modeller veya modelleme uygulamaları hakkındaki anlayışlarını geliştirecek şekilde tasarlanması gerektiği savunulmaktadır (Cheng vd., 2014; Cheng ve Brown, 2015; Gilbert ve Justi, 2016; Louca ve Zacharia 2012).

Bu çalışmada amaç ortaokul öğrencilerinin iki farklı müdahale olarak, bilimsel model eğitimi ve model tabanlı etkinliklerle yürütülen program sonucunda model algıları ve modelleme seviyelerinin nasıl değiştiğini belirlemektir. Ayrıca ortaokul öğrencilerinin bilimsel model anlayışları ile modelleme seviyeleri arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada üçü deney (eğitim, modelleme, eğitim ve modelleme), biri kontrol grubu olmak üzere dört farklı şube yer almıştır. Araştırma kapsamında "Canlılarda Üreme, Büyüme ve Gelişme", "Hücre ve Bölünmeler", ve "DNA ve Genetik Kod" üniteleriyle ilgili geliştirilen model tabanlı öğretim uygulamalarının öğrencilerin modelleme seviyesi ve modelleme algısı üzerindeki etkisi nedir sorusuna cevap aranmaktadır. Bu çalışmanın alt araştırma soruları ise şu şekildedir:

1. Çalışmada model tabanlı eğitim ve etkinlikle ders işlenen, geleneksel eğitimle ders işlenen, yalnızca model tabanlı eğitimle ders işlenen ve yalnızca model tabanlı etkinlikle ders işlenen gruplardaki öğrencilerin model algılarının gelişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var mıdır?
2. Çalışmada deney gruplarında yer alan; model tabanlı eğitim ve etkinlikle ders işlenen ve yalnızca model tabanlı etkinlikle ders işlenen öğrencilerin modelleme seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var mıdır?
3. Çalışmada yer alan öğrencilerin modelleme seviyeleri ve model algıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki var mıdır?

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Model tabanlı eğitimin öneminden yola çıkarak tasarlanan ve eş zamanlı karma araştırma (Creswell ve Plano Clark, 2018) deseninde yürütülen bu çalışmada, model tabanlı etkinliklerle yürütülen derslerin öğrencilerin model algısı ve modelleme seviyesini nasıl etkilediğini araştırmak için nicel ve nitel analiz yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Nicel ve nitel verilerin birlikte toplandığı eş zamanlı karma yöntem deseni, veri kaynakları ve

yöntem çeşitliliği sağlayarak araştırma problemlerine daha bütüncül ve kapsamlı cevaplar üretebilmektedir (Creswell ve Plano Clark, 2018; Leech ve Onwuegbuzie, 2009). Araştırmanın odak noktası bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında eğitim verilen, model tasarımı etkinliği yapan öğrencilerin model algıları ve modelleme seviyelerinin, eğitim almayan ve etkinlik yapmayan öğrencilere göre nasıl değiştiğinin ortaya çıkarılmasına dayanmaktadır. Bundan yola çıkarak öğrencilerden bilimsel modelleme döngüsüne göre modeller tasarlama ve geliştirmeleri istenmiştir. Model tasarımı ve modelleme etkinliklerinin sınıf içinde uygulanması için, Khan (2007) tarafından önerilen, modellerin oluşturulması, değerlendirilmesi ve değiştirilmesini içeren GEM döngüsü (*model generation, evaluation and modification*) kullanılmıştır. GEM döngüsünün ilk basamağı, *model oluşturma* aşamasında, bilimsel bir konu ve problemle ilgili öğrencilere önceden sahip oldukları bilgi, deneyim ile farklı kaynakları (örneğin ders kitabı, İnternet gibi basılı ve dijital kaynaklar) kullanarak tartışabilecekleri, fikir alışverişinde bulunabilecekleri bir ortam sunulmuştur. Daha sonra bu süreçte ortaya çıkan zihinsel modeller öğrenciler tarafından çizilerek ve açıklanarak bireysel olarak tasarlanmış, geliştirilmiş ve ön modeller oluşturulmuştur. *Değerlendirme* aşamasında ise öğrenciler oluşturdukları ön modelleri amaç ve temsil etme gücü (Aktan, 2016) veya doğruluk ve inandırıcılık (Schwarz ve White, 2005) gibi çeşitli açılardan değerlendirmektedir. Böylece küçük düzeltmeler yapabilir ve alternatif tasarımlar geliştirilebilir. Döngünün son aşamasında, *modifikasyon* sürecinde modeller revizyona tabi tutulmuştur. Son modellerin tasarlandığı süreçte zaman zaman küçük ölçekli düzeltme ve değişiklikler veya modeli yeniden oluşturmayı gerektiren kapsamlı değişiklikler yapılmıştır. Kısacası, model tabanlı öğretim etkinlikleri sırasında öğrencilerden yalnızca açıklayıcı bilimsel modeller oluşturmaları için uygun kavramları öğrenmeleri ve kullanmaları değil aynı zamanda kendi modellerini revize etmeleri veya değiştirmeleri de beklenmektedir.

Araştırma süreci boyunca, katılımcı gözlemci olarak görev yapan birinci yazar, fen bilimleri öğretmeni olarak dört şubeden verilerin toplanması, araştırmanın ve derslerin yürütülmesinde yer almıştır. Ortaokul öğrencilerinin modelleme seviyeleri hakkında daha kapsamlı bir resim elde edebilmek amacıyla araştırmacılar tarafından müfredata uygun olarak hazırlanan dört ayrı model tasarım etkinliği çalışmaya katılan dört şubeden ikisinde (hem etkinliklere katılan hem eğitim alan ve sadece etkinliklere katılan şubeler) uygulanmıştır (Bkz., Tablo 1). Diğer bir şubede sadece geleneksel eğitimle dersler işlenmiş, dördüncüsünde ise sadece bilimsel modeller ve doğası üzerine öğrencilere etkinlikler öncesinde eğitim verilmiştir. Araştırma verileri başlıca öğrencilerin model algısını ortaya koyan, ön-son test olarak uygulanan bir ölçek, öğrencilerin sorulara cevap verdiği, ön ve revizyon sonrası son model tasarımlarını çizdiği ve açıklamalarını yazdığı etkinlik defteri ve de model tasarımları ile açıklamaların değerlendirildiği rubriklerden elde edilmiştir. Araştırmanın başında öğrencilere etkinlik defterleri dağıtılmış ve bu defterden toplanan modellere ilişkin nitel temalar nicelleştirilmiş ve hazırlanan rubriklere göre her birine puan ataması yapılmıştır. Araştırmaya katılan deney ve kontrol şubeleri rastgele atanmış ancak çalışmanın yürütüldüğü okul, öğrenciler uygun örneklem yöntemi ile uygunlukları göz önüne alınarak seçilmiştir (Büyüköztürk vd., 2018; Fraenkel vd., 2012).

Araştırma sürecinde farklı veri kaynakları üzerinden elde edilen nicel ve nitel verilerden yararlanılmıştır:

- Nicel veri kaynakları (SUMS-TR Ölçeği, Model değerlendirme rubriği).
- Nitel veri kaynakları (Etkinlik defteri, model tasarımı ve çizimleri, yazılı açıklamalar, gözlem notları).

Bu araştırmada ölçme aracı olarak kullanılan Öğrencilerin Bilimsel Model Algı Ölçeği (SUMS-TR) orijinal dili olan İngilizceden çevrilmiştir. Orijinal ölçek Treagust vd. (2002) tarafından geliştirilmiştir; literatürde çok sayıda inceleme ve araştırmaya konu olmuş geçerli, güvenilir bir araçtır. Nicel verilerin analizinde SPSS 23 programı kullanılmıştır. Çalışmanın nitel verileri ise başlıca öğrencilerin süreç içerisinde etkinlik defterlerine yazdıkları metinlerin, yazılı açıklamaların, model tasarımları ve çizimlerinin incelenmesinden (Bkz. Ekler) elde edilmiştir. Veri toplama amacıyla uygulanan, geliştirilen modelleme etkinlikleri ise araştırmacılar tarafından tasarlanmış pilot çalışmalar ve uzman değerlendirmeleri sonucunda düzenlenerek son halini almıştır. Bu araçlardan elde edilen nicel ve nitel veriler yine araştırmacılar tarafından literatür dikkate alınarak hazırlanmış olan rubriklere göre değerlendirilmiştir. Bu makalede, araştırmanın nicel verilerinden elde edilen bulgular paylaşılmıştır.

Çalışma Grubu

Veriler, 2022-2023 eğitim ve öğretim yılında Düzce ilinde yer alan bir ortaokulda öğrenim görmekte olan dört ayrı sınıftaki 36'sı kız ve 44'ü erkek olmak üzere toplam 80 öğrenciden (83 katılımcının yer aldığı araştırma sürecinde üç öğrenci ayrılmış, verileri analize dahil edilmemiştir) toplanmıştır. Çalışma grubunda yer alan öğrenciler 7. sınıf bahar ve 8. sınıf güz dönemi boyunca izlenmiştir. Araştırmanın gerçekleştirildiği ortaokul 7. sınıf düzeyinde dört farklı şubeye sahip, kolay ulaşılabilir ve ilin ortalamasını yansıtabileceği varsayılması sebebiyle tercih edilmiştir. Verilerin toplandığı okul, düşük sosyoekonomik düzeylere sahip ailelerin daha yoğun olduğu ve öğrencilerin fen bilimleri dersindeki akademik başarı düzeylerinin ilin genel ortalaması altında olduğu bir okuldur. Araştırmada yer alan öğrenciler daha önce herhangi bir bilimsel modelleme eğitimi almamış ve bilimsel model konusunda öğrenim görmemiştir. Araştırma öncesinde grupların 6. sınıftaki fen bilimleri dersi karne notu ortalamaları ANOVA ile karşılaştırılmış ve dört grubun akademik başarıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun sonucunda grupların denk olduğuna karar verilmiş ve çalışmaya katılan dört şubeden üçü deney biri de kontrol grubu olarak rastgele atanmıştır. Çalışmanın grupları ve araştırma tasarımı Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmanın Katılımcıları ve Araştırma Tasarımı

Gruplar	Ön-test	Deneyisel İşlem	Son-test
Deney Grubu 7A (N=21)	SUMS-TR	Eğitim + Etkinlik	SUMS-TR
Kontrol Grubu 7B (N=23)	SUMS-TR	Geleneksel	SUMS-TR
Deney Grubu 7C (N=20)	SUMS-TR	Eğitim	SUMS-TR
Deney Grubu 7D (N=19)	SUMS-TR	Etkinlik	SUMS-TR

SUMS-TR ölçeği çalışmanın başında ve sonunda tüm sınıflara ön ve son-test olarak uygulanmıştır. Süreci sonunda veriler değerlendirilirken ön ve son uygulamalarının her ikisine birden katılmamış olan ve veri toplama sürecine katılmak için gönüllü olmayan öğrencilerin verileri çalışmaya dahil edilmemiştir. Araştırma sürecinin başında A ve C şubelerindeki öğrencilere bilimsel modellerin rolü, bilimsel modellerin doğası eğitimi bir kez verilmiştir. Bu eğitim kapsamında bilimsel modellerin fen bilimleri ve günlük yaşamdaki kullanım alanları, model kullanmanın önemi, modellerin özellikleri ve modellerin çeşitleri açıklanmış ve çeşitli model örnekleri eğitim kapsamında iki sınıftaki toplam 39 öğrenciye sunulmuştur. A ve C şubelerindeki öğrencilere verilen bu eğitim model tasarım etkinliklerinin gerçekleştirilmesi için gerekli değildir. A şubesinde hem eğitim hem de modelleme etkinlikleri yapılmış; D şubesinde ise sadece modelleme etkinlikleri gerçekleştirilmiştir. B ve C şubelerinde dersler ders kitabında yer alan geleneksel plana göre yürütülmüş, model tabanlı etkinlikler yapılmamıştır.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada uzman görüşleri alınarak materyallerin geliştirilmesi, bu materyallerin kağıt-kalem etkinliği olarak öğrencilere uygulanması ve bu etkinliklerin öğrencilerin model algısı ve modelleme seviyesi üzerindeki etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Araştırmada öğrencilerin model algılarını ölçmek için, ilgili araştırmacılar tarafından izin alınarak SUMS (*Students' Understanding of Models in Science*) ölçeği Türkçeye uyarlanmıştır. Treagust vd. (2002) tarafından geliştirilen orijinal ölçek fen eğitimi literatüründe öne çıkan ve farklı kültürlerde birçok çalışmada kullanılan bir ölçektir. Ölçek ilk olarak İngilizce olarak geliştirilmiş Çince, İspanyolca ve Türkçe olmak üzere farklı dillere çevrilmiştir (örn., Campos vd., 2016; Chang ve Chang, 2013; Cheng vd., 2014, 2019; Derman ve Kayacan, 2017; Everet vd., 2009; Gobert vd., 2011; Park vd., 2017; Villablanca vd., 2020). Orijinal ölçek beşli (kesinlikle katılıyorum 5, kesinlikle katılmıyorum 1) likert tipi bir yapıdadır ve bilimsel modeller, modellerin doğası üzerine 27 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin faktör yapısı beş temadan oluşmaktadır ve güvenilirliği 0.71 ile 0.84 arasında rapor edilmiştir. Bu temalar; çoklu temsiller olarak modeller (ÇTM), gerçeğin kopyaları olarak modeller (GKM), açıklama aracı olarak modeller (AAM), modellerin kullanımı (MK) ve modellerin değişmesidir (MD). Ancak yapılan uyarlama çalışmaları sonucunda ölçeğin 24 madde içerdiğinde daha yüksek geçerlik ve güvenilirliğe sahip olduğu hesaplanmıştır. Uyarlanan bu model yapısı yakın zamanda yapılan çeşitli araştırmalar tarafından da desteklenmiştir (Campos vd., 2016; Cheng ve Lin, 2015; Lazenby ve Becker, 2021; Oliva ve Blanco-Lopez, 2021; Villablanca vd., 2020; Wei vd., 2014). Bu sebeple araştırmanın verileri 24 maddelik uyarlanan ölçek üzerinden toplanmıştır.

Çalışmaya katılan öğrencilere uygulamak üzere araştırmacılar tarafından 7 ve 8. Sınıf müfredatından çeşitli ünitelerden 4 farklı biyoloji etkinliği hazırlanmıştır. Bu etkinlikler Fen Bilimleri Dersi kapsamında model tasarımı ve modelleme etkinlikleri ile ders yapan iki deney grubunda yer alan öğrencilere uygulanmıştır. İlk etkinlik olan çiçek modeli yapalım etkinliğinde öğrenciler öncelikle belirli çiçek modelini çizerek bölümlerini adlandırmıştır. Bu gibi modeller genellikle orijinal hedefin şekil ve yapısını tasvir etmek için kullanılan ancak nadiren de olsa işlevleri veya mekanizmaları temsil eden kavramsal ve ölçekli modellerdir (Coll, 2006; Harrison ve Treagust, 2000). Öğrencilerin diğer üç etkinlikte oluşturduğu modeller ise modelin doğasına ve altında yatan mekanizmalara da odaklanmayı gerektirmektedir (Penner vd., 1997). Mendel kalıtımı ve DNA'nın kendini eşlemesi etkinliğinde öğrenciler genetik bilginin kodlanmasını ve aktarımını açıklamak için fonksiyonel, kavramsal modeller oluşturmuştur. Son olarak öğrenciler hücre bölünmesi etkinliğinde yapıları tasvir etmek için ölçekli modeller ve kavramsal etkileşimleri analiz etmek için fonksiyonel modeller tasarlamıştır. Çalışma kapsamındaki etkinliklerin üniteleri ve konularının kapsamı aşağıda sunulmaktadır;

- 7. Sınıf, Hücre ve Bölünmeler Ünitesi, 1. Etkinlik Hücre Bölünmesi Etkinliği (HBE),
- 7. Sınıf, Canlılarda Üreme, Büyüme ve Gelişme Ünitesi, 2. Etkinlik Çiçek Modeli Yapma Etkinliği (ÇMYE),
- 8. Sınıf, DNA ve Genetik Kod Ünitesi, 3. Etkinlik DNA'nın Kendini Eşlemesi Etkinliği (DNA-E),
- 8. Sınıf, DNA ve Genetik Kod Ünitesi, 4. Etkinlik Mendel Kalıtımı Etkinliği (MKE).

Öğrencilerin çizimleri ve açıklamaları ile aktarılan 'zihinsel modelleri', hedef olgunun içsel bir temsilini ifade etmektedir. Öğrencilerin ön ve revize edilmiş son modellerini değerlendirmek için kullanılan "Öğrenci Modellerini Değerlendirme Rubriği (ÖMDR)" Pluta ve diğerlerinin (2011) çalışmasından yola çıkarak, literatürde yer alan farklı çalışmalar da göz önünde bulundurularak (Cheng ve Brown, 2015; Cheng ve Lin, 2015; Cheng vd., 2017, 2019; Grosslight vd., 1991) araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Bkz. Ekler). Öğrencilerin modelleri modelin amacı, modelin bileşenleri ve modelin iletişim unsurları olmak üzere üç başlıkta değerlendirilmektedir: Modelin Amacı (tasarımda modelin amacı, 5 kriter 0-15 puan); Modelin Bileşenleri (tasarlanan modelin bileşenleri, 5 kriter 0-15 puan); Modelin İletişim Unsurları (tasarlanan modelin iletişim unsurları, 4 kriter, 0-12 puan).

Verilerin Analizi

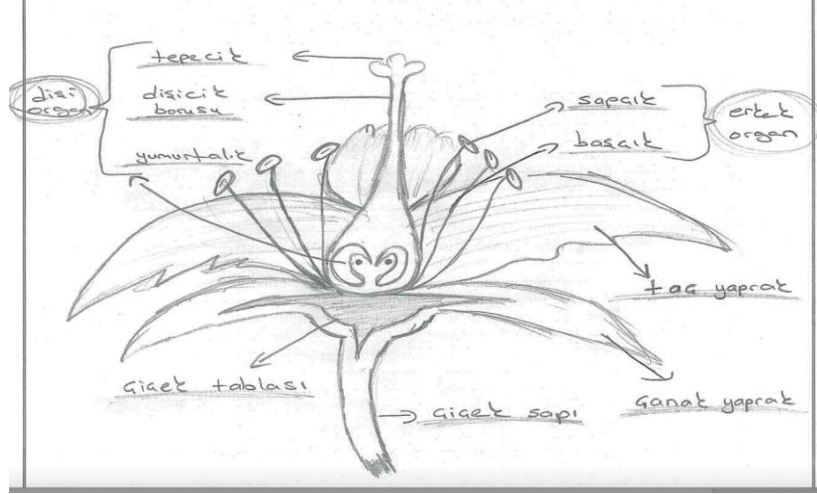
Araştırma sürecinde tüm katılımcılara tanımlayıcı kodlar (sınıf, cinsiyet, etkinlik vb., örneğin DBBK) verilmiş, toplanan tüm veriler sistematik olarak kayıt altına alınmıştır. ÖMDR ve SUMS-TR ölçeğinden, model tasarımları, çizimler ve açıklamaların yer aldığı etkinlik defterlerinden elde edilen ön ve son veriler kontrol edilerek bilgisayar ortamına (MS Word, MS Excel, SPSS dosyalarına) aktarılmıştır. Analizler ölçek ve rubrik toplam ve alt puanları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Toplanan nicel veriler kayıp veriler, normal dağılım ve çarpıklık gibi kriterler yönünden incelenmiştir. Sınıf içi ve sınıflar arası verilerin karşılaştırılması ve incelenmesinde betimsel analiz ve parametrik testlerden (bağımlı ve bağımsız t-testi, tek yönlü ANOVA) yararlanılmıştır.

ÖMDR kapsamında üç ayrı bölümde yer alan kriterler, düşük seviyeden yüksek seviyeye kadar değişen üç düzeyde sınıflandırılmıştır. Eğer bir alt bölümde yer alan ilgili gösterge ve kriter o modelde, mevcut değil, değerlendirilmesi imkansız veya anlaşılmıyor ise 0 puan üzerinden değerlendirilmiştir. İlgili gösterge veya kriter var ancak belirsiz, tam olarak tanımlanmamış ve eksik ise 1, ilgili gösterge veya kriter var, anlaşılır ve açıkça belirtilmiş, tanımlanmış ise 2 ve ilgili gösterge veya kriter var, birden fazla anlaşılır tanımlama verilmiş; olgu veya problemin neden ve nasıl olduğu, geliştiği, temsil edildiği belirtilmiş ise 3 puan üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Örneğin, modelin amacı alt boyutunda 5 kriter (açıklama, tanımlama, temsil etme/gösterme, cevaplama ve veri) yer almaktadır. Bir öğrenci modelinde bu bölümden alınabilecek puan aralığı 0-15 arasında değişmektedir. Modelin bileşenlerinin kalitesinin ve yeterliliğinin değerlendirildiği modelin bileşenleri alt boyutu da 5 kriterde (resimler, kelimeler, diyagramlar, etiketler ve çizimler) incelenmektedir. Bu bölümden de her bir kriter için en fazla 3 puan olmak üzere alınabilecek toplam puan 0-15 arasında değişmektedir. Modelin iletişim unsurları alt boyutu ise 4 kriterde (netlik, organizasyon,

ilişkilendirme ve akıl yürütme) değerlendirilmiştir ve alınabilecek puan aralığı 0-12'dir. Bir öğrenci modelinin toplamda alabileceği değer 0-42 puan aralığında değişmektedir.

Öğrenci Modellerinin Puanlanması Örneği

Derslerin yalnızca model tasarımı ve modelleme etkinliği ile yürütüldüğü D şubesinden bir öğrencinin ÇMYE etkinliğinde çizdiği bilimsel çiçek modeli tasarımı Şekil 1'de görülebilir. Öğrencinin bu tasarımı modelin amacı alt boyutundan 11, modelin bileşenlerinden 15 ve modelin iletişim unsurlarından 8 olmak üzere toplamda 34 puan almıştır.



Şekil 1. D Şubesi Deney Grubunda Yer Alan Bir Öğrencinin Çiçek Modeli

Örneğin bu öğrenci, *Modelin Amacı* alt boyutunda, *Açıklama* kriterinden puan alamamıştır. Öğrencinin incelenen modelinde çiçeğin yalnızca bölümleri gösterilmiş ancak olgu veya problemin nasıl ve niçin olduğuna dair bir açıklama yapılmamıştır. Modelde çiçeğin bölümleri gösterilmiş ancak bu bölümlerin görevlerine ya da birbiriyle olan ilişkilerine dair bir açıklama yapılmamıştır. Modelde herhangi bir açıklama bulunmadığı kabul edilerek 0 puan üzerinden değerlendirilmiştir. *Tanımlama*: Model çiçekte yer alan bölümlerin aslında tam olarak nasıl olduğunu tanımlayan bir görüntünün öğrencinin zihninde oluştuğunu göstermektedir. Modelde çiçeğin bölümlerinin önemli bir kısmı bulunmakta ve bu bölümlerin isimleri doğru şekilde tanımlanmaktadır. Model çiçeğin yapısına ve içeriğine tam olarak uygundur. Bu bilimsel model tanımlama kriterini tam olarak karşıladığından 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir. *Temsil etmek*: Model çiçeğin içeriğini, temsili tam olarak göstermektedir. Model ona bakan bir diğer kişinin onun bir çiçek modeli olduğunu ve bölümlerinin neler olduğunu rahatça anlayabileceği şekilde tasarlanmıştır. Modelin tasarımı, çizimi veya planı hedefe oldukça yakın bir temsil sunmaktadır. Burada beklenen birebir benzerlik değildir. Model fonksiyonel ve yapı olarak amacıyla örtüşmektedir. Modelde yer alan kısımlar öğrencilere verilmek istenen hedefi tüm yönleriyle temsil ettiği için 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir. *Cevaplamak*: Öğrencinin modeli çiçeğin hangi bölümlerden oluştuğuna ve bu bölümlerin ne şekilde bir araya geldiğine yanıt vermektedir. Ancak bu bölümlerin görevlerini nasıl yaptığını ve ne ürettiğine dair birçok soruya cevap vermemektedir. Model bir şeyin nasıl, niçin, ne kadar olduğu gibi sorulara, yanıt vermiyorsa 0, belirsiz ve eksik bir yanıt sunuyorsa 1, anlaşılır ve açık bir yanıt varsa 2, birden fazla yanıt varsa 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Burada model çiçeğin bölümlerinin hangi kısımlardan oluştuğuna ve bu bölümlerin nasıl bir araya geldiğine dair bilgi vermektedir ve 2 puan üzerinden değerlendirilmiştir. *Veri*: Modelde yer alan tanımlamalar çiçekle ilgili verileri desteklemektedir. Tanımlamalar doğru, birden fazla açık ve anlaşılır veri içerdiği için 3 puanla değerlendirilmiştir.

Modelin Bileşenleri alt boyutunda *Resimler* kriterinden 3 puan almıştır. Modeli oluşturan çizimler nettir, bütün bölümler açıkça ayrılmıştır. Çiçeğin bölümlerinin nasıl olduğu, ne şekilde bir araya geldiğini açık belirten resimler yer almaktadır. *Kelimeler*: Modelde yer alan kelimelerin tamamı doğru değildir ve bazı kelimeler uygun yerlere yazılmamıştır. Örneğin öğrenci erkek organ kısmında başçık ve sapçığı yanlış göstermiştir. Ancak bunun dışında modelde anlaşılır ve açıkça belirtilmiş tanımlanmış birden fazla kelime bulunduğu için bu bölümde 3 puanla değerlendirilmiştir. *Diyagramlar*: Bu kriter bilimsel modelin kendisinin bir diyagram

olarak değerlendirildiği kriterdir. Kelimeler açıklamalar arasındaki ilişkilerin bir diyagram olarak değerlendirilmesi sonucunda bu modelde öğrenci, çiçek modelinde dişi organın bölümlerini gösterip bunları birbirine doğru bir şekilde bağlamıştır. Bu şekilde birden fazla doğru ilişkilendirmeler olduğu için de 3 puanla değerlendirilmiştir. *Etiketler*: Modelde yer alan kısımlara ait isim etiketlerinin yerlerinin isimlerinin değerlendirildiği kriterdir. Modelde okla işaret edilen bölümler etiket olarak tanımlanmıştır. Model üzerinde okla işaret edilmiş bir yer yoksa 0 puanla değerlendirilmiştir. Modelde öğrenci bir yeri okla belirtmiş ancak isimlendirmemiş ise o yerin diğerlerinden farklı olduğunu bildiği veya ismini tam olarak bilmediği şeklinde yorumlanmıştır. Öğrenci bu modelde birden fazla açık anlaşılır işaretlenmiş, ok ile etiketlendirme yapmış ve 3 puan almıştır. *Çizimler*: Modelde yer alan her türlü çizim ve sembollerin değerlendirildiği kriterdir. Modelde anlaşılır doğru bir çizim yok ise 0, bir tane belirsiz veya tam olarak tanımlanmamış eksik çizim varsa 1, anlaşılır ve açıkça belirtilmiş, tanımlanmış doğru bir çizim var ise 2, birden fazla anlaşılır doğru çizim var ise 3 puan olarak değerlendirilmiştir. Öğrencinin modelinde 9 tane ok yer almaktadır ve nereyi gösterdiği tam olarak bellidir. Dolayısıyla 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir.

Modelin İletişim Unsurları alt boyutu da benzer şekilde puanlanmıştır ve 4 kriterde incelenmektedir. *Netlik* kriteri bilimsel modelin başkaları tarafından ne kadar net anlaşılabilirliğinin değerlendirildiği kriterdir. Modelde yer alan etiket, kelimeler, resimler ve diyagram gibi öğelerde eksikler olup olmadığı değerlendirilmektedir. Öğrencinin modelinde yer alan erkek organ ve sapçığın yerleri yanlış gösterilmiş olsa da modelde yer alan etiketler, kelimeler, resimler net olarak anlaşılabilir ve üç puanla değerlendirilmiştir. *Organizasyon*: Model tasarımında belirgin bir organizasyonun bulunup bulunmadığının değerlendirildiği kriterdir. Model tasarımının organize ve düzenli olup olmadığına bakılır. Öğrencinin modelinde yer alan çiçeğe ait organların bölümleri ayrı ayrı ilişkilendirilmiştir. Örneğin dişi organ bulunan tepelik, dişik borusu ve yumurtalık ayrı ayrı oklarla ve doğru bir organizasyonla ilişkilendirilmiş ancak erkek organın organizasyonu hatalıdır. Bu kriterden 2 puan verilmiştir. *İlişkilendirme*: Modelde çiçeğin bölümleri ile ilgili birden fazla net ilişkilendirmeler olup olmadığının değerlendirildiği kriterdir. Modelde yer alan tüm ilişkilendirmeler eksiksiz ve net olduğundan 3 puan üzerinden değerlendirilmiştir. *Akıl Yürütme*: Modelin bölümlerinin altında yatan mekanizmaların ve modelde yer alan bölümlerin fonksiyonları üzerine akıl yürütmelerin bulunup bulunmadığının değerlendirildiği kriterdir. Çiçek modelinde yumurtalığın içerisinde tohum taslağı çizilmiş ayrı bir yapı olarak gösterilmiş ancak yumurtalıktan ayrı tanımlanmamıştır. Modelde çiçeğin kısımları kısmen doğru gösterilmiş ve doğru ilişkilendirilmiştir. Çiçekte yer alan bölümlerin fonksiyonu ve çiçek içerisinde yaptığı görevlere dair herhangi bir bilgilendirme sunulmamıştır. Örneğin öğrencinin döllenmeden sonra tohumu oluşturacak olan tohum taslağını çizdiği ancak buranın ismini yazmadığı yumurtalığın bir kısmı olarak gösterdiğini ve fonksiyonunu belirtmediği görülmektedir. Ancak bu akıl yürütme tam doğru ve eksiksiz değildir. Erkek organın bölümleri yanlış gösterilmiş, fonksiyonu ve görevine ilişkin akıl yürütmeye yer verilmemiştir. Örneğin erkek organın başçık kısmında polen üretildiği ve bu polenin üremede görev yaptığına dair bir akıl yürütme yoktur. Yine, taç yaprakların böcekleri çekmek için renkli ve güzel kokulu olduğu veya görevine ilişkin bir vurgulama yapılmamıştır. Öğrencinin modeli bu kriterden puan alamamıştır.

Geçerlilik ve Güvenilirlik

Araştırma sürecinin, verilerin ve sonuçlarının geçerliliği ve güvenilirliği araştırma sorularına anlamlı, test edilebilir ve tekrarlanabilir bilimsel cevaplar üretebilmek için önemlidir (Creswell ve Plano Clark, 2018). Bu araştırma öncesinde gerekli izinler alınmış, literatüre dayalı olarak geliştirilmiş veri toplama araçları ve etkinliklerin uzman ve öğretmen görüşleri dikkate alınarak pilot uygulamalarla test edilmesi sağlanmıştır. Bilimsel modeller ve modelleme eğitimi ve model tabanlı etkinliklerin içeriği, hazırlanması için ilgili uzman görüşleri üç araştırmacı, Türk Dili alanından iki öğretmen ve bir fen bilgisi öğretmeninden elde edilmiştir. Alınan geri dönüşler sonucunda gerekli düzeltmeler yapılarak etkinliklere son hali verilmiştir. SUMS ölçeğinin Türkçeye uyarlanma sürecinde Beaton vd. (2000) tarafından önerilen adımlar izlenmiş, çeviri-ters çeviri tekniği uygulanmıştır. Üç alan, iki Türkçe ve iki İngilizce dil uzmanının kontrolünde hazırlanan ölçek anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve iç geçerlik açısından bir grup 6. sınıf öğrencisiyle (N = 55) test edilmiştir (Cronbach alfa = 0.852). Son aşamada farklı bir popülasyon ve sınıf düzeyinden (5-7. Sınıflar) katılımcılarla (N = 276; χ^2/df = 1.475, CFI = 0.951, TLI = 0.947, RMSEA = 0.042) SUMS-TR ölçeğinin psikometrik özellikleri ve doğrulayıcı faktör analiziyle (Mplus 7) yapı geçerliliği incelenmiştir (Cronbach alfa = 0.884).

Ayrıca ÖMDR'nin geliştirilme sürecinde ve nitel verilerin kodlanmasında araştırmacılar arası uyum istatistikleri hesaplanmıştır. İki sınıftan elde edilen öğrenci modellerinin %10'u rastgele seçilerek araştırmacılar tarafından bağımsız olarak kodlanmıştır. Kodlayıcılar arası güvenilirlik Krippendorff'un alfa testi ile belirlenmiştir (Hayes ve Krippendorff, 2007). Son model toplam puanları üzerinden elde edilen sonuç ($\alpha = 0.880$) araştırmacıların aynı fikirde olduğu ve ideal olarak uyum yakaladığını ($\alpha > 0.80$) göstermiştir. Araştırmada kullanılan rubriğin geliştirilme sürecinde de alan uzmanları ve öğretmenlerden destek alınmıştır.

Etik Bildirim

Etik Kurul İzin Bilgisi: Bu araştırma, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Sosyal ve Beşeri Bilimler kurulunun 14/12/2021 tarihli E-35853172-300-00001927217 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür

Bulgular

Bu bölümde araştırma sorularına yönelik elde edilen bulgular ve yorumlara yer verilmektedir. Bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında eğitim verilen ve model tabanlı öğretim etkinliklerinin uygulandığı deney grubu öğrencileri ile öğretim programının öngördüğü biçimde geleneksel öğretim yapılan kontrol grubu öğrencilerinin modelleme algıları ve modelleme seviyeleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı ile ilgili bulgular ve yorumlardan sırasıyla bahsedilmiştir. Eğitim verilen iki deney grubunda (A ve C şubeleri) eğitimin süresi iki ders saatini almıştır. Modelleme etkinliği yapan sınıflarda (A ve D şubeleri) ise her bir etkinlik iki ders sürmüştür. Analizlere yalnızca ön ve son modelleri tamamlayan ve model algısı ön ve son-test sonucu bulunan öğrenciler dahil edilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği okuldaki devamsızlığın ve öğrenci sirkülasyonunun yüksek olması nedeniyle iki sınıftan (A ve D) toplamda 306 ön ve son model verisi elde edilebilmiştir.

Öğrencilerin Model Algılarına İlişkin Bulgular

Bu çalışmanın birinci araştırma sorusu, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin modelleme algıları arasında sürecin başında ve sonunda istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığını araştırmaktadır. Bu bölümde öğrencilerinin modelleme algıları arasında farklılık olup olmadığını anlamak için, SUMS-TR ölçeği kullanılmıştır. Çalışmada üç deney ve bir kontrol grubunda model tabanlı eğitim ve etkinlikle ders işleyen A şubesinden 20, geleneksel eğitimle ders işleyen B şubesinden 23, yalnızca model tabanlı eğitimle ders işleyen C şubesinden 19 ve yalnızca model tabanlı etkinlikle ders işleyen D şubesinden 18 olmak üzere toplam 80 ön ve son-test verisi toplanmıştır. Bu öğrencilerin 36'sı kız 44'ü erkektir. Şubelerde yer alan öğrencilerin sayıları ve ölçek ön-son test puan ortalamalarına ait betimsel istatistikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. SUMS-TR Ölçeği Puan Ortalamalarının Sınıflara Göre Dağılımı

Şubeler	n	%	$\bar{X}_{\text{Ön}}$ (SS)	$\bar{X}_{\text{Son}}$ (SS)
A (Eğitim + Etkinlik)	20	25.0	3.43 (0.23)	3.32 (0.42)
B (Geleneksel)	23	28.7	3.30 (0.28)	3.28 (0.24)
C (Eğitim)	19	23.8	3.34 (0.25)	3.37 (0.21)
D (Etkinlik)	18	22.5	3.05 (0.38)	3.32 (0.49)
Toplam	80	100.0	3.29 (0.31)	3.32 (0.35)

Tüm grupların ön ve son-test puan ortalamaları incelendiğinde, grupların model algısında büyük farklılaşmalar olmadığı, ancak bazı şubelerde dikkat çeken değişikliklerin olduğu görülmüştür. Geleneksel eğitim alan B şubesinde model algısında hafif bir düşüş yaşanırken, eğitim ve etkinliklerin yer aldığı A şubesinde ise daha belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Bununla birlikte, model algılarına ait son-test puanlarında eğitim yapılan C şubesinde küçük bir artış ortaya çıkmış; model tabanlı etkinliklerin yapıldığı D şubesinde ise çok daha büyük artış gözlenmiştir.

Tüm şubelerdeki öğrencilerin şube bazında model algısı puanlarının normalliği için çarpıklık basıklık değerlerine, Kolmogorov-Smirnov ve örneklem sayısının az olması nedeniyle Shapiro-Wilk testlerine bakılmıştır. Tabachnick ve Fidell'e (2013) göre çarpıklık basıklık değerlerinin +1.5 ile -1.5 arasında bulunması

dağılımın normal olduğunu göstermektedir. Sadece C şubesinin son-test basıklık değeri (2.44) hariç, tüm sınıfların ön ve son-test model algısı puanlarının basıklık (-0.88 ile 1.58) ve çarpıklık (-1.16 ile -0.09) değerleri genel olarak uyumludur. Ayrıca tüm şubelerin ön-test ve son-testlerinden elde edilen değerler ($p > .05$) puan dağılımının normal dağılımdan belirgin bir farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Tüm sınıflardan SUMS-TR ölçeği kullanılarak toplanan ön ve son model algısı puanlarının ortalaması ANOVA ile analiz edilmiştir (Tablo 3). SUMS-TR ölçeğinden elde edilen verilerin Levene testi sonuçlarına göre test istatistiği 1.791 ve $p = 0.156$ değeri ($p > 0.05$) gruplar arasında varyansların homojen olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. SUMS-TR Ön-Test ve Son-Test Puanlarına Ait ANOVA Sonuçları

		Karelerin Toplamı	SD	Karelerin Ortalaması	F	p	η^2
Ön-test	Gruplar arası	1.499	3	0.500	5.901	0.001	0.188
	Grup içi	6.434	76	0.085			
	Toplam	7.932	79				
Son-test	Gruplar arası	0.067	3	0.022	0.174	0.913	0.006
	Grup içi	9.779	76	0.129			
	Toplam	9.846	79				

Tablo 3’de yer alan sonuçlar incelendiğinde, farklı uygulamaların yapıldığı sınıflardaki öğrencilerin istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın ön-test puanlarında bulunduğu belirlenmiştir ($F(3, 79) = 5.901$; $p = 0.001$). Gruplar arasındaki bu farkın hangi sınıftan kaynaklandığını tespit etmek için çoklu karşılaştırma testlerine başvurulmuştur. Öğrencilerin ön-testlerine ait varyanslar eşit olup ve grup sayıları eşit olmadığı için LSD testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre D şubesinin puanı, A şubesi ($p = 0.000$, %95 GA = [-0.5725, -0.1960]), B şubesi ($p = 0.008$, %95 GA = [-0.4335, -0.0687]) ve C şubesinden ($p = 0.004$, %95 GA = [-0.4785, -0.0973]) farklılaşmaktadır. Diğer taraftan, ANOVA analizi son-test sonuçları incelendiğinde ise, farklı uygulamaların yapıldığı sınıflardaki öğrencilerin puan ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın bulunmadığı belirlenmiştir ($F(3, 79) = 0.174$; $p = 0.913$).

Ayrıca, tüm sınıfların SUMS-TR ölçeğinden elde ettikleri model algısı puanlarının şube içinde bir farklılaşma gösterip göstermediği bağımlı örneklem t-testi ile incelenmiştir. Sonuçlar A şubesi için SUMS-TR ön-test ve son-test ortalama puanlarının anlamlılık değerlerinin 0.05 değerinden yüksek olduğunu; modelleme etkinlikleri yaptırılan ve modelleme eğitimi verilen bu grubun öğrencilerinin model algılarının değişmediğini göstermektedir ($p > 0.05$). Benzer sonuçlar sadece modelleme etkinlikleri yapan D ($p > 0.05$) ve sadece bilimsel model eğitimi alan C ($p > 0.05$) şubesinde de gözlenmiştir. Beklendiği üzere, geleneksel eğitimin uygulandığı B şubesinin öğrencilerinin model algı puanlarında da bir farklılık ($p > 0.05$) bulunmamaktadır. Sonuç olarak A, B ve C şubelerinin ön ve son-test model algısı ortalama puanlarında belirgin bir farklılık bulunmazken, D şubesi puanlarında dikkat çekici bir artış ($\bar{X}_{\text{Ön}} = 3.05$, $SS = 0.38$; $\bar{X}_{\text{Son}} = 3.32$, $SS = 0.49$) gözlenmiştir. Tüm deney gruplarının model algılarında bir fark gözlemlenmemesi dikkat çekici olsa da literatürde benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Cheng ve Lin, 2015; Cheng vd., 2019; Krell vd., 2015; Villablanca vd., 2020). Literatürde rapor edilen değişken sonuçlara paralel olarak elde edilen bu bulgular daha fazla araştırmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bulguları dikkate alındığında, çalışma grubunun yapısı ve sınırlı sayıda öğrenci içermesi, araştırma süreci ve veri toplama araçları gibi çeşitli faktörler bulguları etkilemiş olabilir.

Öğrencilerin Modelleme Seviyelerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmanın ikinci araştırma sorusu, iki deney grubu (A ve D şubeleri) öğrencilerinin tasarladıkları modellerin seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığını araştırmaktadır. Öğrencilerin model tasarımları rubrik puanlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, bilimsel modeller hakkında eğitim alan ve model tasarım etkinliği ile ders işleyen A şubesinden 78 ön ve 78 son model olmak üzere toplam 156 model verisi (%50.6) toplanmıştır. Yalnızca model tasarım etkinliği ile ders işleyen D şubesinden ise 76 ön ve 76 son model olmak üzere toplam 152 model verisi (%49.4) toplanmıştır. Çalışma kapsamında toplam 308 model verisi değerlendirmeye tabi tutulmuştur. A ve D şubelerinde bulunan öğrencilerin dört ünitenin tamamında tasarladığı bilimsel modellerin ön ve son genel puanlarının ortalama ve standart sapmalarına ilişkin değerler Tablo 4’de verilmiştir. Her iki şubede de ön ve son modelleme seviyelerine ilişkin ortalama puanlarında

belirgin bir artış söz konusudur. Puanlardaki bu artışın modelleme seviyelerinin hangi boyutuyla ilişkili olduğunun tespit edilmesi önemlidir (Tablo 5).

Tablo 4. Öğrencilerin Sınıf Bazında Genel Modelleme Seviyelerine İlişkin Ortalamaları

	Ön Model Puanı	Son Model Puanı
Şubeler	$\bar{X}$ (SS)	$\bar{X}$ (SS)
A (Eğitim + Etkinlik)	0.3373 (0.281)	0.3919 (0.321)
D (Etkinlik)	0.3747 (0.295)	0.4586 (0.315)

A ve D şubesi modelleme seviyelerine ilişkin puanlar model boyutları (*modelin amacı*, *modelin bileşenleri* ve *modelin iletişim unsurları*) bakımından bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. Model Boyutlarına İlişkin Puanların Bağımlı Örneklem T-Testi İle Karşılaştırılması

Şube	Model boyutları	$\bar{X}_{\text{Ön-Son}}$	SS	t	df	p
A	Modelin amacı	-0.0837	0.3284	-2.252	77	0.027*
	Modelin bileşenleri	-0.0478	0.3461	-1.221	77	0.226
	Modelin iletişim unsurları	-0.0267	0.3622	-0.651	77	0.517
	Genel model puanı	-0.0546	0.3243	-1.488	77	0.141
D	Modelin amacı	-0.0842	0.3237	-2.268	75	0.026*
	Modelin bileşenleri	-0.0719	0.3433	-1.826	75	0.072
	Modelin iletişim unsurları	-0.0986	0.3329	-2.584	75	0.012*
	Genel model puanı	-0.0839	0.3083	-2.374	75	0.020*

* $p < 0.05$

A şubesinin bağımlı örneklem t-testi sonuçları genel model puanları ortalamaları ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0546$, $SS = 0.3243$) arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir ($t(77) = -1.488$, $p > 0.05$). Ayrıca, modelin bileşenleri ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0478$, $SS = 0.3461$) ve modelin iletişim unsurları boyutlarında ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0267$, $SS = 0.3622$) da anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($p > 0.05$). Ancak A şubesi model puanlarının, modelin amacı boyutunda anlamlı bir farklılık gösterdiği ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0837$, $SS = 0.3284$) görülmüştür ($t(77) = -2.252$, $p < 0.05$, $d = 0.2516$). Öte yandan modelin amacı boyutuna ilişkin gözlenen farkın etki büyüklüğünün zayıf olduğu görülmektedir.

D şubesinde ise sonuçlar genel model puan ortalamalarıyla ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0839$, $SS = 0.3083$; $t(75) = -2.374$, $p < 0.05$, $d = 0.2601$) birlikte modelin amacı ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0842$, $SS = 0.3237$; $t(75) = -2.268$, $p < 0.05$, $d = 0.2601$) ve modelin iletişim unsurları ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0986$, $SS = 0.3329$; $t(75) = -2.584$, $p < 0.05$, $d = 0.2963$) alt boyutlarında da anlamlı bir farklılık ortaya çıkarmıştır. Ancak söz konusu farkların etki büyüklüğünün zayıf olduğu görülmektedir. D şubesinde modelin bileşenleri alt boyutu ortalamaları ($\bar{X}_{\text{Ön-Son}} = -0.0719$, $SS = 0.3433$) arasında ise anlamlı bir fark yoktur ($p > 0.05$).

A ve D şubeleri arasında başlıca fark bilimsel modeller ile ilgili verilen eğitimidir. Öğrencilerin modelleme seviyelerine ilişkin ortalama puanların şubeler arasında değişip değişmediğini belirlemek için bağımsız örneklem t-testi uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur.

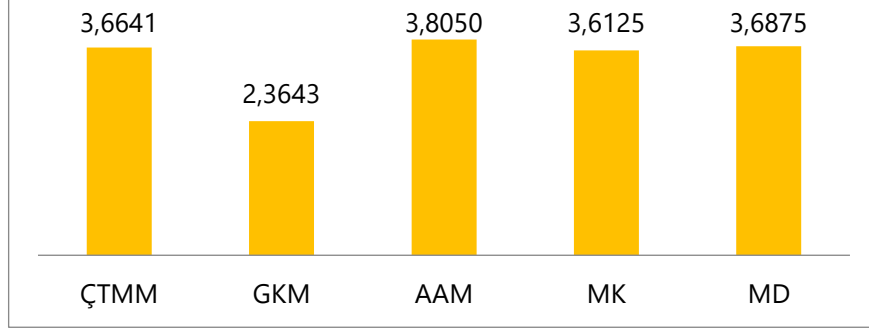
Tablo 6. A Ve D Sınıflarının Model Boyutlarına İlişkin Ortalama Puanlarının Bağımsız Örneklem T-Testi Sonuçları

Model boyutları	Şube	N	$\bar{X}$	SS	t	df	p
Ön-modelin amacı	A	78	0.3111	0.2535	-1.651	146.5	0.101
	D	76	0.3851	0.3000			
Ön-modelin bileşenleri	A	78	0.3974	0.3454	-0.625	152	0.533
	D	76	0.4325	0.3498			
Ön-modelin iletişim unsurları	A	78	0.2949	0.2993	0.114	152	0.909
	D	76	0.2895	0.2859			
Genel ön-model puanı	A	78	0.3373	0.2818	-0.804	152	0.423
	D	76	0.3747	0.2954			
Son-modelin amacı	A	78	0.3949	0.3299	-1.399	152	0.164
	D	76	0.4693	0.3302			
Son-modelin bileşenleri	A	78	0.4453	0.3530	-1.036	152	0.302
	D	76	0.5044	0.3545			
Son-modelin iletişim unsurları	A	78	0.3216	0.3272	-1.314	152	0.191
	D	76	0.3882	0.3004			
Genel son-model puanı	A	78	0.3919	0.3216	-1.300	152	0.196
	D	76	0.4586	0.3150			

Bağımsız örneklem t-testi sonuçları A ve D şubesinin ön ve son model tasarımları açısından karşılaştırıldığında, her iki şubenin model boyutlarına ait verilerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$). A ve D şubelerin modelleme seviyelerinde elde edilen ortalama puanlar büyük oranda benzerdir. Her iki şubede de en yüksek ortalama modelin bileşenlerinde elde edilmiş; yine en düşük ortalama modelin iletişim unsurlarında gözlenmiştir. Sadece model tasarım etkinlikleri yapan D şubesiyle karşılaştırıldığında, hem eğitim alan hem de model tasarım etkinliklerini yapan A şubesine verilen eğitimin bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar aynı zamanda A ve D şubesindeki öğrencilerin modelleme seviyelerinde belirgin bir farklılaşma bulunmadığını ya da istatistiksel olarak ortaya çıkmadığını göstermektedir. Ortaokul öğrencilerine bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında verilen eğitimin onların modelleme seviyeleri üzerinde herhangi bir etkisi olmayabilir. Bu sonuçlar ileri araştırmalarla daha detaylı incelenmelidir.

Öğrencilerin Modelleme Seviyesi ve Model Algısı Arasındaki İlişkiye Dair Bulgular

Bu çalışmanın üçüncü araştırma sorusu, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin modelleme seviyeleri ve model algısı arasında bir ilişki olup olmadığına odaklanmaktadır. Söz konusu ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla Pearson korelasyon analizleri yapılmıştır. Sonuçlar öğrencilerin model algısı ile modelleme seviyesi puanları arasında belirgin bir ilişki bulunmadığını ($r(80) = -0.169$, $p > 0.05$) göstermektedir. Şekil 2'de ise bilimsel modellerin anlaşılmasına ilişkin SUMS-TR ölçeğinden elde edilen ön ve son-test ortalama puanların temalara göre dağılımı yer almaktadır. Gerçeğin kopyaları olarak modeller ($\bar{X}_{GKM} = 2.36$) hariç diğer dört temada (ÇTM, çoklu temsiller olarak modeller; AAM, açıklama aracı olarak modeller; MK, modellerin kullanımı; MD, modellerin değişmesi) katılıyorum yanıtı geçerli yanıttır. Bu sonuç ortaokul öğrencilerinin bilimsel modellerin hedef olguların tam bir kopyası olup olmadığından emin olamadıklarını göstermektedir. En yüksek ortalamaya sahip temalar, sırasıyla AAM ($\bar{X}_{AAM} = 3.80$) ve MD ($\bar{X}_{MD} = 3.68$) olmuştur. Bu sonuçlar öğrencilerin, bilimsel modelleri bir açıklama aracı olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Ortaokul öğrencileri bilim insanları tarafından doğal olayları açıklamak için modellerin kullanıldığını ve modellerin değişebileceğini düşünmektedir.



Şekil 2. SUMS-TR Ölçeğinden Elde Edilen Beş Temaya İlişkin Ortalama Puanlar

Çalışmaya katılan öğrencilerin model algısı temaları ve modelleme seviyesi genel puanları arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmak amacıyla korelasyon analizleri yapılmıştır (Tablo 7). Sonuçlar öğrencilerin bilimsel model algısı temaları ile modelleme seviyeleri genel puanları arasında bir ilişki bulunmadığını ($p > 0.05$) göstermektedir.

Tablo 7. Öğrencilerin Bilimsel Model Algısı İle Modelleme Seviyesi Arasındaki İlişki

		ÇTM	GKM	AAM	MK	MD
Modelleme Seviyesi	r	-0.050	-0.101	-0.141	-0.002	0.146
	p	0.657	0.375	0.213	0.983	0.197
	N	80	80	80	80	80

Ayrıca öğrencilerin model algılarına ilişkin temalarla modelleme seviyeleri genel puanları karşılaştırılmış, test sonuçları anlamlı farklılıklar olmadığını göstermiştir. Sonuç olarak, araştırmanın bulguları dikkate alındığında model tabanlı öğretim etkinliklerinin biyoloji alanıyla ilişkili olması, çalışma grubunun sınırlı sayıda öğrenci içermesi, veri toplama araçları kaynaklı sınırlılıklar bulguları etkilemiş olabilir.

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada bilimsel modeller ortaokul düzeyinde bir öğretim aracı olarak kullanılmıştır. Bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında verilen eğitim ve model tasarım etkinlikleri aracılığıyla öğrencilerin modelleme seviyeleri ve model algısındaki gelişim ve farklılaşmalar değerlendirilmiştir. İlk araştırma sorusu, öğrencilerin modelleme algılarının, bilimsel modeller ve bilimsel modellerin doğası hakkında verilen eğitim ve model tasarım ve modelleme etkinliğine bağlı olarak zaman içinde ne ölçüde değiştiğiyle ilgilidir. Şubelerin model algılarıyla ilgili grup içi ön ve son-test puan ortalamaları incelendiğinde büyük farklılaşmalar olmadığı, ancak bazı şubelerde dikkat çeken değişikliklerin olduğu görülmüştür. Sonuçlar eğitim yapılan C şubesinde küçük bir artışı, model tabanlı etkinliklerin yapıldığı D şubesinde ise çok daha büyük artışı ortaya çıkarmıştır. Dört haftalık uygulama sonucunda SUMS-TR ölçeğinden elde edilen son-test sonuçları gruplar arası karşılaştırıldığında ise farklı uygulamaların yapıldığı sınıflardaki öğrencilerin model algıları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yalnızca D şubesinin model algısı puanı çalışmanın başında diğer şubelerden farklılaşmış, ancak çalışmanın sonunda bu fark ortadan kalkmıştır. Tüm sınıfların model algısı puanları arasında son-testlerde anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Öğrencilerin fen bilimlerindeki modellere ilişkin algılarının analizi, bu ortaokul öğrencilerinin ÇTM, AAM, MK ve MD alt temaları da dahil olmak üzere çoğu açıdan modeller ve modelleme konusunda orta veya iyi düzeyde anlayışa sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Ancak öğrenciler modelin gerçeğin birebir kopyası olup olmadığı konusunda emin değildir. Bu da literatürde yer alan diğer çalışmalarla (Cheng ve Lin, 2015; Chittleborough vd., 2005; Grosslight vd., 1991; Gümüş vd., 2008; Krell vd., 2015; Metin ve Leblebicioğlu, 2015; Pluta vd., 2011) uyumlu bir sonuçtur. Örneğin, bilimin doğasına yönelik gerçekleştirilen bir bilim kampı programında Metin ve Leblebicioğlu (2015) 6. ve 7. sınıf öğrencilerinin modellerin veriye dayalı ve bilimsel araştırmalar sonucunda geliştirildiğini anlayabildiklerini gözlemlemiştir. Modelleme etkinlikleri sonucunda öğrencilerin bilimsel model algıları geliştirilebilmekte ve öğrenciler modellerin amacına uygun daha kapsamlı açıklamalar yapabilmektedir (Metin ve Leblebicioğlu, 2015). Yapılan çalışmaların önemli bir bölümü, çoğu ortaokul ve lise öğrencisinin bilimsel modelleri hedef nesnelerin fiziksel kopyaları olarak algıladıklarını göstermiştir (Arslan ve Doğru, 2014; Cheng vd., 2014; Cheng

ve Lin, 2015; Gobert vd., 2011; Grosslight vd., 1991; Metin ve Leblebicioğlu, 2015; Treagust vd., 2002; Ünal Çoban ve Ergin, 2011). Cheng ve Lin'in (2015) çalışması benzer şekilde en iyi fen bilimleri öğrenme performansına sahip öğrencilerin bile modellerin gerçeğin birebir kopyası gibi olabileceğini düşünen daha naif anlayışa sahip olabileceğini göstermiştir. Öğrencilerin bilimsel model algılarındaki bu kafa karışıklığını giderebilmek için modeller ile hedef olaylar arasındaki ayrımın ve karmaşık ilişkilerin model eğitimi sırasında açıkça öğretilmesi ve vurgulanması gerekebilir. Öğrencinin sahip olduğu model algısı model tabanlı etkinliklerde önemli bir role sahiptir (Gümüş vd., 2008; Kara, 2019; Ünal Çoban ve Ergin, 2011). Örneğin, Arslan ve Doğru (2014), 6. sınıf öğrencileri üzerinde modellemeye dayalı fen öğretiminin etkisini inceledikleri çalışmada modellemenin, özellikle zihinsel model gelişimi açısından olumlu etkisine dikkat çekmiş ancak öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri ile hatırlama yönünden bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Müfredat dahilinde model tabanlı öğretimde öğrencilerin model algılarının nasıl geliştirilebileceğine odaklanan daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bazı araştırmacılar (Everett vd., 2009) SUMS ölçeğini hizmet öncesi öğretmen yetiştirme programlarında öğretmenlerin modelleme algısını belirlemek için kullanmıştır. Örneğin Everett vd. (2009), çalışmaya katılan öğretmen adaylarının bilimsel modeller, bunların kullanımları, özellikleri ve türleri hakkında güçlü bir anlayışa sahip olmadıklarını tespit etmiştir. Çalışma sırasında öğretmen adaylarının özellikle dört alt temadaki anlayışları gelişmiş olsa da, ölçeğinin öğretmen adaylarını değerlendirmede sınırlı faydası olduğunu belirtmiştir. Bizim araştırmamızda da ölçeğin kullanılmasından kaynaklanan sınırlılıklar çalışmanın sonuçlarını etkilemiş olabilir. Ölçek ile ilgili son yıllarda yapılan bazı çalışmalar ölçeğin faktör yapısını desteklerken (örn., Cheng ve Lin, 2015; Cheng vd., 2019; Villablanca vd., 2020), bazı araştırmalar ise maddelerin ve faktörlerin net olmadığını, düşük iç tutarlılık gösterdiğini belirtmektedir. Örneğin, Lazenby ve Becker (2021) kendi çalışmalarında güvenilirlik analizi, dil ve yapı geçerliliği ile ilgili sorunlar bulunduğunu tespit etmiştir. Ölçekle ilgili yapılan çalışmalarda, maddelerin sayısını azaltmak, bazı temaları birleştirmek (örn., AAM ve MK) gibi çeşitli modifikasyonlar yapılarak ölçeğin kullanılmasını önerilmiştir (örn., Campos vd., 2016; Lazenby ve Becker, 2021; Oliva ve Blanco-Lopez, 2021; Wei vd., 2014). Bu araştırma kapsamında da ölçekten üç madde çıkarılarak kullanılmış, veriler değerlendirilmiştir. Böylece ölçekten kaynaklanabilecek olası hatalarının azaltılması hedeflenmiştir.

Ayrıca bu çalışmanın, bağlamdan arındırılmış SUMS-TR ölçeğinin model algılarını belirlemek amacıyla kullanılması gibi bir sınırlaması bulunmaktadır. Literatürde yer alan çeşitli çalışmalar model algısının bağlama ve incelenen konuya duyarlı olabileceğini; bağlamdan arındırılmış yanıtların öğrencilerin gerçek algısını tam olarak yansıtmayabileceğini öne sürmüştür (Cheng ve Lin, 2015; Krell vd., 2015). Çeşitli çalışmalar öğrencilerin model anlayışlarının alandan etkilendiğini belirtir (Gobert vd., 2011; Krell vd., 2015). SUMS-TR ölçme aracı, bağlam ve epistemolojik görüşler arasındaki ilişkiyi göz ardı etmektedir. Literatürdeki çeşitli araştırmalar, öğrencilerin farklı bilimsel disiplinler ve farklı bağlamlarda farklı model anlayışlarına sahip olabileceklerini de göstermiştir (Cheng vd., 2019; Cheng ve Lin, 2015; Krell vd., 2012, 2015). Bu araştırmada yer alan etkinliklerin tamamı biyoloji alanındadır. Biyoloji alanının bağlamdan en fazla etkilenen alanlardan biri olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından da vurgulanmaktadır. Örneğin Nehm ve Ha (2011) biyolojideki bağlamsallığın diğer bilim alanlarına göre daha fazla olduğunu vurgulamakta, Krell vd. (2015) ise biyoloji alanının kendi içindeki disiplinlerde oluşturulan modellerde bağlama özgü farklılıkların ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. Krell vd. (2015), öğrencilerin biyoloji alanında insan veya hayvan modeli gibi ölçek ve fonksiyonel modellerle düşündüğünü; kimya ve fizik ile ilgili olarak ise daha çok atom ve molekül gibi konularda analogik ve soyut modellerle düşündüğünü öne sürmektedir. Bu yüzden de öğrencilerin üç disiplindeki modelleri algılaması ve model tabanlı etkinliklerin çok farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği öne sürülmüştür. Görüleceği üzere, bu araştırma kapsamında oluşturulan model tabanlı öğretim etkinliklerinin biyoloji alanından seçilmiş olması ortaokul öğrenciler için bir sınırlılık yaratmış ve elde edilen sonuçları etkilemiş olabilir. Gelecekteki çalışmalar, öğrencilerin biyoloji alanındaki modelleme anlayışlarındaki değişimi bağlama dayalı ve farklı disiplinlerle karşılaştırmalı olarak araştırabilir.

Bu araştırmanın ikinci araştırma sorusu uygulanan etkinliklerin ortaokul öğrencilerinin modelleme seviyesinde bir gelişme olup olmadığını incelemiştir. Bizim araştırmamızın bulguları şubelerdeki öğrencilerin modelleme seviyelerinin birbirinden farklılaşmadığını göstermektedir. Literatürde öğrencilerin modellerini oluşturmalarına, değerlendirmelerine, gözden geçirmelerine ve uygulamalarına yardımcı olan model tabanlı

öğretim ile öğrencilerin modelleme seviyelerinin ve model algılarının geliştirilebileceğini öne süren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Bamberger ve Davis, 2013; Çiltaş ve Muşlu, 2016; Gobert vd., 2011; Gümüş vd., 2008; Williams ve Clement, 2015). Chittleborough vd. (2005), öğrencilerin modelleme yeteneğinin, onların model kullanmasını ve kimyasal kavramları anlamasını nasıl etkilediğini incelemek için SUMS ölçeğine benzer bir ölçek olan VOMMS ölçeğini (Treagust vd., 2004) kullanarak yaş ve olgunluk arttıkça (8. sınıftan üniversitenin ilk yılına kadar) öğrencilerin bilimsel modelin rolünü daha kolay tanımladığını belirlemiştir. Araştırmacılar model ve modelleme kavramının özellikle küçük yaştaki öğrencilere karmaşık gelebileceğini, modellerin farklı rolleri ve anlamları olabileceğinin öğretilmemesinin öğrencilerde kafa karışıklığına sebep olabileceğini belirtmiştir. Liu (2006) ise uygulamalı laboratuvar ve bilgisayar modellemesinin öğrencilerin kimya öğrenimi üzerindeki etkisini SUMS ölçeği ile incelemiş, ortaokul öğrencilerinin model algısını ölçmek için örneklem büyüklüğünün etkili olduğunu belirtmiştir. Liu'nun (2006) bulguları öğrencilerin modelleri anlamaları arasında bir seviye farkı olmadığını, öğrencilerin bilimsel modellerin tüm boyutlarına yüksek düzeyde katıldıklarını ve farklı boyutlar arasında açık bir hiyerarşinin bulunmadığını göstermektedir. Ayrıca, literatür incelendiğinde modeller ile gerçeklik arasında birebir bir benzerlik olduğuna inanan öğrencilerin sayısında eğitim yılı ilerledikçe düşüş olduğu da görülmüştür (Chittleborough vd., 2005; Gobert vd., 2001; Grosslight vd., 1991). Benzer şekilde Krell vd. (2015) 7 ve 8. sınıflar ile 9 ve 10. sınıflar arasında öğrencilerin biyoloji, kimya ve fizik bağlamında model ve modelleme anlayışında önemli bir gelişme olduğunu öğrencilerin yaş ve olgunluğu arttıkça model algısının geliştiğini gözlemlemiştir. Yine, öğrencilerin okuldaki yaşantıları ve bilgi birikimleri arttıkça bilimsel modellerin doğası, model ve modellemeye ilişkin genel anlayışlarının da daha ayrıntılı hale geldiği tespit edilmiştir (Al-Balushi, 2011; Crawford ve Cullin, 2004). Ayrıca, Treagust vd.nin (2002) SUMS ölçeğini kullanarak gerçekleştirdiği analizler, ortaokul öğrencilerinin sınıf seviyeleri arasında beş temanın hiçbirini için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermiştir. Araştırmacılara göre öğrencilerin 'bilimsel model' terimini yorumlaması onların deneyimlerine ve kişisel anlayışlarına bağlıdır. Sonuç olarak, öğrencilerin model algıları ve modelleme seviyelerinin öğrenciler üst sınıflara geçip yaş, olgunluk ve eğitim yaşantıları arttıkça daha ayrıntılı düzeylere geleceği varsayılmaktadır. Ancak bizim araştırmamızda çalışmanın başında iki sınıfta; modellerin çeşitleri, bilimdeki yeri ve kullanım amacı gibi konularda verilen eğitim gruplar arasında anlamlı bir fark yaratmamıştır. Bu sonuç eğitimin dönemin başında ve bir kez verilmesinden, öğrencilerin yaşlarının küçük olmasından veya sınıfların akademik seviyede hazır bulunuşluluklarının düşük olmasından kaynaklanabilir. Dolayısıyla, ileri araştırmalarda daha uzun süreli ve kapsamlı eğitim süreçleri planlanarak olası etkiler araştırılmalıdır.

Cheng ve diğerlerinin (2017) çalışması öğrencilerin model tabanlı öğretim etkinlikleriyle kendi modellerini geliştirmeleri için desteklendiğinde, yalnızca öğretmenlerinden bilimsel modeller gösterilerek eğitim yapılan öğrencilere göre daha karmaşık ve tutarlı modeller geliştirebildiklerini göstermiştir. Ancak Cheng vd. (2017) çalışmasının aksine bu araştırmanın bulguları, derste kendi modellerini model tabanlı öğretimle geliştiren öğrencilerle ders kitabında yer alan modellerin geleneksel öğretimi yoluyla eğitim yapan sınıflar arasında bir fark olmadığını göstermiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, öğrencilerin tasarladıkları modelleri daha rasyonel ve nesnel bir incelemeyle değerlendirmemiş ve revize etmemiş olması öğrencilerin modelleme seviyesinin gelişimine engel olmuş olabilir. Cheng ve Brown (2015), öğrencilerin modelleme seviyelerinin geliştirilebilmesi için model oluşturma yeterli olmadığını ve bilimsel modelleme kriterleri üzerine düşüncelerini açık bir şekilde destekleyen bir müfredatın tasarlanması gerektiğini öne sürmüştür. Cheng vd. (2017) ise öğrencilerden modelleri oluşturmalarını, değerlendirmelerini ve revize etmelerini istemenin yanı sıra, daha nesnel bilimsel modelleme kriterleri ile öğrencilerin kendi modelleri üzerine düşünmesinin sağlanması gerektiğini savunmaktadır. Öte yandan, mevcut çalışmanın gerçekleştirildiği okul sosyoekonomik düzey ve fen bilimleri başarısının il geneline göre düşük olduğu bir okuldur. Dolayısıyla, öğrencilerin model algısı ve modelleme seviyesinin kısıtlı sürede gelişmemiş ve farklılaşmamış olması fen başarı düzeyinin düşük olmasından kaynaklanabilir. Bu seviyedeki öğrenciler için ek çalışmalar yapılması ve daha uzun zaman tanınması, modelleme seviyesi ve model algısı üzerinde daha etkili olabilir.

Bu araştırmanın üçüncü araştırma sorusu model algısı ile modelleme seviyesi arasında bir ilişki olup olmadığına odaklanmıştır. SUMS-TR ölçeğinden ve model tabanlı etkinliklerden elde edilen veriler öğrencilerin model algılarının gerek genel seviyede gerekse temalar düzeyinde modelleme seviyesiyle ilişkili olmadığını göstermiştir. Farklı deneysel etkilerin karşılaştırdığı sınıflardan elde edilen bu sonuç, ortaokul

öğrencilerinin model algılarının modelleme uygulamalarıyla ilişkili olmadığını gösteren ve deneysel bir kanıtın olmadığı çeşitli araştırmalarla da (Cheng ve Lin, 2015; Krell vd., 2015; Louca ve Zacharia, 2012) uyumaktadır. Öğrencilerin bilimsel modelleri anlamaları ve algılama düzeyleri ile model oluşturma ve model değerlendirme seviyeleri arasındaki ilişki çok küçüktür ve pratik bir önem taşımayabilir (Cheng vd., 2019). Literatürde yer alan çeşitli araştırmalar ise öğrencilerin bilimsel modelleri anlaması ve modellemeyi kavramalarının, fen derslerindeki modellerle ilgili deneyimlerinden büyük ölçüde etkilendiğini ileri sürmektedir (Krell vd., 2012, 2015; Treagust vd., 2002). Krell vd. (2015), fen sınıflarında Khan (2007, 2011) tarafından öne sürülen modellerin oluşturulması, değerlendirilmesi ve modifikasyonu döngüsünün artırılmasını ve öğretmenlerin modellerin yalnızca tanımlayıcı doğasına değil, tahmine dayalı doğasını da açıklamasının daha üst düzeyden bir modelleme algısı geliştireceğini savunmaktadır. Ayrıca bu çalışmada fen bilimleri öğretmenlerinin model anlayışları ve modellememe seviyeleri araştırılmamıştır. Literatürde yer alan, fen bilimleri öğretmenleri ile yapılan çalışmalar öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının model ve modellemeye ilişkin anlayışlarının oldukça yetersiz olduğunu göstermektedir (Aktan, 2016; Crawford ve Cullin, 2004; Justi ve Gilbert, 2003; Van Driel ve Verloop, 1999). Öğretmenlerinin bu konuda yetersiz olması öğrencilerin modelleri anlamalarındaki eksikliğinin bir açıklaması olarak sunulabileceği gibi bu eksikliğin sınırlı ders saati süresince giderilememiş olması da muhtemeldir.

Bu çalışmanın bulguları model tabanlı öğretim sürecinde, bilimsel modellerin doğası hakkında verilen eğitim ile model tasarım ve modelleme etkinliği aracılığıyla yürütülen ortaokul fen derslerinin öğrencilerin modelleme seviyeleri ve model algısında belirgin bir değişime yol açmadığını göstermiştir. Çalışma kapsamında öğrencilerin modelleme seviyeleri ve bilimsel model algısını geliştirebilmek amacıyla literatüre ve araştırmanın bulgularına dayanarak çeşitli öneriler getirilmiştir.

Öneriler

Daha önce ifade edildiği üzere, araştırmanın kapsamı ve sürecinden kaynaklanan çeşitli sınırlılıklar söz konusudur. Etkinliklerin biyoloji alanından seçilmesi, çalışma grubunun sınırlı olması, sosyoekonomik etkenler, veri toplama ve ölçme araçları kaynaklı sınırlılıklar, öğretim sürecinde verilen eğitim, modelleme etkinlikleri ve bunların süresi gibi pek çok faktör bu araştırmanın sonuçlarını etkilemiş olabilir. Dolayısıyla, özellikle ortaokul öğrencileri üzerinde yapılacak gelecekteki araştırmaların daha uzun süreli ve farklı alanlardan model tabanlı etkinlikleri karşılaştıracak biçimde planlanması, farklı ölçme araçları geliştirilerek test edilmesi literatürdeki farklı bulguların daha net bir sonuca ulaşmasını sağlayabilir. Öğrencilerin modelleme seviyeleri ve bilimsel model algılarının değişiminin ve aralarındaki olası ilişkiyi bağlama duyarlı olarak ölçmek gerekir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular 7 ve 8. sınıf düzeyinden kısıtlı bir sürede toplanmıştır. Daha uzun döneme yayılan ve daha farklı yaşlardaki öğrencilerle ve fen bilimleri öğretmenleriyle gerçekleştirilecek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Öğrencilere, daha fazla ve farklı ünitelerde model tabanlı etkinliklerle kendi modellerini oluşturma, değerlendirme ve modifiye etme imkânı sağlanması önemlidir.

Son yapılan müfredat değişikliği ile (MEB, 2024) modelleme konusu fen bilimleri programının önemli bir parçası olmuştur. Ancak modellemenin konunun içeriğine bağlı olarak nasıl öğretilmesi gerektiği, model tabanlı öğretim sürecinin nasıl planlanması ve uygulanması gerektiği araştırılmaya ihtiyaç duymaktadır. Öğrencilerin kendi modellerini nasıl ve hangi kriterleri kullanarak tasarladığı ve değerlendirdiği, bunların modelleme seviyesine etkisi yine araştırılması gereken konulardır. Araştırma kapsamında yalnızca öğrencilerin tasarladıkları bilimsel modeller dikkate alınmıştır. Model oluşturma ve model değerlendirme süreçlerindeki öğrenci yaklaşımları ve etkileşimleri ve bunun model algısına etkisi de gelecekte daha kapsamlı araştırılabilir. Son olarak, farklı ülkelerin farklı eğitim standartlarına ve kültürel yapıya sahip olması nedeniyle bu makalede yapılan çıkarımların diğer ülkelerden gelen öğrencilere aktarılması ancak sınırlı ölçüde mümkündür ve araştırılmaya muhtaçtır.

References

- Aktan, M. B. (2016). Pre-Service Science Teachers' Perceptions and Attitudes About the Use of Models. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 7-17.
- Aktan, M. B., Kaynak, S., Abdüsselam, Z., & Ardoğan, E. (2019). Güncel fen öğretim programları ve ders kitaplarında model ve modelleme kavramlarının analizi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 8(1), 44-69. <https://doi.org/10.30703/cije.450242>
- Al-Balushi, S. M. (2011). Students' evaluation of the credibility of scientific models that represent natural entities and phenomena. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 571-601. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9209-4>
- Arslan, A., & Doğru, M. (2014). Modellemeye dayalı fen öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin anlama, hatırlama, yaratıcılık düzeyleri ile zihinsel modelleri üzerine etkisi. *Akdeniz İnsani Bilimler Dergisi*, 4(2), 1-17. <https://doi.org/10.13114/MJH.201428425>
- Ayvaci, H. Ş., & Bebek, G. (2017). 2013 Yılında Revize Edilen Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda Yer Alan Kazanımların İncelenmesi: Model Oluşturma ve Kullanma Konusu. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 89.
- Bamberger, Y., & Davis, E. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624133>
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, 25(24), 3186-3191.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö., E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2018). Bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Pegem Akademi.
- Campos, V. M., Arias, J. C., Martínez, J. M. O., López, Á. B., & Mariscal, A. J. F. (2016). Assessment of teacher training students' understanding of the nature of the models. *Nature of science: History, philosophy and sociology of science*, 6, 799-805.
- Chang, H. Y., & Chang, H. C. (2013). Scaffolding students' online critiquing of expert-and peer-generated molecular models of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2028-2056. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.733978>
- Cheng, M. F., & Brown, D. E. (2015). The role of scientific modeling criteria in advancing students' explanatory ideas of magnetism. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(8), 1053-1081. <https://doi.org/10.1002/tea.21234>
- Cheng, M. F., & Lin, J. L. (2015). Investigating the relationship between students' views of scientific models and their development of models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453-2475. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082671>
- Cheng, M. F., Lin, J. L., Lin, S. Y., & Cheng, C. H. (2017). Scaffolding Middle School and High School Students' Modeling Processes. *Journal of Baltic Science Education*, 16(2), 207-217.
- Cheng, M. F., Lin, J.-L., Chang, Y.-C., Li, H.-W., Wu, T.-Y., & Lin, D.-M. (2014). Developing explanatory models of magnetic phenomena through model-based inquiry. *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), 351-360.
- Cheng, M. F., Wu, T. Y., & Lin, S. F. (2019). Investigating the relationship between views of scientific models and modeling practice. *Research in Science Education*, 51(Suppl1), 307-323. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09880-2>
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science and Technological Education*, 23(2), 195-212. <https://doi.org/10.1080/02635140500266484>

- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 65-77). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1379-1401. <https://doi.org/10.1080/09500690410001673775>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Çiltaş, A., & Muşlu, M. (2016). Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2), 329-343.
- Derman A. & Kayacan K., (2017), Investigating of the Relationship Between the Views of the Prospective Science Teachers on the Nature of Scientific Models and Their Achievement on the Topic of Atom. *Eur. J. Educ. Stud.*, 3(6), 541-559. <https://doi.org/10.5281/zenodo.583777>
- Everett, S., Otto, C., & Luera, G. R. (2009). Preservice elementary teachers' growth in knowledge of models in a science capstone course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1201-1225. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9158-y>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education. New York: McGraw-Hill.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). Models of Modelling. In: *Modelling-based Teaching in Science Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3_2
- Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Levy, S. T., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684. <https://doi.org/10.1080/09500691003720671>
- Gogolin, S., & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313-1338. <https://doi.org/10.1002/tea.21453>
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Gümüş, İ., Demir, Y., Koçak, E., Kaya, Y., & Kırıcı, M. (2008). Modellerle Öğretimin Öğrenci Başarısına Etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 65-90.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International journal of science education*, 22(9), 1011-1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hayes, A. F., & Krippendorff, K. (2007). Answering the call for a standard reliability measure for coding data. *Communication methods and measures*, 1(1), 77-89. <https://doi.org/10.1080/19312450709336664>
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of science education*, 25(11), 1369-1386. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070324>
- Kara, S. (2019). Model destekli argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının ilköğretim fen dersinde uygulanması [Yayımlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905. <https://doi.org/10.1002/sce.20226>
- Khan, S. (2011). What's missing in model-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 535-560. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9248-x>
- Krell, M., Reinisch, B. & Krüger, D. (2015). Analyzing Students' Understanding of Models and Modeling Referring to the Disciplines Biology, Chemistry, and Physics. *Res. Sci. Educ.* 45, 367-393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Krell, M., Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2014). Students' Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent? *Res. Sci. Educ.* 44, 109-132. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9365-y>
- Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2012). Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1-34.
- Lazenby, K., & Becker, N. M. (2021). Evaluation of the students' understanding of models in science (SUMS) for use in undergraduate chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 62-76. <https://doi.org/10.1039/D0RP00084A>
- Leech, N. L., & Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Quality & Quantity*, 43, 265-275.
- Liu, X. (2006). Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: A quasi-experimental study. *Journal of Science Education & Technology*, 15(1), 89-100. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0359-7>
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471-492. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>
- MEB. (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- MEB. (2024). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Metin, D., & Leblebicioğlu, G. (2015). Ortaokul 6. ve 7. sınıf öğrencilerinin bilimsel model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin bir yaz bilim kampı süresince gelişimi. *Eğitim ve Bilim*, 40(177), 1-18. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2015.1507>
- Ministry of Education of Taiwan. (2018). Curriculum guidelines of 12-year basic education curriculum. National Academy for Educational Research.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. The National Academies Press.
- Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 237-256. <https://doi.org/10.1002/tea.20400>
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academy Press.
- Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2021). A competence-oriented approach to models and modelling in lower secondary science education: practices and rationales among Danish teachers. *Research in Science Education*, 51(Suppl2), 565-593. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09900-1>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>

- Oliva, J. M. & Blanco-Lopez, A. (2021). Development of a questionnaire for assessing Spanish-speaking students understanding of the nature of models and their uses in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(6), 852–878. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21681>
- Park, M., Liu, X., Smith, E., & Waight, N. (2017). The effect of computer models as formative assessment on student understanding of the nature of models. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 572–581. <https://doi.org/10.1039/C7RP00018A>
- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building functional models: Designing an elbow. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 125–143
- Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 486–511. <https://doi.org/10.1002/tea.20415>
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165–205.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Sins, P., Savelsbergh, E., van Joolingen, W., & van Hout-Wolters, B. (2009). The relation between students' epistemological understanding of computer models and their cognitive processing on a modelling task. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1205–1229. <https://doi.org/10.1080/09500690802192181>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics. Pearson Pub.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., & Mamiala, T. L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1–20. <https://doi.org/10.1023/B:RISE.0000020885.41497.ed>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357–368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Ünal Çoban, G., & Ergin, Ö. (2011). Bilimsel bilginin varlık alanına modellemeye dayalı öğretimle bakış. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 9(2), 211–254.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141–1153. <https://doi.org/10.1080/095006999290110>
- Villablanca, S., Montenegro, M., & Ramos-Moore, E. (2020). Analysis of student perceptions of scientific models: Validation of a Spanish-adapted version of the Students' Understanding of Models in Science instrument. *International Journal of Science Education*, 42(17), 2945–2958. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1843735>
- Wei S., Liu X. & Jia Y. (2014). Using Rasch measurement to validate the instrument of Students' Understanding of Models in Science (SUMS), *Int. J. Sci. Math. Educ.*, 12(5), 1067–1082. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9459-z>
- Willard, T., & Roseman, J. E. (2010). Probing students' ideas about models using standards-based assessment items. In *83rd NARST Annual International Conference, Philadelphia, PA, USA*.
- Williams, G., & Clement, J. (2015). Identifying multiple levels of discussion-based teaching strategies for constructing scientific models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82–107. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.966257>