

From Micro-Teaching to Classroom Teaching: An Examination of Prospective Mathematics Teachers' Technology-Based Tasks*

Gülay Bozkurt^a and Melike Yiğit Koyunkaya^b

^aİzmir Demokrasi University, Faculty of Education, İzmir/Turkey (ORCID: 0000-0001-9573-5920)

^bDokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, İzmir/Turkey (ORCID: 0000-0002-7872-3917)

Article History: Received: 30 January 2020; Accepted: 31 August 2020; Published online: 26 October 2020

Abstract: This study examines the changes and development of prospective secondary mathematics teachers' technology-based tasks through teaching practices. The Dynamic Geometry Task Analysis model consisting of the components of mathematical depth and technological action has been chosen as the conceptual framework of the study. In this study, a qualitative research paradigm has been adopted and action research methodology involving a cyclical process has been used. Participants of the study were four prospective secondary mathematics teachers, who were enrolled in a secondary mathematics education program at a state university in Turkey. This research was carried out within the scope of a 14-week Practicum course and focused on prospective mathematics teachers' implementations of their technology-based tasks through micro-teaching and classroom teaching. Data mainly consisted of each prospective teacher's one technology-based task, video recordings of their teaching practices (micro-teaching and classroom teaching) and interviews. Data was analyzed by using the video analysis method to examine how and why mathematical depth and technological action of the planned tasks changed or developed during micro-teaching and classroom practices. Findings of the study indicated that prospective mathematics teachers improved the levels of mathematical depth of their tasks by making use of their planned technological actions in a more effective way from micro-teaching to classroom teaching. In particular, it became apparent that micro-teaching supported the development of prospective mathematics teachers' technology-based tasks in terms of content and also the implementation processes of their tasks in classrooms.

Keywords: Technology-based mathematics education, action research, micro-teaching, classroom teaching, dynamic geometry tasks, prospective mathematics teachers

DOI: 10.16949/turkbilmat.682568

Öz: Bu çalışma, ortaöğretim matematik öğretmenleri adaylarının tasarladıkları teknoloji destekli etkinlikleri öğretme süreçlerindeki değişim ve gelişimlerini incelemektedir. Matematiksel derinlik ve teknolojik eylemin çeşidi bileşenlerinden oluşan Dinamik Geometri Etkinlik Analiz Çerçevesi çalışmanın kavramsal temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma, nitel araştırma paradigması benimsenerek döngüsel bir süreci içeren eylem araştırması ile desenlenmiştir. Katılımcılar Türkiye'deki bir devlet üniversitesinde ortaöğretim matematik eğitimi programına kayıtlı dört matematik öğretmeni adayından oluşmaktadır. 14 hafta süren Öğretmenlik Uygulaması dersi kapsamında yürütülen bu çalışmada öğretmen adaylarının geliştirdiği etkinliklerin mikro öğretim ve sınıf içi uygulama süreçlerine odaklanılmıştır. Araştırmanın veri grubunu her bir öğretmen adayının tasarladığı bir etkinlik, bu etkinliğin uygulama video kayıtları (mikro öğretim ve sınıf içi uygulama) ve görüşme video kayıtları oluşturmaktadır. Bu verilerin analizinde özellikle video analiz yöntemi kullanılarak etkinlikte amaçlanan matematiksel derinlik ve teknolojik eylemin çeşidi bileşenlerinin plandan uygulama süreçlerine nasıl ve neden değiştiği veya geliştiği incelenmiştir. Araştırmanın bulguları, mikro öğretimden sınıfa geçiş süreçlerinde, öğretmen adaylarının etkinliklerinin matematiksel derinliğini arttırdıkları ve bu derinliği arttırmak için etkili teknolojik eylemler kullandıkları görülmektedir. Özellikle, mikro öğretim sürecinin öğretmen adaylarının hem teknoloji destekli etkinliklerinin içeriğini geliştirmelerine hem de bu etkinliklerin sınıflarda uygulama süreçlerine katkı sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teknoloji destekli matematik eğitimi, eylem araştırması, mikro öğretim, sınıf içi öğretim, dinamik geometri etkinlikleri, matematik öğretmenleri adayları

[Türkçe sürüm için tıklayınız](#)

1. Introduction

National curriculums and standards in many countries emphasize the importance of digital technologies on learning and teaching processes in mathematics education (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000; National Center for Excellence in the Teaching of Mathematics [NCETM], 2014; Ministry of National Education (MNE), 2013; 2018). Accordingly, there are a number of research studies focusing on the integration of digital technologies into mathematics education in the related literature (e.g., Akyuz, 2016; Baki, 1996; Clark-Wilson, Robutti, & Sinclair 2014, Drijvers 2012, Erfjord, 2011; Hollenbeck, Wray, & Fey, 2010). These studies indicate the positive effects of using digital technologies on enriching mathematics learning and

Corresponding Author: Gülay Bozkurt  [email: gulay.bozkurt@idu.edu.tr](mailto:gulay.bozkurt@idu.edu.tr)

*This paper is the extended version of an oral presentation presented at 4th International Symposium of Turkish Computer and Mathematics Education.

Citation Information: Bozkurt, G. & Yiğit Koyunkaya, M. (2020). From micro-teaching to classroom teaching: an examination of prospective mathematics teachers' technology-based tasks. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 11(3), 668-705.

teaching, developing students' mathematical thinking and understanding, and increasing students' motivation and interest in mathematics. Equally, the national and international literature underline the crucial role of teachers in incorporating technology effectively (e.g., Akkoç, 2012; Clark-Wilson, Robutti & Sinclair 2014; Yigit Koyunkaya, 2017). In Turkey, in the document about Teacher Competencies published by the Turkish Education Association, one of the teacher competencies is pointed out as "an effective use of information technologies" (Teacher Competencies, 2009, p. 10). Similarly, "effective use of information and communication technologies in the teaching and learning processes" (General Competencies for Teaching Profession, 2017, p. 14) is highlighted as one of the teacher competencies. The word *effective* here indicates that teachers should not only have technological knowledge per se, but also consider using appropriate pedagogical techniques relevant to the class level and the topic taught in order to make a difference compared to using traditional methods. To integrate digital technologies into teaching effectively, teachers need "detailed road maps and also experts or teachers who can act as a compass" (Bozkurt & Cilavdaroglu, 2011, p. 868). Detailed road maps can be defined as detailed lesson plans that teachers prepare beforehand. In this sense, teachers (practicing and prospective) aiming to use digital technologies in teaching should be supported in their preparation and development processes of lesson plans (Hur, Cullen, & Brush, 2010). In particular, prospective teachers should be provided with an environment, where they can prepare lessons with the use of digital technologies in their teacher education (Ozgun-Koca, Meagher, & Edwards, 2010).

In this light, researchers draw attention to the importance of 'Practicum' courses in teacher education aiming to increase teaching experiences of prospective teachers with the integration of digital technologies into mathematics lessons. In this process, micro-teaching is regarded as an important and useful preparation tool for prospective teachers' teaching experiences in classrooms (Allen, 1980; Griffiths, 2016; Ledger & Fischetti, 2019). While prospective teachers could have an opportunity to experience classroom teaching to some extent in school placements, they may not experience all possible situations that may occur, hence micro-teaching could be a crucial step for them to experiment before their classroom practices (Ledger, Ersozlu & Fischetti, 2019).

Research indicates that digital technology integration in mathematics teaching has progressed much slower than expected (e.g., Clark-Wilson, Robutti, & Sinclair 2014). Similarly, in Turkey, despite the huge funds allocated for schools to provide suitable technology hardware and infrastructure, digital technologies could not be effectively integrated into mathematics teaching (Çiftçi, Taşkaya, & Alemdar, 2013; Kayaduman, Rowkaya, & Seferoğlu, 2011). When professional development programs are examined in Turkey, it become apparent that they mostly focus on the technical elements of technology rather than pedagogical and mathematical aspects, which those technologies could trigger (Uslu & Bümen, 2012; Pamuk, Çakır, Ergun, Yılmaz, & Ayas, 2013). Hence, in this study, in the context of a 14-week Practicum course at a Turkish University, we aim to support the professional development of four prospective mathematics teachers (PMTs) on technology integration by enabling them to learn how to effectively blend technology into their teaching. In particular, we focus on the processes where the PMTs integrate dynamic mathematics software -GeoGebra- to design technology-based mathematical tasks, to develop these tasks through micro-teaching and to practice their tasks effectively in classroom environments. The main goal of this study is therefore to examine changes and development of the PMTs' technology-based tasks on the implementation processes of micro-teaching and classroom teaching in school placements.

2. Conceptual Framework

Mathematical tasks are considered as one of the most important elements that support learning and teaching in classroom practices (Smith & Stein, 1998; Swan, 2007). Hence, we believe that it is of essential importance to examine technology-based mathematical tasks designed by the PMTs in detail. In line with the aim of the study, the Dynamic Geometry Task Analysis framework developed by Trocki and Hollebrands (2018) was chosen as the conceptual framework of the study. This framework consists of two components: (1) Mathematical Depth; (2) Technological Action. The component of mathematical depth focusing on the mathematical purpose served by a technology-based task is developed mainly based on Smith and Stein's (1998) Cognitive Demand Level framework and also some other related studies in the literature (Baccaglini-Frank & Mariotti, 2010; Christou, Mousoulides, Pittalis, & Pitta-Pantazi, 2004; Laborde, 2001; Sinclair, 2003; Stylianides, 2008; Zbiek, Heid, Blume, & Dick, 2007). The component of technological action points out technological affordances to reach the targeted depth in the task and is developed again through the use of some studies in the related literature (Arzarello, Olivero, Paola, & Robutti, 2002; Baccaglini-Frank & Mariotti, 2010; Christou et al., 2004; Hollebrands, 2007; Hölzl, 2001; Sinclair, 2003). While mathematical depth explains the purpose of the task in levels including N/A and 0-5, type of technological action consists of technological affordances described between N/A and A-F to reach the targeted mathematical depth (see Table 1). In the framework, two main parts are taken into consideration in the tasks: (1) the section seen on the screen drawn by dynamic geometry; (2) guiding questions called 'prompt' related to the teaching objective. In this study, by employing this framework, we examined how the PMTs changed or developed their designed technology-based mathematical tasks in terms of mathematical depth and technological action through micro-teaching and classroom teaching.

Table 1. Dynamic Geometry Task Analysis Framework (Trocki & Hollebrands, 2018, p. 123)

Allowance for Mathematical Depth

<i>Levels</i>	<i>Hierarchical Levels and Descriptions</i>
N/A	Prompt requires a technology task with no focus on mathematics.
0	Prompt refers to a sketch that does not have mathematical fidelity.
1	Prompt requires student to recall a math fact, rule, formula, or definition.
2	Prompt requires student to report information from the sketch. The student is not expected to provide an explanation.
3	Prompt requires student to consider the mathematical concepts, processes, or relationships in the current sketch.
4	Prompt requires student to explain the mathematical concepts, processes, or relationships in the current sketch.
5	Prompt requires student to go beyond the current construction and generalize mathematical concepts, processes, or relationships.

Types of Technological Action

<i>Affordances</i>	<i>Descriptions</i>
N/A	Prompt requires no drawing, construction, measurement, or manipulation of current sketch.
A	Prompt requires drawing within current sketch.
B	Prompt requires measurement within current sketch.
C	Prompt requires construction within current sketch.
D	Prompt requires dragging or use of other dynamic aspects of the sketch.
E	Prompt requires a manipulation of the sketch that allows for recognition of emergent invariant relationship(s) or pattern(s) among or within geometrical object(s).
F	Prompt requires manipulation of the sketch that may surprise one exploring the relationships represented or cause one to refine thinking based on themes within the surprise (adapted from Sinclair (2003, p. 312).

3. Method

3.1. The Research Design

This study formed as a qualitative research was designed using an action research method, which is used to understand and solve an educational problem in a particular context (Charles & Mertler, 2002). In action research, researchers are aware of the expected impact of the intervention and possible changes that might occur through the research. Therefore, most action research focuses on consciously changing or developing a particular issue, in which researchers have key roles (Berg, 2004). In particular, the development of research is based on researchers' ability to organize, implement, improve and evaluate the newly introduced plan or process (Hui & Grossman, 2008). Action research is a cyclical process consisting of planning what to change, acting upon and observing the results of such change, then reconstructing the process through revision and reflection (Kemmis & McTaggart, 2005).

This study is part of a research project where we as the researchers (the authors of this study) examined the development of four PMTs' designing and implementing technology-based lesson plans in the context of a 14-week Practicum course (Bozkurt & Yigit Koyunkaya, 2020). We designed an action research in three cycles (see Figure 1). The first cycle of the study was conducted between the 1st and 7th weeks to improve the PMTs' knowledge to design technology-based mathematical tasks and to plan the implementation processes of those tasks. The second cycle was about micro-teaching carried out between the 8th and 9th weeks to allow the PMTs practicing their tasks before classroom teaching. The last cycle focused on the PMTs' classroom teaching in their school placements and completed between the 9th and 14th weeks. In this process, due to the nature of the action research, during the transition from one cycle to the next cycle, we followed and examined the planning processes of technology-based tasks, micro-teaching and classroom practices. Accordingly, we designed individual action plans for each PMT during the research process (for example; conducting additional individual interviews, or repeating the micro-teaching process). In this study, we mainly focused on the second and third cycles of the research.

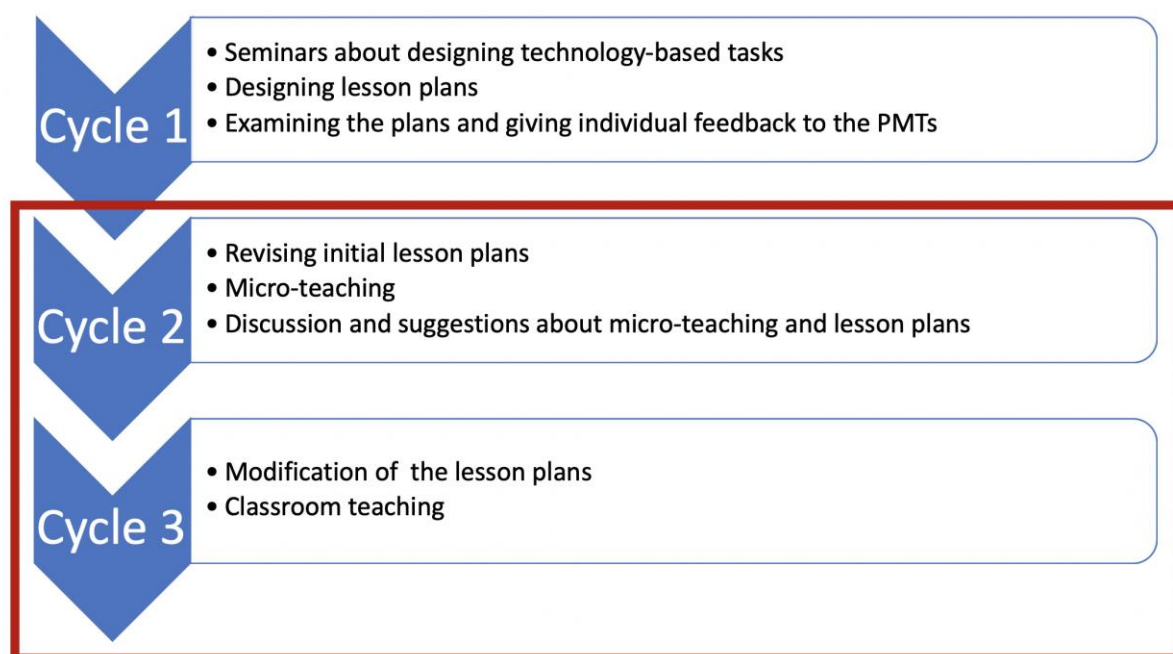


Figure 1. The cyclical process of the research

3.2. Participants

Participants of the study were four prospective secondary mathematics teachers, who were enrolled in the last semester of their final year of a mathematics education program at a Turkish University. Participants took almost all mathematics and mathematics education courses in their teacher education program, as well as technology-based courses such as Using Mathematics Software and Using Information Technologies in Mathematics Education. In addition, before taking the Practicum course, they took a course called School Experience in which they had an opportunity to observe classroom environments in school placements for a semester. While selecting the participants, the criterion sampling method, a purposeful sampling strategy, was used to provide detailed information about situations in depth (Merriam & Tisdell, 2016). Participants' knowledge and ability to use GeoGebra was considered as a criterion for their participation in the study.

3.3. Data Collection

Data in this study consisted of the PMTs' technology-based tasks, video recordings of micro-teaching and classroom implementations, and also interviews. The PMTs designed in general four or five technology-based tasks in their lesson plans. In this study, we focused on one task of each PMT that was selected and examined in detail. We as the researchers involved together in the selection process of the tasks by discussing the content of each task. In particular, within the conceptual framework, we paid particular attention to select and share some tasks in which the three PMTs showed some development and also a task in which one PMT could not propose much change or development. In terms of the chosen topics, the first prospective mathematics teacher (PMT1) designed a task to teach trigonometric ratios, the second one (PMT2) designed a task to teach the area of a circle, the third one (PMT3) designed a task to teach the area of a triangle, and the fourth prospective mathematics teacher (PMT4) designed a task to teach the base area of a shape formed by rotating a rectangle at different angles.

During the second cycle, the PMTs practiced their micro-teaching. After micro-teaching, each PMT was given feedback and suggestions by the researchers and fellow PMTs in micro-teaching. In addition, we conducted individual interviews with each PMT on this process and gave feedback to help them improve their plans and teaching. Then in the third cycle of the research, the PMTs revised their tasks based on their micro-teaching experiences and given feedback, then implemented their revised tasks in classrooms. All those processes were video-recorded as the main data of the study.

3.4. Data Analysis

For the data analysis, we analyzed each selected task by comparing and contrasting the aimed mathematical depth (MD) and planned technological action (TA) in the PMTs' plans, and also reached MD and used TA in their micro-teaching and classroom implementations in school placements. We investigated the changes and development that occurred among these processes. The tasks in the plans were analyzed with the document analysis method based on the conceptual framework of the study (Bowen, 2006).

Also, video recordings collected in micro-teaching and classroom teaching were analyzed using video analysis method, in particular whole to part approach (Erickson, 2006). In this process, we followed the steps stated below respectively:

- We watched all the videos as a whole without stopping and took notes,
- We watched the videos again with stopping and divided into pieces according to the components of the framework. Then we transcribed the selected pieces and identified the critical events related to the framework.
- By comparing the aimed and reached MD and TA in each process of the task (including the design stage, micro-teaching and classroom teaching), we analyzed how and why it changed or developed.

As a first step, we analyzed the PMTs' prompts in their plans to determine the levels of mathematical depth that they aimed to reach and the types of technological action they planned to use. Then, we identified changes or development in the PMTs' tasks by analyzing the videos of micro-teaching and classroom teaching. We particularly examined the prompts they asked during teaching, answers to those prompts, how they used the dynamic technology (such as use of dragging) and compliance with their plan at these stages. For instance, concerning the PMT3's task on finding the area of a triangle, we identified, first, his intended mathematical depth, which was to guide students to reach the area formula of a triangle by using the area formulas of polygons (MD-1) and also his planned technological action which was to use the activity only as a visual (TA-N/A). Then, we watched the videos of his two micro-teaching (he conducted two micro-teaching) and classroom teaching of this critical event without stopping, and then the videos were stopped and watched again. At this stage, we transcribed the pieces related to his reached mathematical depth and used technological actions. All processes were compared and the changes or development were determined. Additionally, we transcribed and used the interviews with the PMTs and post-lesson discussions regarding the identified critical events that were used to support the data. In this sense, triangulation was used in order to increase the trustworthiness of the study (Patton, 2002).

4. Results

In this section, we report our analysis on each prospective mathematics teacher's targeted level of mathematical depth (MD) and planned technological action (TA) in their tasks, the level of mathematical depth achieved and the type of technological action used during micro-teaching and as well as during classroom teaching of those tasks in school placements. In particular, we compared their achieved MD and used TA in micro-teaching and in classroom teaching to identify the changes in the content of tasks and in teaching practices of the PMTs.

4.1. Prospective mathematics teacher 1

4.1.1. What PMT1 planned

PMT1 designed a technology-based task in which students could use right triangles and related elements to support the conceptual learning of the meaning of trigonometric ratios (see Figure 2). She planned to discuss how to find the length of the tree in the sketch using the sides of a right triangle and the ratios of these sides, and in this process, she expected students to gather information from the sketch (MD-2). Then, she aimed to explain the meaning of the trigonometric ratio of tangent in a right triangle, and planned to ask the following prompt, "If we only knew the value of $\tan N$, could we find the length of the tree?". Then, she aimed for students to notice and explain how the trigonometric ratios were related to side lengths of the right triangle (MD-3 and 4).

At the last stage of her plan, PMT1 planned to discuss the following prompts on the possibilities that this tree could fall on the house:

- If we could change the distance of the tree from the house, could we make different comments?
- Let's fall down the tree by using the slider. What could you say about this situation?
- Would it be enough just to change the length of the tree or the distance of the tree from the house?

In this process, PMT1 aimed for students to reach a generalization (MD-5) on how trigonometric ratios would change based on the changes in an angle through using dynamic features of the technology (TA-D) and guiding them to recognize existing relationships in the sketch (TA-E). Although she planned to ask some prompts with the use of a slider attaching to the tree in the sketch, she could not manage to design such a slider in the content of the task. She stated that she would work on this before implementing her task in micro-teaching.

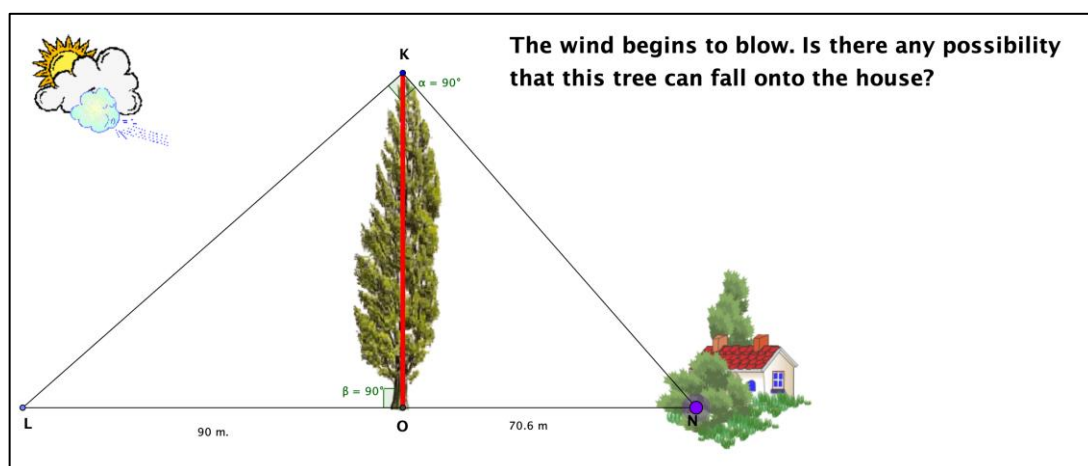


Figure 2. The Tree Task designed by PMT1

4.1.2. Micro-teaching

In her micro-teaching, PMT1 only used the rules related to trigonometric ratios (MD-1) and enabled students to gather information from the sketch (MD-2). In terms of the type of technological action, it became apparent that she generally used her sketch in a static way (TA-N/A), but towards the end she partially used the dynamic features of the software by changing the height of the tree (TA-D). Detailing the whole micro-teaching process, she started her teaching by discussing the question in Figure 2 and expected students to make inferences in line with what they saw on the screen (MD-1 and 2). However, at this stage, PMT1 asked some prompts, which were not in her plan, that resulted in a different teaching direction from her plan. For instance, she asked “Have you ever heard of a concept called slope?” and guided students to find the length of the tree by discussing the slope concept. She then introduced the ratio of tangent as planned by pointing out the ratio between the side lengths. However, she did not ask the following planned prompt directly “If we only knew the value of $\tan N$, could we find the length of the tree?”. Instead, she discussed the content of this prompt by proposing different prompts than she planned, but with the prompts she asked, students only managed to collect information from the sketch (MD-2).

Later, PMT1 focused on the changes in trigonometric ratios while changing the height of the tree. For this purpose, she asked “What changes would happen if I move the tree?”. As mentioned above, although she planned to attach the image of the tree to a slider to show the possible different situations of the tree falling down that could be analyzed by students (TA-D), she could not manage to add such a slider to the task. Instead, she only discussed the situation where the height of the tree was changed by dragging the corner point of the image of the tree (see Figure 3). In this process, she tried to support students’ examination of the situation by only changing the height of the tree one time. Therefore, she could not manage to discuss how changes in an angle would affect the trigonometric ratios of this angle since she could not use the dynamic features of the software effectively. In this sense, PMT1 could not guide her students to construct conceptual knowledge regarding relationships between angles and side lengths (MD-3 and 4) or to reach a generalization (MD-5). In the interview after micro-teaching, she stated that she could not put her plan into practice during micro-teaching since she lost track of the details and directions of what she planned.

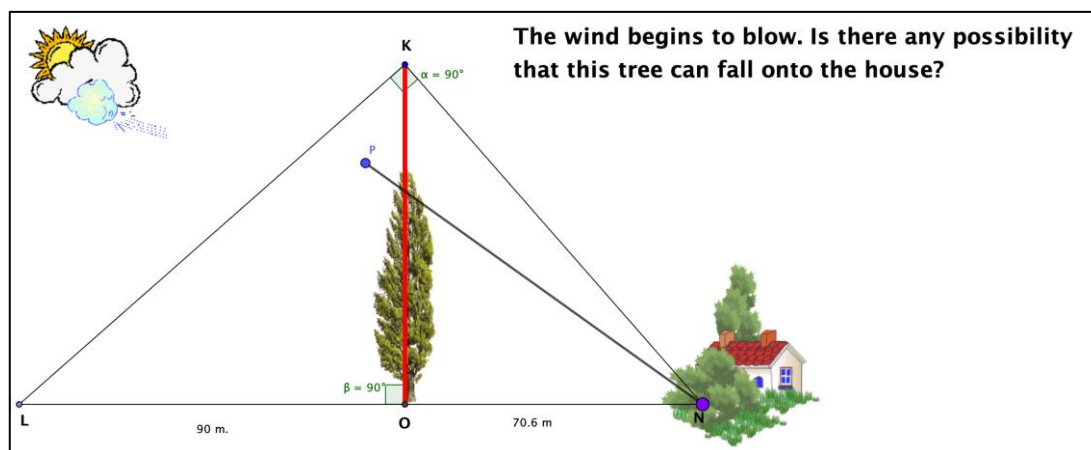


Figure 3. A redrawn sketch of PMT1’s dragging the vertex point of the tree

4.1.3. Classroom teaching

Based on her experience and feedback during micro-teaching, PMT1 revised her task before classroom implementation. While revising her task, it became apparent that she still could not manage to add a slider attaching to the tree image. Instead, she drew a number of colored line segments to show the different heights and positions of the tree. Following her plan, she started her classroom practice by discussing how the tree's falling down situation was related to the side lengths of the right triangle. In this process, she guided students to make inferences through using their prior knowledge and collecting information from the sketch (MD-1 and 2). She then showed the tangent ratio of an angle. At this stage, as she planned, she effectively discussed the idea of finding the length of the tree by knowing the tangent ratio of an angle and guided students to make explanations considering the relationships between angles and side lengths (MD-3 and 4). Also, she helped them develop conceptual knowledge about other trigonometric ratios and the relationships between them (MD-3 and 4). However, she did not use any technological action until this stage; she only used the task in a static way. At the last stage of the task, although PMT1 wanted to take advantage of the dynamic features of the software, she had some problems in practice. For instance, to change the height of the tree and its distance from the house, she moved the position of the vertex of the right triangle (point K), but in the static picture she added to the task, the position and height of the tree did not change (see Figure 4).

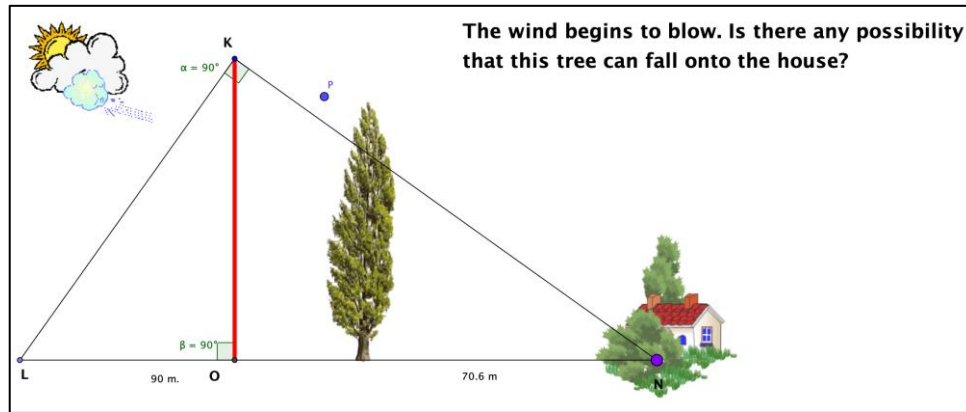


Figure 4. A redrawn sketch of PMT1's dragging the vertex point K of the triangle

PMT1 asked "For example, if I move point K, my tree is not moving right now, please ignore it. It is a static picture. What changes as I move point K now?". Since the location and appearance of the tree did not change, unclear answers came from the students. At this point, she tried to use the colored line segments, however, forgot the roles and functions of the line segments and became confused. In this sense, PMT1 experienced a number of difficulties in using the tools of the software (e.g. she did not measure the side lengths dynamically and forgot to close the dynamic texts representing these measurements). Nevertheless, she continued her teaching by dragging the line segment AO (orange colored) showing the height of the tree, and managed to guide her students to reach a generalization to some extent about how trigonometric ratios changed depending on the changes in angles and side lengths (MD-5) (see Figure 5). However, contrary to what she had planned in this process, PMT1 partially used the dragging feature (TA-D). Also, she was partially successful in using the task in a way for students to recognize relationships between trigonometric ratios and angles in the sketch (TA-E).

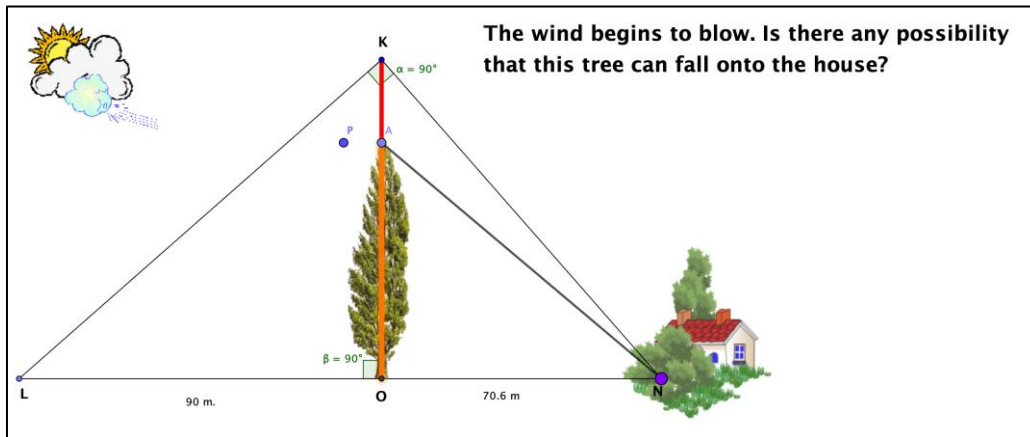


Figure 5. A redrawn sketch of PMT1's dragging the line segment showing the height of the tree

Considering all the processes she experienced, it became apparent that PMT1 developed not only the content of her task but also the way she used it in her teaching. As it can be seen in Table 2, although she planned to guide students to reach a generalization regarding how trigonometric ratios changed depending on changes in angles and sides, in micro-teaching she did not achieve the targeted mathematical depth as she could not utilize her planned technological actions in an effective way. However, by considering her experiences and suggestions in the micro-teaching, she managed to achieve her planned aims to some extent in her classroom practice.

Table 2. Examples of PMT1's prompts at different stages

Prompt stated in the plan	Targeted (MD+ TA)	Micro-teaching (MD+ TA)	Classroom teaching (MD+ TA)
Would it be enough to have only the value of $\tan N$ and the length of $ ON $ to find the length of the tree?	She aimed to guide students to examine on what elements they should focus in a right triangle to find an unknown side length by constructing a relationship between given information. (MD-3 and 4; TA-N/A)	Through discussing the situations related to the right triangle in the sketch, she enabled the students to collect information from this right triangle. However, she did not succeed in guiding them to establish and explain the relationship between $\tan N$ value and the given length. (MD-2; TA-N/A)	She managed an effective discussion to reach her intended mathematical depth and succeeded in guiding the students to establish and explain the relationship between $\tan N$ value and the given length. (MD-3 and 4; TA-N/A)
If we could change the distance of the tree from the house, could we make different comments?	She aimed to teach how trigonometric ratios change based on changes in angles and side lengths by changing the distance of the tree from the house (or changing the length of the tree). (MD-3, 4 and 5; TA-D and E)	She could not use the dynamic features of GeoGebra effectively. She asked the following question "What change would happen if I move the tree?" However, as she could not add a slider to the task, she only dragged the corner point of the image of the tree one time and enabled students to collect information from the sketch (MD-1 and 2, TA-N/A)	She managed to guide the students to reach her aimed generalization. (MD-5; TA-D and E).

4.2. Prospective mathematics teacher 2

4.2.1. What PMT2 planned

PMT2 designed three different technology-based tasks to conceptually verify the area of a circle in his lesson plan. He aimed to verify the area by using an infinite-sided regular polygon in the first task, using sectors in the second task, and forming the circle into a triangle in the third task. In this section, we reported the results of his second task, namely verifying the area of a circle through using sectors.

In his plan, it became apparent that he did not indicate the targeted mathematical depth or planned technological actions for the implementation of the task, instead he only stated the aim of guiding students to reach the area of the circle. In line with this aim, he planned to use two different sliders (TA-D) while one of them attached to the radius of the circle, the second one represented the number of sectors in the circle (see Figure 6). Using this task, PMT2 aimed to guide students to reach a generalization about the fact that the area of a circle could be obtained from the area of a rectangle, which was evolved through the shape formed by combining the sectors as the number of sectors increased (MD-5) (see Figure 7b).

4.2.2. Micro-teaching

PMT2 experienced two micro-teaching. In the first micro-teaching, he practiced only his first task, which was about verifying the area of a circle by using infinite-sided regular polygon. During the process, he encountered situations that he did not plan to which he could not propose any solution. Hence, he ended the micro-teaching at his own request to conduct another micro-teaching later. Then, in his second micro-teaching, he implemented all three tasks he planned to teach. Considering the problems and difficulties experienced in the first micro-teaching, PMT2 was more successful in reaching his goal in the second micro-teaching.

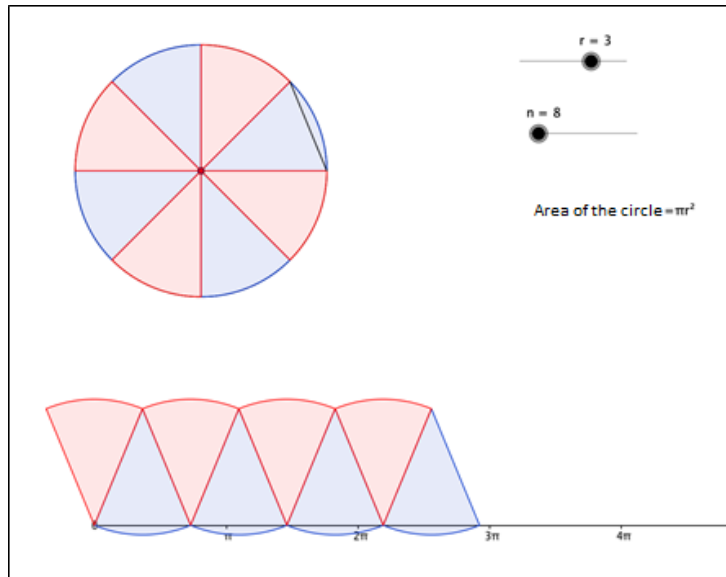
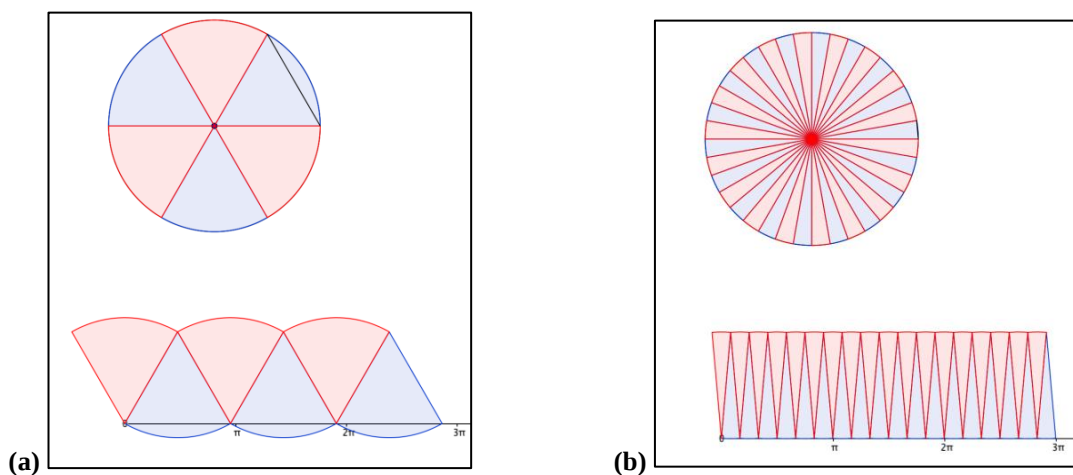


Figure 6. PMT2's task of verifying the area of a circle through using sectors

In micro-teaching, PMT2 started his second task by introducing the functions of the sliders and the content of the task. To indicate the area of evolving shape formed by interlacing of different colored sectors (see Figure 7a), he used the slider representing the number of sectors (TA-D) and asked students to observe how the area changed as the number of sectors gradually increased (see Figure 7b and 7c). In this process, he encouraged the students to discuss the following prompts:

- I move this slider and increase the number of sectors. What happens to this shape (the shape formed by arranging the sectors)?
- I constructed 44 blue sectors, 44 red sectors and rearranged them together in a shape. I am moving the slider; what do you think is happening to the shape?
- What did the final version of the shape resemble?

Although he pointed out that the total shape resembled a rectangle through using hand gestures, a student asked, "Can we do it again from the beginning?". At this stage, it became apparent that students had difficulties in constructing and explaining the relationship between shapes and only managed to collect information from the sketch (MD-2). In response to the student's request to repeat the process again, PMT2 animated the slider and prompted students on the animation (TA-D). In this way, he managed to better help students establish and explain mathematical relations about the evolving shapes (MD-3 and 4; TA-D and E). As a result, students reached a generalization on the relationship between the area of the rectangle and the area of the circle (MD-5).



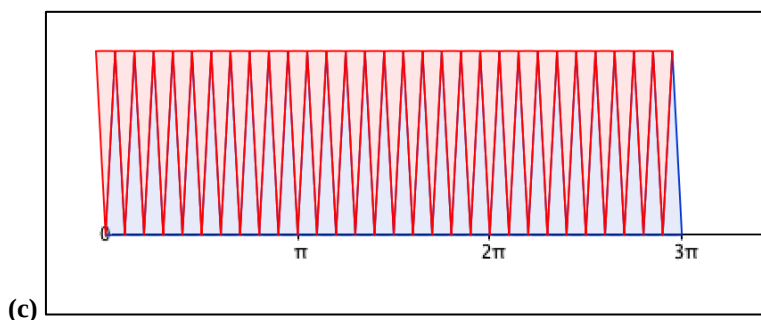


Figure 7 (a) (b) (c). Redrawn sketches of different implementation processes of the task

In terms of technological action, PMT2 managed to use the sliders effectively (TA-D) to reach the intended mathematical depth. Although he was more successful in his second micro-teaching, he experienced some difficulties in guiding students to reach his aimed mathematical depth. For instance, it was observed that he had a difficulty in answering the following question asked by a student: “why is the length of the line segment formed by the sectors $2(\pi)$?”. In the group discussion conducted after micro-teaching, fellow PMTs made suggestions regarding answering such a question. They also suggested that to better indicate that the shape formed by sectors resembled a rectangle as the slider increased, he should have emphasized the parallelogram image beforehand.

4.2.3. Classroom teaching

Considering his experiences and feedback given in micro-teaching, PMT2 revised his task before his classroom implementation. He started his practice by explaining the functions of the two sliders in the task:

This slider represents the radius of the circle. Radius is a dependent variable here, so the radius changes when I move the slider. I also divided the circle into equal sectors starting with the minimum number 4 increasing to 6,8,10 till 60. So, the second slider represents the number of the sectors.

PMT2 initially expected students to collect information about the changes that occur on the sketch (MD-2) by animating the slider representing the sectors (TA-D). Then, he guided students to discover the relationship between variants (number of sectors and evolving shape) by asking how the sketch changes (MD-3, TA-E). In this process, he helped students realize that the shape formed by the sectors evolved from parallelogram to rectangle by using the concept of limit (see Figure 8). Then, PMT2 asked prompts about the area of the circle and expected them to provide explanations through relating the circle to the rectangle (MD-3 and 4).

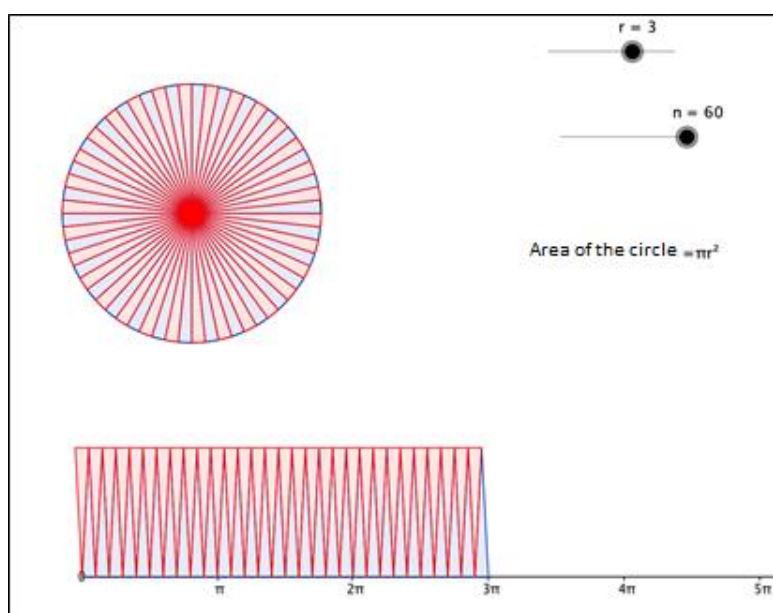


Figure 8. A redrawn sketch of PMT2 increasing the number of sectors through the slider

While students said that the short side of the rectangle was equal to the radius of the circle, they could not understand how the long side of the rectangle was formed. For example, a student asked a question regarding the long side of the rectangle: “When you move the slider into 60, should not the line segment indicating the long side of the rectangle stay constant? Why is it getting longer? Circumference of the circle is fixed, we only increase the number of the sectors”. PMT2 answered the question by constructing a relationship between the

length of the arc and the length of the line segments. He showed that the length of the arc had gradually evolved to the length of the long side of the rectangle by increasing the number of sectors with the slider. In particular, he changed the number 60, which was the highest value in the slider, into 1000 and enabled students to observe and notice the idea of approaching (see Figure 9). In this sense, it became apparent that PMT2 were able to respond to an unexpected question by using the technology in an effective way. After he guided the students to conclude the relationship between the long side of the rectangle and the circle, they reached a generalization of the area of the circle (MD-5).

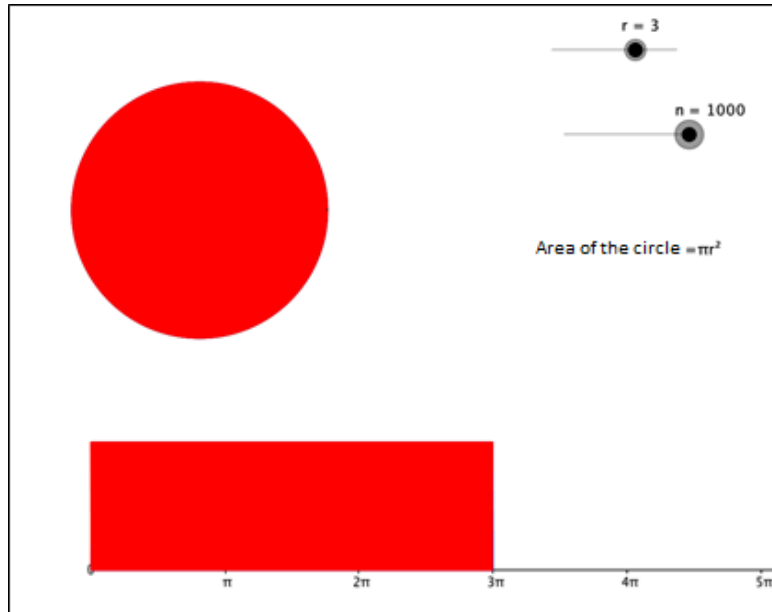


Figure 9. A redrawn sketch of PMT2 changing the highest number of the sector slider as 1000

In summary, considering his experiences and suggestions in his two micro-teaching sessions, PMT2 managed to use the dynamic technology effectively in his classroom implementation and was more successful in reaching the mathematical depth he aimed (see Table 3).

Table 3. An example of PMT2's prompt at different stages

Prompt stated in the plan	Targeted (MD+ TA)	Micro-teaching (MD+ TA)	Classroom teaching (MD+ TA)
He did not include specific prompts in his plan. He aimed to start his task by asking the following question: "How can I find the area of a circle?"	He aimed to guide students to reach a generalization about the fact that the area of a circle could be obtained from the area of a rectangle, which was evolved through the shape formed by combining the sectors as the number of sectors increased (MD-5; TA-D).	In the process, using the slider representing the number of sectors (TA-D), he enabled students to collect information from the sketch (MD-2). Then, he continued dragging the slider (TA-D), but he had difficulties in reaching his aimed mathematical depth.	He enabled the students to collect information from the sketch by animating the slider representing the number of sectors (MD-2), to construct and explain a relationship between the number of sectors and the shape formed by the sectors (MD-3 and 4) (TA-D and E).

4.3. Prospective mathematics teacher 3

4.3.1. What PMT3 planned

PMT3 designed a lesson plan to teach how to find the area of a triangle. In the first task of his plan (see Figure 10), he aimed to reach the area of a triangle using the areas of polygons such as rectangle or square. At this point, he planned to use his task only as a visual (TA-N/A) and aimed to use the areas of rectangle and square (MD-1). In order to achieve this goal, he planned to ask students to calculate the areas of 4 different shapes in Figure 10 respectively. Also, for the triangle shape in the task, he aimed to ask students to turn this triangle into a square (using two equal triangles) and then to calculate the areas of those triangles and the square. At this part, if unexpected answers arose, he planned to teach the area of the triangle step by step by directing

students to the first two shapes in the task. After students recognized that the area of the triangle was half of square and/or rectangle, PMT3 expected them to reach the area of triangle through calculating the area of the final shape (an irregular polygon) in the task.

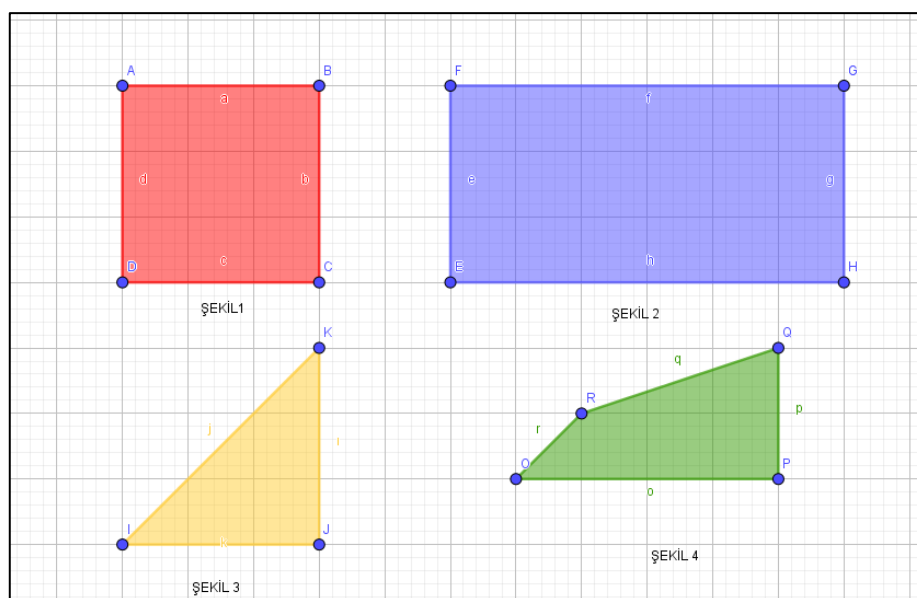


Figure 10. PMT3's task about the area of a triangle

4.3.2. Micro-teaching

PMT3 performed two micro-teaching. In his first micro-teaching, he followed his plan, and used the task as a visual (TA-N/A) and enabled students to reach the area of the triangle with the use of the areas of rectangle and/or square (MD-1). At this point, the researchers and the other PMTs who participated in the micro-teaching made suggestions regarding the fact that he could have used technology more effectively in line with his aim. For instance, instead of using the task as a visual, he could have explored the area of the triangle by drawing this sketch step by step in GeoGebra.

Considering these suggestions, PMT3 requested to practice another micro-teaching for this task. In his second micro-teaching, PMT3 drew an irregular polygon step by step (TA-A) and asked students how to calculate the area of this polygon (see Figure 11). When students replied that this polygon could be divided into a rectangle and two triangles, PMT3 asked about the area of the rectangle (MD-1) and guided them to create rectangles from those two triangles. He started a discussion for students to make and explain a relationship between these shapes (MD-3 and 4). Then, PMT3 continued on the ordinary board and enabled students to reach the area formula of the triangle based on the area of the rectangle. At the end of this micro-teaching, the participants suggested that he could verify the area of the triangle by dragging one side of the polygon that was constructed at the beginning.

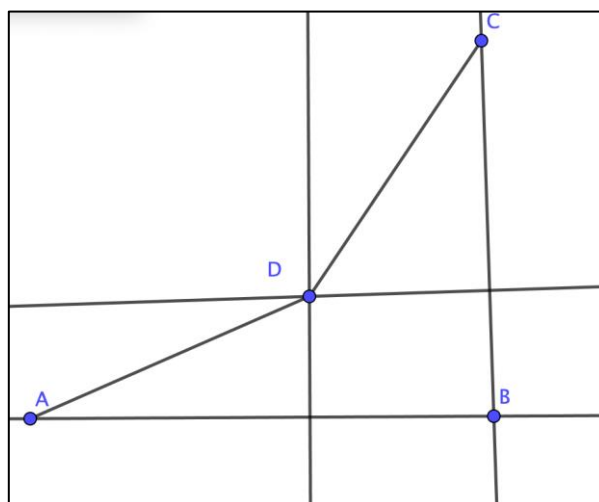


Figure 11. A redrawn sketch of PMT3's drawing an irregular polygon

4.3.3. Classroom teaching

During the classroom practice, it was observed that PMT3 improved his teaching by taking into account his experiences and suggestions given in micro-teaching. Similar to his second micro-teaching, PMT3 drew an irregular polygon in GeoGebra (see Figure 12) and asked students how to find the area of this polygon as planned. While doing this drawing, he constructed a polygon with a right angle instead of a random polygon (TA-C) because he wanted to make use of the rectangle. This was one of the suggestions given in his second micro-teaching.

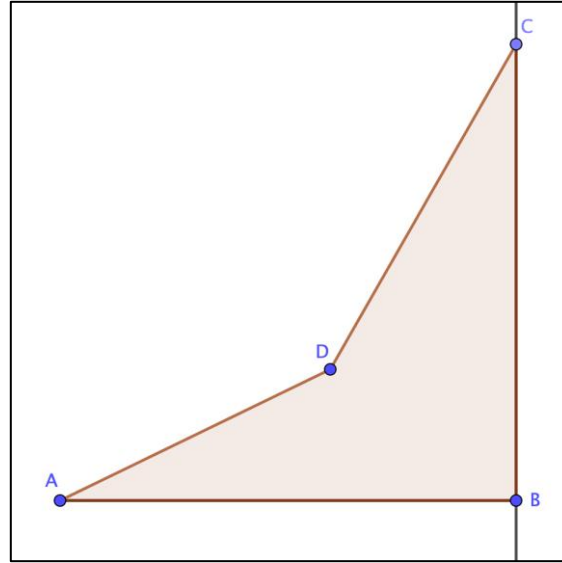


Figure 12. A redrawn sketch of PMT3's construction of an irregular polygon with a right angle

PMT3 effectively used the software to verify students' answers while guiding a class discussion on how to find the area of the polygon. In this process, with the use of the GeoGebra tools (perpendicular line, parallel line), he constructed two triangles and a rectangle inside this polygon (TA-C) and measured the areas of each of these polygons (TA-B) (see Figure 13).

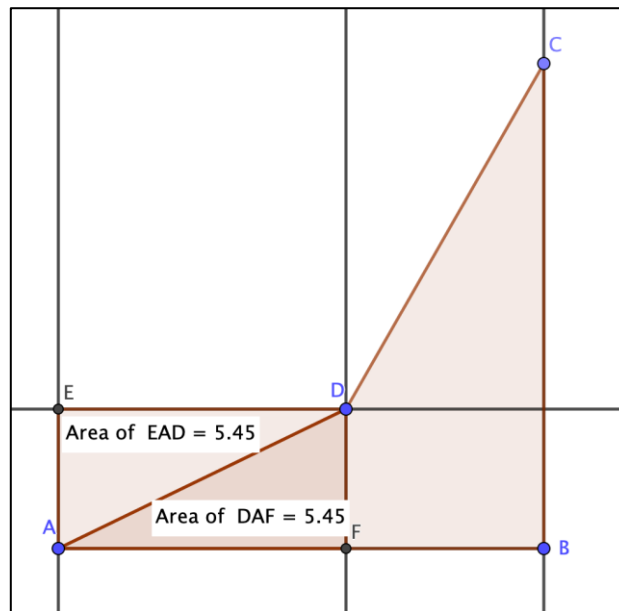


Figure 13. A redrawn sketch of PMT3's construction of two triangles and a rectangle in the irregular polygon

During the discussion, he asked students to remember areas of the rectangle and triangle (MD-1) and to make predictions about the relationships between the areas of the shapes and explain this (MD-3 and 4). By turning the triangles into a square or a rectangle, he enabled students to verify/falsify their predictions. At this point, PMT3 dragged the irregular polygon (TA-D) and helped students realize that the equality of proportions between the areas did not change even though the polygon changed (MD-5) (see Figure 14).

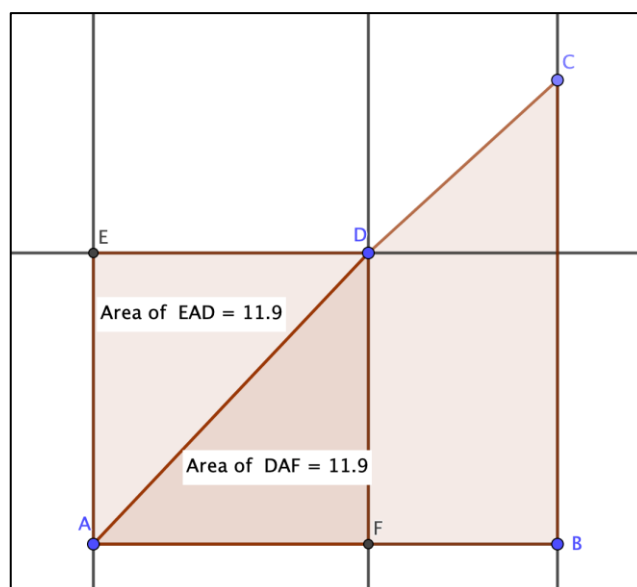


Figure 14. A redrawn sketch of the evolved irregular polygon based on PMT3's dragging a point of the constructed polygon

As summarized in Table 4, there were significant changes and development in the content and implementation of PMT3's task.

Table 4. Examples of PMT3's prompts at different stages

Prompt stated in the plan	Targeted (MD+ TA)	Micro-teaching 1 (MD+ TA)	Micro-teaching 2 (MD+ TA)	Classroom teaching (MD+ TA)
How many units are those shapes composed? (showing the pre-made shapes in GeoGebra)	To guide the students on reaching the formula of the triangle from the shape by aiming to make use of the area of the rectangle and planned to use the task as a static image (MD-1, TA-N/A).	He achieved the goal by applying the task as he intended. After micro-teaching, researchers and other prospective teachers suggested that he could improve the level of mathematical depth of the task and use technology in a more effective way (MD-1 and 2, TA-N/A).	He drew an irregular polygon in GeoGebra and asked the following question "How could we find the area of this polygon?" (MD-2, TA-A).	His classroom implementation of this task was similar to his second micro-teaching.
What ratio do you think is there between the area of the triangle and the area of a quadrilateral created from two of this triangle?	He aimed to guide students to notice that area of a triangle is the half of the area of the formed quadrilateral (MD-1 and 2, TA-N/A).	As he planned, he asked the students about the ratio between the area of the triangle and the quadrilateral. Students made comments about the shapes using the area formula (MD-1 and 2, TA-N/A).	He drew an irregular polygon and discussed the relationship between the areas of the triangles and quadrilateral (MD-3 and 4; TA-A).	He constructed a polygon with a right angle (TA-C), and enabled the students to relate between the areas of the triangle and rectangle inside this polygon (MD-3 and 4), then by dragging a point of this polygon (TA-D) he guided the students to reach a generalization (MD-5).

4.4. Prospective mathematics teacher 4

4.4.1. What PMT4 planned

PMT4 designed a task to teach the base area and volume of a shape formed by rotating a rectangle at different angles (see Figure 15). PMT4, in her task, used 3 different sliders representing the rotation angle, short side of the rectangle (the radius of the cylinder) and long side of the rectangle (the height of the cylinder). In this

study, we share the results of part of her task related to the base area. She aimed to reach a generalization on how to find base area by rotating a rectangle at an angle (e.g., 360° , 180° and 120°) (MD-5). In this process, PMT4 aimed for students to remember the base area formula of a cylinder (MD-1), to collect information from the sketch by observing the changes in the angle (MD-2), to explain the relationships that occur based on the changes in the sketch (MD-3 and 4) and finally to generalize the occurred relationship (MD-5). She planned to use the sliders at different stages in the sketch (TA-D) and aimed to achieve her goal by emphasizing the changes in the situations that occurred. For instance, she planned to ask the following prompt: “What could be the relationship between the base areas of a rectangle rotated by 360° and then by 120° ?”. Then, by measuring the base areas of the geometric shapes (TA-B), she planned to discuss whether the students' predictions about the relationships were correct. As a result, she aimed to emphasize the relationship between the base area and radius by asking whether a change in radius would affect this relationship.

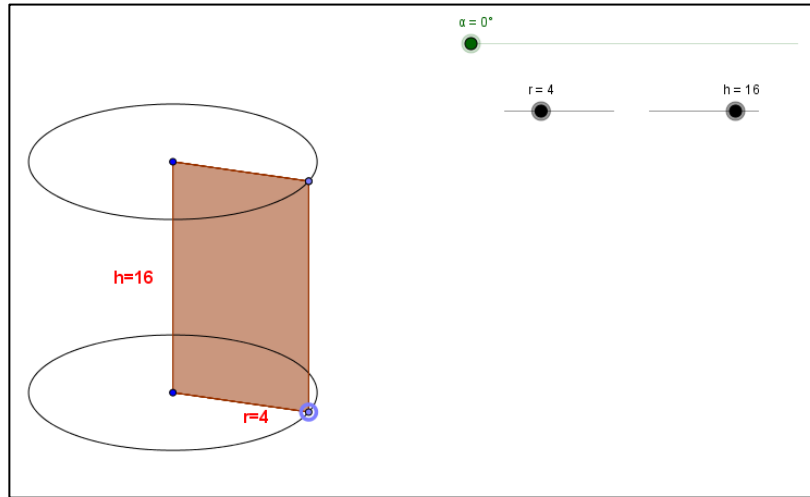


Figure 15. PMT4's Task about Cylinder

4.4.2. Micro-teaching

In the micro-teaching, PMT4 started the lesson by reminding the following information to the class “the cylinder is formed by rotating the rectangle 360° ”. She asked students about the relationship between the base areas of the shapes formed by rotating the rectangle 360° and 180° . She chose a student from the class to use GeoGebra in the front, whom she asked to move the angle slider first to 360° and then to 180° (TA-B and D).

At this point, by using the measurement tool, she confirmed that the base area of the shape formed by rotating 180° was half the area of the cylinder. She then performed similar operations for the shape that formed by rotating the rectangle 120° . However, she could not reach her intended mathematical depth since she could not effectively utilize her planned technological actions. For instance, she used the slider attaching to an angle to rotate the rectangle (TA-D) but did not guide students to make observations on the formed shapes in order to discover relationships and make mathematical explanations. Instead, she talked about the ratios using only the formulas related to the relationships of the shapes (MD-1). Then she asked the students whether the ratio between the base areas of the shapes changed when the radius changed. She asked the student (who was using the technology) to move the radius slider (TA-D), however she explained to the class that the ratio did not change by using the formula on the normal board (MD-1). In the last stage, she asked the following prompts: “What can I say about the base area of the rectangle rotated with a certain angle? Can I reach a formula dependent on the angle?”. When students gave an answer as $\alpha/360^\circ$, she asked “Why?”, but she made her explanation to the class without prompting further and was not able to guide students to reach a generalization about the fact.

At this point, it has been observed that PMT4 made use of the software by only using the measurement tool and the slider in a limited way. In particular, she did not make an effective use of her planned technological actions (using the slider) in the discussions and in the cases of verifying/falsifying the students' responses. In the group discussion held after micro-teaching, the other PMTs and researchers made critical comments about her teaching including the fact that PMT4 was prone to replying to her own prompts without allowing enough time for students to respond, and that her prompts were not clear in guiding the students to reach a generalization. Also, one of the comments was about her not using dynamic technology effectively in the discussion she aimed to create.

4.4.3. Classroom teaching

Despite the experiences and suggestions made in the micro-teaching, no significant difference was observed in PMT4's classroom teaching. PMT4 started the task by asking students the relationship between the base area formed by rotating the rectangle at 360° and the base area formed by rotating it at 180° . After receiving the students' responses, she chose an assistant student from the class, who would be in charge of the technology in the front, and asked the student to measure the base areas of the shapes using the measurement tool in GeoGebra (TA-B) and verified the predictions of the students in the class (see Figure 16).

Likewise, she asked them to predict the relationship for the shape formed by rotating a rectangle at 120° and tested students' predictions with the use of the measurement tool. In this sense, as stated in her plan, she asked her assistant student to change the angles (TA-D) for the class to collect information from the sketch about the shapes rotated by different angles (MD-2). She then asked whether a change in the radius would affect the ratio between the base areas of the shapes rotated by different angles, however, she did not make any manipulation on the sketch with the use of the radius slider to verify or falsify students' predictions. In this process, as she stated in her plan, she asked the class about their reasons regarding the predictions they made, but although students gave several answers, she ignored those and gave her explanations instead. At the last stage aiming for the students to reach a generalization, PMT4 asked about the formula of the base area of the shapes formed by rotating a rectangle by α degrees. After a couple of students responded to her question, she wrote the formula directly on the normal board without using her technology-based task. In this sense, she generally answered the prompts herself, directed the lesson on the normal board and could not guide the students to reach the intended mathematical depth, in which she used the measurement tool (TA-B) and sliders (TA-D) in a limited way. However, during the post-lesson interview, PMT4 stated that she felt that her awareness about her teaching increased and improved. She expressed that the reason why she could not reach the intended mathematical depth was related to the low participation rate of students in the classroom, which hindered her to create a class discussion.

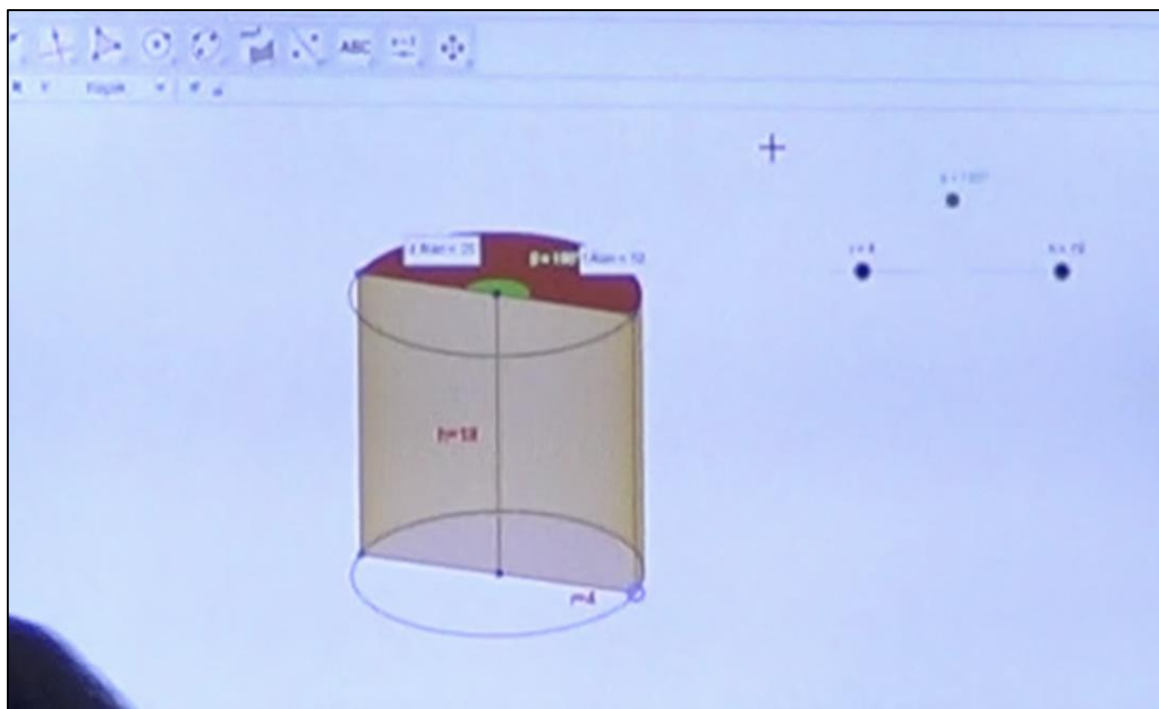


Figure 16. A screenshot of showing the measured base area of the shape formed by rotating the rectangle at 180°

To conclude, PMT4 had problems in reaching her intended mathematical depth and in using the planned technological actions effectively during both her micro-teaching and her classroom teaching (see Table 5). This seem to be because she did not to take into account her experiences or suggestions given in the micro-teaching.

Table 5. Examples of PMT4's prompts at different stages

Prompt stated in the plan	Targeted (MD+ TA)	Micro-teaching (MD+ TA)	Classroom teaching (MD+ TA)
How do we find the base area of a shape formed by rotating a rectangle at a specific angle?	By presenting situations regarding different angles, she aimed to guide students to establish and explain relationships and between the base areas of the formed shapes (MD-3 and 4; TA-B and D).	She changed the slider to the angles of 120° , 180° and 360° and measured the base areas of the shapes formed. However, she could not guide students to compare the base areas at specific angles and construct the intended relationship (TA-B and D (limited)). (MD-1 and 2).	She did a teaching similar to what she did in micro-teaching and did not achieve her goal.
Would changing the radius change this relationship? Move the slider to change the radius. Is your prediction correct? Explain it.	She aimed to guide students to reach a generalization about the relationship between the base areas formed by changing the slider representing the radius (MD-5; TA-D).	She used the slider in a limited way and only guided students to use formulas and collect information about a couple of shapes formed (MD-1 and 2, TA-D).	She could not reflect her micro-teaching experiences to her classroom teaching. She mostly used the task as a visual amplifier and explained the intended relationship verbally.

In summary, Table 6 provides an overview regarding the processes experienced by the four PMTs. It became evident that although PMT1, PMT2 and PMT3 did not reach their goals during their micro-teaching, they managed to fulfil their targeted mathematical depth to some extent by using their planned technological actions in their classroom teaching. However, in PMT4's case, there was not a significant improvement from her micro-teaching to her classroom teaching.

Table 6. An overview of changes in the PMTs' tasks in terms of mathematical depth and technological action

Prospective mathematics teacher	Targeted mathematical depth and technological action in their plans	Reached mathematical depth and used technological action in micro-teaching	Reached mathematical depth and used technological action in classroom teaching
PMT1	MD-5 TA-D and E	MD-1 and 2 TA-D	MD-5 TA-D and E (Limited)
PMT2	MD-5 TA-D	MD-5 TA-D	MD-5 TA-D and E
PMT3	MD-1 TA-N/A	MD-1 TA-A	MD-5 TA-A and D
PMT4	MD-5 TA-B and D	MD-1 and 2 TA-B and D (Limited)	MD-1 and 2 TA-B and D (Limited)

5. Conclusions and Discussion

This study focused on the development of four PMTs' technology-based tasks through teaching practices. In particular, as suggested by Trocki and Hollebrands (2018), this study examined how PMTs targeted mathematical depth and planned technological actions of their tasks changed or developed during classroom practices. In micro-teaching, it was observed that PMTs could not reach the mathematical depth they aimed in their tasks or use their planned technological actions effectively (e.g., not being able to use the dynamic features of the software, aimless or limited dragging or not using the measuring tool). Additionally, during micro-teaching, there were a number of their inappropriate uses of mathematics vocabulary and notation. Furthermore,

they could not use their prompts in the ways they planned. All of which had an impact on their failure to reach the targeted mathematical depth. After micro-teaching, it has been observed that there were positive changes and development in PMTs' classroom practices, during which they considered their micro-teaching experiences and also the suggestions given during interviews. In particular, PMT1, PMT2 and PMT3 developed their teaching of technology-based tasks considering the suggestions in their micro-teaching and interviews. However, in PMT4's case, there was not much difference between her micro-teaching and classroom teaching in terms of the level of mathematical depth achieved and the type of technological action used, which indicated that she seemed not to consider and evaluate her micro-teaching experiences and suggestions.

The results of the study indicate that the PMTs in general improve the ways of teaching the intended mathematical knowledge (use of mathematical notations and conducting a class discussion) and also the ways they utilized the dynamic technology. In addition, all the PMTs stated that they changed the content or goals of their tasks after micro-teaching. In this sense, through micro-teaching, PMTs had the chance to determine whether they were able to reach their targeted mathematical depth in the tasks or use their planned technological actions and accordingly to develop the situations they were missing. In particular, PMT3 showed a notable change in the way he implemented his technology-based task. While initially aiming to use his task only in a static way (MD-1, TA-N/A), he made use of the measuring and dragging tools (TA-B and D) for students to reach a generalization on the area of triangle in his classroom teaching (MD-5) based on his micro-teaching experiences and suggestions. In other words, the PMT3 did an effective teaching by using the dynamic technology to help students explore mathematical relationships (Bowers and Stephens, 2011). In this sense, micro-teaching in this study provided an ethical and safe environment for the PMTs to experiment new tasks that did not risk the learning of students (Allen & Eve, 1968). In the interviews, all the PMTs indicated that micro-teaching was the most important part in this process and mentioned that micro-teaching contributed the most to the process of developing their technology-based tasks and teaching their tasks. This result, similar to the results of Akyuz (2016), highlights the importance of teaching experiences in PMTs' technology integration. Hence, the results of this study contribute to the field on how technology-based teaching of PMTs could be developed through micro-teaching.

The results of the study also point that the PMTs' individual and group interviews with the researchers, their participation in each other's micro-teaching and classroom teaching, and also post discussions about each other's teaching were the elements that affected the PMTs' development from micro-teaching to classroom teaching (Akyuz, 2016; Donnelly & Fitzmaurice, 2011; Griffiths, 2016; Zbiek, 2005). Also, the actions and questions of both the participants in micro-teaching and students in classroom teaching led to the PMTs revising and developing their technology-based tasks. In this sense, this study indicates that incorporating micro-teaching into Practicum courses is of crucial importance for PMTs' technology integration, in particular, considering the implied discrepancies between what teachers plan and what they experience in classrooms (Lagrange & Ozdemir-Erdogan, 2009; Ruthven, 2009). In this way, PMTs could be prepared for technology use in classroom teaching and such discrepancies could be minimized.

This study also shows the usefulness of Trocki & Hollebrands's (2018) framework in two ways. Firstly, the PMTs realized that they could plan tasks with different levels of mathematical depth through the use of prompts. They also noticed that they should have considered and planned technological actions for the purpose of reaching their intended mathematical depth. Secondly, the framework has provided us as the researchers to examine and evaluate the content of the PMTs designed tasks. In detail, it helped us reach a general impression about the coordination of mathematical depth with technological actions, purpose and level of the task, especially in the process of coding each prompt in the tasks. In this light, this study provided the usefulness of the Trocki and Hollebrands's (2018) model integrated into a Practicum course, which offered the PMTs a guidance in designing and developing technology-based mathematical tasks. This is of particular importance since Trocki and Hollebrands (2018) highlighted that there has been a limited number of studies on the design and evaluation of dynamic technology-based tasks (Trocki, 2015; Yigit Koyunkaya & Bozkurt, 2019) and suggested that future research should be designed especially on the effects of the use of this framework on prospective (practicing) teachers' professional development. Hence, similar to our study, future studies could make use of the existing technology-specific frameworks in teacher education programs to improve PMTs' knowledge, experience and skills in technology integration in order to contribute to the related literature.

Concerning the limitations of this study, we must acknowledge the intensive schedule of the PMTs during a 14-week Practicum course in the last semester of their mathematics education program. Hence, it may be useful to apply further studies in a wider time period to promote the development of PMTs in designing and teaching their technology-based tasks. In addition, the PMTs in this study chose the topic they taught in the classrooms according to the mentor teacher's program at the placement school, which may have put a limit on their design of technology-based tasks. In this context, further studies could focus on PMTs designing and teaching technology-based tasks on a topic that they choose at own request.

Mikro Öğretimden Sınıf İçi Öğretime: Matematik Öğretmeni Adaylarının Teknoloji Destekli Etkinliklerinin İncelenmesi

1. Giriş

Birçok ülkede benimsenen öğretim programlarında ve standartlarda, matematik eğitiminde dijital teknolojilerinin kullanılmasının öğretme ve öğrenme sürecine katkı sağlayacağına düşünülmektedir (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000; National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics [NCETM], 2014; Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013; 2018). Var olan alanyazın incelendiğinde, dijital teknolojilerin matematik derslerine entegrasyonu odağında çok sayıda araştırmaya rastlanmaktadır (e.g. Akyüz, 2016; Baki, 1996; Clark-Wilson, Robutti ve Sinclair 2014, Drijvers 2012, Erfjord, 2011; Hollenbeck, Wray ve Fey, 2010). Yapılan bu çalışmalar, matematik öğrenimi ve öğretimi güçlendirme, matematiksel düşünme ve anlayışı geliştirme ve matematiğe olan ilginin artırılması gibi durumlarda sınıf içi uygulamalarda dijital teknolojilerin kullanımının olumlu etkilerine değinmişlerdir. Bu anlamda, uluslararası bağlamda olduğu gibi ulusal alanyazında da etkili teknoloji entegrasyonu için öğretmenin önemli bir role sahip olduğu vurgusu yapılmaktadır (Akkoç, 2012; Yiğit Koyunkaya, 2017). Ülkemizde Türk Eğitim Derneği (TED) tarafından yayımlanan Öğretmen Yeterlikleri belgesinde bir öğretmenin sahip olması gereken yeterlik alanlarından bir tanesi ‘bilişim teknolojilerini etkili biçimde kullanabilme’ (Öğretmen Yeterlikleri, 2009, s. 10) olarak özetlenmektedir. Benzer olarak, öğretmen yeterlik göstergelerinden biri olarak “öğretme ve öğrenme sürecinde bilgi ve iletişim teknolojilerini etkin olarak kullanır” (Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri, 2017, s. 14) ifadesinin altı çizilmiştir. Burada *etkili* kelimesi öğretmenlerin sadece teknolojik bilgiye sahip olmasını değil teknolojiyi matematiksel kavramların öğretiminde sınıf ve konu seviyesine uygun pedagojik teknikler kullanarak ve geleneksel yöntemlere kıyasla fark yaratacak şekilde kullanmalarını gerektirmektedir. Araştırmacılar teknolojinin öğretime etkili entegrasyonu için öğretmenlerin “ayrıntılı yol haritalarına ve pusula görevini yapacak uzmanlara ve öğretmenlere” (Bozkurt ve Cilavdaroğlu, 2011, s. 868) gereksinimleri olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıntılı yol haritaları öğretmenlerin hazırlayacakları detaylı ders planları olarak tanımlanabilir. Bu anlamda, teknolojik araçları kullanacak öğretmenlerin ve geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarının ders planı hazırlama bağlamında gelişimlerinin desteklenmesi gerekmektedir (Hur, Cullen ve Brush, 2010). Özellikle geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarının teknoloji destekli ders planları tasarlama yeteneklerini gelişimine katkı sağlamanın en iyi yollarından biri teknolojik araçları kullanabilecekleri dersler hazırlamalarına ortam sağlamaktır (Özgün-Koca, Meagher ve Edwards, 2010).

Araştırmacılar öğretmen adaylarının öğretim deneyimlerini arttıracak ‘Öğretmenlik Uygulaması’ derslerinin önemine dikkat çekmişlerdir. Bu süreçte mikro öğretim yapma, öğretmen adaylarının sınıflarda yapacakları öğretim deneyimleri için önemli ve yararlı bir hazırlık aracı olarak görülmektedir (Allen, 1980; Griffiths, 2016; Ledger ve Fischetti, 2019). Öğretmenlik uygulaması dersi kapsamında öğretmen adayları sınıflarda öğretmenlik deneyimi kazanma fırsatı yakalarken sınıf ortamlarında meydana gelebilecek olası tüm durumları tecrübe edemeyeceklerinden dolayı, mikro öğretim bu süreçte bir çözüm önerisi olarak öne çıkmaktadır (Ledger, Ersözülü ve Fischetti, 2019).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, dijital teknolojilerin matematik öğretimine entegrasyonunun öngörülenden çok daha yavaş ilerlediğini göstermektedir (Clark-Wilson, Robutti ve Sinclair, 2014). Ülkemizde de benzer şekilde okullardaki teknoloji altyapısını sağlamak için yapılan büyük teknoloji yatırımlarına rağmen dijital teknolojilerin öğretim sürecine etkili bir biçimde entegre edilemediği yapılan araştırmalarda belirtilmiştir (Çiftçi, Taşkaya ve Alemdar, 2013; Kayaduman, Sırakaya ve Seferoğlu, 2011). Ulusal düzeyde mesleki gelişim programları incelendiğinde öğretmenlerin teknolojiyi pedagojik olarak alanlarına nasıl entegre edeceklerinden ziyade genellikle donanım ve yazılım gibi teknolojik araçları nasıl kullanacakları gibi teknik boyutlara odaklandığı tespit edilmiştir (Uslu ve Bümen, 2012; Pamuk, Çakır, Ergun, Yılmaz ve Ayas, 2013). Bu anlamda, bu çalışma ile 14 hafta süren bir Öğretmenlik Uygulaması dersi kapsamında ortaöğretim matematik öğretmeni adaylarının teknoloji entegrasyonuna dair mesleki gelişimlerini desteklemek amaçlanmaktadır. Özellikle bu çalışmada, öğretmen adaylarının dinamik matematik yazılımlarından GeoGebra programını kullanarak matematiksel kavramların derinlemesine öğretilmesi için tasarladıkları teknoloji destekli etkinlikleri mikro öğretim yaparak geliştirmeleri ve sınıf içi ortamlarda etkili bir şekilde uygulamaları hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmanın temel amacı ortaöğretim matematik öğretmeni adaylarının tasarladıkları teknoloji destekli etkinlikleri mikro öğretim ve sınıf içi uygulama süreçlerindeki değişim ve gelişimlerini incelemektir. Bu anlamda, GeoGebra programının öğretim süreçlerinde etkili kullanımına yönelik öğretmen adaylarının farkındalıklarının ve bilgilerinin geliştirilmesi amaçlanarak araştırmacılara öneriler yapılacaktır.

2. Kavramsal Çerçeve

Sınıf içi uygulamalarda, öğrenimi ve öğretimi destekleyen en önemli unsurlardan bir tanesinin matematik öğrenme etkinlikleri olduğu vurgulanmaktadır (Smith ve Stein, 1998; Swan, 2007). Bu düşünceden hareketle, öğretmen adaylarının tasarladıkları teknoloji destekli etkinliklerin ayrıntılı incelenmesinin gerekli olduğu

düşünülmektedir. Belirlenen amaç doğrultusunda, bu çalışmanın kavramsal çerçevesi olarak Trocki ve Hollebrands (2018) tarafından geliştirilen Dinamik Geometri Etkinlik Analiz Çerçevesi benimsenmiştir. İlgili alanyazın temelinde geliştirilen bu çerçeve, iki başlık altında ele alınmıştır: (1) Matematiksel Derinlik; (2) Teknolojik Eylemin Çeşidi. Matematiksel Derinlik başlığı teknoloji destekli bir etkinliğin hizmet ettiği matematiksel amaca odaklanırken ağırlıklı olarak Smith ve Stein'in (1998) Bilişsel İstem Düzeyi Çerçevesinden faydalanılmış, buna ek olarak alanyazında var olan ilgili bazı çalışmalar (Baccaglini-Frank ve Mariotti, 2010; Christou, Mousoulides, Pittalis ve Pitta-Pantazi, 2004; Laborde, 2001; Sinclair, 2003; Stylianides, 2008; Zbiek, Heid, Blume ve Dick, 2007) göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Teknolojik Eylemin Çeşidi başlığı ise etkinlikte hedeflenen derinliğe ulaşmak için yapılan teknoloji kullanımını belirtmekle birlikte ilgili alanyazında var olan bazı çalışmalar (Arzarello, Olivero, Paola ve Robutti, 2002; Baccaglini-Frank ve Mariotti, 2010; Christou vd., 2004; Hollebrands, 2007; Hölzl, 2001; Sinclair, 2003) ışığında oluşturulmuştur.

Trocki ve Hollebrands'ın (2018) geliştirdiği çerçevede etkinliklerde iki ana bileşen göz önünde bulundurulmuştur: (1) dinamik yazılım ile çizilen ekranda görülen bölüm; (2) belirlenen öğretim amacı veya kazanım ile ilişkili 'prompt' adı verilen yönlendirme soruları. Matematiksel derinlik bileşeni etkinliğin hizmet ettiği amacı puansız ve 0-5 arasındaki seviyeler ile açıklarken, teknolojik eylemin çeşidi ise hedeflenen derinliğe ulaşmak için yapılan Puansız ve A-F arasındaki bileşenleri içermektedir (bkznz. Tablo 1). Benimsenen çerçeve kapsamında, öğretmen adaylarının tasarladıkları etkinliklerin hem mikro öğretim hem de sınıf içi uygulamalarında matematiksel derinlik ve teknolojik eylemin çeşidi açısından nasıl değiştiği ve geliştiği araştırılmıştır.

Tablo 1. Dinamik Geometri Etkinlik Analiz Çerçevesi (Trocki ve Hollebrands, 2018, s. 123)

Matematiksel Derinlik

Seviyeler *Hiyerarşik Seviyeleri ve Tanımları*

Puansız	Yönlendirme sorusunun odağında matematiksel bir kavram, konu veya kazanım olmaması
0	Etkinliğin dinamik yazılım ile çizilen bölümünün yönlendirme sorularını cevaplamak için matematiksel bir uygunluğa sahip olmaması
1	Yönlendirme sorusunun bir matematiksel doğruyu, kuralı, formülü kullanmayı veya hatırlatmayı amaçlaması
2	Yönlendirme sorusunun öğrencinin verilen çizimden bilgi toplamasını amaçlaması (Öğrenciden açıklama yapması beklenmemektedir)
3	Yönlendirme sorusunun matematiksel kavramları, süreçleri veya ilişkileri göz önünde bulundurarak öğrencide etkinlikte verilmek istenen amaca uygun olarak kavramsal fikirlerin oluşmasına ve matematiksel anlamının sağlanmasına hizmet etmesi
4	Yönlendirme sorusunun matematiksel kavramları, süreçleri veya ilişkileri açıklamayı gerektirmesi
5	Yönlendirme sorusunun yapılan çizimden öte matematiksel kavramlar, süreçler ve ilişkilerin doğasının keşfedilmesine ve genelleme yapılmasını sağlaması

Teknolojik Eylemin Çeşidi

Sağlayıcılık *Tanımları*

Puansız	Yönlendirme sorusunun yazılımın dinamik özelliklerinden birini (çizim yapma, ölçme, sürükleme, manipülasyonlar) kullanılmasının gerektirmemesi
A	Yönlendirme sorusunun bir çizim yapılmasını gerektirmesi
B	Yönlendirme sorusunun bir ölçüm yapılmasını gerektirmesi
C	Yönlendirme sorusunun bir inşa yapılmasını gerektirmesi
D	Yönlendirme sorusunun sürgü/sürüklemeye veya diğer dinamik özellikleri kullanmayı gerektirmesi
E	Yönlendirme sorusunun bazı ilişkilerin veya örüntülerin fark edilmesini gerektirmesi
F	Yönlendirme sorusunun, araştırılan kişiyi manipülasyonlar yaparak şaşırtılabilmesi ve bu şaşırtma halinde olağan dışı durumları test etme yoluyla da ortaya çıkabilecek temalara dayanarak temsili ilişkilerin keşfedilmesi veya düşüncelerin geliştirilmesi. (Sinclair'den (2003) alınmıştır, sf. 312)

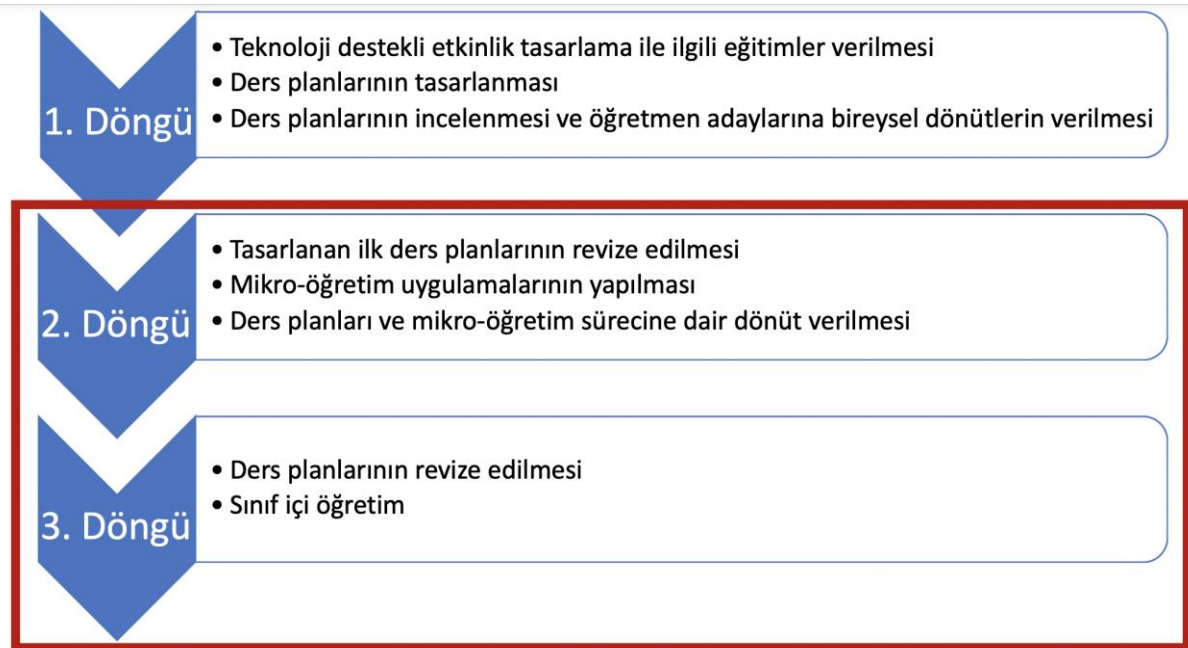
3. Yöntem

3.1. Araştırma Deseni

Nitel araştırma paradigması benimsenen bu çalışma eylem araştırması ile desenlenmiştir. Eylem araştırması belirli bir alandaki bir sorunu anlamaya ve bu sorunu çözmeye yönelik kullanılan bir yöntemdir (Charles ve

Mertler, 2002). Eylem araştırmasında, araştırmacılar yapılan müdahalenin beklenen etkisi ve ortaya çıkacak olan olası değişimlerin farkındadır. Dolayısıyla, çoğu eylem araştırmasında bilinçli olarak bir olguyu değiştirmeye veya geliştirmeye odaklanılmaktadır (Berg, 2004). Bu noktada, araştırmacının rolü kayda değer bir öneme sahiptir. Eylem araştırmasının gelişimi araştırmacının organize etme, uygulama, iyileştirme ve yeni ortaya konan ürünü, planı veya süreci değerlendirme becerisine dayanmaktadır (Hui ve Grossman, 2008). Eylem araştırması döngüsel bir süreçtir ve bu süreçte araştırmacı ilk önce neyi değiştirmek istediğini planlamalı(planning), sonra eyleme geçip (acting) değişimin sürecini ve sonucunu gözlemlemelidir (observing). Bir sonraki adımda, süreci ve sonuçlarını gözden geçirip yansımalarını yaparak (reflecting) süreci yeniden yapılandırmalıdır (Kemmis ve McTaggart, 2005).

Bu çalışma, matematik öğretmeni adaylarının 14 hafta süren Öğretmenlik Uygulaması dersi kapsamında teknoloji destekli ders planı tasarlama ve bu planları uygulamalarını geliştirmeyi amaçlayan bir araştırma projesinin parçasıdır (Bozkurt ve Yigit Koyunkaya, 2020). Bu çalışmada eylem araştırması üç döngüde tasarlanmıştır (bkz. Şekil 1). Araştırmanın ilk döngüsü 1. ve 7. haftalar arasında gerçekleştirilmiştir. Bu ilk döngü öğretmen adaylarının teknoloji destekli matematik etkinlikleri geliştirme ve uygulamayı planlama becerilerini geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. İkinci döngü, 8. ve 9. Haftalarda tamamlanmıştır. İkinci döngü, araştırmacıların ders planlarına verdiği bireysel dönütler doğrultusunda planların öğretmen adayları tarafından revize edilmesi ve bu planların mikro öğretim uygulamalarının yapılması süreçlerini kapsamaktadır. İkinci döngüde öğretmen adaylarının planlarını sınıf ortamında uygulamadan önce deneyimlemeleri ve sınıf ortamında karşılaşılabilecekleri durumları, yaptıkları hata ve eksiklikleri fark etmeleri sağlanarak gelişimlerinin desteklenmesi amaçlanmıştır. Mikro öğretim uygulaması sonrasında her bir öğretmen adayına araştırmacılar ve tüm katılımcılar tarafından mikro öğretim süreçlerine dair dönütler ve öneriler verilmiştir. Ayrıca, araştırmacılar her bir öğretmen adayıyla bu süreçte dair bireysel görüşmeler yaparak etkinliklerini ve öğretimlerini geliştirmeye yönelik dönütler vermişlerdir. Araştırmanın son döngüsü de 9. ve 14. Haftalar arasında yürütülmüştür. Araştırmanın üçüncü döngüsünde, öğretmen adayları mikro öğretim deneyimlerine ve verilen dönütlere göre ders planlarını revize etmiş ve sınıf içi uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu süreçte, eylem araştırmasının doğası gereği bir döngüden diğer döngüye geçerken geliştirilen etkinliklerin planlama süreçleri, mikro öğretim ve sınıf içi uygulamaları takip edilmiş ve her bir öğretmen adayına bireysel dönütler verilerek araştırma sürecinde her birine özgü yeni eylem planları yapılmıştır (örneğin; ek görüşmeler yapma veya mikro öğretimi sürecini tekrarlama gibi). Bu çalışmada, ikinci ve üçüncü döngülerde toplanan veri grubunun bir kısmının sonuçları paylaşılacaktır.



Şekil 1. Çalışmanın Döngü Şeması

3.2. Katılımcılar

Çalışmanın katılımcıları bir devlet üniversitesinin Ortaöğretim Matematik Öğretmenliği Bölümünde eğitim gören dördüncü sınıf 4 matematik öğretmeni adaydır. Çalışmadaki katılımcılar, üniversitelerindeki öğretmen

yetiştirme ders programındaki hemen hemen tüm matematik ve eğitim derslerinin yanı sıra matematik eğitimi özelinde teknoloji destekli olarak Matematik Yazılımları ve Alan Eğitiminde Bilişim Teknolojileri Kullanımı derslerini de almışlardır. Ayrıca, çalışmanın gerçekleştirildiği ‘Öğretmenlik Uygulaması’ dersinden önce, Okul Deneyimi dersini alarak sınıf içi ortamlarını bir dönem boyunca gözlemleme fırsatı bulmuşlardır. Araştırmanın katılımcı grubu seçilirken, derinlemesine araştırılması gereken durumlara dair detaylı bilgi verdiğinden dolayı amaçlı örneklemelerden biri olan ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Merriam & Tisdell, 2016). Katılımcıların matematik eğitiminde kullanılabilecek dinamik matematik yazılımlardan GeoGebra programını kullanmayı bilmeleri bir ölçüt olarak ele alınmıştır.

3.3. Veri Toplama

Öğretmen adaylarının geliştirdiği teknoloji destekli etkinlikler, mikro öğretim ve sınıf içi uygulamalar ile görüşmelerin video kayıtları bu çalışmanın veri grubunu oluşturmaktadır. Öğretmen adayları planlarında 4-5 tane teknoloji destekli etkinliğe yer vermişlerdir. Bu çalışmada her bir öğretmen adayının ders planlarından seçilen bir etkinlik ele alınarak detaylı incelenmiştir. Araştırmacılar bu etkinliklerin içeriğini tartışarak beraber seçmişlerdir. Özellikle, benimsenen çerçeve kapsamında üç öğretmen adayının kayda değer gelişim gösterdikleri etkinlikleri ve bir öğretmen adayının da pek bir şey değiştiremediği etkinliği seçilerek paylaşılmıştır. İlk öğretmen adayı (öğretmen adayı 1-ÖA1) trigonometrik oranları öğretmek amaçlı, ikinci öğretmen adayı (ÖA2) dairenin alan formülünü öğretmek amaçlı, üçüncü öğretmen adayı (ÖA3) üçgenin alanını öğretmek amaçlı ve dördüncü öğretmen adayı (ÖA4) silindirin taban alanının hesaplanmasını öğretmek amaçlı etkinlikler tasarlamışlardır.

3.4. Veri Analizi

Her bir öğretmen adayının tasarladığı etkinlik matematiksel derinlik (MD) ve kullanılan teknolojik eylemler (TE) bağlamında tasarlama sürecinde, mikro öğretimde etkinliklerin uygulama sürecinde ve sınıf içi uygulama sürecinde ulaşılan durumlar karşılaştırılarak incelenmiştir. Öğretmen adaylarının tasarladığı ders planlarında yer alan etkinlikler benimsenen çerçeve kapsamında doküman analizi yöntemi ile analiz edilmiştir (Bowen, 2006).

Çalışmada mikro öğretim ve sınıf içi uygulamalarda toplanan video kayıtları bütünden parçaya video analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Erickson, 2006). Bu süreçte, aşağıdaki aşamalar sırasıyla izlenmiştir:

- İlk olarak tüm videolar durdurulmadan bir bütün olarak izlenmiş ve notlar alınmıştır.
- Videolar durdurularak tekrar izlenmiş ve benimsenen çerçevenin bileşenlerine göre parçalara ayrılmıştır. Ardından bu süreçler transkript edilerek çalışmanın çerçevesi kapsamında kritik durumlar belirlenmiştir.
- Etkinliğin her sürecinde (Planlama, mikro öğretim ve sınıf uygulama süreçlerinde) hedeflenen veya kullanılan MD ve TE karşılaştırılarak nasıl ve neden değiştiği/geliştiği araştırılmıştır.

Öğretmen adaylarının öncelikle planlarında ulaşmayı hedefledikleri matematiksel derinlik ve kullanmayı planladıkları teknolojik eylemin çeşidi belirlenmiştir. Video analizinde mikro öğretim ve sınıf içi öğretim süreçlerinde nasıl bir öğretim yaptığı, öğretim sırasındaki yönlendirme soruları, bu sorulara gelen cevaplar, teknolojiyi nasıl kullandığı (dinamik özellikleri hangi amaçla, nasıl kullandığı) ve bu aşamalarda planına uyumu incelenerek meydana gelen değişimler ve gelişimler belirlenmiştir. Örneğin, ÖA3’ün üçgende alan konusunu dikdörtgen ve kare gibi çokgenlerin alanlarından yola çıkarak nasıl öğretmeyi planladığı ele alınmıştır. Bu incelemede, ÖA3’ün planında teknolojinin dinamik özellikleri kullanmayı planlamadığı, etkinliği sadece görsel olarak kullanmayı planladığı (TE-Puansız) ve çokgenlerin alan formüllerini kullanarak (MD-1) üçgenin alan formülüne ulaşmayı hedeflediği belirlenmiştir. Kritik olay olarak belirlenen bu durumun mikro-öğretim ve sınıf içi uygulama süreçlerinin videoları öncelikle durdurulmadan izlenmiş ve daha sonra videolar durdurularak tekrar izlenmiştir. Benimsenen çerçeve kapsamında parçalara ayrılan videolar transkript edilmiştir. Transkript edilen bölümlerde, ÖA3’ün yönlendirme sorularını nasıl kullandığı ve bu sorular ile beraber matematiksel derinliğin hangi seviyesine ulaştığı ve teknolojik eylemin çeşidi olarak neleri kullandığı detaylı olarak incelenmiştir. Ek olarak, yapılan görüşmelerde ve dersler sonrasındaki tartışmalarda, belirlenen kritik olay ile ilgili söylemlerin transkripti çıkarılmış ve diğer veri grubunu destekleyecek şekilde kullanılmıştır. Bu anlamda, çalışmanın güvenilirliğini arttırmak amacıyla, farklı veri grupları kullanılarak veri çeşitlenmesi yapılmıştır (Patton, 2002).

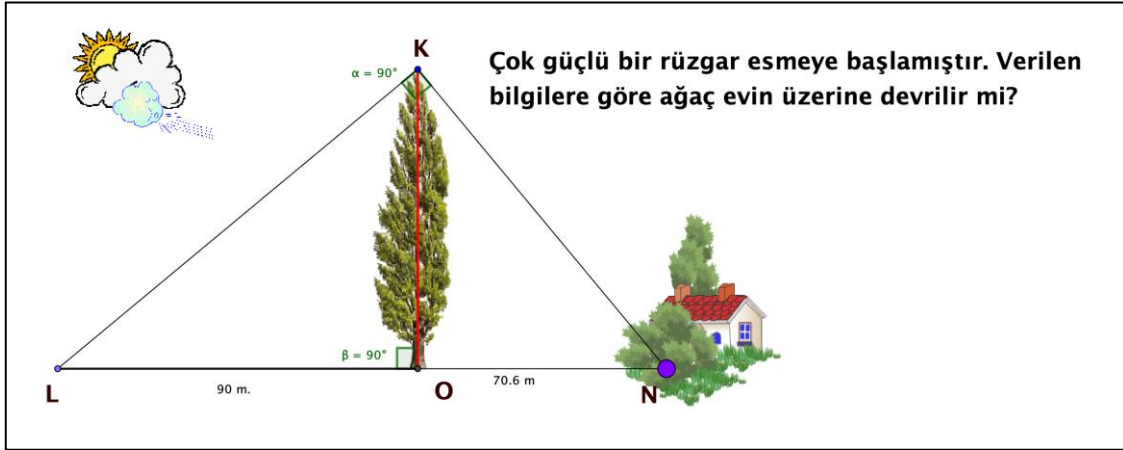
4. Bulgular

Bu bölümde, öğretmen adaylarının tasarladıkları teknoloji destekli etkinliklerde hedefledikleri MD ve planladıkları TE, bu etkinliklerin mikro öğretim ve sınıf içi uygulama süreçlerinde ulaştıkları MD ve kullandıkları TE paylaşılacaktır. Ayrıca, bu süreçler karşılaştırılarak öğretmen adaylarının tasarladığı etkinliklerin içeriğinde ve öğretim uygulamalarında meydana gelen değişimlere vurgu yapılacaktır.

4.1. Öğretmen Adayı 1

4.1.1. Etkinliği Tasarlama Süreci

ÖA1 trigonometrik oranların tanımlarının kavramsal olarak öğrenimini desteklemek amacıyla, öğrencilerin dik üçgen ve elemanlarını kullanabilecekleri bir etkinliği ele almıştır (bkzn. Şekil 2). Öncelikle ÖA1 bir dik üçgenin kenar uzunlukları ve bu uzunlukların birbirlerine olan oranlarını kullanarak ağacın uzunluğunun nasıl bulunacağına dair tartışma ortamı yaratmayı ve bu süreçte öğrencilerin verilen şekilden veri toplamalarını planlamıştır (MD-2). Bu tartışmadan sonra, tanjantın trigonometrik oranının dik üçgende karşılığını açıklamayı düşünmüş ve “sadece $\tan N$ değerini bilseydik ağacın uzunluğunu bulabilir miydik?” sorusunu sorup tartışmayı planlamıştır. Bu süreçte, ÖA1 öğrencilerden bir dik üçgende trigonometrik oranlar ve kenar uzunlukları arasındaki ilişkileri fark edip açıklamalarını hedeflemiştir (MD-3 ve 4).



Şekil 2. ÖA1'in Tasarladığı Ağaç Etkinliği

Planın son aşamasında ÖA1 aşağıdaki yönlendirme sorularını kullanarak tartışmayı planlamıştır:

- Ağacın eve olan uzaklığını değiştirebilseydik farklı yorumlarda bulunabilir miydik?
- Etkinlikte verilen sürgüden ağacı devirelim. Ağacın devrilmesi ile oluşan durum hakkında neler söyleyebilirsiniz?
- Sadece ağacın uzunluğunu değiştirmek ya da ağacın eve olan uzaklığını değiştirmek yeterli olur mu?

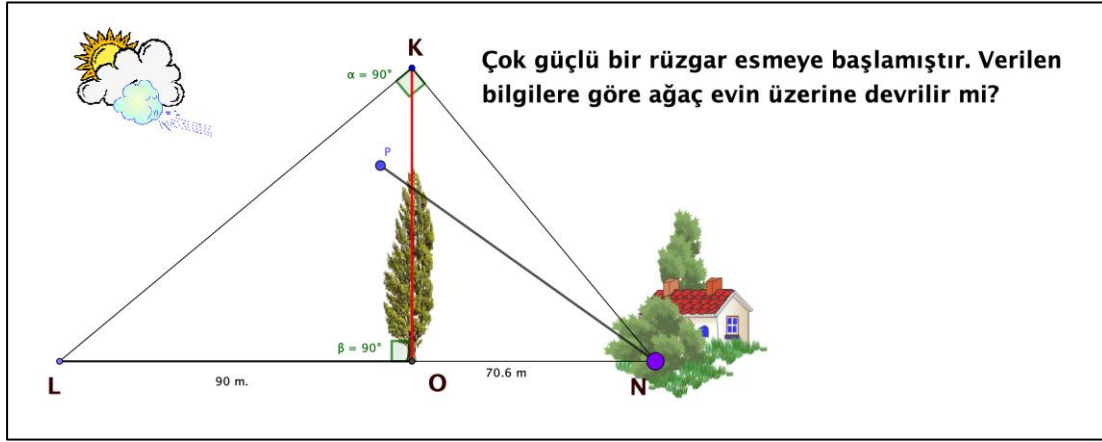
Bu süreçte, ÖA1 teknolojiyi dinamik olarak kullanarak (TE-D) var olan ilişkilerin keşfedilmesini (TE-E) amaçlamış ve öğrencilerin bir açının değişmesiyle trigonometrik oranların nasıl değişeceğine dair genellemeye varmalarını (MD-5) hedeflemiştir. Öte yandan, ÖA1, planında yer alan yönlendirme sorularında sürgüyü kullanarak sorular sorup bu doğrultuda uygulama yapmayı planlamasına rağmen, etkinliğin içeriğinde henüz bir sürgü aracı oluşturmadığı belirlenmiştir.

4.1.2. Mikro Öğretim Süreci

Mikro öğretim sürecinde, ÖA1 planladığının aksine sadece trigonometrik oranlar ile ilgili kurallar kullanmış (MD-1) ve etkinliğin görseliyle öğrencilerin bilgi toplamasını sağlamıştır (MD-2). TE açısından ise ÖA1 etkinliği sadece görsel olarak kullanmış (TE-puansız), fakat son aşamalarda ağacın boyunu kısaltarak (TE-D) programın dinamikliğinden kısmen faydalanmıştır. ÖA1, öğretimine planladığı gibi başlamış, etkinliğin görselinden ağacın devrilme durumunu tartışmış ve öğrencilerden ekranda gördükleri doğrultusunda veri toplamalarını beklemiştir (MD-1 ve 2). Fakat bu süreçte, ÖA1 planına bağlı kalmayarak farklı sorular sormuş ve öğretiminin farklı bir yöne gitmesine neden olmuştur. Örneğin, ÖA1 öğrencilere, “Eğim diye bir şey duymuş muydunuz daha önce?” sorusunu sorarak ağacın uzunluğunu eğim kavramı üzerinden tartışarak buldurmaya çalışmıştır. Ardından kenarların uzunluğunu ve bunların birbirine olan oranlarını kullanarak, planladığı gibi tanjantı tanıtmıştır. ÖA1, “sadece $\tan N$ değerini bilseydik ağacın uzunluğunu bulabilir miydik? sorusunu doğrudan sormamıştır. Bu yönlendirme sorusunu tartışacak bir ortam yaratmış fakat amaçladığının aksine öğrenciler sadece verilen dik üçgenden bilgi edinmişlerdir (MD-2).

Daha sonra, ÖA1 ağacın yüksekliğini değiştirmeye dayalı trigonometrik oranlardaki değişikliklere odaklanmıştır. Bu amaçla öğrencilere “Eğer ben ağacı oynatırsam nasıl bir değişiklik olabilir?” diye sormuştur. ÖA1, öğrencilere farklı durumları göstermek için ağacı sürgüye bağlamayı planlamasına rağmen (TE-D) etkinliğine sürgü aracını ekleyememiş, bu nedenle sadece ağacın köşe noktasını sürükleyerek ağacın yüksekliğini değiştirme durumunu tartışmıştır (bkzn. Şekil 3). Bu süreçte, ÖA1 ağacın görselinin köşe noktasını bir kez sürükleyerek öğrencilerin durumu gözden geçirmelerini sağlamıştır. Fakat yazılımın dinamik özelliklerini etkin kullanamamasından dolayı ağacın yeni konumuna göre bir açının değişikliğinin, bu açığa ilişkin trigonometrik oranları nasıl etkilediğini tartışamamıştır. ÖA1 hedeflediğinin aksine öğrencilerin, açı ve kenar

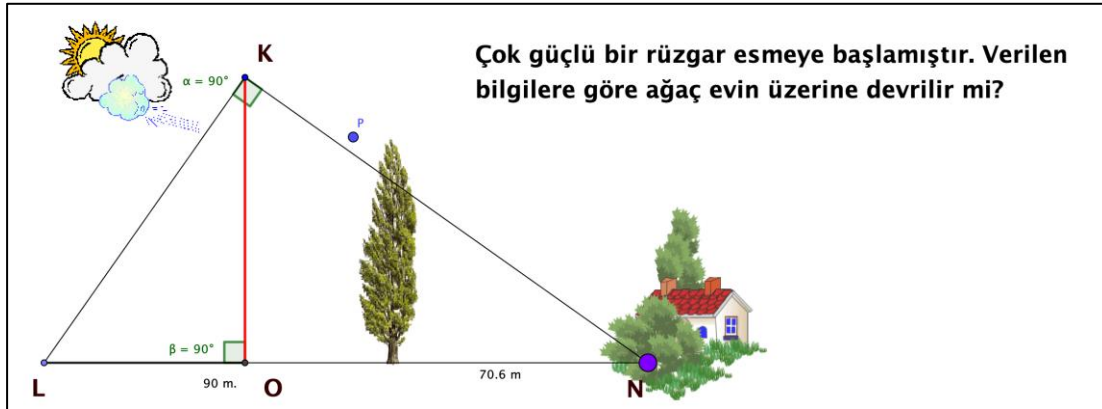
kavramlarını ve bunların arasındaki ilişkilere dair kavramsal bilgiyi oluşturmalarını (MD-3 ve 4) ve genellemeye (MD-5) ulaşmalarını sağlayamamıştır. ÖA1, mikro öğretim sonrası yapılan görüşmede, tasarladığı planını takip etmediği için hedeflediklerini gerçekleştirilmede sorun yaşadığını belirtmiştir.



Şekil 3. ÖA1'in ağacın köşe noktasını sürüklediği örneğin yeniden çizilmiş hali

4.1.3. Sınıf içi Uygulama Süreci

ÖA1 mikro öğretim sürecindeki deneyimlerini ve verilen dönütleri göz önünde bulundurarak ağacın etkinliğini sınıfta uygulamadan önce revize etmiştir. Bu revize sürecinde ÖA1 etkinliğine, planlamasına rağmen yine sürgü aracını ekleyememiştir. Bunun yerine, ÖA1 ağacın farklı boy ve konumlarını gösterecek temsili renkli doğru parçaları oluşturmuştur. Sınıf içi uygulamasına, ÖA1 planladığı gibi ağacın devrilme durumunu dik üçgenin kenar uzunlukları ile nasıl ilişkili olduğunu tartışarak başlamıştır. Süreçte, ÖA1 tartışmalarda hedeflediği gibi öğrencilerden ön bilgilerini kullanmalarını ve etkinliğin görselinden veriler toplayarak çıkarımlarda bulunmalarını sağlamıştır (MD-1 ve 2). ÖA1 daha sonra üçgendeki açı ve kenar uzunluklarını kullanarak bir açının tanjant değerine karşılık gelen eşitliği göstermiştir. Bu noktada, ÖA1 planladığı gibi, bir açının tanjant değerini bilerek ağacın uzunluğunu bulma sorusunu etkili bir şekilde tartışarak, öğrencilerin açı-kenar uzunluklarını ve ilişkilerini göz önünde bulundurarak açıklama yapmalarını (MD-3 ve 4) sağlamıştır. Yine hedeflediği gibi, ÖA1 öğrencilerin diğer trigonometrik oranları ve bu oranlar arasındaki ilişkiler konusunda kavramsal bilgiyi elde etmelerini sağlamıştır (MD-3 ve 4). Fakat bu aşamaya kadar ÖA1 herhangi bir teknolojik eylem kullanmamış ve etkinliği sadece görsel olarak kullanmıştır. Etkinliğin son aşamasında, ÖA1 programın dinamiklik özelliğinden faydalanmak istese de uygulama sürecinde bazı sorunlar yaşamıştır. Örneğin, ÖA1 ağacın boyu ve eve olan mesafesini değiştirmek için dik üçgenin K tepe noktasını sürüklemiş fakat görsel olarak eklediği ağacın konum ve boyu değişmemiştir (bkznz. Şekil 4).



Şekil 4. ÖA1'in K tepe noktasını sürüklediği örneğin yeniden çizilmiş hali

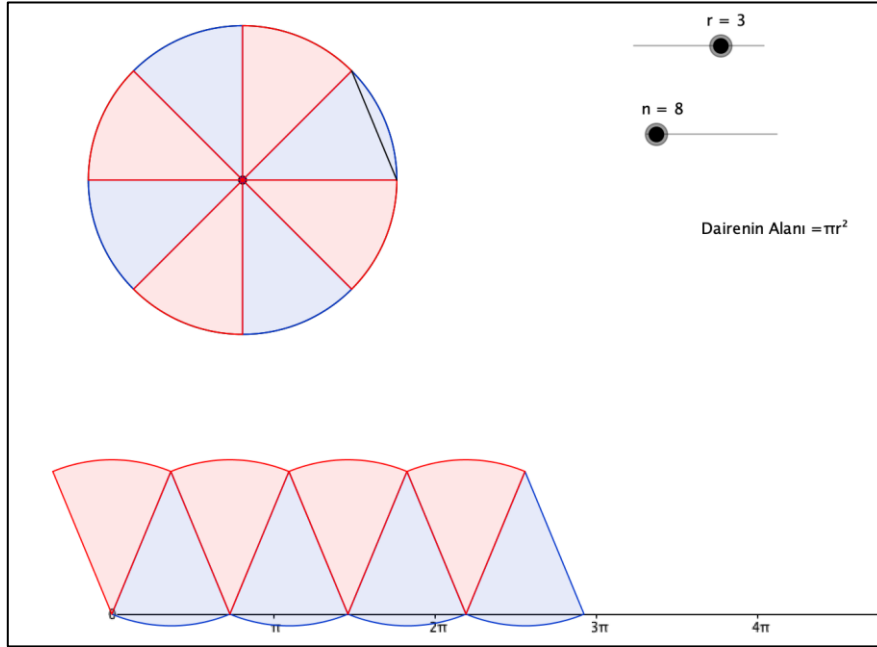
ÖA1, bu noktada “Mesela ben K noktasını oynatsam, şu an ağacım oynamıyor, onu görmezden gelin. Çünkü o sabit kalıyor. Şu an oynadıkça değişenler nedir?” diye sormuştur. Ağacın konum ve görüntüsü değişmediğinden öğrencilerden net olmayan cevaplar gelmiştir. Bu süreçte, ÖA1 tartışma yaratmak için hazırladığı renkli doğru parçalarını kullanmaya çalışmış fakat doğru parçalarının rolleri ve işlevlerini doğru bir şekilde hatırlayamamış ve kafası karışmıştır. Bu anlamda, ÖA1 yazılımın araçlarını kullanma anlamında bazı sıkıntılar (örn: kenar uzunluklarına dair ölçüleri dinamik yapmaması ve uygulama esnasında bu ölçüleri temsil eden metinleri kapatmayı unutması gibi) yaşamıştır. Buna rağmen, ÖA1 öğretimi sürdürerek ağacın yüksekliğini gösteren AO doğru parçası (turuncu) üzerinden sürüklemeye yapmış ve öğrencilerin açı ve kenar uzunluklarının

4.2. Öğretmen Adayı 2

4.2.1. Etkinliği Tasarlama Süreci

ÖA2 ders planında dairenin alan formülünün kavramsal olarak doğrulanması amacıyla üç farklı etkinlik tasarlamıştır. İlk etkinlikte sonsuz kenarlı düzgün çokgenden, ikinci etkinlikte daire dilimlerinden ve üçüncü etkinlikte de dairenin üçgen haline getirilmesinden faydalanarak dairenin alan formülünün doğrulanmasını amaçlamıştır. Bu çalışmada, ÖA2'nin daire dilimlerinden faydalandığı ikinci etkinliği paylaşılacaktır.

Tasarladığı ders planında, bu etkinliğin uygulama sürecindeki amaçladığı matematiksel derinliğe ve teknolojik eylemin çeşidine ayrıntılı olarak yer vermemiş, sadece dairenin alan formülüne ulaşmayı hedeflediğini belirtmiştir. Bu düşünce doğrultusunda, etkinliğinde farklı işlevleri olan iki tane sürgü kullanmayı planlamıştır (TE-D). Bu sürgülerden ilki dairenin yarıçapını ikincisi de daire diliminin sayısını temsil etmektedir (bkz. Şekil 6). Bu etkinlik ile beraber ÖA2, daire dilimlerinin birleştirilmesiyle oluşan şeklin, dilimlerin sayısı arttıkça dikdörtgene evrildiğini ve bu dikdörtgenin alanından da dairenin alanının elde edilebileceği genellemesine ulaştırmayı amaçlamıştır (MD-5) (bkz. Şekil 7 (b)).



Şekil 6. ÖA2'nin Daire Dilimlerini Kullandığı Etkinliği

4.2.2. Mikro Öğretim Süreci

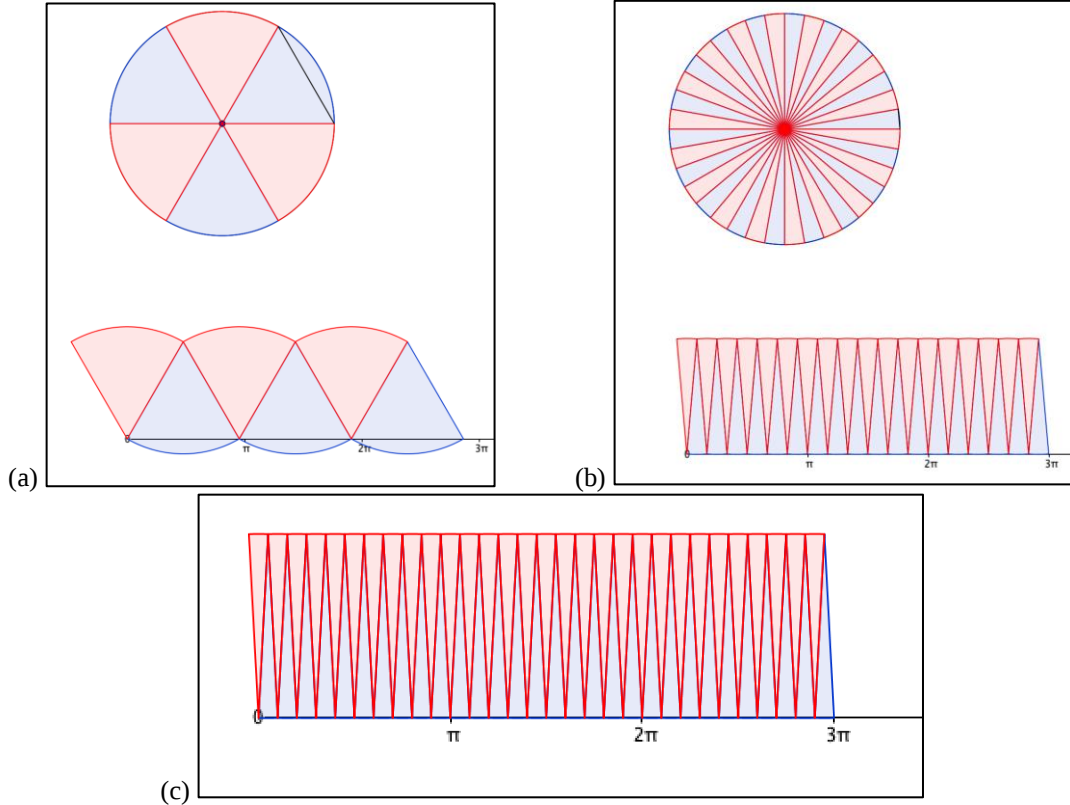
ÖA2, iki tane mikro öğretim uygulaması yapmıştır. Birinci mikro öğretim sürecinde ilk etkinliği olan sonsuz kenarlı düzgün çokgenin alanından faydalanarak dairenin alanını öğretme etkinliğini uygularken planlamadığı durumlar ile karşılaşmış ve mikro öğretimi daha sonra gerçekleştirmek üzere kendi isteğiyle sonlandırmıştır. Daha sonra ikinci bir mikro öğretim daha yaparak planladığı tüm etkinliklerin öğretimini yapmıştır. Bu anlamda, daire dilimlerinden faydalanarak dairenin alanını öğretme etkinliğini ikinci mikro öğretiminde ilk kez uygulamıştır. Bununla beraber, ÖA2'nin ilk mikro öğretim sürecinde yaşadığı problemleri ve zorlukları göz önünde bulundurarak, ikinci mikro öğretim sürecinde hedefine ulaşmada daha başarılı olduğu düşünülmektedir.

İkinci mikro öğretimde, etkinliğe sürgülerin işlevlerini ve etkinliğin içeriğini tanıtarak başlamıştır. ÖA2, daireyi dilimlere bölerek ve farklı renkteki daire dilimlerinin içi içe geçmesiyle oluşan şeklin alanından faydalanarak dairenin alanına ulaşmak için öğrencileri yönlendirmiştir (bkz. Şekil 7a). Daire dilimlerinin sayısına bağlı sürgüyü (TE-D) etkin kullanmış ve öğrencilerden daire dilimlerinin sayısı adım adım arttıkça alanın nasıl değiştiğini gözlemlmelerini istemiştir (MD-2) (bkz. Şekil 7b ve 7c). Bu süreçte, ÖA2 aşağıdaki yönlendirme sorularını kullanarak öğrencileri tartışmaya teşvik etmiştir:

- Ben bu sürgüyü arttırıyorum, daire diliminin sayısını arttırıyorum, bu şekle (daire dilimlerinin birleşmesi ile oluşan şekil) ne oluyor sizce?
- Ben burada 44 tane mavi 44 tane kırmızı daire dilimini oluşturdum ve bunları birbirine tamamladım. Ben bunu arttırıyorum gitgide ne oldu?
- Toplam şekil ne halini aldı?

Bu noktada el mimikleriyle şekil üzerinde toplam şeklin dikdörtgen halini aldığını vurgulamasına rağmen, bir öğrenci “En başa dönebilir miyiz?” sorusunu sormuştur. Bu anlamda, öğrenciler şekiller arasında ilişki kurmaları

ve bu ilişkiyi açıklamada zorluk yaşamışlar ve sadece şekil üzerinden veri toplamışlardır (MD-2). Öğrencinin başa dönme isteğine karşılık, ÖA2 sürgüyü başlangıç noktasına getirerek canlandırmış ve bu sefer oluşan animasyon üzerinden tartışmayı sürdürmüştür (TE-D). ÖA2, sürgüyü canlandırarak öğrencilerin değişen şekil hakkında matematiksel ilişkiler kurup bu ilişkileri açıklamalarını sağlamıştır (MD-3 ve 4; TE-D ve E). Son aşamada, öğrenciler oluşan dikdörtgenin alanı ile dairenin alanı arasındaki ilişkiye dair genellemeye varmışlardır (MD-5).



Şekil 7 (a) (b) (c). Etkinliğin farklı uygulama süreçlerinin yeniden çizilmiş hali

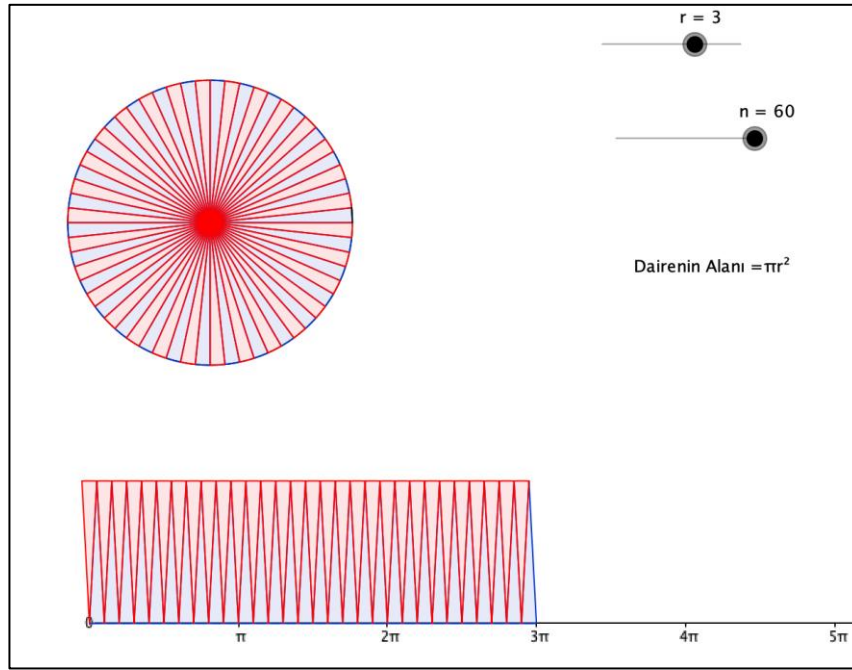
Kullanılan teknolojik eylemler bakımından, ÖA2 sürgü aracını (TE-D) hedeflenen matematiksel derinliğe ulaşmada etkili kullanmıştır. Fakat bu süreçte daha başarılı olsa da, öğrencileri hedeflediği matematiksel derinliğe ulaştırma noktasında bazı sorunlar yaşamıştır. Örneğin, öğrencilerden gelen “daire dilimlerinin oluşturduğu doğru parçasının uzunluğunun neden $2(\pi)$ ” olduğu sorusuna cevap verme sürecinde zorlandığı gözlemlenmiştir. Öğrenci rolündeki diğer öğretmen adayları grup tartışmasında bu sorunun cevabına yönelik bazı önerilerde bulunmuşlardır. Ayrıca, mikro öğretim sonrasında yapılan grup tartışmasında, diğer öğretmen adayları ÖA2’ye, sürgüyü arttırdıkça oluşan şeklin dikdörtgene yaklaştığının daha iyi anlaşılması için öncesinde paralelkenar görüntüsüne vurgu yapılabileceği önerisinde bulunmuşlardır.

4.2.3. ÖA2’nin Sınıf içi Uygulama Süreci

ÖA2, mikro öğretim sürecindeki deneyimlerine ve görüşmeler sırasında aldığı dönütlere dayanarak etkinliğini sınıfta uygulamadan önce revize etmiştir. ÖA2 etkinliği, sürgülerin işlevlerini açıklayarak başlamıştır:

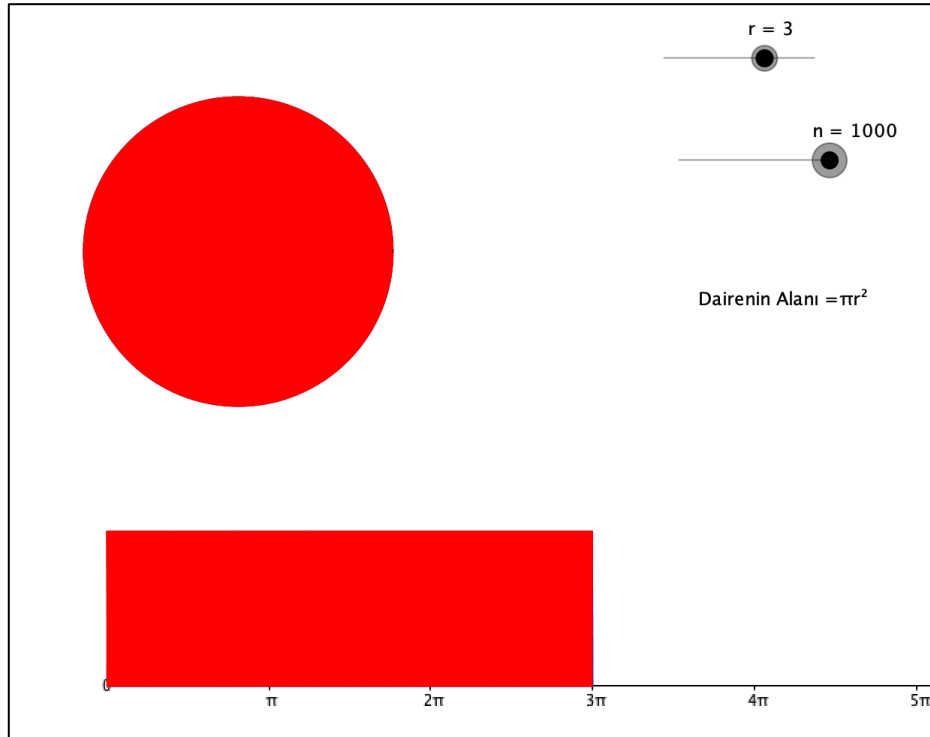
Bu benim r ’ye bağlı sürgüm. Yarıçap burada bağımlı değişken, sürgüyü değiştirdiğimde yarıçap değişir. Bir de daireyi birbirine eşit dilimlere ayırdım en az 4 olmak üzere 6,8,10,60 dilime ayırdım. Dairenin dilim sayısını da bu sürgüye bağladım. Yani, ikinci sürgüyü de daire dilimlerine bağladım.

ÖA2, öncelikle daire dilimine bağladığı sürgüyü canlandırarak (TE-D), öğrencilere ekranda oluşan değişimlere dair bilgi toplamalarını (MD-2) beklemiştir. Devamında da bu durumun nasıl değiştiğini sorarak, öğrencilerin değişenler arasındaki ilişkiyi (daire dilimi sayısı ve oluşan şekil arasındaki ilişki) keşfetmelerine (MD-3, TE-E) odaklanmıştır. Bu süreçte, limit kavramını kullanarak, öğrencilerin daire dilimlerinin oluşturduğu şeklin paralelkenardan dikdörtgene evrildiğini fark etmelerini sağlamıştır (bkz. Şekil 8). Ardından, ÖA2 alan hesaplamasının nasıl yapılacağı üzerine sorular sormuş ve öğrencilerin daire ile dikdörtgen arasında ilişkiler kurarak bunları açıklamasını istemiştir (MD-3 ve 4).



Şekil 8. ÖA2'nin daire dilimlerinin sayısını arttırdığı sürecin bir örneğinin yeniden çizilmiş hali

Öğrenciler dikdörtgenin kısa kenarının dairenin yarıçapına eşit olduğunu söylerken, uzun kenarının nasıl meydana geldiğini anlayamamışlardır. Örneğin, bir öğrenci dikdörtgenin uzun kenarına dair: “Siz sürgüyü 60’a getirdiğinizde oradaki uzunluk sabit kalması gerekmez mi? Neden uzuyor? Dairenin çevresi sabit ya, biz sadece dilim sayısını arttırıyoruz.” sorusunu sormuştur. Bu durumda ÖA2 yayların uzunluğu ile doğru parçası uzunluğu arasında ilişki kurarak soruyu cevaplamıştır. Bu noktada, ÖA2 özellikle sürgü kullanımından faydalanarak daire dilimi sayısının artmasıyla birlikte yay uzunluğunun git gide dikdörtgenin uzun kenarının uzunluğunu meydana getirdiğini göstermiştir. Özel olarak, sürgüde belirlediği en yüksek değer olan 60 değerini 1000 olarak değiştirmiş ve öğrencilerin yaklaşma kavramını görmelerini ve fark etmelerini sağlamıştır (bkz. Şekil 9). Buradan, ÖA2’nin beklenmedik bir soru karşısında da tasarladığı etkinliği kullanarak cevap verebildiği çıkarımı yapılabilir. Dikdörtgenin uzun kenarı ile çember arasındaki ilişkiyi açıklamaları sağlandıktan sonra öğrenciler alan formülüne dair genellemeye ulaşmışlardır (MD-5).



Şekil 9. ÖA2'nin 1000 olarak değiştirdiği örneğin yeniden çizilmiş hali

Özetlemek gerekirse, ÖA2, yaptığı mikro öğretimlerdeki deneyimlerini, gelen soru ve önerileri de göz önünde bulundurarak, sınıfta yaptığı uygulamada teknolojiyi etkili bir şekilde kullanmış ve hedeflediği matematiksel derinliğe ulaşmada daha başarılı olmuştur (bkz. Tablo 3).

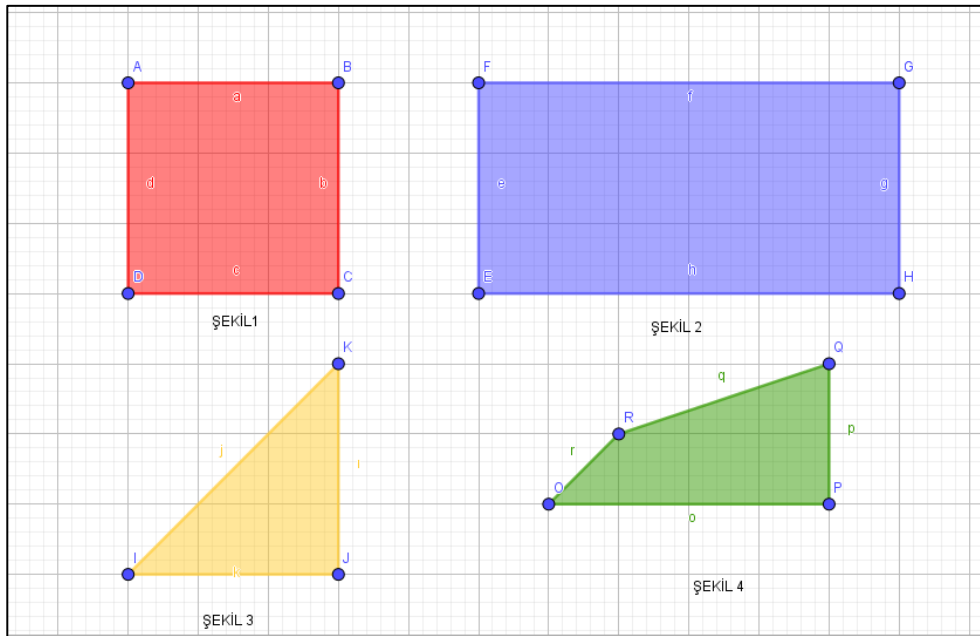
Tablo 3. ÖA2'nin farklı aşamalarındaki yönlendirme sorularına örnekler

Etkinlikte yer alan yönlendirme sorusu	Hedeflenen (MD+ TE)	Mikro öğretim (MD+ TE)	Sınıf içi Uygulama (MD+ TE)
Etkinliğinde yönlendirme sorularına yer vermemiştir. “Dairede alan hesabı başka nasıl yapılabilir?” sorusunu sorduktan sonra bu etkinliği uygulamayı planlamıştır.	Sürgü ile daire dilimlerin sayısı arttıkça oluşan şeklin dikdörtgene evrildiğini ve böylelikle dairenin alanının da bu dikdörtgenin alanına yaklaştığını genellemesine ulaştırmayı amaçlamıştır (MD-5; TE-D).	Süreçte sürgüleri kullanarak (TE-D) öğrencilerin etkinlik sayesinde veri toplamasını (MD-2) sağlamıştır. Ardından sürgüyü sürüklemeye devam etmiş (TE-D) fakat hedeflediği matematiksel derinliğe ulaştırma noktasında bazı sorunlar yaşamıştır.	Öncelikle daire dilimi sayısını belirten sürgüyü canlandırarak öğrencilerden ekrandaki değişime göre veri toplamalarını (MD-2), daire dilimleri ve bunların oluşturdukları şekil ile ilgili ilişki kurmalarını (MD-3) ve bunu açıklamalarını (MD-4) tartışarak sağlamıştır. (TE-D ve E)

4.3. Öğretmen adayı 3

4.3.1. Etkinliği Tasarlama Süreci

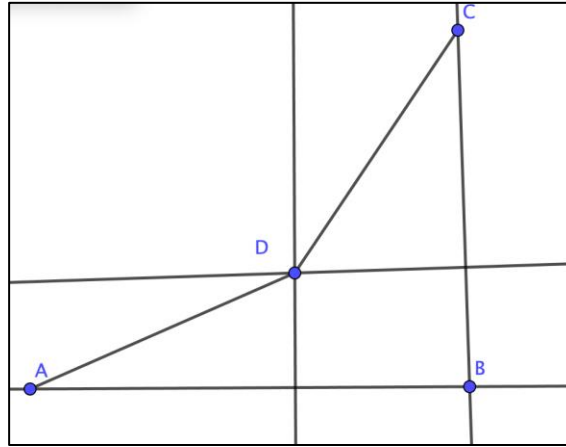
ÖA3, üçgende alan konusunu öğretecek bir ders planı tasarlamıştır. Bu planın ilk etkinliğinde (bkz. Şekil 10) üçgenin alanının dikdörtgenin veya karenin alanı gibi çokgenlerin alanları ile ilişkili olduğundan yola çıkarak üçgenin alan formülüne ulaştırmayı amaçlamıştır. Bu noktada ÖA3, dikdörtgen veya karenin alan hesaplama formüllerinin kullanılmasını gerektiren (MD-1) ve sadece görsel olarak kullanmayı planladığı (TE-Puansız) bir etkinlik tasarlamıştır. Bu hedefe ulaşmak için, öğrencilerden önce Şekil 10'da yer alan 4 farklı şeklin alanlarını tek tek hesaplamalarını istemeyi planlamıştır. Bu noktada, ÖA3 öğrencilerden etkinlikteki üçgen şeklini kareye tamamlayıp alanları hesaplamalarını beklemiştir. Eğer beklentisinin dışında cevaplar gelirse öğrencileri etkinlikteki ilk iki şekle yönlendirerek adım adım üçgenin alan formülüne ulaşmayı düşündüğünü belirtmiştir. ÖA3, üçgenin alanının karenin veya dikdörtgenin yarısı olduğunu fark ettirdikten sonra, öğrencilerden etkinlikteki son şeklin alanını hesaplamalarını isteyerek üçgenin alan formülüne ulaşmalarını beklemektedir.



Şekil 10. ÖA3'ün tasarladığı Üçgende Alan Etkinliği

4.3.2. Mikro öğretim Süreci

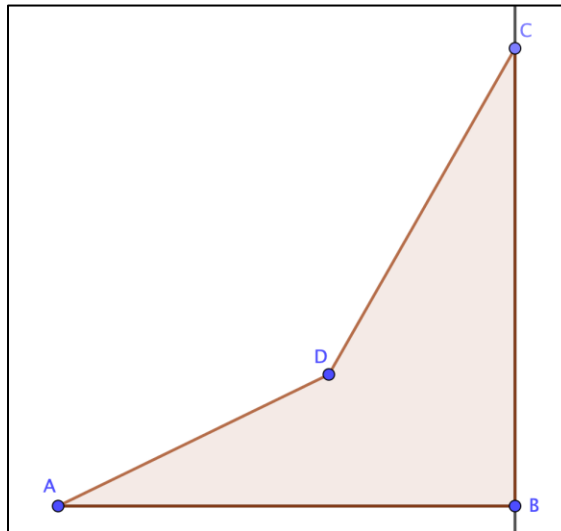
ÖA3 de iki tane mikro öğretim uygulaması yapmıştır. ÖA3, yaptığı ilk mikro öğretim uygulamasında tamamen planına uymuş ve etkinliği bir görsel olarak kullanmış (TE-Puansız) ve dikdörtgen veya karenin alan formüllerinden faydalanarak (MD-1) öğrencilerin üçgenin alan formülüne ulaşmalarını sağlamıştır. Bu noktada, derse katılan araştırmacılar ve diğer öğretmen adayları verilmek istenen amaç doğrultusunda teknolojiyi daha etkin kullanabileceğine dair örnekler vererek önerilerde bulunmuşlar ve mikro öğretimi bu önerileri göz önünde bulundurarak tekrar yapabileceğini vurgulamışlardır. Örneğin, etkinliği sadece görsel olarak kullanmak yerine, bu etkinliği GeoGebra’da adım adım çizim yaparak üçgenin alanını keşfettirebileceğine dair önerilerde bulunmuşlardır. Öneriler doğrultusunda, ÖA3 bu etkinlik için ikinci mikro öğretim uygulamasını yapmıştır. Bu uygulamada, ÖA3 sadece görsel işlevi olan bu etkinliği kullanmak yerine, GeoGebra’da adım adım düzgün olmayan bir çokgen çizmiş (TE-A) ve öğrencilere bu çokgenin alanını nasıl hesaplayabileceklerini sormuştur (bkz. Şekil 11). ÖA3, öğrencilerden bu şekilden bir dikdörtgen ve iki üçgen oluşturulabileceği cevabını aldıktan sonra dikdörtgenin alanının nasıl bulunduğunu sormuştur (MD-1). Daha sonra, ÖA3 üçgenleri dikdörtgene tamamlayıp öğrencilerin bu şekiller arasında ilişki kurarak açıklama yapmaları için (MD-3 ve 4) bir tartışma başlatmıştır. Ardından ÖA3, normal tahtada devam etmiş ve öğrencilerin dikdörtgenin alanından yola çıkarak üçgenin alan formülüne ulaşmalarını sağlamıştır. Bu mikro öğretim sonunda, katılımcılar ÖA3’e başlangıçta oluşturduğu çokgenin bir kenarını sürükleyerek üçgenin alan formülüne ulaştırma noktasında doğrulama yapabileceğini önermişlerdir.



Şekil 11. ÖA3'ün adım adım çizdiği çokgenin yeniden çizilmiş hali

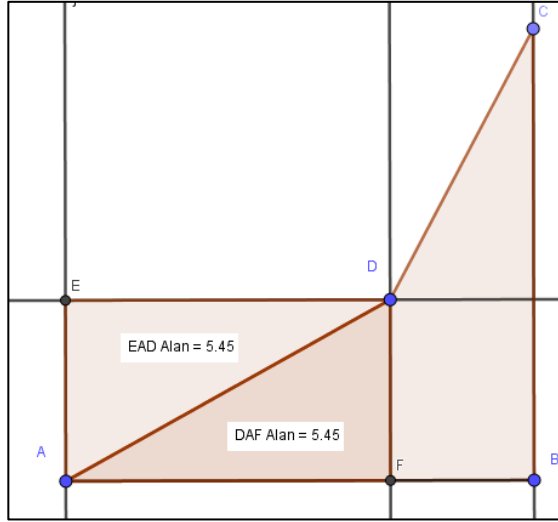
4.3.3. Sınıf içi Uygulama Süreci

Sınıf içi uygulama sürecinde, ÖA3'ün mikro öğretim sürecindeki deneyimlerini ve önerileri dikkate alarak öğretimi geliştirdiği gözlemlenmiştir. İkinci mikro öğretimde yaptığı gibi, ÖA3 sınıf içi uygulamasında GeoGebra’da düzgün olmayan bir çokgen çizmiş (bkz. Şekil 12) ve planladığı gibi öğrencilere bu çokgenin alanını nasıl bulabileceklerini sorarak derse başlamıştır. Bu çizimi yaparken, ikinci mikro öğretimde aldığı öneriler doğrultusunda, dikdörtgenden faydalanmak istediği için, rastgele bir çokgen yerine bir açısı dik açı olan bir çokgen inşa etmiştir (TE-C).



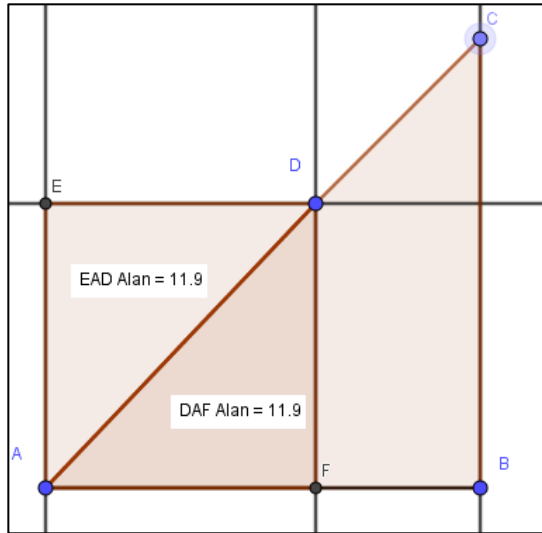
Şekil 12. ÖA3'ün inşa ettiği düzgün olmayan çokgenin yeniden çizilmiş hali

ÖA3 çokgenin alanının nasıl bulunacağı konusunda bir tartışmış ortamı yaratarak öğrencilerin cevaplarını doğrulamak amaçlı programı etkin bir şekilde kullanmıştır. Bu süreçte, GeoGebra araçlarını (dik doğru, paralel doğru) kullanarak bu çokgenden iki üçgen ve bir dikdörtgen inşa etmiş (TE-C) ve bu çokgenlerin her birinin alanlarını ölçmüştür (TE-B) (bkz. Şekil 13).



Şekil 13. ÖA3'ün çokgeni ayırdığı dikdörtgen ve üçgenleri gösteren örneğin yeniden çizilmiş hali

ÖA3, öğrencilere dörtgen ve üçgen alan formüllerini hatırlamaları (MD-1) ve bu şekiller arasında ilişkiler kurarak açıklamaları için (MD-3 ve 4) sorular yönlendirmiştir. Ekrandaki geometrik şekillerde yer alan üçgenleri dörtgenlere tamamlayarak öğrencilerin tahminlerini görmelerini sağlamıştır. Bu noktada, ÖA3 ikinci mikro öğretiminden farklı olarak çizdiği çokgeni bir noktasından sürükleyerek değiştirmiş (TE-D) ve öğrencilerin şekiller değişse de alanlar arasındaki oransal eşitliğin değişmediği durumunu fark etmelerini sağlamıştır (MD-5) (bkz. Şekil 14).



Şekil 14. ÖA3'ün çokgeni bir kenarından sürükledikten sonra oluşan çokgenin yeniden inşa edilmiş hali

Tablo 4'te özetlendiği gibi tüm süreçte, ÖA3'ün etkinliğinin içeriğinde ve uygulama şeklinde kayda değer değişim ve gelişmeler olmuştur.

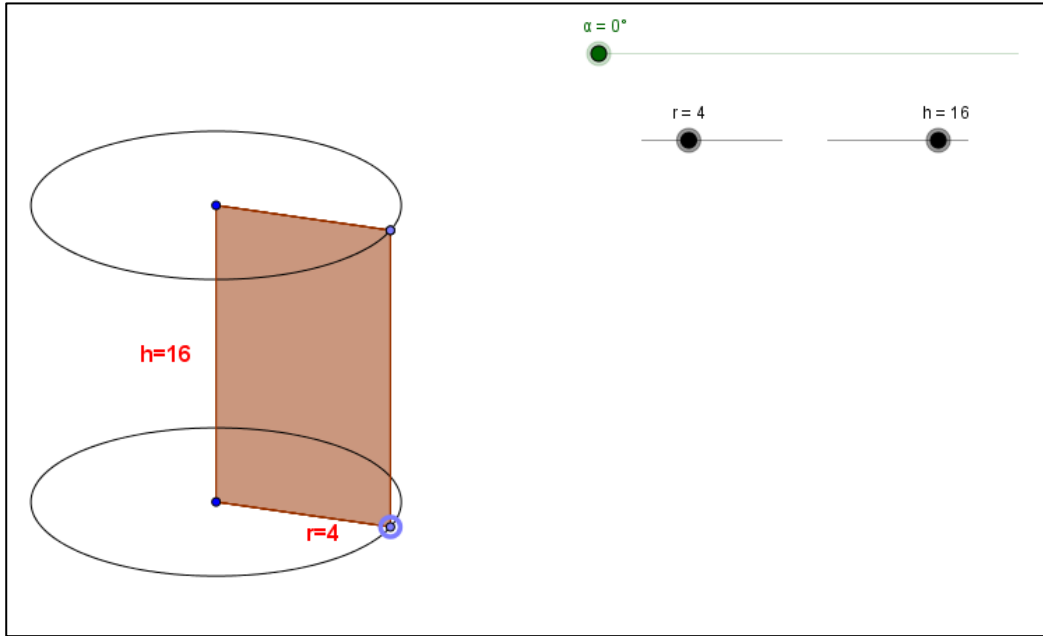
Tablo 4. ÖA3'ün farklı aşamalarındaki yönlendirme sorularına örnekler

Etkinlikte yer alan yönlendirme sorusu	Hedeflenen (MD+ TE)	Mikro öğretim 1	Mikro öğretim 2 (MD+ TE)	Sınıf içi Uygulama (MD+ TE)
Şekiller kaç birim kareden oluşmuştur (GeoGebra'dan önceden hazırlanan şekiller gösterilerek)?	Şekilden üçgenin formülüne ulaşmaları aşamasında dörtgenin alan formülünden yararlanmayı hedeflemiş ve etkinliği sadece görsel olarak kullanmayı planlamıştır (MD-1, TE-Puansız).	Hedeflediği gibi etkinliği uygulayıp amacına ulaşmıştır. Araştırmacı ve diğer öğretmen adaylarından etkinliğin matematiksel derinliğini artırabileceği ve teknolojiyi etkin kullanabileceği önerilmiştir.	GeoGebra'da düzgün olmayan bir çokgen çizmiş ve “Bu çokgenin alanını nasıl hesaplayabiliriz sorusunu yöneltmiştir?” (MD-2 ve TE-A).	Mikro öğretim-2 deki sürece benzer olarak etkinliğini uygulamıştır.
Sizce üçgenin alanı ve buna benzetilen dörtgenin alanları arasında nasıl bir oran vardır?	Bir şekil üzerinden üçgenin alanının oluşan dörtgenin alanın yarısı olduğunu kavratmayı amaçlamıştır (MD-1 ve 2, TE-Puansız)	Planladığı gibi verdiği şekil üzerinden öğrencilere üçgenin alanı ve dörtgenin alanı arasındaki oranı sormuştur. Öğrenciler alan formülünü kullanarak şekil üzerinde yorumlar yapmıştır (MD-1 ve 2, TE-Puansız)	Rastgele çokgen çizmiş ve bu çokgen üzerinde tartışmayı yürüterek alanlar (üçgenin ve dörtgenin alanını kast ederek) arasında nasıl bir ilişki kurulabileceğini tartışmıştır (MD-3 ve 4; TE- A)	Bir köşesi dik açı olan bir çokgen inşa etmiş, (TE-C), bu çokgen üzerinden öğrencilerin üçgen ve dikdörtgenin alanları arasında ilişki kurmalarını sağladıktan sonra (MD-3 ve 4), bir noktayı sürükleyerek (TE-D) oluşan alanlar arasında bir genellemeye varmıştır (MD-5).

4.4. Öğretmen adayı 4

4.4.1. Etkinliği Tasarlama Süreci

ÖA4 tasarladığı etkinlikte dikdörtgenin farklı açılarla döndürülmesiyle oluşan şekillerin taban alanı ve hacmini öğretmeyi planlamıştır (bkz. Şekil 15). ÖA4 etkinliğinde, döndürme açısı ölçüsünü, dikdörtgenin kısa kenarını (silindirin yarıçapı) ve dikdörtgenin uzun kenarını (silindirin yüksekliğini) temsil eden 3 farklı sürgü kullanmıştır. Bu çalışmada, ÖA4'ün taban alanı ile ilgili yaptığı etkinlik ve bu etkinliğin uygulama süreci paylaşılabilecektir. ÖA4, dikdörtgenin belli bir açıyla döndürülmesiyle (360° , 180° ve 120°) oluşan şeklin taban alanının nasıl bulunacağına dair öğrencilerin genellemeye varmalarını (MD-5) hedeflemiştir. Bu süreçte, öğrencilerden silindirin alan formülünü hatırlamalarını (MD-1), açının veya kenar uzunluklarının değişmesini gözlemleyerek etkinlikten veri toplamalarını (MD-2), değişimlere bağlı oluşan ilişkileri fark ederek açıklamalarını (MD-3 ve 4) ve son olarak bu ilişkinin nasıl olduğunu genellemelerini (MD-5) beklemektedir. Etkinlikte farklı aşamalarda sürgüleri tek tek değiştirmeyi planlamış (TE-D) ve oluşan durumlardaki değişimlere vurgu yaparak amacına ulaşmayı hedeflemiştir. Örneğin, “Dikdörtgenin 360° döndürülmesiyle oluşan taban alanı ile 120° döndürülmesiyle oluşan taban alanı arasındaki ilişki ne olabilir?” sorusunu sormayı ve ardından taban alanlarını ölçerek (TE-B) öğrencilerin ilişkiye dair tahminlerinin doğru olup olmadığını tartışmayı planlamıştır. Bu sorunun hemen ardından “yarıçap r 'nin değişmesi bu ilişkiyi değiştirir mi?” sorusunu ekleyerek, taban alanı ve yarıçap arasındaki ilişkiye vurgu yapmayı amaçlamıştır.



Şekil 15. ÖA4'ün tasarladığı Silindir Etkinliği

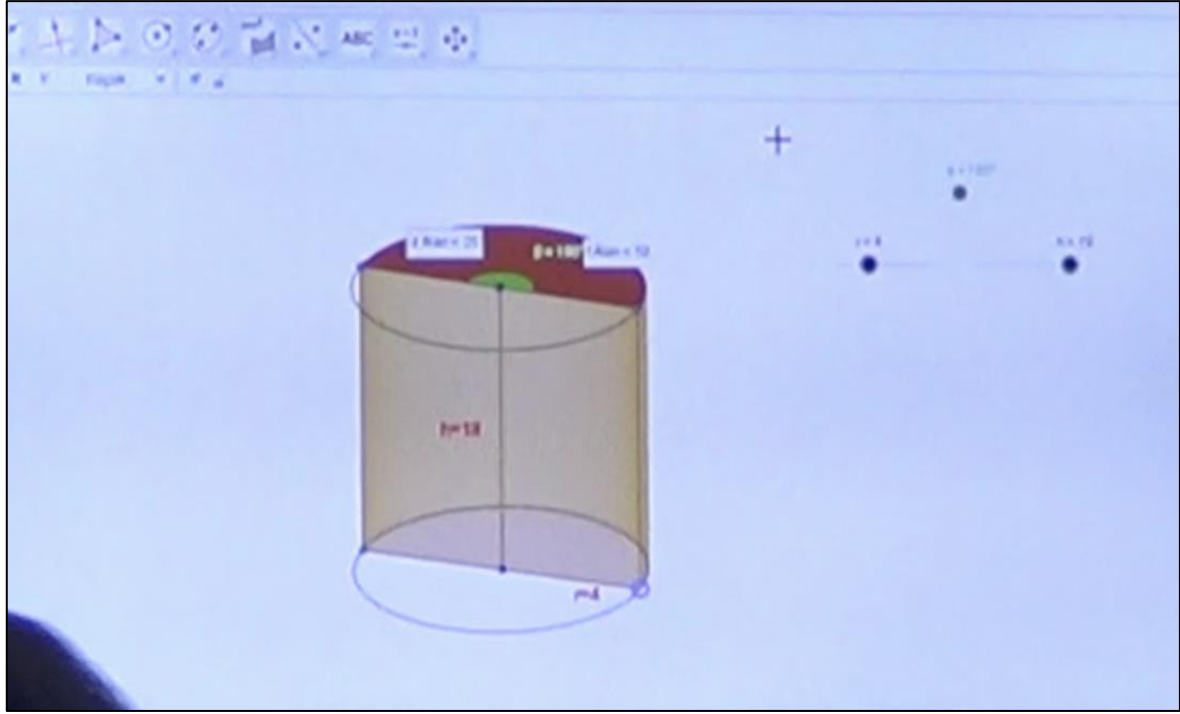
4.4.2. Mikro öğretim Süreci

Mikro öğretim sürecinde, ÖA4 ilk derste verdiği “bir dikdörtgenin 360° döndürülmesiyle silindir oluşur” bilgisini hatırlatmış ve etkinliği uygulamaya başlamıştır. ÖA4, “bu dikdörtgenin 360° döndürülmesiyle oluşan şekil ile 180° döndürülmesiyle oluşan şeklin taban alanları arasındaki ilişki nasıl olur?” diye sormuştur. Ardından, GeoGebra’yı kullanması amacıyla yardımcı seçtiği bir öğrenciden açı sürgüsünü önce 360° ’ye sürükleyerek, daha sonra da 180° ’ye getirmesini isteyerek (TE-D) oluşan şekillerin taban alanlarını ölçtürmüştür (TE-B). Bu noktada, dikdörtgenin 180° döndürülmesiyle oluşan şeklin taban alanının silindirin alanının yarısı olduğunu göstermiş ve öğrencilerin cevabını doğrulamıştır. Daha sonra benzer işlemleri 120° döndürülmesi ile oluşan şekil için de yapmıştır. Bu anlamda, ÖA4 planladığı gibi sürgü aracını açıyı döndürmek için dinamik bir şekilde kullanmasına rağmen (TE-D) öğrencilerin oluşan şekillere dair gözlem yapmalarına, ilişkileri keşfetmelerine veya matematiksel bir açıklama yapmalarına odaklanmamıştır. Sadece oluşan ilişkilere dair formül kullanarak oranlardan bahsetmiştir (MD-1). Ardından ÖA4 yarıçap değişimi ile oluşan şekillerin taban alanları arasındaki oranın değişip değişmediğini öğrencilere sormuştur. Yardımcı öğrenciden yarıçap sürgüsünü hareket ettirmesini istemiş (TE-D) fakat oranın değişmediğini kendisi doğrudan formül kullanarak (MD-1) normal tahtada açıklamıştır. Son aşamada “belli bir açı ile döndürülen dikdörtgenin taban alanı ile ilgili ne söyleyebiliriz, açığa bağlı bir formül oluşturabilir miyiz?” sorusunu sormuş öğrencilerden $\alpha/360^\circ$ cevabı gelince, ÖA4, “Neden?” diye sormuş fakat sorunun cevabını kendisi açıklamış ve öğrencileri genellemeye ulaşma noktasında yönlendirememiştir.

Bu noktada, ÖA4’ün ölçüm yapma ve sürgüyü hareket ettirme anlamında teknolojiye oldukça sınırlı bir şekilde faydalandığı gözlemlenmiştir. Özellikle, ÖA4’ün tartışmalarda ve öğrencilerin cevaplarını doğrulama veya yanlışlama durumlarında hemen hemen hiçbir şekilde planladığı teknolojik eylemlerden (sürgüyü kullanma) etkin faydalanmadığı belirlenmiştir. Mikro öğretim sonrasında yapılan grup tartışmasında, diğer öğretmen adayları ve araştırmacılar ÖA4’e soruları genel olarak kendisinin cevapladığını, sorduğu yönlendirme sorularında genellemeye ulaştırmayı amaçladığını anlamadıklarını belirtmişler ve teknolojiyi daha etkin kullanabilmesine yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

4.4.3. Sınıf içi Uygulama Süreci

Sınıf içi uygulama sürecinde ÖA4’ün mikro öğretim sürecindeki deneyimlerine ve yapılan önerilere rağmen öğretiminde ciddi bir farklılık gözlemlenmemiştir. ÖA4, öğrencilere planındaki gibi dikdörtgenin 360° döndürülmesiyle oluşan taban alanı ve 180° döndürülmesiyle oluşan taban alanı arasındaki ilişkiyi sorarak etkinliğe başlamıştır. Öğrencilerin cevaplarını aldıktan sonra, sınıftan bir yardımcı öğrenci seçerek bu öğrenciden GeoGebra’nın ölçme araç çubuğunu kullanarak şekillerin taban alanlarını ölçmesini istemiş (TE-B) ve sınıftaki öğrencilerin tahminlerini doğrulamıştır (bkz. Şekil 16).



Şekil 16. Dikdörtgenin 180° döndürülmesiyle oluşan şeklin taban alanının ölçülmüş halinin ekran alıntısı

Aynı şekilde, ÖA4, 120° döndürülmesiyle oluşan şekil için öğrencilerin aralarındaki ilişkiyi tahmin etmelerini istemiş ve ölçüm yaparak tahminlerinin doğruluğunu test etmiştir. Bu süreçte, yardımcı öğrenci ÖA4'ün komutlarıyla sürgüyü kullanarak açıları değiştirmiş (TE-D) ve öğrenciler ekranda oluşan şekiller ile ilgili bilgi toplamışlardır (MD-2). ÖA4, yarıçap değiştiğinde oranda değişiklik olup olmayacağını sormuş fakat öğrenci cevaplarının doğruluğu ya da yanlışlığı için yarıçap sürgüsünü kullanarak ekranda herhangi bir manipülasyon yapmamıştır. Bu süreçte planında belirlediği gibi öğrencilere verdikleri tahminler doğrultusunda neden öyle düşündüklerine dair sorular sormuş fakat her ne kadar öğrenciler cevap verse de bu cevapları göz önünde bulundurmamış ve sorulara kendisi cevap vermiştir. Genellemeye ulaştırma aşamasında da bir dikdörtgenin α derece döndürülmesiyle oluşan şeklin taban alanını veren formülü sormuş birkaç öğrenciden cevap aldıktan sonra etkinliği kullanmadan doğrudan formülü normal tahtaya yazmıştır. Bu anlamda, ÖA4 genelde sorduğu sorulara kendisi cevap vermiş, normal tahtada derse devam etmiş ve planladığı ölçüm aracını (TE-B) ve oluşturduğu sürgüleri (TE-D) çok sınırlı şekilde kullanarak öğrencileri hedeflediği derinliğe ulaştıramadığı gözlemlenmiştir. Fakat, ÖA4 ders sonrası yapılan görüşmede öğretimine dair farkındalığının arttığını vurgulamış ve planladığı tartışma ortamını yaratamamasının sınıftaki öğrencilerin katılımının az olmasıyla ilişkili olduğunu düşündüğünü belirtmiştir.

ÖA4, bu etkinliğin hem mikro öğretim hem de sınıf içi uygulama süreçlerinde hedeflediği derinliğe ulaşma ve planladığı teknolojik eylemleri kullanma sürecinde sorun yaşamıştır (bkz. Tablo 5). Bu sorunların yaşanmasında, mikro öğretim sürecindeki deneyimlerini ve verilen önerileri göz önünde bulundurmamasının etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Tablo 5. ÖA4'ün farklı aşamalarındaki yönlendirme sorularına örnekler

Etkinlikte yer alan yönlendirme sorusu	Hedeflenen (MD+ TE)	Mikro öğretim (MD+ TE)	Sınıf içi Uygulama (MD+ TE)
Dikdörtgenin belli bir açıyla döndürülmesiyle oluşan şeklin taban alanını nasıl buluruz?	Farklı açı durumları sunarak öğrencilerden oluşan şekillerin taban alanları ölçüp aralarında ilişki kurup açıklamalarını hedeflemiştir (MD-3 ve 4; TE-B ve D)	Hedefi doğrultusunda, sürgüyü 120°, 180° ve 360° getirmiş ve oluşan şekillerin taban alanlarını ölçmüştür. Fakat sadece belli açılar için yapmış ve formül kullanarak taban alanlarını karşılaştırarak hedeflediği ilişkiyi kurduramamıştır (TE-B ve D (sınırlı)) (MD-1 ve 2)	Mikro öğretimde yaptığına benzer bir öğretim yapmıştır ve amacına ulaşamamıştır.

Tablo 5'in devamı

Yarıçapın değişmesi bu ilişkiyi değiştirir mi? r sürgüsünü kullanarak yarıçapı değiştiriniz. Tahmininiz doğru mu? Açıklayınız.	Yarıçap sürgüsünü değiştirerek oluşan taban alanları arasındaki ilişkiye dair genellemeye varmayı hedeflemiştir (MD-5; TE-D)	Sürgüyü çok sınırlı olarak sürüklemiş ve oluşan birkaç şekle dair formül kullanarak öğrencilerin veri toplamasını sağlayabilmiştir (MD-1 ve 2, TE-D)	Mikro öğretim sürecinde deneyimleri ve dönütleri sınıf uygulamasına yansıtamamış; etkinliği çoğunlukla görsel olarak kullanarak ilişkiyi sözel olarak açıklamıştır. (MD-1 ve 2, TE-B ve D (sınırlı))
--	--	--	--

Sonuç olarak, dört öğretmen adayının yaşadığı süreçleri özetlemek gerekirse, Tablo 6'da görüldüğü gibi, ÖA1, ÖA2 ve ÖA3'ün mikro öğretim sürecinde amaçlarına ulaşamamaları da sınıf içi uygulama sürecinde hedefledikleri matematiksel derinliğe ulaştıkları ve planladıkları teknolojik eylemleri kullandıkları görülmüştür. Fakat ÖA4'ün bu konuda kayda değer bir gelişim göstermediği belirlenmiştir.

Tablo 6. Öğretmen adaylarının süreçler boyunca ulaştıkları matematiksel derinlik ve kullandıkları teknolojik eylemler

Öğretmen Adayı	Hedeflenen Matematiksel Derinlik ve Eylemin Çeşidi	Mikro öğretim	Sınıf içi Uygulama
ÖA1	MD-5 TE-D ve E	MD-1 ve 2 TE-D	MD-5 TE-D ve E (Kısmen)
ÖA2	MD-5 TE-D	MD-5 TE-D	MD-5 TE-D ve E
ÖA3	MD-1 TE-Puansız	MD-1 TE-A	MD-5 TE-A ve D
ÖA4	MD-5 TE-B ve D	MD-1 ve 2 TE-B ve D (sınırlı)	MD-1 ve 2 TE-B ve D (sınırlı)

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, 4 ortaöğretim matematik öğretmeni adayının teknoloji destekli etkinliklerini tasarlama ve uygulama şekillerinin gelişimine odaklanılmıştır. Özellikle, Trocki ve Hollebrands'ın (2018) önerdiği gibi bu çalışmada öğretmen adaylarının geliştirdiği teknoloji destekli etkinliklerde hedefledikleri matematiksel derinlik ve kullandıkları teknolojik eylemlerin sınıf içi uygulama süreçlerinde nasıl değiştiği veya geliştiği incelenmiştir. Mikro öğretim sürecinde, öğretmen adaylarının genel olarak etkinliklerinde hedefledikleri matematiksel derinliğe ulaşamadıkları ve bu süreçte planladıkları teknolojik eylemleri etkin şekilde (örneğin programın dinamikliğini kullanamama, amaçsız veya kısıtlı sürükleme, ölçüm yapmama) kullanamadıkları gözlemlenmiştir. Özellikle, mikro öğretim uygulamaları sırasında kullandıkları matematiksel dil ve notasyonların eksik veya hatalı olması ve yönlendirme sorularını planladıkları gibi uygulayamamalarının hedefledikleri matematiksel derinliğe ulaşamamalarında etkisi olduğu düşünülmektedir. Mikro öğretim sonrasında, öğretmen adaylarının sınıf içi uygulamalarında genel olarak olumlu yönde gelişmeler ve değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Bu noktada, öğretmen adaylarının kendi hata ve eksiklerini fark etmelerinin yanı sıra bireysel ve odak grup görüşmelerinde yapılan önerileri de dikkate almalarının önemli olduğu düşünülmektedir. Örneğin, ÖA1, ÖA2 ve ÖA3 mikro öğretim deneyimlerini yapılan öneriler doğrultusunda geliştirirken ÖA4 kendi eksikliklerini ve yapılan önerileri göz önünde bulunduramamış ve sınıf ortamında mikro öğretime benzer bir öğretim gerçekleştirerek hedeflediği derinliğe ulaşamamıştır.

Gelişim gösteren öğretmen adaylarının özellikle hedefledikleri matematiksel bilgiyi verme yolları (dil kullanımı ve tartışmayı yürütme) ve teknolojiyi kullanma şekillerinin geliştiği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, tüm öğretmen adayları etkinliklerinin içeriklerini veya amaçlarını mikro öğretimden sonra değiştirdiklerini belirtmişlerdir. Bu anlamda, mikro öğretim sürecinde öğretmen adayları tasarladıkları etkinliklerde amaçladıkları matematiksel derinliği verip veremediklerini ve doğru teknolojik eylemler kullanıp kullanmadıklarını da belirleyerek eksik veya sınırlı olduğu durumları geliştirme şansına sahip olmuşlar ve olumlu yönde gelişim göstermişlerdir. Özellikle ÖA3'ün bu noktada kayda değer bir gelişim gösterdiği öne çıkmaktadır. ÖA3, ders

planında tasarladığı etkinliği sadece görsel olarak kullanarak (TE-Puansız) çokgenlerin alan formülünü kullanmayı (MD-1) hedeflerken, mikro öğretim sürecinde aldığı dönütler ve deneyimleri sayesinde sınıfta ölçme ve sürüklenme araç çubuklarından faydalanarak (TE-B ve D), üçgenin alan formülüne dair öğrencilerin genelleme yapmasını sağlamıştır (MD-5). Diğer bir deyişle, ÖA3 teknolojiyi, Bowers ve Stephens'in da (2011) önerdiği gibi, matematiksel ilişkileri keşfetmek için kullanarak etkin bir öğretim yapmıştır. Bu anlamda, bu çalışmada mikro öğretim süreci Allen ve Eve'in (1968) belirttiği gibi öğretmen adaylarının yeni etkinlikleri denedikleri öğrencilerin öğrenmesini riske atmayan etik ve güvenli bir ortam oluşturmuştur. Yapılan görüşmelerde, tüm öğretmen adayları mikro öğretimi bu süreçteki en önemli kısım olarak görmüş ve hem teknoloji destekli ders planı geliştirme hem de bu planı uygulama sürecinde kendilerine en fazla katkının mikro öğretim sürecinde olduğuna değinmişlerdir. Bu durum, Akyüz'ün (2016) sonuçlarına benzer olarak, her ne kadar öğretmen adaylarına teorik olarak teknolojinin nasıl kullanılacağı öğretilse de öğretmen adaylarının teknolojiyi etkin kullanmalarında en önemli faktörlerden birinin de kazandıkları öğretim deneyimleri olduğunu göstermektedir. Bu noktada, bu çalışmanın bulgularının öğretmen adaylarının teknoloji destekli öğretimlerinin mikro öğretim süreci ile nasıl geliştirilebileceği konusunda alanyazına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Çalışmanın bulguları ele alındığında, sınıf içi ortamda yapılan uygulamalarda öğretmen adaylarının hala eksikleri veya hataları olmasına rağmen mikro öğretim uygulamalarına göre oldukça geliştiği sonucuna ulaşılabilir. Alan yazında ilgili çalışmaların (Akyüz, 2016; Donnelly ve Fitzmaurice, 2011; Griffiths, 2016; Zbiek, 2005) sonuçlarına benzer olarak, bu süreçte araştırmacılarla yapılan bireysel ve grup görüşmelerinin yanı sıra özellikle katılımcıların birbirlerinin mikro öğretim ve sınıf içi uygulamalarını takip etmeleri ve buna yönelik yapılan grup tartışmalarının da etkili olduğu düşünülmektedir. Hem mikro öğretim sürecindeki katılımcıların hem de sınıf içi uygulamalar sürecinde öğrencilerin eylem ve soruları öğretmen adaylarının yanlış/eksik kısımlar konusunda farkındalıklarının gelişmesine ve ders planlarını çok sayıda revize etmelerine yol açmıştır. Dolayısıyla, özellikle teknoloji entegrasyonu konusunda alanyazında öğretmenlerin ders planları ile ilk sınıf içi uygulama süreçleri arasında olumsuz bir farka vurgu yapıldığı düşünülürse (Lagrange ve Özdemir-Erdoğan, 2009; Ruthven, 2009) öğretmen adaylarına yapılacak olan eğitimlerde veya programlarında yer alan derslerde mikro öğretim gibi uygulama şansları verilerek, bu adayların sınıflara hazırlanmaları ve bu farklılığı en aza indirmeleri sağlanabilir.

Çalışmanın teorik çerçevesi, bu çalışmada Trocki ve Hollebrands'ın (2018) vurguladığı gibi iki şekilde yararlı olmuştur. İlk olarak, teknoloji destekli etkinlikleri tasarlarken öğretmen adaylarının prompt adı verilen yönlendirme soruları ile farklı matematiksel derinliğe sahip olan etkinlikleri planlayabileceklerini ve amaçlanan derinliğe ulaşmada kullanmaları gereken teknolojik eylemleri düşünmeleri gerektiğini fark etmelerini sağlamıştır. İkinci olarak bu çerçeve, araştırmacılara öğretmen adaylarının tasarladığı etkinliklerin içeriğini incelemek ve değerlendirmek için bir yol göstermiştir. Çerçeve özellikle etkinliklerde yer alan her bir yönlendirme sorusunu kodlama sürecinde, matematiksel derinliğin teknolojik eylemlerle koordinasyonu konusunda ve etkinliğin içeriği, amacı ve seviyesi hakkında araştırmacıların genel bir izlenime ulaşmalarına yardımcı olmuştur. Trocki ve Hollebrands (2018), bu çerçeve hakkında sınırlı çalışma (Trocki, 2015; Yiğit Koyunkaya ve Bozkurt, 2019) olmasına vurgu yaparak özellikle çerçevenin öğretmenlerin mesleki gelişim ortamlarındaki etkileri konusunda araştırmalar yapılmasının gerektiğini vurgulamışlardır. Bu anlamda, bu çalışmanın Trocki ve Hollebrands'ın (2018) önerisinin bir uygulaması olarak alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda, öğretmen adaylarına eğitimler sırasında çalışmanın çerçevesinin tanıtılması ve bu çerçevenin etkinlik geliştirme sürecinde onlara kılavuzluk etmesinin de gelişimlerine etkisinin olduğu düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda öğretmen adaylarına, teknoloji destekli matematik eğitimine özgü teorik çerçeveler ışığında eğitimler verilmesinin önemli olduğu ve bu çalışmaların da alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma 14 hafta süren, öğretmen adaylarının eğitimlerinin son döneminde verilen 'Öğretmenlik Uygulaması' dersi kapsamında yapılmıştır. Sınırlı zamanda yapılan bu araştırma sırasında öğretmen adaylarının yoğun programlarının olması çalışmanın bir sınırlılığı olarak görülmektedir. Bu anlamda benzer amaçlı çalışmaların daha geniş zaman diliminde uygulanmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, öğretmen adaylarının sınıf içi uygulamalarında öğretecekleri konuyu uygulama okulundaki öğretmenin programına göre seçmeleri teknoloji destekli etkinlikleri geliştirme konusunda bir sınırlama getirmiş olabilir. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda, yapılan bu çalışmaya benzer yollar izlenerek öğretmen adaylarının tamamıyla kendi istekleri doğrultusunda seçtikleri, tasarladıkları ve uyguladıkları bir konunun öğretimine odaklanarak alanyazına katkı sağlanabilir.

Kaynaklar / References

Akkoç, H. (2012). Bilgisayar destekli ölçme-değerlendirme araçlarının matematik öğretimine entegrasyonuna yönelik hizmet öncesi eğitim uygulamaları ve matematik öğretmen adaylarının gelişimi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 99-114.

- Akyüz, D. (2016). Farklı öğretim yöntemleri ve sınıf seviyesine göre öğretmen adaylarının TPAB analizi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(1), 89-111.
- Allen, D. W (1980). Micro-teaching a personal review. *British Journal of Teacher Education*, 6(2), 147-151.
- Allen, D. W., & Eve, A. W. (1968). Microteaching. *Theory into Practice*, 7(5), 181-185.
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., & Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *ZDM*, 34(3), 66-72.
- Baccaglioni-Frank, A., & Mariotti, M. (2010). Generating conjectures in dynamic geometry: The maintaining dragging model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(3), 225-253.
- Baki, A. (1996). Matematik öğretiminde bilgisayar herşey midir? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(12), 135-143.
- Berg, B. L. (2004). *Qualitative research methods for the social sciences*. Boston: Pearson Education.
- Bowen, G. A. (2006). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Bowers, J.S., & Stephens, B. (2011). Using technology to explore mathematical relationships: A framework for orienting mathematics courses for prospective teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(4), 285-304.
- Bozkurt, A. ve Cilavdaroğlu, A. K. (2011). Matematik ve sınıf öğretmenlerinin teknolojiyi kullanma ve derslerine teknolojiyi entegre etme algıları, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(3), 859-870.
- Bozkurt, G., & Yiğit Koyunkaya, M. (2020). Preparing prospective mathematics teachers to design and teach technology-based lessons. In B. Barbel, B. Ruth, G. Lisa, P. Maximilian, R. Hana, S. Florian, & T. Daniel (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT 14* (pp. 255-262). Essen, Germany: University of Duisburg-Essen.
- Charles, C., & Mertler, C. A. (2002). *Introduction to educational research*. Boston: Allyn & Bacon.
- Christou, C., Mousoulides, N., Pittalis, M., & Pitta-Pantazi, D. (2004). Proofs through exploration in dynamic geometry environments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 339-352.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (2014). *The mathematics teacher in the digital era*. Dordrecht: Springer.
- Çiftçi, S., Taşkaya, S. M. ve Alemdar, M. (2013). Sınıf öğretmenlerinin FATİH Projesine ilişkin görüşleri. *İlköğretim Online*, 12(1), 227-240.
- Donnelly, R., & Fitzmaurice, M. (2011). Towards productive reflective practice in microteaching. *Innovations in Education and Teaching International*, 48(3), 335-346.
- Drijvers, P. (2012). Teachers transforming resources into orchestration. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From text to 'lived' resources: Mathematics curriculum materials and teacher development* (pp. 265-281). New York: Springer.
- Erfjord, I. (2011). Teachers' initial orchestration of students' dynamic geometry software use: Consequences for students' opportunities to learn mathematics. *Technology, Knowledge and Learning*, 16(1), 35-54.
- Eranıl, A. K., Özcan, M., & Özek, B. Y. (2019). Examination of classroom management competencies of faculty of education students. *Educational Administration: Theory and Practice*, 25(1), 119-138. doi:10.14527/kuey.2019.003
- Griffiths, J. (2016). Bridging the school placement gap with peer micro-teaching lesson study. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 5(3), 227-238.
- Hollenbeck, R. M., Wray, J. A., & Fey, J. T. (2010). Technology and the teaching of mathematics. In B. J. Reys, R. E. Reys, & R. Rubenstein (Eds.), *Mathematics curriculum: Issues, trends, and future directions* (pp. 265-276). Reston, VA: NCTM.
- Hollebrands, K. F. (2007). The role of a dynamic software program for geometry in the strategies high school mathematics students employ. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 164-192.
- Hölzl, R. (2001). Using dynamic geometry software to add contrast to geometric situations: A case study. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(1), 63-86.
- Hui, M. F., & Grossman, D. L. (2008). *Improving teacher education through action research*. New York, NY: Routledge.
- Hur, J.W., Cullen, T., & Brush, T. (2010). Teaching for application: A model for assisting pre-service teachers with technology integration. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(1), 161-182.
- Kayaduman, H., Sırakaya, M. ve Seferoğlu, S. S. (2011). Eğitimde FATİH projesinin öğretmenlerin yeterlik durumları açısından incelenmesi. *Akademik Bilişim*, 11, 123-129.
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (2005). Participatory action research: Communicative action and the public sphere. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (3rd ed., pp. 559-603). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283-317.
- Lagrange, J. B., & Ozdemir-Erdogan, E. (2009). Teachers' emergent goals inspreadsheet-based lessons: analyzing the complexity of technology integration. *Educational Studies in Mathematics*, 71(1), 65-84.

- Limon, İ., & Nartgün, Ş. S. (2020). Investigation of teachers' change fatigue level: Comparison by demographics. *Educational Administration: Theory and Practice*, 26(2), 401-448.
- Ledger, S., Ersozlu, Z., & Fischetti, J. (2019). Preservice teachers' confidence and preferred teaching strategies using TeachLivE virtual learning environment: A two-step cluster analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology*, 15(3), 1-17.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th edition). San Francisco, CA: John Wiley & Sons.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12.sınıflar) öğretim programı. Ankara: MEB Yayınları.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) öğretim programı. Ankara: MEB Yayınları.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2017). *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri*. Ankara: Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics -NCETM. (2014). *Mastery approaches to mathematics and the new national curriculum*. Retrieved August 17, 2020 from <http://www.numbergym.co.uk/NGSdocs/HowNGymSupportsMasteryTeaching.pdf>
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Ozgun-Koca, S. A., Meagher, M., & Edwards, M. T. (2010). Preservice Teachers' Emerging TPACK in a Technology-Rich Methods Class. *Mathematics Educator*, 19(2), 10-20.
- Pamuk, S., Çakır, R., Ergun, M., Yılmaz, H. B. ve Ayas, C. (2013). Öğretmen ve öğrenci bakış açısıyla tablet PC ve etkileşimli tahta kullanımı: FATİH Projesi değerlendirmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(3), 1799-1822.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluative Methods*. California: Sage Publications.
- Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Education and Didactique*, 3(1), 131-159.
- Sinclair, M. (2003). Some implications of the results of a case study for the design of pre constructed, dynamic geometry sketches and accompanying materials. *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), 289-317.
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (1998). Selecting and creating mathematical tasks: from research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(5), 344-350.
- Stylianides, G. (2008). An analytic framework of reasoning-and-proving. *For the Learning of Mathematics*, 28(1), 9-16.
- Swan, M. (2007). The impact of task-based professional development on teachers' practices and beliefs: A design research study. *Journal of Mathematics Education*, 10, 217-237.
- Tanrıöğen, A., & Sarı, T. (2019). A study of scale development for determining the perception management tactics (PEMATS) used by school administrators. *Educational Administration: Theory and Practice*, 25(4), 805-840. doi:10.14527/kuey.2019.020
- Trocki, A., & Hollebrands, K. (2018). The development of a framework for assessing dynamic geometry task quality. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4 (2-3), 110-138.
- Türk Eğitim Derneği [TED]. (2009). *Öğretmen Yeterlilikleri*. Ankara: MEB Yayınları.
- Uslu, O. ve Bümen, N. T. (2012). Effects of the professional development program on Turkish teachers: Technology integration along with attitude towards ICT in education. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 11(3), 115-127.
- Yiğit Koyunkaya, M. (2017). Matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimini amaçlayan bir öğretim deneyi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 8(2), 284-322.
- Yiğit Koyunkaya, M. ve Bozkurt, G. (2019). Öğretmen adaylarının geliştirdiği GeoGebra etkinliklerinin matematiksel derinlik ve teknolojik eylem açısından incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 13(2), 511-544.
- Zbiek, R. M. (2005). Using technology to make the power of many points with prospective mathematics teachers. In W. J. Masalaski & P. C. Elliott (Eds.), *Technology-supported mathematics learning environments* (pp. 295-306). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Zbiek, R., Heid, K., Blume, G., & Dick, T. (2007). Research on technology in mathematics education. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169-1207). Charlotte: Information Age Publishing.