

Research Article

Open Access

Investigating the Role of Mathematical Modeling Activities in Enhancing Creativity

Mehmet Ali KILIÇ^{1*}  Ramazan GÜRBÜZ² 

¹ Ministry of National Education, Batman, Türkiye, mehmetalikilic21@gmail.com

² Adıyaman University, Faculty of Education, Adıyaman, Türkiye, gurbuz@outlook.com

* Corresponding Author: mehmetalikilic21@gmail.com

Article Info

Received: 07 May 2025

Accepted: 11 December 2025

Published: 31 January 2026

 **10.18009/jcer.1694172**

Keywords: Mathematical modeling, 21st century skills, creativity, fluency, flexibility

Publication Language: Turkish

This article was published under the continuous publishing model.

Abstract

In this study, the effectiveness of Mathematical Modeling (MM) approach in the development of creativity skill, which has an important place among 21st century skills, was examined. Case study, one of the qualitative research designs, was adopted in the study. Four students participated in the study. Participants were determined by purposive sampling method. In order to examine the creativity of the students as a group, 4 modeling activities were applied to a single group of four students. Semi-structured interviews, audio and video recordings, observation forms, activity reports, focus group interviews with students after the activity were used as data collection tools. Data were analyzed using content and descriptive analysis methods. At the end of the study, it was observed that MM activities improved three sub-dimensions of students' creativity skills (Fluency and Flexibility, Originality and Detail). Among the sub-dimensions of creativity skills, fluency and flexibility was the most frequently observed skill. In one of the activities, no outcome related to the originality sub-dimension was observed. Suggestions were made in line with the research results.



To cite this article: Kılıç, M.A. & Gürbüz, R. (2026). Matematiksel modelleme etkinliklerinin yaratıcılığı geliştirmedeki rolünün incelenmesi. *J. Comp. Educ. Res.*, 14, e2614001 <https://doi.org/10.18009/jcer.1694172>

Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Yaratıcılığı Geliştirmedeki Rolünün İncelenmesi

Makale Bilgisi

Geliş: 07 Mayıs 2025

Kabul: 11 Aralık 2025

Yayın: 31 Ocak 2026

 **10.18009/jcer.1694172**

Anahtar kelimeler: Matematiksel modelleme, 21. yy becerileri, yaratıcılık, akıcılık, esneklik

Yayın Dili: Türkçe

Bu makale sürekli yayın modeli kapsamında yayımlanmıştır.

Öz

Bu çalışmada, 21. yüzyıl becerileri arasında önemli bir yeri olan yaratıcılık becerisinin gelişiminde matematiksel modelleme (MM) yaklaşımının etkililiği incelenmiştir. Araştırmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması benimsenmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu dört öğrenci oluşturmaktadır. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Öğrencilerin grup olarak yaratıcılıklarını değerlendirmek amacıyla dört öğrenciden oluşan tek bir gruba dört modelleme etkinliği uygulanmıştır. Veri toplama araçları olarak yarı yapılandırılmış mülakatlar, ses ve video kayıtları, gözlem formları, etkinlik raporları ve etkinlik sonrası öğrencilerle gerçekleştirilen odak grup görüşmeleri kullanılmıştır. Verilerin analizinde betimsel analiz yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonucunda MM etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcılık becerisinin üç alt boyutunda (Akıcılık-Esneklik, Özgünlük ve Ayrıntılandırma) boyutlarında geliştirdiği tespit edilmiştir. En belirgin ilerleme Akıcılık-Esneklik boyutunda gözlenmiştir. Bununla birlikte etkinliklerden birinde özgünlük alt boyutuna yönelik bir kazanım elde edilmemiştir. Araştırma bulguları doğrultusunda çeşitli öneriler sunulmuştur.

Summary

Investigating the Role of Mathematical Modeling Activities in Enhancing Creativity

Mehmet Ali KILIÇ ¹ *  Ramazan GÜRBÜZ ² 

¹ Ministry of National Education, Batman, Türkiye, mehmetalikilic21@gmail.com

² Adıyaman University, Faculty of Education, Adıyaman, Türkiye, gurbuz@outlook.com

* Corresponding Author: mehmetalikilic21@gmail.com

Introduction

Mathematical Modeling (MM) is a process that enables students to use mathematics to address real-life problems, making it a highly effective educational approach (Lesh & Dorr, 2003). MM encourages students to develop explicit mathematical interpretations of ambiguous, unique, and complex situations encountered in daily life (Lesh & Sriraman, 2005). Although the term “mathematical modeling” was not always used, Henry Pollak (1969) emphasized that mathematics should be informed by real-life problems, referring to this approach as applied mathematics. While there is no universally accepted definition of MM, it is generally described as a complex, cyclical process involving understanding a real-life problem mathematically, developing a solution through a mathematical model, and applying the solution back to the real-life context (Berry & Houston, 1995). Because MM activities enhance students’ critical thinking, generalization, and creativity skills, they are recommended for classroom implementation (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Recently known as 21st century skills, these competencies represent a categorized and defined set of abilities that students need in today’s world and in the future. Creativity, in particular, is a skill set that can be developed through education, especially in environments that are relaxed, fun, and open-ended rather than rigid and procedural (Adams, 2005). The methods and approaches widely recommended in education encourage the development of creativity skills (Cheung & Mok, 2018). Creativity is influenced by the methodology used (Wyse & Dowson, 2009), and because MM problems are inherently ill-structured and allow for multiple solution paths, they create precisely this type of open-

ended environment. This process naturally encourages students to move beyond standard algorithms and generate novel ideas, directly fostering creative thinking. Creativity is a skill that can be developed over time with the help of MM (Leikin, 2013). This study aimed to explore how learning environments designed based on the mathematical modeling approach affect the creativity skills of middle school eighth grade students.

Method

This study adopted the case study model from the qualitative research approach to examine the development of creativity skills through mathematical modeling activities with eighth grade students in depth. Creswell (2007) defines case studies as research that focuses on a specific topic, event, or situation and enriches the data collection process by using multiple data collection tools (observations, interviews, documents, audiovisuals, etc.), thereby obtaining in-depth information. The study was conducted with four students from the mathematics applications course. The study was designed according to the criterion sampling approach from the purposeful sampling method. During the study, the researcher conducted the study as both a practitioner and a participant observer. Thus, observation notes, video recordings, and semi-structured interview forms constituted the qualitative data of the study. The data used in the study were obtained through video recordings obtained during the students' work with mathematical modeling activities, observations of the researcher who guided the students' work, worksheets used by the students during the activities, reports prepared at the end of the activities, and group interviews with student groups after each activity.

Findings

The research question of this study was: "How do learning environments designed based on the mathematical modeling approach affect the creativity skills of middle school eighth grade students?" Each mathematical modeling activity was analyzed under a separate heading to demonstrate how the sub-dimensions of creativity (fluency and flexibility, originality, and elaboration) develop during the activity process. To avoid unnecessary repetition of the findings, one activity (Activity 1) was analyzed in detail for each sub-dimension of creativity. The number of ideas generated from the activity was 5 for fluency, 4 for originality, and 3 for elaboration. Regarding fluency and flexibility, a total of 5 ideas were produced. Flexibility refers to the ability to think by establishing different relationships,

while fluency is the capacity to generate new and different ideas. In this activity, students initially proposed an unrelated idea, then, after realizing their initial ideas were not relevant, suggested 3 related ideas followed by 2 more unrelated ones. For originality, defined as the sum of new and unusual suggestions in response to the problem, the use of the golden ratio value—which had relatively little relation to the problem—was evaluated as an original approach. For elaboration (association), which is defined as the ability to make associations between information, the researcher considered breaking down information into small units during problem solving and establishing new connections between them or expressing known connections in a different representation.

Discussion and Conclusion

The MM activity data were analyzed with content analysis, and the results of the analysis of the creativity skills of students were determined by an observation form based on the model, because this approach allowed for a systematic and comprehensive analysis of the data. According to the results of the study, while the indicators of the sub-dimensions of creativity were observed at a high level in some activities, they were observed at a low level in some other activities, and this situation shows that the indicators of the sub-dimensions of creativity were observed at varying levels according to the activities, because the activities were designed to promote creative thinking and problem-solving. This finding is consistent with previous studies, and for example, Amit and Gillant stated that the development of creativity can be achieved through activities where students are faced with non-routine, complex, structured, but uncertain situations, and this study supports this finding. In this context, the results of the study revealed that the students had high fluency and flexibility in some modeling activities, while there was no evidence of originality in some modeling activities, and as a result, it can be concluded that the modeling activities (MM) carried out within the scope of the study have positive effects on the development of creativity skills of secondary school students, especially in open-ended learning environments where multiple solutions can be found for problems, because MM provides a framework for students to explore and express their creativity. However, the development level of some sub-dimensions of creativity may vary according to the activities performed and their implementation process, and therefore, teachers should be aware of this variation and design activities that promote creative thinking and problem-solving.

Giriş

Öğrencilerin “Matematik dersinde öğrendiklerimiz gerçek yaşamda ne işimize yarayacak?” sorusu, matematik öğretmenlerinin en sık karşılaştığı sorulardan biridir. Bu durum, öğrencilerin matematiği günlük yaşamdan kopuk, soyut ve gerçek dünyayla ilişkisiz bir disiplin olarak algılamalarından kaynaklanmaktadır. Matematik çoğu öğrenci için, yaşamın dışında konumlanan bir “prosedür ve kurallar yığını” olarak görülmektedir.

Gerçek yaşamda karşılaşılan zorlukların çözümünde matematiğin etkili biçimde kullanılabilmesi, Matematiksel Modelleme (MM) yaklaşımıyla mümkündür (Lesh & Dorr, 2003). MM, öğrencileri çözümü belirsiz, özgün ve karmaşık günlük yaşam durumlarını açıklayabilen matematiksel modeller geliştirmeye teşvik eder (Lesh & Sriraman, 2005).

Eğitim dünyasında son yarım yüzyılda etkisini giderek artıran MM anlayışı, temellerini Henry Pollak’ın (1969) matematiğin gerçek yaşam problemlerinden beslenmesi gerektiği yönündeki görüşlerinden almaktadır. Pollak, bu yaklaşımı “uygulamalı matematik” bağlamında ele almıştır. 1980’lerden itibaren MM üzerine yapılan çalışmalar literatürde önemli bir yer edinmiştir (Gürbüz vd., 2018). Ortak bir tanımlı bulunmamakla birlikte, MM süreci genellikle şu şekilde açıklanmaktadır: Gündelik yaşamda karşılaşılan bir problemin matematiksel olarak anlaşılması, bu problemin model aracılığıyla çözümlenmesi ve sonucun gerçek yaşamda sınanması. Bu yönüyle MM, karmaşık ve döngüsel bir süreçtir (Berry & Houston, 1995). Eleştirel düşünme, genelleme ve yaratıcılık gibi üst düzey becerileri geliştirdiği için sınıf ortamında uygulanması önerilmektedir (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000).

Farklı araştırmacılar, sahip oldukları felsefi bakış açılarına göre MM’yi değişik biçimlerde tanımlamıştır. Bu çerçevede öne çıkan yaklaşımlardan biri bilişsel modellemedir. Bilişsel modelleme, bireylerin modelleme sürecinde yürüttükleri zihinsel süreçleri ve bilişsel becerileri analiz etmeyi amaçlar. Matematiksel modellemeyi yalnızca işlem basamaklarıyla sınırlamaz; problem çözme sırasında ortaya çıkan düşünme biçimlerini, bilgi yapılarını ve öğrenme süreçlerini de inceler (Blomhøj, 2009; Borromeo Ferri, 2018). Bu nedenle, bu çalışmada bilişsel modelleme yaklaşımı temel alınmıştır (Kaiser & Sriraman, 2006). Bilişsel modelleme, bireylerin düşünme biçimlerine odaklanması açısından, günümüz eğitiminde giderek önem kazanan 21. yüzyıl becerileriyle yakından ilişkilidir.

Eğitimciler ve politika yapıcılar için yanıtı aranan temel sorulardan biri, öğrencilerin öngörülmeleyen bir geleceğe nasıl hazırlanacağıdır (Allabbasi vd., 2022). Geleceğe dair belirsizlik, yalnızca öğretim yöntemlerinin değil; sınıf yönetimi, ölçme ve değerlendirme süreçlerinin de yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022). Bu doğrultuda ortaya çıkan “21. yüzyıl becerileri” kavramı, bireylerin günümüz dünyasında ve gelecekte ihtiyaç duyacakları bilgi, beceri ve tutumların sistematik biçimde tanımlandığı bir çerçevedir. Her ne kadar bu beceriler için ortak bir tanım bulunmasa da, araştırmalar kapsam ve bileşenler bağlamında genel bir eğilimin varlığını göstermektedir (Kyllonen, 2012; DiCerbo, 2014; Lai & Viering, 2012).

21 yüzyıl becerilerinin kavramsallaşması, farklı kurumların ortak raporları aracılığıyla şekillenmiştir (The Conference Board; Corporate Voices for Working Families; Partnership for 21st Century Skills[P 21]; Society for Human Resource Management [SHRM]) (Casner-Lotto & Benner, 2006). Dell ve Microsoft gibi uluslararası ölçekte faaliyet gösteren kuruluşların desteğiyle yürütülen bir araştırmada, Amerika Birleşik Devletleri’nde yaklaşık 4.351 kurum yöneticisine yeni işe alınacak bireylerden beklenen beceriler sorulmuştur. Bulgulara göre işverenlerin öncelikleri sırayla: iş etiği (%95), iş birliği (%94), iletişim (%92), eleştirel düşünme/problem çözme (%90) ve sosyal sorumluluk (%86) olmuştur. Temel akademik beceriler arasında ise matematik (%44), okuduğunu anlama (%70), İngilizce (%72), fen (%21) ve coğrafya (%44) yer almaktadır. Bu sonuçlar, 21. yüzyıl becerilerinin tanımlanmasının kuramsal olduğu kadar piyasa temelli bir ihtiyaçtan doğduğunu göstermektedir. Söz konusu ihtiyaç, epistemolojik tartışmalardan çok, Endüstri 4.0 ve bilgi-iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin oluşturduğu küresel talep dinamiklerinden beslenmektedir (Uçak, 2022).

“21. yüzyıl becerileri” kavramına ilişkin literatürde farklı tanımlar yer almaktadır. Ananiadou ve Claro (2009), bu becerileri bilgi toplumunda bireylerin hem nitelikli iş gücü hem de bilinçli vatandaşlar olarak yer almalarını sağlayan özellikler olarak tanımlar. Dede (2010), bu becerilerin yalnızca bilgi veya performansla sınırlı olmadığını; her ikisinin etkileşimini içerdiğini belirtir. Bunun yanında OECD, enGauge 21st Century Skills, ATC21s ve 21. Yüzyıl Becerileri Ortaklığı (P21) gibi kurumlar da bu becerilerle ilgili farklı sınıflandırmalar geliştirmiştir.

P21, bu becerilere olan ihtiyacı eğitimin temel bir gereksinimi olarak değerlendirmiş ve bunların öğrencilerin bireysel gelişimi ile toplumsal eşitliğe katkı sağlayacağını vurgulamıştır (Voogt & Roblin, 2010). Bu çalışmada da P21 çerçevesi temel alınmıştır. 2002 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde çeşitli paydaşların katılımıyla kurulan P21, 21. yüzyıl becerilerini: yaşam ve kariyer becerileri, öğrenme ve yenilikçilik becerileri, bilgi-medya-teknoloji becerileri olmak üzere üç ana kategoride sınıflandırır. Öğrenme ve yenilikçilik becerileri; yaratıcılık, eleştirel düşünme, iş birliği ve iletişim olmak üzere dört alt boyuttan oluşur.

Yaratıcılık, farklı disiplinlerde çeşitli biçimlerde ele alınan bir kavramdır. Herkes tarafından kabul edilen tek bir tanımı bulunmamakla birlikte, literatürde bu kavrama ilişkin çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir (Guilford, 1967). Torrance'ın (1966) tanımı hâlen en yaygın kabul gören modellerden biridir: Yaratıcı düşünme, bireyin bir problem karşısında ortaya koyduğu fikirlerin akıcılık, esneklik ve özgünlük açısından değerlendirilmesini ifade eder. Diğer yaklaşımlar ise yaratıcılığı; ilişkisel düşünme, alışılmışın dışında çözüm üretme ve yararlı sonuçlar ortaya koyma ölçütleriyle açıklamaktadır (Guilford, 1977). Eğitimde önerilen yöntem ve yaklaşımlar, yaratıcılığı destekleyen öğrenme ortamlarının önemini vurgulamaktadır (Cheung & Mok, 2018). Yaratıcılığın, uygulanan öğretim yönteminden doğrudan etkilendiği de belirtilmektedir (Wyse & Dowson, 2009). Adams'a (2005) göre, katı prosedürlere uzak; esnek, eğlenceli ve belirsiz durumları içeren öğrenme ortamları yaratıcılığın gelişimini destekler. Matematiksel modelleme, bu yönüyle yaratıcılığın gelişimine katkı sağlayan bir süreçtir (Leikin, 2013). Matematiksel modelleme becerisi gelişmiş bireyler, günümüzün karmaşık sorunlarıyla baş etmede avantajlıdır (Lingefjärd, 2000). Dolayısıyla matematiksel modelleme, doğası gereği bir yaratıcılık faaliyetidir (Leikin, 2018).

Bu çalışmada, Avrupa Birliği tarafından desteklenen Yaşam için Matematik ve Fen Projesi (Mathematics and Science for Life [MAScIL], 2014) kapsamında geliştirilen gözlem formu kullanılmıştır. MAScIL gözlem çerçevesine göre yaratıcılık; akıcılık ve esneklik, özgünlük ve ayrıntı olmak üzere üç alt boyutta ele alınmaktadır.

Matematiksel modelleme (MM) ve yaratıcılık ilişkisinin odağa alındığı araştırmaların sayısı giderek artmaktadır. Wang vd. (2023), Çin'de 4.351 yedinci sınıf ortaokul öğrencisiyle yürüttükleri çalışmada, erkek öğrencilerin kız öğrencilere göre istatistiksel olarak anlamlı

düzeyde daha meraklı ve yaratıcı olduklarını saptamıştır. Ayrıca, yaratıcılık ile MM yeterliği arasında yüksek düzeyde bir korelasyon bulunmuştur. Benzer şekilde Lu ve Kaiser (2022), lise öğrencileri, öğretmenler ve öğretmen adaylarıyla yaptıkları araştırmada, öğrencilerin daha kolay görevlerde iyi performans gösterdiğini, ancak özgünlük boyutunda zorlandığını ortaya koymuştur (ayrıca bkz. Lu & Kaiser, 2021).

Akar'ın (2017) çalışması, üstün yetenekli sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel yaratıcılıklarının modelleme etkinlikleriyle geliştiğini ve problem türünün bu gelişimi etkilediğini göstermiştir. Benzer biçimde Amit ve Gilat (2011), gerçekleştirdikleri "Büyük Ayak İzi" etkinliğinde modelleme tabanlı öğretimin yaratıcılığı olumlu yönde etkilediğini raporlamıştır. Doğa (2024) ise ilköğretim matematik öğretmen adaylarıyla yürüttüğü araştırmada, yaratıcılığın alt boyutları arasında anlamlı ilişkiler tespit etmiş ve akıcılık boyutunun diğer boyutlara oranla daha hızlı geliştiğini belirtmiştir. İkinci aşama analizlerinde, geliştirilen MM etkinliklerinin özgünlük boyutunda öne çıktığı görülmüştür. MM'ye dayalı çalışmaların sayısı son yıllarda artmış olsa da, 21. yüzyıl becerilerinin tüm boyutlarıyla birlikte incelendiği araştırmalar sınırlı sayıdadır (Arabacı vd., 2021). Lu ve Kaiser'in (2021) Çin örneğinde yürüttüğü çalışma da bu durumu desteklemekte; modelleme yeterlikleri ile yaratıcılık arasında anlamlı bir ilişki olduğunu, ancak özgünlük boyutunun diğer boyutlarla zayıf düzeyde ilişkili bulunduğunu göstermektedir.

Matematiksel modelleme alanında son yıllarda yurt içi çalışmalarda artan bir ilgi olduğu görülmektedir. Örneğin, ortaokul öğrencileriyle yürütülen çalışmalarda matematiksel modelleme etkinliklerinin, matematiğin günlük yaşama transferi (Doruk & Umay, 2011), farklı disiplinlerle ilişkilendirme ve öz-yeterlik (Kılıç, 2020) gibi değişkenler üzerindeki etkisi incelenmiştir. STEM bağlamında disiplinler arası modelleme etkinliklerine odaklanan araştırmalar da (Güder & Gürbüz, 2018; Gürbüz vd., 2018) modellemenin öğrenenler açısından çeşitli düzeylerde kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır. Özel yetenekli öğrencilerle yapılan güncel bir çalışmada ise matematiksel modelleme eğitiminin bilgi işlemsel düşünme becerilerini ve yaratıcı problem çözme özelliklerini geliştirdiği rapor edilmiştir (Yılmaz & Korkmaz, 2025). MM etkinliklerinin uygulanması esnasında yaratıcılığı teşvik eden öğrenme ortamlarını tanımlamaya ve bu ortamların niteliklerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Sağ, 2025). Bununla birlikte, yukarıda bahsedilen çalışmalarda yaratıcılığın alt boyutları (akıcılık, esneklik, özgünlük, ayrıntı) temelinde sınıf içi modelleme

süreçlerini ayrıntılı nitel verilerle inceleyen araştırmaların oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir.

Bu bulgular ışığında, matematik öğretiminde MM yaklaşımına dayalı olarak geliştirilen etkinliklerin yaratıcı düşünme becerilerini destekleyip desteklemediğini inceleyen araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın, alandaki bu boşluğu doldurarak ortaokul düzeyinde yürütülen öğretim süreçleri için yeni bir bakış açısı kazandırması beklenmektedir. Sonuç olarak, araştırmanın amacı ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin MM yaklaşımına dayalı olarak tasarlanan öğretim sürecinde, 21. yüzyıl becerilerinden yaratıcılığın nasıl geliştirilebileceğini incelemektir. Bu kapsamda şu sorunun yanıtı aranmıştır:

“Matematiksel modelleme yaklaşımına dayalı olarak tasarlanan öğrenme ortamları, ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin yaratıcılık becerilerini nasıl etkilemektedir?”

Yöntem

Bir araştırmada kullanılacak yöntemin, çalışmanın amacına ve araştırma probleminin doğasına uygun olması ve bu probleme yanıt verebilecek nitelikte olması beklenir (Yıldırım & Şimşek, 2006). Bu araştırma, sekizinci sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcılık becerilerinin gelişimine etkisini derinlemesine incelemesi amaçlanmıştır. Bu nedenle çalışma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında durum çalışması (case study) deseniyle yürütülmüştür. Creswell’e (2007) göre durum çalışması; sınırları belirli bir olguya, olaya ya da duruma odaklanan ve gözlem, görüşme, doküman ile görsel-işitsel veriler gibi çoklu veri toplama araçlarını kullanarak bir konunun ayrıntılı biçimde incelenmesine olanak tanıyan bir araştırma desendir. Bu çalışmada bütüncül çoklu durum deseni benimsenmiştir. Bu desende her bir durum bütüncül olarak ele alınmış, sonrasında ise karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma Grubu ve Ortamı

Araştırma, orta büyüklükte bir ilin merkezinde yer alan bir ortaokulda, 2023–2024 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar yedi hafta sürmüş ve Matematik Uygulamaları dersini alan dört sekizinci sınıf öğrencisiyle yürütülmüştür. Araştırmada, amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme yaklaşımı tercih edilmiştir.

Çalışma grubunun belirlenmesinde öncelikle öğrencilerin araştırmaya erişilebilir olmaları dikkate alınmıştır. Bunun yanı sıra, matematiksel modelleme etkinliklerinde kendini ifade etme ve süreci betimleme yeterliği güçlü, çalışmaya karşı motivasyonu yüksek ve grup çalışmasına uyum sağlayabileceği öngörülen dört öğrenci seçilmiştir. Katılımcılardan biri hariç diğer üçü dört yıldır aynı sınıfta eğitim görmektedir. Dördüncü öğrenci ise beşinci sınıfta aynı okulda öğrenim görmüş, altıncı ve yedinci sınıfları babasının işi nedeniyle başka bir şehirde geçirmiş, sekizinci sınıfta yeniden eski okuluna dönmüştür.

Araştırmacı, aynı zamanda katılımcı öğrencilerin Matematik Uygulamaları dersinin öğretmenidir. Bu durum, öğrencilerle yakın ve güvene dayalı bir iletişim kurulmasına olanak sağlamış ve gözlemlerin derinleşmesine katkı sunmuştur. Araştırma uygulamaları, çalışma saatlerinde uygun olduğu için okulun Tasarım Atölyesi'nde yürütülmüştür. Atölye; masa-sıra düzeninin esnekliği, yuvarlak masa formu ve grup çalışmalarına uygun yerleşimi sayesinde öğrencilerin derse etkin katılımını desteklemiştir. Bu düzen, öğrencilerin hem grup hem de bireysel çalışmalarını verimli bir şekilde yürütmesine yardımcı olmuştur.

Verilerin Toplanması

Araştırmacı, literatürde yer alan çalışmalardan hareketle etkinlikleri hazırlamış ve uygulamaları haftada iki ders saati olmak üzere dört hafta boyunca yürütmüştür. Süreç boyunca araştırmacı, hem uygulayıcı hem de katılımcı gözlemci rolünü üstlenmiştir. Gözlem notları, video kayıtları ve yarı yapılandırılmış görüşme formlarına ilişkin dokümanlar, araştırmanın nitel veri setini oluşturmuştur.

Her bir modelleme etkinliği, öğrencilerin problemle gerçek yaşam bağlamı arasında ilişki kurlmalarını kolaylaştırmak amacıyla “tanıtıcı makale” adlı kısa bir metinle başlatılmıştır. Öğrenciler, yaklaşık beş dakika süreyle bu metni bireysel olarak okumuş; ardından grup görüşmeleri aracılığıyla fikirlerini birbirleriyle paylaşmışlardır. Uygulanan etkinlikler, daha önce araştırmacı tarafından farklı bağlamlarda denenilen ve öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmeye uygun olduğu belirlenen etkinliklerden seçilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada kullanılan veriler; öğrencilerin modelleme etkinlikleri sırasında elde edilen video kayıtları, araştırmacının gözlem notları, öğrencilerin etkinlikler esnasında

doldurduğu çalışma kâğıtları, etkinlik sonrasında hazırladıkları raporlar ve etkinliklerin ardından gerçekleştirilen grup mülakatlarından oluşmaktadır.

Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Bu çalışmada yararlanılan matematiksel modelleme etkinliklerine karar vermeden önce, literatürden alınan 40 modelleme etkinliğinden oluşan bir etkinlik havuzu oluşturulmuştur. Bu havuz içinden, öğrencilerin seviyelerine uygun ve onlar için anlamlı olabileceği düşünülen 4 etkinlik seçilmiştir. Etkinliklerin hem zorluk düzeyleri hem de karmaşıklık dereceleri farklı tutulmuş; aynı zamanda yaratıcılık becerilerini destekleyici nitelikte olmalarına özen gösterilmiştir. Tablo 1’de söz konusu etkinliklerin kaynağı ile ilgili bilgi verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan etkinlikler ve kaynakları

Etkinlik adı	Etkinliğin kaynağı
Büyük ayak izi problemi	Lesh ve Doerr (2003)
Kurabiye problemi	Ata Baran (2019)
Seyahat problemi	Doruk (2010)
Bisiklet problemi	Şengil Akar(2017)

Verilerin Analizi, Çözümlemesi ve Kodlanması

Araştırmada çeşitlendirilmiş veri kaynakları kullanılmış ve bu veriler, MAScIL (2016) 21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesi’ne dayalı betimsel analiz ve yönlendirilmiş (dedüktif) içerik analizi ile çözümlenmiştir. Analizde, modelleme sürecinde gözlemlenen yaratıcılık becerilerinin alt boyutları – “akıcılık ve esneklik”, “özgünlük” ve “ayrıntı” – ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

Öncelikle, uygulama sürecinde toplanan video ve ses kayıtları, tanıtıcı makalelerin tartışılması, ana problemin çözüm süreci ve grup görüşmelerini kapsayacak şekilde ayrıntılı olarak döküm edilmiştir. Gözlem notları, öğrencilerin doldurduğu çalışma kâğıtları ve etkinlik raporlarıyla birlikte tek bir nitel veri seti hâline getirilmiştir. Ardından, bu metinler anlamlı birimler (öğrencilerin yaratıcı düşünme süreçlerini yansıtan ifadeler, eylemler ve çözüm stratejileri) hâlinde bölümlenmiştir.

Nitel veri analizinde kodlar, veriden türetilbildiği gibi literatürde yer alan hazır kodlara dayalı olarak da oluşturulabilmektedir (Patton, 2002). Bu çalışmada, MAScIL (2016) 21. Yüzyıl Becerileri Çerçevesi Gözlem Formu temel alınarak önceden belirlenmiş kodlara dayalı dedüktif bir kodlama yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda, yaratıcı düşünme

boyutuna ilişkin “akıcılık ve esneklik”, “özgünlük” ve “ayrıntı” alt boyutları için kod tanımları ve operasyonel göstergeler hazırlanmış; her bir kodun hangi tür öğrenci ifadesi/davranışı için kullanılacağı örnek olaylarla açıklanarak bir kodlama kılavuzu oluşturulmuştur.

Kodlama süreci üç aşamada yürütülmüştür:

1. Hazırlık aşaması: Araştırmacı ve ikinci kodlayıcı, MAScIL çerçevesinde yer alan yaratıcı düşünme boyutuna ilişkin kod tanımlarını birlikte incelemiş, bu tanımlar çalışmanın bağlamına uyarlanarak ortak bir kodlama kılavuzu oluşturulmuştur.
2. Pilot kodlama ve kılavuzun netleştirilmesi: Her iki kodlayıcı da veri setinin bir bölümünü (toplam verinin yaklaşık %25'i) bağımsız biçimde kodlamış; bu ilk kodlama turunun ardından kodların veriye uygulanma biçimleri karşılaştırılmış, ortaya çıkan görüş ayrılıkları tartışılarak kod tanımları üzerinde gerekli görülen küçük düzenlemeler yapılmıştır. Böylece kodlama kılavuzu son hâline getirilmiştir.
3. Asıl kodlama: Son aşamada, veri setinin tamamı güncellenen kodlama kılavuzu kullanılarak iki araştırmacı tarafından birbirlerinden bağımsız biçimde yeniden kodlanmıştır. Kodlama el ile yapılmış, her bir veri parçası uygun olduğu durumlarda birden fazla kodla da işaretlenmiştir. Analiz, yaratıcı düşünme boyutunun “akıcılık ve esneklik”, “özgünlük” ve “ayrıntı durumu” alt kodlarına odaklanmış ve bu kodların farklı modelleme etkinliklerinde hangi sıklık ve yoğunlukta ortaya çıktığı betimlenmiştir.

Kodlama sürecinin geçerli ve güvenilir olmasını sağlamak için bir dizi yöntemsel önlem alınmıştır. Öncelikle, kodların içerik geçerliğini desteklemek amacıyla, yaratıcı düşünme boyutuna ilişkin kodlar doğrudan MAScIL (2016) çerçevesinden alınmış ve bu çerçevenin özgün kod tanımları temel alınmıştır. Böylece, çalışmada kullanılan kodların kuramsal dayanağı açıkça belirlenmiş ve yapı geçerliği güçlendirilmiştir. Ayrıca veri çeşitliliği sağlanarak (video ve ses kayıtları, gözlem notları, çalışma kâğıtları, öğrenci raporları ve grup mülakatları) veri triangülasyonu yapılmış, bulguların inandırıcılığı artırılmıştır.

Kodlama güvenilirliğini belirlemek amacıyla, iki kodlayıcının bağımsız olarak yaptıkları kodlamalar arasındaki uyum Cohen’s Kappa katsayısı ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda Kappa = 0.90 olarak bulunmuştur. Bu değer, alan yazında kabul

edilen .80 eşik değerinin oldukça üzerinde olup kodlama güvenirliğinin yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Uyumun sağlanamadığı kodlamalar için ilgili veri kesitleri yeniden incelenmiş, kodlayıcılar arasında yapılan uzlaşılı toplantıları sonucunda ortak karara varılmıştır. Sonuç olarak, analiz bulguları içerik analizi yöntemiyle sunulmuş; her bir alt boyut için frekans/yoğunluk karşılaştırmaları yapılmış ve temsili gözlem alıntılarıyla desteklenmiştir (ayrıntılar için bkz. MAScIL, 2016).

Bulgular

Bu araştırmada, ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yaklaşımına dayalı olarak tasarlanan öğretim sürecinde, 21. yüzyıl becerilerinden yaratıcılık becerisinin nasıl geliştirilebileceği incelenmiştir.

Araştırma verileri, bu aşamalar çerçevesinde sistematik biçimde analiz edilmiştir. Ayrıca, 21. yüzyıl becerilerinden yaratıcılık değişkeni, *MaScil Projesi* (2006) kapsamında geliştirilen Gözlem Çerçevesi temel alınarak incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı, şu soruya yanıt aramaktır: “Matematiksel modelleme yaklaşımına dayalı öğrenme ortamları, ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin yaratıcılık becerisini nasıl etkilemektedir?”

Yaratıcılık becerisi; akıcılık ve esneklik, özgünlük ve ayrıntı durumu olmak üzere üç alt boyutta ele alınmış, her bir modelleme etkinliği bu boyutlar üzerinden incelenmiştir. Bulgular, her etkinlik özelinde alt boyutlara göre sınıflandırılmış ve ilgili örneklerle desteklenmiştir. Etkinlik süreci boyunca öğrencilerin grup içi konuşmaları, yazılı ürünleri ve gözlem notları çoklu veri kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda: Öğrencilerin grup çalışması sırasında gerçekleştirdiği tüm diyaloglara ait ses kayıtları, etkinlik sonunda yazdıkları yansıtıcı mektuplar, araştırmacının süreç boyunca tuttuğu alan notları ayrıntılı biçimde incelenmiş, veriler tematik olarak analiz edilmiştir.

Bu analiz sonucunda, öğrencilerin yaratıcılığın alt boyutları açısından nasıl ilerleme gösterdikleri, modelleme süreci içindeki davranış ve üretimleriyle ilişkilendirilerek betimlenmiştir. Bulgular, her bir etkinlik başlığı altında sistematik biçimde sunulmuş ve karşılaştırmalı tartışmalarla desteklenmiştir.

1. Etkinlik: Büyük Ayak İzi Problemi Bulguları

Büyük Ayak İzi Problemi etkinliği kapsamında öğrenciler, uygulamaya başlamadan önce tanıtıcı makaleyi okumuştur. Bu makalenin amacı, öğrencilerin yapılacak etkinlik

hakkında ön bilgi edinmelerini, öngörülerini güçlendirmelerini ve göreve bilişsel olarak hazırlanmalarını sağlamaktır.

Tanıtıcı makalenin ardından öğrencilere gerçek bir ayak izi kâğıdı verilmiş ve etkinlikteki kurguya uygun biçimde, bu izin boy uzunluğunu tahmin etmeleri istenmiştir. Çözüm süreci incelendiğinde, öğrencilerin problemi sonuca ulaştırmak için matematiksel modelleme döngüsünü birden fazla kez tekrarladıkları görülmüştür. Bu yinelemeler sonucunda değişkenler daha iyi tanımlanmış, problem verileri daha açık ve anlaşılır hâle gelmiştir. İlk döngüde verilen yanıtların yüzeysel ve sezgisel olduğu, sonraki döngülerde ise daha kapsamlı, gerekçeli ve değişkenler arası ilişkileri içeren çözümler geliştirildiği gözlemlenmiştir. Özellikle matematiksel kavramlarla ilişkilendirme becerisi, ilk döngülerde sınırlıyken, sonraki aşamalarda belirgin biçimde gelişmiştir.

Bu süreç, öğrencilerin matematiksel düşünme biçiminde ilerleyici bir yapı sergilediğini; problem çözme sürecinin tekrarlanmasıyla hem bilişsel hem de yaratıcı becerilerinin zenginleştiğini ortaya koymaktadır.

Aşağıdaki tabloda, Birinci Etkinlik: Büyük Ayak İzi Problemi için yaratıcılığın alt becerilerinin (akıcılık ve esneklik, özgünlük, ayrıntı) hangi sıklıkla gözlemlendiği sunulmuştur.

Tablo 2. Beceri alt boyut sıklık tablosu

Beceri	Alt Boyut	Sıklık
Yaratıcılık	Akıcılık ve Esneklik	5
	Özgünlük	4
	Ayrıntı Durumu	3

Grubun bulgularının analizinden elde edilen frekanslar Tablo 2’de verilmiştir. Yukarıdaki tabloda yaratıcılık becerisinin alt boyutları olan Akıcılık ve esneklik, özgünlük ve ayrıntı durumu incelendiğinde, sıklık sütununda kaç adet fikir üretildiğini göstermektedir. Fikirten maksat problem çözüm sürecinde çözüm veya çözüm için yapılan önerilerin yanı sıra sonuç ifadeleri de fikir olarak kodlanmıştır. Birinci etkinlik için üretilen fikir sayısı yukardaki tabloda verilmiştir.

Birinci alt boyutu olan akıcılık ve esneklik yönü ile incelendiğinde; İlk olarak akıcılık ve esneklik alt boyutuna bakıldığında, farklı ilişkiler kurarak düşünme becerisi olarak ifade edilen esneklik için toplamda 5 fikir üretilmiştir. Akıcılık, yeni ve farklı fikir üretme kapasitesidir. Bu etkinlikte öğrencilerin ilk başta ilişkisiz bir fikir beyan ettikleri sonradan üzerinde düşününce fikirlerinin ilişkisiz olduğunu kavradıktan sonra ilişkili 3 fikir ve ilişkisiz 2 fikir daha beyan ettikleri görülmüştür.

Modelleme etkinlikleri ile karşılaşan öğrenciler, problemi tam okumadan fikir beyan etme eğiliminde oldukları görülmüştür. Bu durumda diğer öğrencilerin kendini eksik hissetmesine neden olup öğretmenin öğrencilere “düşünüp içsel deneyim yaşadktan sonra fikirlerinizi ifade edin. Yeterince zamanımız olacak” uyası yapma ihtiyacı hissetmiştir. Öğrencilerin grup içerisinde birbirine baskı unsuru olmaması adına, “fikirlere saygılı olmalıyız grup arkadaşlarımızın söylediklerini incitici şekilde yaklaşmamalıyız” uyarısı yapılarak akıcılık açısından önemli olan fikir sayısını artırmayı hedefleyen uyarılar araştırmacı tarafından yapılmıştır.

Bu araştırmamızda üretilen fikirlerin bulguları aşağıda incelenmiştir.

Öğrenciler bu problem ile karşılaştıklarında bunun çözülemeyecek kadar zor aynı zamanda matematik dersi ile ilişkisi olmayan bir etkinlik olarak düşündükleri görülmüştür. Bunun için ayakkabı izindeki modelin tasarımından kaynaklı şekil sayısının kişinin boyu ile ilişkisinin olabileceği yanlış fikri üretilmiştir.

Ö1: hırsızın kim olduğunu ayakkabı izinden nasıl bulacağız?

Ö2: bir dedektif gibi davranacağız. En önemsiz ipucu bizi çözüme götürebilir

Ö3: bence hiçbir ilişkisi yok. Ayakkabının izindeki nokta sayısı hırsızın boyunu verir mi acaba? Durun bir sayayım, saydım 32 nokta var bunu 6 ile çarpsak 192 cm eder.

Ö2: bence mantıklı değil

Ö1: bence de

Ö2: bak benim ayakkabım düztaban. Ayakkabı izim olmuş olsaydı 0 tane nokta olacaktı buda boyumun 0 olacağını mı gösteriyor?

Ö4: evet haklısın bu tamamıyla ayakkabı tasarımı ile ilgili ayakkabıyı giyenin boyunu vermez.

Ö3: keşke ayyakkabı izinde ayakkabı numarası da çıksaydı. İşimiz çok kolay olurdu.

Yukarıdaki diyalogda görüldüğü gibi öğrenciler yanlış bir fikir ürettikten sonra kendi aralarında yaptıkları tartışmalar ile fikri elemişlerdir. Aslında bu öğrencilerin karşılaştıkları ilk MM problemi olduğu için öğrencilerin alışkın olmadıkları böyle bir probleme verdikleri cevap aslında “kaçınma çözümü” olduğu görülmektedir. Öğrenci kendi de inanmadığı ama vermesi gereken bir cevabı vermek için ürettiği, üzerinde düşünülmemiş bir yanıt olduğu düşünülmektedir. Öğrenci daha önce karşılaşmadığı bir problem türünün, matematik dersi ile ilişkilendiremediği için buna vereceği cevabın saçma da olsa matematik dışı bir cevap vermek ihtiyacı hissetmiştir.

Öğrencilerin oluşturduğu ikinci ilişkisiz fikir ise, öğrencilerin ayakkabı numarası ile boy arasındaki ilişkiye odaklanmalarıdır. Aşağıda bunun diyalogu bulunmaktadır.

Ö1: hocam o halde giyilen ayakkabı numarası ile boy arasında ilişkiye bakalım

Ö2: ben 165 boyundayım 38 numara giyiyorum.

Ö3: Hepimizin hesaplayıp bulalım isterseniz, benim boyum 161 ayakkabı numaram 37, muhammed senin ve Alinin nedir?

Ö4: ben 170 boyundayım, numaram 41,

Ö1: ben 175 boyundayım numaram 44

Ö4: hocam odada metre var mı?

Öğretmen “evet” diyerek metreyi çocuklara uzatınca Ali önce boyunu ölçüyor ayakkabı uzunluğunu ölçmek aklına bile gelmiyor

Ö4: hocam boyum 168 ayakkabısını ölçünce 40 numara olan ayakkabı numarasının 25 cm olduğunu fark ediyor.

Ö2: A bak sana ayakkabı boyu ile numarası farklı şeylermiş.

Diğer öğrencilerde, metre yardımıyla tekrar ayakkabı boyu ve kendi boylarını ölçüyorlar.

Yukardaki ifadelerden öğrencilerin ayakkabı numarası ile ayak uzunluklarının aynı şeyi ifade ettiklerini düşünüyorlar. İçlerinden biri ayakkabı uzunluğunu ortamdan bulduğu metre ile ölçünce ayakkabı numarasının 42 olmasına rağmen ayak uzunluğunun 26 cm olduğunu fark ediyor.

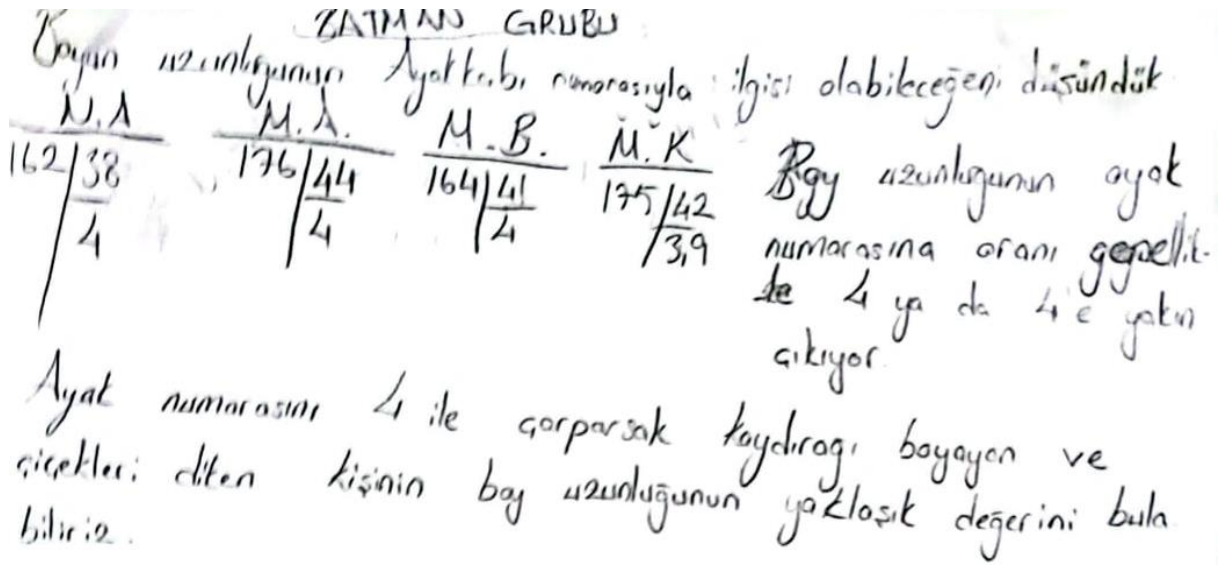
Öğrencilerden gelen fikirlerden biri de altın oran kullanmak üzerinedir. Ö1 rumuzlu öğrenci

-hocam, diz kapağından ayak topuğuna kadar olan uzunluk ile ayak boyunun birbirine bölümü 1,618 olan altın oranı verdiğini bir belgeselden izlemiştim. Şüphelilerin bu oranda kişinin boyunu bulabiliriz

Şeklindeki cevabı daha önce karşılaşmış olduğu altın oran ve belgesel bölümlerini ilişkilendirme yaparak matematiğe transfer etme davranışı olarak görülmektedir.

Son olarak grubun kendi arasında yaptığı tartışma ile ortak bir şekilde buldukları çözüm çalışma sayfası taranmış olup aşağıda verilmiştir.

Şekil 3-1



Yukarda öğrencilerin raporunun bir kısmı verilmiştir öğrenciler zihinlerinde buldukları çözümü ilk başta kendi üzerlerinde uyguladılar, grup arkadaşları sırasıyla verilerinden buldukları formülün doğruluğunu teyit etmeye çalıştılar.

Esneklik, bireyin ne kadar farklı düşünebildiği ile ilgilidir. Üretilen fikirlerin bağlamsal ve kavramsal açıdan farklılaşması kriteri dikkate alınarak analiz edilmiştir.

Büyük ayak izi probleminin çözümünde 3 farklı fikir oluşturulurken bunlardan 2 tanesinden grup içi tartışmalar sonunda vazgeçilmiştir. Bundan dolayı esneklik kodunda iki tane durum olduğu gözlenmiştir.

İlk olarak öğrenciler açısından yeni, bir problem türü olduğu için çözümün asla olmayacağı bundan dolayı kaçınma cevabı olarak ifade ettiğimiz bir cevapla probleme yaklaşmışlardır.

Ö1: hırsızın kim olduğunu ayakkabı izinden nasıl bulacağız?

Ö2: bir dedektif gibi davranacağız. En önemsiz ipucu bizi çözüme götürebilir

Ö3: bence hiçbir ilişkisi yok. Ayakkabının izindeki nokta sayısı hırsızın boyunu verir mi acaba? Durun bi sayayım, saydım 32 nokta var bunu 6 ile çarparsak 192 cm eder.

Ö2: bence mantıklı değil...

Yukardaki diyalogdan anlaşılmaktadır ki, ortaya atılan görüş yanlış olduğu grup arkadaşları tarafından fark edilmiştir. Sonraki aşamada tekrar yanlış başka bir fikir üretilse de, grup üyelerinin fikri değişmiştir. Ayakkabı numarası ile uzunluk birimi olan cm cinsinden değerinin aynı olduğu görüşüne kapılmışlardır.

Öğretmen: ayakkabı numarası ile ayak uzunluğunun cm cinsinden değeri aynı mı?

Ö2: Evet hocam

Ö3: değil mi?

Öğretmen: o halde ölçün,

Ö3: 40 olan ayakkabı numarasının boyunun 28 cm olduğunu fark ediyor.

Evet aynı değilmiş.

Yukardaki diyalogdan anlaşıldığı üzere öğrenciler fikirlerinde esneklik gösterip değiştirmişlerdir. İlk önce ayakkabı numarası ile ayakkabı boyunu eşit gören öğrenciler cetvel ve metre yardımıyla ölçüm yaptıktan sonra bunun doğru olmadığını fark edip önceki yanlış fikirlerinden vazgeçmişlerdir. Nihayetinde üç tane fikir üretip bunlardan yanlış olan iki tanesinden aşamalı bir şekilde vaz geçmişlerdir. Sıklık tablosunda, toplam frekansı beş olarak belirlenmişti.

İkinci alt boyutu olan özgünlük yönü ile incelendiğinde; Özgünlük, problem karşısında yeni ve sıra dışı önerilerin toplamı olarak kodlanmıştır. Bu çalışmada problem ile ilgisi göreceli olarak az görünen altın oran değerinin kullanılması özgünlük olarak değerlendirilmiştir.

Ö2: hocam, diz kapağından ayak topuğuna kadar olan uzunluk ile ayak boyunun birbirine bölümü 1,618 olan altın oranı verdiğini bir belgeselden izlemiştim. Şüphelilerin bu oranda kişinin boyunu bulabiliriz

Öğretmen, nasıl daha açık ifade eder misin?

Ö2: hocam tüm insanlarda hatta doğanın kendisinde bir örüntü var. Bu örüntü deki dizi sırasının bölümünden 1,618 değeri bulunuyor. İnsanın vücudunda da bu oran bulunur, kafanın omza oranı, başın yatay uzunluğunun dikey uzunluğuna oranında da bu oran var, aynı zamanda insanın ayak kemiği ile ayak uzunluğu arasında da bir aynı oran bulunur.

Ö3: hocam resim dersinde insan portresini çizerken öğretmenimiz demişti, insan başı vücuduna oranını 7 alarak resim çizeriz. Bu şeklide insanın ayak uzunluğunun baş uzunluğuna oranını bulursak bu orandan hareketle kişinin boyunu da bulabiliriz.

Yukardaki diyalogdan öğrencilerin, günlük yaşam ve diğer derslerde gördükleri bilgiler ile matematik dersi arasında özgün bir ilişki kurarak, problemi tamamlamaya çalışmışlardır.

Üçüncü alt boyutu olan Ayrıntı durumu (ilişkilendirme) yönü ile incelendiğinde; Bilgiler arasında ilişkilendirme becerisi olarak tarif edilen detaylandırma bu çalışmada problemin

çözümünde bilgilerin, küçük birimler halinde parçalı hale getirilip bunlar arasında yeni bağlantı kurma veya bilinen bağlantıları farklı bir gösterimle ifade etme olarak ele alınmıştır. Öğrencilerden biri ayakkabı boyu ile ayak kaval kemiği arasında belli bir oranın olduğunu bunun da altın oran olduğunu söylemiştir. Diyalog aşağıdaki gibidir.

Ö2: Arkadaşlar bir belgeselde izlemiştim. Ayak uzunluğu ile dizden ayağın topuk uzunluğuna kadar 1, 618 oranı bulunmaktadır. Gruptaki herkesin diz kapağından ayak topuğuna kadar olan uzunluğu ile kişinin boyunu oranlayıp burada bulduğumuz oranı hırsızın boyunu tahmin edebiliriz.

Yukardaki konuşmadan öğrencinin, alan dışı ilişkilendirme yaparak gündelik hayatta karşılaştığı bir belgeseldeki kavramdan yola çıkarak problemi çözmeye çalışmıştır. Benzer şekilde aşağıdaki ifadeler kullanılarak

Ö3: hocam problemi çözerken şunu fark ettik; kızlar ile erkeklerin ayak taban uzunlukları aynı olsa dahi genişlikleri farklı olabilmekte

Ö2: yani kızların ayak genişliği daha dar iken erkeklerin daha geniş olmakta

Ö4: Burdan hareketle bu kişinin kız mı erkek mi olduğunu tespit edebiliriz buda nüfusun % 50 si kız, %50 si erkek olmasından aradığımız kişiyi bulma olasılığını yarı yarıya düşürmüş oluyoruz.

Kız ver erkeklerde ayağın genişliğinin farklı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu olgudan hareketle aranan kişinin cinsiyetini bulabileceğimiz bulgusu, öğrencilerin gerçek yaşam durumlarıyla ayrını durumuna dikkat ettiğini göstermektedir.

2. Etkinlik: Kurabiye Problemi Bulguları

Kurabiye problemi, bir pastanede üretilen üç farklı boyuttaki kurabiyelerin, boyutlarına göre değişen kutulara yerleştirilerek satılması ile ilgili durumlardan oluşan bir modelleme problemidir. Etkinlik uygulaması sürecinde, grubun problem çözme sürecinde gerçekleştirdiği tüm konuşmaların video ve ses kayıtları çözümlenmiş; öğrencilerin çözüm kâğıtları ve araştırmacının alan notları ile birlikte analiz edilmiştir. Grup verilerinin analizinden elde edilen bulguların yaratıcılık becerisi alt boyutlarına göre dağılımı Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Beceri alt boyut sıklık tablosu

Beceri	Alt Boyut	Sıklık
Yaratıcılık	Akıcılık ve Esneklik	5
	Özgünlük	0
	Ayrını Durumu	1

Grup üyeleri başlangıçta problemi, daha önce karşılaştıkları şıklı ve matematiksel ifadeleri (π , r , sayısal veriler) içeren soru türlerine benzer olduğu için “kolay” ve tanidik olarak değerlendirmiştir. Öğrencilerin kendi aralarında yaptıkları konuşmalardan “*Bu problem kolay geldi*” okul hayatlarında karşılaştıkları problemlere daha benzer hissetmişlerdir; ancak ilerleyen süreçte problemin çok karmaşık ve derin bir matematik bilgisi ve muhakeme becerisi gerektirdiği gözlenmiştir. Aynı etkinliğin pilot uygulamasının yapıldığı grupta öğrencilerin problemin beşinci sorusunu çözemeyip boş bırakmaları problemin zor ve karmaşık olduğunu göstermektedir.

Aşağıda problemin yaratıcılığın üç alt boyutu ayrı alt başlıklar halinde incelenecektir.

Birinci alt boyut akıcılık ve esneklik, akıcılık problemin çözüm aşamasında, kişinin ürettiği fikir sayısı ile ilişkili iken esneklik ise, farkı düşünceyi kabul edip fikrini değiştirebilme ve üretilen fikirlerin birbirinden farklılığı olarak tanımlanmaktadır. Bu problemde akıcılık boyutuyla 2 tane ilişkili fikir üretilmiştir, 2 tanede ilişkisiz fikir üretilmiştir.

Birinci İlişkisiz fikir olarak, problemin birinci sorusuna verilen cevapta “*kurabiye büyüklüğünü hamur miktarına bağlı olduğunu*” iddia edilmiştir.

İkinci ilişkisiz fikir ise, problemin ikinci sorusuna verilen cevapta “*yarıçapının iki kat artması ile kurabiye büyüklüğünün iki kat artacağı*” ifadesidir.

Aşağıdaki diyalogda bu ifadeler görülmektedir.

Ö1: Kurabiye büyüklüğü neye bağlı olarak değişmektedir sorusu var? Burada hamur miktarı arttıkça kurabiyede büyür.

Ö3: Hayır hamur miktarı sonuçtur. Bence çapına bağlı

Ö2: kalınlığa da bağlıdır

Ö3: ama sorunun başında aynı kalınlıkta denmiştir. O halde kalınlık bizim için değişken değildir.

Ö2: bence sadece yarı çapına bağlıdır çünkü; $Alan = \pi r^2$ $Alan = \pi r^2$ formülüyle bulunur. Kalınlık aynı olduğu için bir değişken değildir.

Ö3: hocam doğru bulduk mu?

Öğretmen, kızım bana değil arkadaşlarına sor istersen, peki 2. Soruda nasıl değiştiğini soruyor buna ne diyeceksiniz merak ediyorum.

Ö2: hocam yarıçapa bağlı olarak yarıçap arttıkça alanda artar, dolayısıyla kurabiye'nin büyüklüğünde artar.

Öğretmen ok tamam çok güzel bir tespit ama sence eksik değil mi?

Ö3: hocam nasıl sorusu var

Muhammed arkadaşlar yarı çap iki katına çıkarsa, alanda iki kat olur

Ö2: hayır $A = \pi r^2$ formülüyle alan bulunur ya bu durumda yarıçap iki kat olursa alan 4 katına çıkar

Ö1: evet doğru, hocam bulduk yarıçap attıkça alan 4 katına çıkar.

Öğretmen öyle mi? Peki bu her durumda mı böyle

Ö2: evet hocam,

Ö3: hocam yarıçap 3 katına çıktığında alan 9 katına çıkıyor o zaman bu her zaman için geçerli değil

Ö2: o halde $A = \pi r^2$ formülünden yarıçap 2 katına çıktığında alan 4 katına, yarıçap 3 katına çıktığında alan 9 katına çıkıyor yani karesi ile orantılı değişiyor.

Öğretmen, çok güzel bir tespit.

Yukardaki diyalogdan anlaşılıyor ki; yarıçapının iki katına çıkması ile alan da iki katına çıkar tespitinde öğrenciler ilişkisiz bir fikir oluşturmuşlardır. Aralarında yaptıkları tartışma ile alanın yarıçapının karesi ile orantılı olduğunu fark etmişlerdir. Ancak; bu kez de öğrenciler ilk fikirlerine bağlı hatalı bir matematiksel ilişki kurarak, her durumda alanın yarıçapının 4 katına çıkacağı fikri ile yanlış genelleme yaparak ilişkisiz bir fikir oluşturmuşlardır. İkinci fikirleri de birinci ilişkisiz fikir gibi tekrar ilişkisiz bir fikir olduğu görülmektedir. Bu defa da aralarındaki tartışmalar ile alanın her durumda 4 katına çıkmayacağı, yarıçapının 3 katına çıkması durumunda alanın 9 katına çıkacağını dolayısıyla yarıçapının karesi ile orantılı olarak alanın değişeceğini sonucuna ulaşmışlardır.

Üçüncü problemde, "Elimizdeki bu üç kutudan yalnızca bir kutunun kullanılmasına izin verilmektedir. Bu kutulardan hangisi seçilirse daha çok öğrenci doyar? Yanıtınızı destekleyen matematiksel işlemleri gösteriniz ($\pi = 3$ alınız)?" sorusunda, öğrencilerin daha çok öğrenci doyar ifadesinde kurabiye sayısı değil, kurabiye'nin alanı ile ilgili bir durumun olduğu dolayısıyla hangi kutuda daha fazla alana sahip kurabiye varsa onu tercih etmemiz gerekiyor. İfadesi öğrenciler tarafından da doğru bir şekilde bulunmuştur.

Etkinliğin dördüncü probleminde, “Bir kutu kurabiye için satış fiyatının büyük, orta ve küçük boy kurabiyeler için sırasıyla 16 TL, 8 TL ve 4 TL olarak belirlendiğini varsayınız. Buna göre hangi kurabiye için daha hesaplı olduğunu bulunuz. Yanıtınızı destekleyen matematiksel işlemleri gösteriniz?” sorusuna, grubun raporundaki cevabı aşağıda verilmiştir.

Şekil 3-2

4- Fiyatları kutudaki kurabiye sayısına bölerssek hangiinin daha hesaplı olduğunu buluruz.

İlk kutu $\rightarrow 16\text{ TL}$. 16 kurabiye olduğu için $16/2 = 8\text{ TL}$

İkinci kutu $\rightarrow 8\text{ TL}$. 5 kurabiye olduğundan $8/5 = 1,6\text{ TL}$

Üçüncü kutu $\rightarrow 4\text{ TL}$. 20 kurabiye olduğundan $4/20 = 0,2\text{ TL}$

En hesaplı olan $\rightarrow$ küçük kurabiye.

5- Büyüklüğü arttıkça fiyatları artacağı için kurabiyelerin alanlarının EKOK'u 48. Büyük kutuya 2 kurabiye koyduğumuzda diğer kutulara kurabiye sığmadığı için 1 kurabiye koyduk.

1 büyük k.'nin alanı $\rightarrow 48$ diğerlerini de buna eşitletmemiz için ortaya 4 tane, küçüğe de 16 kurabiye koyarız.

6a- Büyük kutuya en fazla 2 tane kurabiye koyduğumuz için diğer kutulara da 2 tane koymamıza gerekir.

6b- Alanları arttıkça kurabiye fiyatı artar.

Büyük kurabiyelerin alanı $\rightarrow 96$	
Orta " " $\rightarrow 24$	Fiyatlar bu orana göre belirlenmelidir.
Küçük " " $\rightarrow 6$	

Yukardaki 4. 5. ve 6. sorulara öğrencilerin verdikleri cevaptaki yoruma dayalı işlemin isabetli olduğunu göstermektedir.

İkinci alt boyut olan özgünlük yönü ile incelendiğinde,

Özgünlük, problem karşısında yeni ve sıra dışı önerilerin toplamı olarak kodlanmıştır. Bu problemde özgün sayılabilecek sıra dışı bir fikir gözlenmemiştir.

Üçüncü alt boyut olan ayrıntı durumu yönü ile incelendiğinde, bilgiler arasında ilişkilendirme becerisi olarak tarif edilen detaylandırma bu çalışmada problemin çözümünde bilgilerin, küçük birimler halinde parçalı hale getirilip bunlar arasında yeni bağlantı kurma veya bilinen bağlantıları farklı bir gösterimle ifade etme olarak ele alınmıştır. Bu etkinlikte 3 adet durum ayrıntı durumu olarak kodlanmıştır bunlardan biri hatalı bir ilişkilendirme olduğu görülmüştür. Aşağıdaki diyalogda hatalı ilişkilendirme ve ardından doğru ilişkilendirme örnekleri verilmiştir.

Ö1: kurabiye büyüklüğü neye bağlı olarak değişmektedir sorusu var? Burada hamur miktarı arttıkça kurabiyede büyür.

Ö3: hayır hamur miktarı sonuçtur. Bence çapına bağlı

Ö2: kalınlığa da bağlıdır.

Ö2: ama sorunun başında aynı kalınlıkta denmiştir. O halde kalınlık bizim için değişken değildir.

Ö3: bence sadece yarı çapına bağlıdır çünkü; $Alan = \pi r^2$ $Alan = \pi r^2$ formülüyle bulunur. Kalınlık aynı olduğu için bir değişken değildir.

Yukardaki diyalogdan anlaşılmaktadır ki, öğrenciler ilk aşamada neden sonuç ilişkisini karıştırıp yanlış bir ilişki kurmuşlardır. Hamur miktarı sonuçtur sebep ise kurabiye'nin yarıçapıdır. Aralarında yaptıkları tartışma ile hatalarını fark edip düzeltmişlerdir.

3. Etkinlik: Seyahat Problemi Bulguları

Bu etkinlikte bir haftalık tatile gidecek bir ailenin, kiralamayı düşündükleri araçların kira bedeli, yakıt türünün litre ücretleri ve tüketim miktarları kriterlerine göre en uygun seçimin yapılması için öğrencilerden bir matematiksel model bulmaları istenmiştir. Grup verilerinin analizinden elde edilen bulguların alt boyutlarına göre frekans tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 4. Beceri alt boyut sıklık tablosu

Beceri	Alt Boyut	Sıklık
Yaratıcılık	Akıcılık ve Esneklik	5
	Özgünlük	2
	Ayrıntı Durumu	2

Grubun bulgularının analizinden elde edilen frekanslar Tablo 4'te verilmiştir. Grup üyeleri, gidilecek yolun uzunluğunun belli olmamasından, ilk tepkileri bunun çözülmesinin mümkün olmadığı iddiasıdır. Soruyu tekrar okuyup verilerin eksik olduğunu iddia etmişlerdir. Yolun uzunluğunun verilmediğini dolayısıyla çözülemeyeceğini iddia etmişlerdir. Aşağıdaki diyalogdan yol uzunluğunun bulunması için grup üyelerinin yoğun tartışması olmuştur.

Ö2: Hocam yolun uzunluğunu nasıl hesaplayacağız?

Ö1: hocam yolu belirten noktaları saysak bu bize bir oran verir mi?

Ö2: hocam yoldaki çizgi sayısı ile ilişkili mi?

Ö1:hocam Isparta üzerindeki yolu tercih edilmeli oradaki yolda ki çizgiler daha sık

Öğretmen: gençler bu çizgilerin özel bir anlamı yok sadece farklı yollar olduğunu belirtmek için kullanılmış ayırt edici bir gösterim

Öğretmen: Bu durumda yolu hesaplamalısınız.

Ö1: hocam bu yolu nasıl ölçeceğiz. Sonunda kıvrımlı yol.

Ö2: hocam sosyal bilgiler dersinde de matematikte de ölçek konusunu işledik ama orda yolun kuş uçuşu uzaklığını hesaplıyorduk burada ise kara yolunu hesaplayacağız. Ama yol kıvrımlı o uzunluğu nasıl cetvel ile ölçeceğiz.

Öğretmen: aranızda bunun kararını alın, diğer arkadaşlar ne düşünüyor.

Ö2: her birimiz farklı yolları bulalım bu şekilde daha hızlı buluruz.

Öğretmen: km nasıl hesaplayacaksınız?

Ö3: km yol düzgün olmadığı için cetvel veya açı ölçe ile ölçemezdik bunun için ip ile hesaplamalıyız.

Yukardaki konuşmadan anlaşılmaktadır ki öğrencilerin yol uzunluğunu bulmak için, ideal çözümleri ilk aşamada sınırlı olmakla birlikte kendi aralarında yaptıkları tartışmalardan sonra yaratıcı çözümler üretmişlerdir. Yol uzunluğu için ilk bakışta yol çizgi türleri ile ilişki kurarak bir ilişki yakalamak istemeleri yanı sıra yaratıcının alt boyutu olan ilişkilendirmeye örnek verilebilir.

Yol uzunluğunu hesaplamak için ip kağıt ve cetveli yola göre bükerek uzunluğu hesaplama gayreti öğrencilerin akıcı fikirler ürettiklerini göstermektedir. Bu yola ulaşan öğrencilerin ilk aşamada yolun uzunluğunun bulunamayacağını dolayısıyla kuş uçuşu uzunluğu denemeleri gerektiğini iddia eden öğrencinin olması, tartışma sürecin de üretilen görüşlerin isabetli ve zenginliğini göstermektedir. Öğrencilerin ilk aşamada yolun uzunluğunun hesaplanamayacağından kuş uçuşu uzaklıktan gidilmesi gerektiği, kendi aralarında yaptıkları tartışmalardan kağıdın kıvrılarak, esneyebilen cetvelin kullanımı ve yol üzerinden ipin geçirilerek yolun uzunluğunun hesaplanıp sonradan bunun cetvel yardımıyla ölçülmesi ile yolun uzunluğunun bulunması fikirlerinin esneklik kazandığı göstermektedir.

Ö2: araç tercihimiz yolun uzunluğuna göre maliyette büyük fark yaratabilir. Örneğin benim babam küçük mesafeli yolculuklarda değil ama uzun yolculuklarda daha ekonomik olan amcamın arabasını alıyor onunla yolculuğa çıkıyoruz. Eğer yol uzun olursa araçlar yakıt

tüketim miktarları arasında fark varsa bu fark çok açılacak dolayısıyla yolun uzunluğu ile ilişkilidir.

Öğrenci yukardaki görüşüyle diğer grup üyelerinin aklına gelmeyi farklı bir yaklaşım geliştirmiştir. Buda fikrinin daha özgün olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde ayrıntı sayılabilecek bir durumu da ifade ettiği söylenebilir.

4. Etkinlik: Bisiklet Problemi Bulguları

Uygulamanın dördüncü etkinliği olarak uygulanan, bisiklet problemi etkinliği, enflasyon kavramının anlaşılması için tasarlanmış bir etkinliktir. Uygulanmadan önce tanıtıcı makale olarak bir gazete haberi öğrencilere verilmiş, gazete haberinden sonra öğrencilerin haber üzerine sesli düşünceleri ve grup arkadaşları ile tartışmaları istenmiştir. Gazete haberi üzerine grup tartışmalarından sonra, ülkede en fazla bilinen ünlü bir ekonomistin düşüncesini içeren bir video izlettirilmiştir. Sonrasında etkinlik kağıdı öğrencilere verilerek önce öğrenci grubuna uygulandıktan sonra veriler üzerinde yapılan analizden elde edilen bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5. Beceri alt boyut sıklık tablosu

Beceri	Alt Boyut	Sıklık
Yaratıcılık	Akıcılık ve Esneklik	5
	Özgünlük	2
	Ayrıntı Durumu	3

Grubun bulgularının analizinden elde edilen frekanslar Tablo 5'te verilmiştir. Yukarıdaki tabloda yaratıcılık becerisinin alt boyutları olan Akıcılık ve esneklik, özgünlük ve Ayrıntı durumu incelendiğinde, sıklık sütununda kaç adet fikir üretildiğini göstermektedir. Fikirden maksat problem çözüm sürecinde çözüm veya çözüm için yapılan önerilerin yanı sıra sonuç ifadeleri de fikir olarak kodlanmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı sırada ülke gündeminde de enflasyon bulunmaktaydı. Öğrencilerin diğer etkinliklerden daha dikkatli ve etkin bir şekilde bu etkinliğe katılım sağladıkları görülmüştür.

Ö1: hocam bence adam para toplamak için değil 7 yıl sonrayı ön görüp, meşhur olmak için her gün para toplamış. Yoksa insan niye bir klima kutusuna para atsın.

Ö1: hocam bence hiç mantıklı değil. Çünkü; 7 yıl boyunca o para sabit kalacak benim babam ev aldığımda çok yakınları bile 2 yılda olsa borç para vermemişlerdi. İki yıl sonra para çok kıymetsiz olacak diye kimse tl borç vermemişti. Kaldı ki bu adam para için değil şöhret için bile yapmış olsun yine de mantıksız çünkü burada 4 kişiyiz hiç birimiz onu tanımıyoruz.

Yukarıdaki gazete haberi ile ilgili yapılan yorumlar ile öğrencilerin enflasyon kavramını anlamaları için zihinsel olarak hazır hale getirilmesi amaçlanmıştır. Burada gazete haberindeki kişinin iki amaçla bu davranışı gösterdiği fikri ön planda tutulmuş iki durumda da kişinin yaptığı şeyin rasyonel olmadığını söylemişlerdir.

Öğrencilere asıl etkinlik verildiğinde etkinlikteki problem durumunun tanıtıcı makale ile çok yakın ilişkili olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin çok seri bir şekilde problemin çözümüne yöneldikleri gözlenmiştir. Problem durumu ile ilgili fikir üretmede akıcı ve çok yönlü oldukları gözlemlenmiştir.

Ö1: *Hocam internetten bisikletin şimdiki fiyatına bakıp borcunun güncel değerini hesaplayabilir.*

Öğretmen: *Yani mantıklı ama bizim çözmemiz gereken problemde verileri kullanarak ideal bir çözüm bulmamız isteniyor.*

Ö2: *hocam bence her bir ürün kaç kat artmış ise onu bulup ortalamasını almalıyız*

Ö3: *hocam artışların yüzdelerini bulup yüzdelerin ortalamasını alsak daha mantıklı değil mi?*

Ö3: *bence bisiklet spor malzemesi olduğundan bu verilen ürünlerden spor ile ilgili olanları seçip sadece bunların ortalamasını almalıyız.*

Ö1: *hayır adam yaşlıysa ona spor malzemesine göre değişim işine yaramayacak. Emekliler zaten ekonomik durumları iyi değil. Yusuf'un dedesi 5 yıl önce ona bisiklet almasaydı büyük ihtimale ekmek alacaktı. Dolayısıyla ekmek fiyatı veya yaşlı insanların alabileceği malzemelere göre fiyat belirlemeliyiz. Listede ekmek ve un fiyatlarının artış ortalamasını alıp bunun üzerinden 800 tl nini şimdiki değerini hesaplamalıyız.*

Öğretmen: *içinizde farklı düşünen var mı?*

Ö4: *bence bisiklet alınmışsa sadece spor aletlerine bakmalıyız. Çünkü 5 yıl önce spor malzemesi türüne yakın olan bisiklete verilmişse şimdide aynı türden malzemenin fiyat artışına bakmalıyız.*

Yukarda geçen diyaloglardan anlaşılmaktadır ki, öğrencilerin hepsi fiyat artışının olması gerektiğini ancak; hangi düzeyde artış yapılacağını ürünlerin türüne göre değiştiğinden aralarında uzlaşma sağlanamamıştır. Toplamda akıcılık boyutunda 4 farklı fikir üretilmiştir. Benzer şekilde 2 tane fikir ise esneklik boyutunda değerlendirilmiştir.

Etkinliğin özgünlük boyutunda 2 fikir ifade edildiği değerlendirilmiştir.

Öğretmen: 5 yıl önce 800 tl olan bisikletin şimdiki olabilecek fiyatını nasıl bulmalıyız sorusu var önerileriniz nedir?

Ö3: hocam bence her ürünün artış oranlarını bulup bulduğumuz bu oranları aritmetik ortalamasını almalıyız. Bu şekilde hata payımız varsa da azaltmış oluruz. Ortalama bir değer bulmuş oluruz

Ö2: hocam artış yüzdelerini bulmak daha mantıklı bence bu şekilde daha kulağa hoş gelen ve günlük hayatta kullandığımız kavramlar ile mektup yazacağız.

Üçüncü boyut olan ayrıntı durumu ile ilgili gözlemlenen davranışların frekansı iki adet olmuştur.

Ö1: Benim babam ev almıştı kimse babama tl borç vermemişti. Çünkü tl kısa zaman içinde değer kaybediyor. Hatta amcam bile dolar vermişti

Ö3: hocam benim babam da araba alırken halamlardan altın borç almıştı.

Ö2: acaba senin baban mı daha avantajlı yoksa Ö1 babası mı?

Yukardaki konuşmalardan görülmektedir ki; grup üyelerinin bir kısmı etkinlikte karşılaştıkları enflasyon kavramı ile ailelerinin aldıkları araba ve ev için borçlanmaları ile ilişki kurarak problemi daha iyi anladıkları gözlemlenmiştir. Yazdıkları mektupta getirdikleri öneriler arasında, bugün artık bilinen bir olimpiyat birincisi olarak, dedelerine olan borcu öderken, beş yıl içinde en yüksek artış oranına sahip ekmek fiyatı üzerinden yapmasının daha ahlaki olacağı vurgusudur. Yukarda dört etkinlik için ayrı alt başlıklar halinde bulgulara bakıldığında, yaratıcılık becerilerinin etkinliklere göre farklılık arz ettiği gözlenmektedir.

Tartışma ve Sonuç

MM yaklaşımına göre yapılandırılan etkinlikler ile gerçekleştirilen öğretim sürecinde, MM yaklaşımının öğrencilerin 21. yy becerilerinden yaratıcılık becerisin alt boyutlarından olan; akıcılık ve esneklik, özgünlük ve ayrıntı durumu becerilerinin gelişimine etkisinin araştırılmasının amaçlandığı bir çalışmadır. Bu amaç ile bu bölümde araştırma bulguları ışığında ulaşılan sonuçlar ve bu sonuçların alan yazın ile benzerlik ve farklılıkları tartışılmış ve ileride yapılacak araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur. Alan yazın incelendiğinde, matematiksel modelleme etkinliklerinin yapısından kaynaklı öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini matematikselleştirirken akıcılık, esneklik ve özgünlük gibi yaratıcı düşünme bileşenlerini yoğun bir şekilde kullanmalarını gerektiren zengin bir öğrenme ortamı

sunduğu vurgulanmaktadır (Lu & Kaiser, 2022). Wessels (2014), modelleme yaklaşımının rutin olmayan doğasının, karmaşık ve açık uçlu olmasının öğrencilerde yaratıcı düşünmeyi teşvik etmek için ideal fırsatlar sunduğunu belirtmektedir.

Çalışmada, sekizinci sınıf öğrencileriyle yürütülen dört matematiksel modelleme etkinliğinden elde edilen veriler, MasCil projesi kapsamında geliştirilen yaratıcılık becerisi çerçevesi kullanılarak betimsel analize tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda, birinci ve dördüncü modelleme etkinliklerinde yaratıcılığın alt boyutlarının (akıcılık ve esneklik), ikinci ve üçüncü etkinliklere kıyasla daha etkili bir şekilde ortaya çıktığı görülmüştür. Yaratıcılık becerilerine ilişkin gözlem sayılarının etkinliklere göre farklılık göstermesi, alan yazınla paralellik taşımaktadır. Örneğin Şengil Akar (2017), problem durumunda verilerin doğrudan sunulmadığı ve açık uçlu olan etkinliklerin, öğrencilerin yaratıcılık potansiyelini daha fazla ortaya çıkardığını belirtmiştir. Benzer şekilde Amit ve Gilat (2013), 'Büyük Ayak' problemi üzerinden yaptıkları çalışmada; rutin olmayan, karmaşık ve belirsiz durumların öğrencileri esnek düşünmeye ve farklı modeller geliştirmeye teşvik ettiğini vurgulamıştır. Çalışma grubunun birinci ve dördüncü etkinliklerde daha akıcı ve esnek düşünmesi, bu problemlerin yapısal özelliklerinin öğrencileri yaratıcı sürece dahil ettiğini göstermektedir.

Buna karşın, ikinci etkinlik olan 'Kurabiye' etkinliğinde özgün sayılabilecek bir fikir üretilmediği görülmüştür. Bu durum, problemin yapısının öğrencilerin merakını yeterince uyarmaması ve çözüm yolunun öngörülebilir olmasıyla ilişkilendirilebilir. Sak ve Maker (2006), yaratıcılığın gözlemlenebilmesi için problemlerin rutin olmayan, çok çözümlü ve sonucun hemen öngörülemediği nitelikte olması gerektiğini ifade etmektedir. Kurabiye etkinliğinin kurgusunun öğrenciler tarafından kolay anlaşılması ve fazla zihinsel çaba gerektirmemesi, özgünlük alt boyutunun eksik kalmasına neden olmuş olabilir.

İkinci etkinlik olan kurabiye etkinliğinde, yaratıcılık alt boyutundan olan özgünlük ile ilgili bir koda ulaşılmamış olması, problemin doğasından kaynaklanan yapısal sınırlılıklarla açıklanabilir. Alan yazında belirtildiği gibi, yaratıcılık becerisinin gözlemlenebilmesi için problemlerin rutin olmayan, karmaşık, açık uçlu, çok çözümlü ve çözüm yolunun doğrudan öngörülemediği niteliklere sahip olması gerekmektedir (Sak & Maker, 2005). Kurabiye etkinliğinde öğrencilerin problemi anlamak için fazla çaba sarf etmedikleri, problemin kurgusunun onlar için tanıdık ve çözüm yolunun öngörülebilir olduğu gözlenmiştir. Bu problemde yaratıcılığın özgünlük alt boyutu itibarıyla eksik kaldığı

görülmüştür. Bu da problemin öğrencilerin merakını yeterli düzeyde uyarmak için uygun olmadığını yapısı itibarıyla çözümün ön görülebilir ve tek çözümlü olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kurabiye etkinliğinde, problemin anlaşılmasından sonra çözüm önerileri için çoklu bir çözüm yolu içermemesi özgünlük koduna ulaşılmamasının nedeni olarak düşünülmektedir. Amit ve Gilat (2011), özgün fikirlerin ortaya çıkması için öğrencilerin zorlu ve belirsiz matematiksel durumlarla karşılaşmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Kurabiye problemi işlem düzeyinde zorlu olsa da, belirsizlik durumunun eksikliği ve çözümün tek bir yola yönlendirmesi, öğrencilerin özgün fikirler üretme ihtiyacını ortadan kaldırmış olabilir.

Çalışmanın dikkat çekici bir diğer bulgusu; akıcılık, esneklik ve ayrıntı boyutu frekansları birbirine paralel seyrederken, özgünlük frekansının bu boyutlardan ayrılarak düşük kalmasıdır. Bu durum, literatürdeki bazı çalışmalarla zıtlık, bazılarıyla ise paralellik göstermektedir. Örneğin Akgül ve Kahveci (2016), üstün yetenekli öğrencilerle yaptıkları çalışmada akıcılık, esneklik ve özgünlük arasında yüksek düzeyde ilişki olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Wessels (2014), yaratıcılık alt boyutlarının birbirine paralel gelişim gösterdiğini rapor etmiştir. Ancak bizim çalışmamızda özgünlüğün diğer boyutlardan kopması, problemin yapısının öğrencileri 'doğru cevaba' odaklanmaya itmesiyle açıklanabilir. Nitekim Lu ve Kaiser (2022), modelleme yeterlikleri ile yaratıcılık arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, modelin uygunluğu arttıkça özgünlük puanlarının düşebileceğini, yani öğrencilerin doğru sonuca odaklandıklarında özgünlükten ödün verebildiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca Levav-Waynberg ve Leikin (2012), esneklik puanlarındaki artışa rağmen grup düzeyinde özgünlük puanlarında düşüş yaşanabileceğine dikkat çekmiştir. Şengil Akar (2017) da benzer şekilde, verilerin doğrudan sunulduğu ve daha yapılandırılmış problemlerin (Kurabiye etkinliğinde olduğu gibi), öğrencilerin özgünlük becerilerini sınırladığını, buna karşın verilerin örtük olduğu problemlerin yaratıcılığı daha fazla desteklediğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, Kurabiye etkinliğinin yapılandırılmış doğası, öğrencilerin akıcı ve esnek düşünmelerine izin verse de özgün fikirler geliştirmelerini kısıtlamış görünmektedir.

Yaratıcılık alt boyutlarından akıcılık, esneklik ve ayrıntı durumu frekansları birbirine paralel seyrederken, özgünlük frekansının bu boyutlardan ayrılarak düşük kalması, araştırmanın önemli bulgularından biridir. Bu durum, Wessels (2014) gibi yaratıcılık alt

boyutlarının birbirine paralel gelişim gösterdiğini rapor eden çalışmalarla farklılık göstermektedir. Benzer şekilde Şengil Akar (2017), üstün yetenekli öğrencilerle yaptığı çalışmada akıcılık, esneklik ve özgünlük arasında pozitif ilişkiler tespit etmiş olsa da; özgünlüğün akıcılık ve esnekliğe kıyasla daha zor ortaya çıkan ve 'yetenek' (gift) özelliği taşıyan bir boyut olabileceğini vurgulamıştır. Dolayısıyla, çalışma grubumuzda özgünlüğün diğer boyutlara eşlik edememesi, bu boyutun doğası gereği daha üst düzey bir bilişsel süreç gerektirmesinden kaynaklanabilir.

Öte yandan bulgularımız, Lu ve Kaiser'in (2022) sonuçlarıyla güçlü bir paralellik göstermektedir. Lu ve Kaiser (2022), modelleme yetkinlikleri ile yaratıcılık arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, modelin uygunluğu ile özgünlük arasında anlamlı bir negatif korelasyon tespit etmiştir. Yani öğrenciler matematiksel olarak doğru ve işe yarar bir sonuca odaklandıklarında, özgünlükten ödün verebilmektedirler. Çalışmamızda da öğrencilerin 'Kurabiye' probleminde standart matematiksel prosedürleri kullanarak doğru sonuca ulaşmaları, ancak bu süreçte standart dışı yollara sapmamaları, Lu ve Kaiser'in (2022) 'matematiksel bilgi düzeyi ve çözümün yapılabirliğinin özgünlüğü baskılayabileceği' bulgusunu desteklemektedir

Öneriler

Çalışmanın bulguları doğrultusunda, ileride yapılacak araştırmalarda farklı sınıf düzeylerinde uygulamalar gerçekleştirilerek yaratıcılık becerisinin gelişiminin sınıf seviyelerine göre nasıl değiştiği incelenebilir. Nitekim English ve Watters (2004), modelleme becerilerinin gelişimini izlemek için erken yaşlardan başlayan boylamsal çalışmaların önemine dikkat çekmektedir. Bu öneri, yaratıcılık becerisinin gelişiminde kritik dönemler olabileceğine ilişkin görüşlerle de (Piaget, 1952; Torrance, 1965) örtüşmektedir.

Ayrıca, matematiksel modelleme problem türlerine göre yaratıcılık becerisinin gözlemlenmesindeki farklılıklar araştırılmalıdır; zira çalışmamızda bazı etkinliklerde yaratıcılığın belirli alt boyutlarında (özellikle özgünlük) davranış gözlenmemesi, bunun problem türünden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Bu bağlamda, Şengil Akar'ın (2017) da vurguladığı gibi, kullanılacak problemlerin; problem durumu, çözüm yöntemi ve çözüm hakkında bilgi sahibi oluş düzeyine göre sınıflandırılması önerilmektedir. Araştırmalarda DISCOVER Problem Matrisi gibi araçlardan yararlanılarak problemlerin

'belirsizlik' ve 'açık uçluluk' düzeylerinin belirlenmesi, yaratıcılığın hangi tür problemlerde daha çok ortaya çıktığının tespit edilmesini sağlayacaktır.

Son olarak, matematiksel modelleme (MM) yaklaşımının yaratıcılık üzerindeki etkisini neden-sonuç ilişkisi içinde inceleyebilmek için deneysel desenlerin (ön test-son test kontrol gruplu) kullanılması ve sürecin dereceli puanlama anahtarları (rubrikler) ile değerlendirilmesi, alandaki metodolojik çeşitliliğe katkı sağlayacaktır (Tekin Dede, 2015).

Etik Kurul Belgesi

Etik Kurul Komisyon Adı: Adıyaman Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurul Başkanlığı

Etik Kurul Belge Tarihi: 28/03/2024

Etik Kurul Belgesi Sayı ve Numara: 98280945

Yazar Katkı Beyanı

Mehmet Ali KILIÇ: Kavramsallaştırma, literatür taraması, veri toplama, uygulama, veri analizi ve yazma

Ramazan GÜRBÜZ: Kavramsallaştırma, metodoloji, organizasyon ve yazma

Kaynaklar

- Akar, Ş. Ş. (2017). *Üstün yetenekli öğrencilerin matematiksel yaratıcılıklarının matematiksel modelleme etkinlikleri sürecinde incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Altun, M. (2020). *Matematik okuryazarlığı el kitabı*. Aktüel.
- Amit, M., & Gilat, T. (2012, Temmuz). *Reflecting upon ambiguous situations as a way of developing students' mathematical creativity*. 36. Uluslararası Matematik Eğitimi Psikolojisi Grubu Konferansı (Cilt 2, s. 19-26). Taipei, Tayvan: PME.
- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). *21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries* (OECD Education Working Papers, No. 41). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/218525261154>
- Berry, J., & Houston, K. (1995). *Mathematical modelling*. Butterworth-Heinemann.
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 22(3), 123–139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2013). *Bilimsel araştırma teknikleri*. Pegem Akademi Yayınları.
- Casner-Lotto, J., & Benner, M. (2006). *Are they really ready for work? Employers' perspectives on the basic knowledge and applied skills of new entrants into the 21st century workforce*. The Conference Board. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED519465.pdf>
- Cheung, R. H. P., & Mok, M. M. C. (2018). Early childhood teachers' perception of creative personality as a predictor of their support of pedagogy important for fostering creativity: A Chinese perspective. *Creativity Research Journal*, 30(3), 276–286.

- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4. baskı). Sage.
- Creswell, J. W., Hanson, W. E., Clark Plano, V. L., & Morales, A. (2007). Qualitative research designs: Selection and implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236–264.
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. In J. Bellanca & R. Brandt (Eds.), *21st century skills: Rethinking how students learn* (s. 51–76). Solution Tree Press.
- DiCerbo, K. E., & Behrens, J. T. (2014). *Impacts of the digital ocean on education*. Pearson. <http://research.pearson.com/digitalocean>
- Doruk, B. K., & Umay, A. (2011). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 124–135.
- English, L. D., & Watters, J. J. (2004). Mathematical modelling with young children. M. J. Høines & A. B. Fuglestad (Ed.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* içinde (C.2,335-342). Bergen University
- Ferri, R. B. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 38(2), 86–95.
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493.
- Güder, Y., & Gürbüz, R. (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: Öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(Özel Sayı), 170–198.
- Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., Şahin, S., Temurtaş, A., Doğan, C., Doğan, M. F., Çalık, M., & Çelik, D. (2018). Bir disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinden yansımalar. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(Özel Sayı), 1–22.
- Gürbüz, R., & Doğan, M. F. (2018). Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı. In R. Gürbüz & M. F. Doğan (Eds.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı* (s. 1–5). Pegem Akademi.
- Harari, Y. N. (2018). *21. yüzyıl için 21 ders* (S. Siral, Çev.). Kolektif Kitap.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302–310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kapur, J. N. (1988). *Mathematical modelling*. New Age International.
- Karakaş, M. M. (2015). *Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin fen bilimlerine yönelik 21. yüzyıl beceri düzeylerinin ölçülmesi* [Yüksek lisans tezi]. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi* (Tez No. 221516) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kılıç, Z. (2020). *Farklı disiplinler ile ilişkilendirme bağlamında matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi ve uygulanması: Ortaokul öğrencileri örnekleme* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi.
- Lai, E. R., & Viering, M. (2012). *Assessing 21st century skills: Integrating research findings*. National Council on Measurement in Education.
- Leikin, R. (2013). Openness and constraints associated with creativity-directed activities in mathematics for all students. In N. Amado, S. Carreira, & K. Jones (Eds.), *Broadening the scope of research on mathematical problem solving* (s. 387–397). Springer.

- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism* (s. 3–33). Routledge.
- Lesh, R., & Sriraman, B. (2005). Mathematics education as a design science. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 37(6), 490–505.
- Lingefjård, T. (2000). *Mathematical modelling by prospective teachers* [Doktora tezi, University of Georgia].
- Lu, X., & Kaiser, G. (2022). Can mathematical modelling work as a creativity-demanding activity? An empirical study in China. *ZDM – Mathematics Education*, 54(1), 67–81.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>
- National Research Council. (2011). *Assessing 21st century skills: Summary of a workshop*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13215>
- National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.
- NCTM. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. NCTM.
- Nieveen, N., & Plomp, T. (2018). Curricular and implementation challenges in introducing twenty-first century skills in education. In C. A. Care, P. Griffin, & M. Wilson (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (s. 259–276). Springer.
- Özgüven, İ. E. (1999). *Psikolojik testler*. PDREM Yayınları.
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *Framework for 21st century learning*. <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3. baskı). Sage.
- Sak, U., & Maker, C. J. (2005). Divergence and convergence of mental forces in open and closed mathematical problems. *International Education Journal*, 6(2), 252–260.
- Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2017). *Müfredatta yenileme ve değişiklik çalışmalarımız üzerine*. http://ttkb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_07/18160003_basin_aciklamasi-program.pdf
- Uçak, S. (2022). *21. yüzyıl becerileri ve eğitim felsefesi* [Doktora tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Wang, L., Liu, Y., Li, Z., Hu, J., & Han, B. (2023). Non-probabilistic reliability-based topology optimization (NRBTO) scheme for continuum structures based on the strength constraint parameterized level set method and interval mathematics. *Thin-Walled Structures*, 188, 110856. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.110856>
- Wyse, D., & Dowson, P. (2009). *The really useful creativity book*. Routledge.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, N., & Korkmaz, Ö. (2025). Özel yetenekli öğrencilerle matematiksel modelleme: Deneyisel bir yaklaşım. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(46), 695–729.