



Matematik Ve Fen Öğretmen Eğitiminde Kullanıma Yönelik Matematiksel Modelleme Etkinlikleri Geliştirme Çalışması

Developing Mathematical Modeling Activities For Use In Mathematics And Science Teacher Education

Adem KENAN¹ Recep POLAT²

¹ Arş. Gör., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi A.B.D., Erzincan, Türkiye
² Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Erzincan, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmanın amacı matematik ve fen öğretmen eğitiminde kullanılabilir, asgari lisans düzeyinde matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, Lesh ve arkadaşlarının (2000) belirlediği matematiksel modelleme prensipleri doğrultusunda 6 video tabanlı matematiksel modelleme etkinliği geliştirilmiştir. Çalışmaya alanında uzman 4 akademisyen ve Doğu Anadolu bölgesindeki bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesi matematik ve fen bilimleri eğitimi bölümünde öğrenim gören 12 fen bilgisi öğretmenliği öğrencisi katılmıştır. Araştırma yöntemi olarak nitel araştırma yöntemlerinden tasarım tabanlı araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Geliştirilen etkinlikler, doküman analizine ve betimsel analize tabi tutulmuştur. Etkinlikleri matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk açısından değerlendirebilmek için Erbaş vd. (2013)' nin geliştirdikleri modelleme problemi değerlendirme formu kullanılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda, oluşturulan 6 etkinliğin tamamının modelleme prensiplerinin 5'ine tamamen, 1 tanesine ise kısmen uyduğu tespit edilmiştir. Etkili Örnek Modeli Prensibi (Prototip), modellerin akılda kalıcı olup olmadığı araştırılmadığından, çalışmada kısmen değerlendirilmiştir. Farklı disiplinlerde matematiksel modelleme çalışmalarına hız kazandırmak için özgün ve çeşitli matematiksel modelleme etkinlikleri tasarımı çalışmaları yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, matematiksel modelleme etkinlikleri, fen eğitimi, model oluşturma prensipleri

ABSTRACT

The aim of this study is to develop mathematical modeling activities at minimum undergraduate level that can be used in mathematics and science teacher education. For this purpose, 6 video-based mathematical modeling activities were developed in line with the mathematical modeling principles determined by Lesh et al. (2000). Four academicians who are experts in their fields and 12 science teaching students studying in the mathematics and science education department of the education faculty of a state university in the Eastern Anatolia region participated in the study. As a research method, design-based research approach, one of the qualitative research methods, was used. The developed activities were subjected to document analysis and descriptive analysis. In order to evaluate the activities in terms of compliance with mathematical modeling principles, Erbaş et al. (2013)'s modeling problem evaluation form was used. As a result of the findings, it was determined that all of the 6 activities created fully comply with 5 of the modeling principles and partially comply with 1 of them. As a result of the findings, it was determined that all of the 6 activities fully comply with 5 of the modeling principles and partially comply with 1 of them. Principle of Effective Example Model (Prototype) was partially evaluated in the study since it is was not investigated whether the models were memorable or not. In order to accelerate mathematical modeling studies in different disciplines, it is recommended to conduct original and various mathematical modeling activities design studies.

Keywords: Mathematical modelling, mathematical modeling activities, science education, principles for developing thought-revealing activities.

1. GİRİŞ

Türk Dil Kurumu etkinlik kavramını 'Çocukların, kendi amaç ve gereksinimlerine uygun geldiği için isteyerek katıldıkları herhangi bir öğrenme durumu' olarak tanımlamaktadır. Etkinlik bazen tek bir problem çözümü, belli bir formun doldurulması bazen de tüm bir derse yönelik ilgi çekme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme gibi birçok aşamayı barındıran yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Gürbüz ve Doğan, 2019).

Literatürde, matematiksel modelleme çalışmalarında ve uygulamalarında kullanılan etkinlikler için 'matematiksel modelleme etkinlikleri', 'matematiksel etkinlik', 'modelleme etkinliği', 'modelleme problemleri', 'modelleme görevi', 'modelleme aktivitesi' ve 'model oluşturma etkinlikleri' ifadeleri kullanıldığı görülmektedir (Bukova Güzel 2019). Aktarılan ifadelerin tamamının birbirinin yerine geçtiği ve aynı anlamı taşıdığı söylenebilir. Matematiksel modelleme etkinlikleri (MME) gerçek yaşam durumlarını deneyimleme fırsatı sunan, matematiksel kavram ve işlemler hakkında düşünceleri geliştiren, anlamlı öğrenmeyi destekleyen, günlük hayat ile ilişkili yapılar olarak tanımlanmaktadır. (Doyle, 1992; Ural, 2018; Bukova Güzel, 2019). Matematiksel modelleme sürecinin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için uygulama öncesinde MME ile öğrenme ortamının doğru bir tasarıma ve iyi bir planlamaya sahip olması sağlanmalıdır (Erbaş vd., 2013).

Uluslararası literatürde özellikle son 20 yılda matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmaların sayısı arttığı gözlemlenmektedir. Ulusal çalışmalarda da paralel olarak artış görülmesine rağmen yeterli düzeyde kapsam ve çeşitliliğe erişilemediği görülmektedir (Aztekin ve Şener, 2015; Yıldız ve Yenilmez, 2019). Doğal olarak MME çalışmalarının da yeterli düzeyde kapsam ve çeşitliliğe erişemediği söylenebilir (Tekin Dede ve Bukova Güzel, 2013). Disiplinler arası çalışmaya oldukça uygun olan fen alanında matematiksel modelleme çalışmalarının ise oldukça sınırlı olduğu görülmektedir (Aztekin ve Şener, 2015; Başkan Takaoğlu ve Alev, 2015; Gürbüz ve Doğan, 2019; Yıldız ve Yenilmez, 2019).

1.1. Araştırmanın Amacı

Fen Eğitiminde matematiksel modelleme çalışmaları açısından alan yazında büyük bir boşluk olduğu söylenebilir. Bu boşluğu kapatmak adına fen konularında çalışılmak üzere MME ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaca cevap verebilmek adına yapılan bu çalışmada fen konularına yönelik MME geliştirilmek istenmiştir. Bu doğrultuda, çalışmanın amacı; matematik ve fen öğretmen eğitiminde kullanılabilir, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirmek olarak belirlenmiştir.

1.2. Araştırmanın Önemi

Araştırmanın amacı doğrultusunda matematiksel modelleme çalışmalarında ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğinin giderilmesi hedeflenmektedir. Özellikle fen eğitiminde matematiksel modelleme çalışmalarının sayılı olması nedeniyle bu çalışmada izlenen süreç ve ürünler sonraki çalışmalara örnek teşkil etmesi öngörülmektedir. Ayrıca 8 hafta gibi uzun bir sürede geliştirilen bu etkinlikler, Türkçe alan yazında, video temelli MME oluşturulması açısından ilk olması nedeniyle özgün bir çalışma olduğu da söylenebilir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Alan yazında etkili MME geliştirmek için birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların en önemlilerinden birisi Lesh' in öncülüğünde bir grup araştırmacının, öğretmenlerin ve akademisyenlerin bu konudaki çalışmalarını analiz ettiği çalışmadır. Lesh ve arkadaşları (2000) literatürü gözetererek yaptığı çalışmalarında etkili MME geliştirmek için MME'nde olması gereken özellikleri öne çıkaran Model Oluşturma Prensiplerini (MOP) belirlemişlerdir. 6 ilmeden oluşan bu prensipler şu şekildedir;

- 1) Model Oluşturma Prensipleri: Bu prensibe göre MME bireylere ortaya bir model oluşturma ihtiyacı hissettirmesi gerekmektedir. Etkinlik doğrudan problemi çözümü yerine, problem durumunun ifade edilerek tanımlanabilmesi, değişkenler arasındaki ilişkiler kurulabilmesini, varsayımlarda bulunulabilmesini, tahminler yürütülmesini ve problem durumu ile ilgili yorumlarda bulunup gerçek bir model elde etmeye imkân tanıyan bir nitelikte olmalıdır.
- 2) Gerçeklik Prensipleri: Bu prensipte MME gerçek bir dünya problemine referans etmesi ve öğrencinin sahip olduğu bilgi ve deneyimleriyle anlamlı bir gerçek yaşam problemini çözebilmesine olanak sağlamalıdır. Öğrencilerin günlük yaşam deneyimlerine uygun bir problem sunularak hayatlarında karşılaşılabilecekleri hissiyatı oluşturmaları beklenmektedir. MME' nin bir ihtiyaca cevap vermesi düşüncesini ortaya çıkarmalıdır.
- 3) Öz değerlendirme Prensipleri: Bu prensipte MME öğrencilerin elde ettikleri modeli test edebilmelerine, yorumlayabilmelerine ve yeniden gözden geçirebilmelerine imkan tanınmalıdır. Elde edilen modelin çalışıp çalışmadığına, eksiklerinin neler olduğuna ve süreçte ileri geri hareketlerde bulunarak düzenlemeler yapabilmelerine bir başkasının onayı gerekmeksizin kendi kendine karar verebilmelerini sağlamalıdır. Etkinlik doğrultusunda öğrencilerin bilgisayar, hesap makinaları, internet hizmetleri ve benzeri birçok kaynak sunulması gerekmektedir. Böylelikle öğrencilerin kendilerini özgür bir araştırma ortamında olmaları sağlanmalıdır.
- 4) Yapı Belgelendirme (Model Açığa Çıkarma) Prensipleri: Bu prensipte MME süreç boyunca öğrencilerin problem durumuyla ilgili kendi düşünceleri ve çözüm yollarını açıkça ortaya koyacak yazılı bir belge oluşturmalarını gerektirmelidir.
- 5) Model Genelleme Prensipleri: Bu prensipte, MME öğrencilerin elde ettikleri modelin tekrar tekrar kullanılabilir, farklı durumlar için dönüştürülebilir ve başkalarıyla paylaşılabilir olmasına imkân tanınmalıdır. Kurgulanan yapının sadece bir durum veya hedef için değil başka durum ve hedefler için evrilebilir yani genellenebilir ve genişletilebilir olmasının yolu açılmalıdır.
- 6) Etkili Örnek Model (Prototip) Prensipleri: Bu prensipte MME başka benzer diğer durumları çözümlemede kullanılabilen, açılımlı ve karmaşıklıktan uzak etkili bir ilk örnek olmasına imkân tanınmalıdır. Bu prensibin gerçekleşip gerçekleştiğini anlamak için farklı zamanlarda öğrencilerin çözümü hatırlama durumu gözden geçirilmelidir.

Lesh ve Doer (2003)'e göre modelleme etkinlikleri uygulama öncesi, süreci ve sonrası dikkate alınarak planlanıp uygulanması gerekmektedir. Bir MME'nin planlanmasında gereken unsurları şu şekilde özetlenmiştir;

- 1) Etkinlikle hedeflenen konu, konu ile ilgili kavramlar ve fikirler önceden tespit edilmelidir.

- 2) Problem durumunun gerçekliğini ve anlamlılığını artırmak amacıyla bir ısındırma etkinliği yapılmalıdır.
- 3) Uygulama sonrasında MMS’de ortaya çıkarılan model ya da modellerin kullanabileceği devam etkinlikleri (model-keşfetme) uygulanmalıdır.

Maaß (2006) ise MME için gereken unsurları şu şekilde sıralamıştır.

- 1) Açık uçlu sorular kullanılmalıdır.
- 2) Gerçek yaşamdan alınmış ve gerçek verilerle oluşturulmalıdır.
- 3) Bireysel çalışmaların yanı sıra grup çalışmalarını da içermelidir.
- 4) İlgi çekici nitelikte olmalıdır.
- 5) Öğrencilerin seviyelerine dikkate alarak hazırlanmalıdır.

Genel olarak bakıldığında MME öncesi ve sonrası düşünülerek iyi planlanmış, problem durumu ve problem durumuna ilişkin kavramlarla ilgili model elde etmeyi sağlayacak bir düzen ve sıralama içerisinde uygulanmalıdır (Erbaş vd., 2013). MME tasarlanırken çalışılacak bireylerin düzeylerini göz önünde bulundurularak dizayn edilirken amaç ve hedef gözetilmelidir. MME’nin sunulacak problem durumunun gerçek hayat ile ilişkili, birden çok değişkeni barındıran, matematikselleştirilmesi mümkün ve yorumlamaya açık olması beklenmektedir.

Deniz ve Akgün (2016), 13 matematik öğretmeni ile MOP’ a uygun etkinlikler tasarlama çalışması yapmışlardır. Özel durum çalışması ile yürütülen araştırmada öğretmenlerin oluşturdukları 49 etkinlik betimsel analize tabi tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda tasarlanan MME tamamının gerçeklik ve model genelleme prensiplerine uygun oldukları ancak öz değerlendirme prensibine ise kısmen uygun oldukları sonucuna varılmıştır. MME etkili prototip prensibine uygunluk açısından değerlendirmeye alınmamıştır. Araştırmacılar, MOP’ a tamamen uygun etkinliklerin tasarlanmasının oldukça zor olduğunu ifade etmişlerdir.

Bilgili, Öndeş ve Çiltaş (2020) yaptıkları çalışmada, 17 matematik öğretmenine matematiksel modelleme prensipleri doğrultusunda MME oluşturmalarını istemişlerdir. Araştırmacılar nitel araştırma yöntemlerinden özel durum çalışması yöntemini kullandıkları bu çalışmada, öğretmenlerin tasarladıkları MME’nin ‘yapı belgelendirme’ ve ‘model genelleme’ prensiplerine uygunluk açısından eksikliklerinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Koç (2020), yurtiçinde son 20 yılda eğitim alanında matematiksel modelleme konusunda yapılmış olan yüksek lisans tezleri, doktora tezleri ve araştırma makalelerinin meta analiz çalışmasında, araştırmalarda kullanılan 281 farklı MME’ni matematiksel model oluşturma prensiplerine uygunluk açısından incelemiştir. Çalışmasında 74 etkinliğin model oluşturma prensiplerine uyduğunu tespit ederken, bu etkinliklerden 54 tanesinin model oluşturma prensiplerinin altısını da tamamen karşıladığını, 19 tanesinin ise kısmen bu prensipleri karşıladığını ortaya çıkarmıştır. İncelenen 83 çalışmanın ise MOP’nin beş tanesini karşıladığı belirlenmiştir. Bu 83 çalışmadan 50 tanesinin aynı prensipte yani ‘Öz Değerlendirme’ prensibini içermediğine yönelik sonuçlar ortaya çıkarılmıştır.

Yapılan çalışmalarda kullanılan MME incelendiğinde 7 ayrı çalışma ile en çok kullanılan MME’nin büyük ayak problemi olduğu görülmektedir. Lesh ve Doerr (2003)’in çalışmalarında kullandığı bu problem yurtiçi çalışmalarında Doruk (2010), Tekin Dede ve Bukova (2011), Deniz ve Akgün (2016) ve Çakmak (2019) tarafından Türkçeye uyarlanarak kullanılmıştır. Bu etkinlik beş model oluşturma prensibini karşılayan, öz değerlendirme prensibini karşılamadığı düşünülen bir etkinliktir (Koç, 2020). Çakmak (2019)’ın uyarladığı ve doktora çalışmasında kullandığı etkinlik metni ve ilgili Görsel 1.’de gösterilen temsili şu şekildedir;

Bu sabah mahallede bulunan aileler, çocuklarının oynadığı parktaki eski tuğlaları bir yardımseverin tamir ettiğini fark ettiler. Aileler bunu yapan kişiye teşekkür etmek istiyorlardı. Fakat hiç kimse bunu yapan kişiyi görmedi. Uzmanlar tarafından yapılan araştırmada, tek ipucu olarak bahçede büyük bir ayak izine rastladılar. Ayak izinin 38 cm uzunluğunda ve 12 cm genişliğinde olduğu belirlendi. Sizce bu ayak izlerinden hareketle yardımseverin özellikleri ne olabilir?

Büyük Ayak Problemi



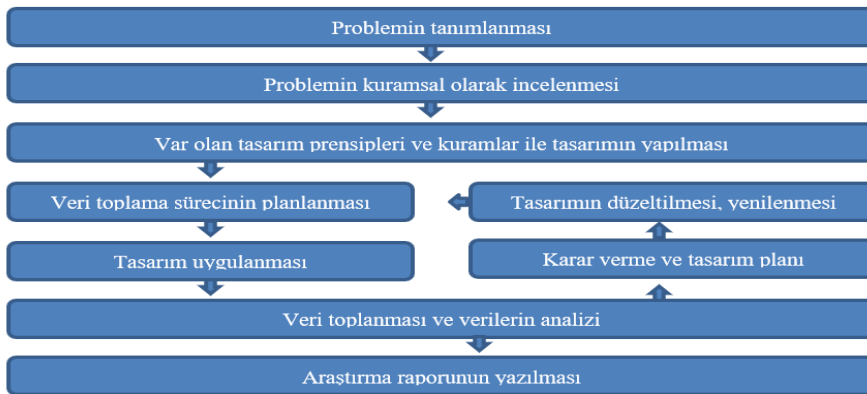
Görsel 1. Büyük Ayak Problemi. (Akt. Çakmak, 2019)

3.YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında araştırma deseni, araştırma grubu, veri toplama araçları, veri toplama süreci, verilerin analizi ve geçerlik güvenilirlik çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir.

3.1. Araştırma Deseni

Bu çalışmada fen eğitiminde kullanmaya yönelik modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi ve uygulamaya geçirilmesi süreci için alan yazında nitel araştırma yöntemlerinden tasarım tabanlı araştırma (Design Based Research) adı verilen yaklaşım kullanılmıştır. Kuzu, Çankaya ve Mısırlı (2011) tasarım tabanlı araştırmalarda, bir tasarımı geliştirmek amacıyla araştırma sürecindeki işleyiş doğrultusunda tasarımda değişiklikler ve düzeltmeler yapıldığını belirtmektedirler. Tasarımda çalışmayan unsurların niçin çalışmadığının analiz edilmesi, tasarımın çalışmayan unsurlarına yönelik düzeltmeler yapılarak yeniden uygulamaya konması açısından önem arz etmektedir (Kuzu vd.,2011). Yapılan düzeltmeler sonunda aynı tasarımın unsurlarının uygulamada çalışıp çalışmadığı yeniden test edilir. Aynı tasarım unsurundaki düzeltmeler tasarımın kararlı bir şekilde çalıştığı tespit edilene kadar tekrar tekrar yapılır. Ayrıca, çalışma raporunda tasarımın detaylı bir biyografisinin sunulması, verilen kararların inanırlılığı bakımından faydalı olacaktır. Bir tasarım araştırmasının aşamaları Kuzu ve arkadaşlarından aktarıldığı üzere Şekil 1.'de görülmektedir.



Şekil 1. Tasarım Tabanlı Araştırmanın Uygulama Basamakları (Akt. Kuzu vd., 2011)

Bu yaklaşım gereği mevcut alan yazın ve bağlamsal durumlar doğrultusunda fen konularını kapsayan MME oluşturulmuştur. Geliştirilen etkinliklerin değerlendirilmesinde gözlemler, mülakatlar, inceleme formları ve benzeri nitel veriler ışığında nitel araştırma teknikleri kullanılmıştır.

3.2.Araştırma Grubu

Yapılan bu çalışmaya doğu Anadolu bölgesindeki bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesi matematik ve fen bilimleri eğitimi bölümünde öğrenim gören 12 fen bilgisi öğretmenliği öğrencisi katılmıştır. Katılımcılar, araştırmaya kendi rızasıyla dâhil olmak isteyen bir grup öğrenci arasından basit seçkisiz (rasgele) örneklem seçimi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Basit rastgele örneklemede bir listeden rastgele birimler seçilerek tüm birimlere seçimde eşit şans tanınmaktadır (Kılıç, 2013).

Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adayları A1, A2, A3..., A12 şeklinde kodlanmış olup, katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Katılımcılara ait demografik bilgiler

Katılımcı	Cinsiyet	Program	Eğitim Durumu	MM Deneyimi
A1	Erkek	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A2	Erkek	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A3	Erkek	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A4	Erkek	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A5	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A6	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A7	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A8	Erkek	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A9	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A10	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A11	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-
A12	Kadın	Fen Bilgisi Öğr.	4. Sınıf Lisans	-

3.3. Araştırma Süreci

Araştırmada matematiksel modelleme etkinliklerinin geliştirilmesi için tasarım tabanlı araştırma basamakları göz önünde bulundurularak belirleme, uygulama ve yeniden düzenleme adımlarından oluşan üç aşamalı bir süreç izlenmiştir.

3.3.1. Belirleme

Fen ve matematiğin ilişkilendirmesine en uygun yöntemi tespit etme, ilişkilendirmede kullanılacak konuları belirleme ve modelleme etkinliklerinin ilk sürümlerinin geliştirilmesi doğrultusunda eğitim fakültesinin Fen bilgisi ve Matematik eğitimi bölümünde Fizik, Kimya, Biyoloji, Matematiksel Modelleme (Matematik) konularında lisans ve lisansüstü dersleri yürüten akademisyenler ile çalıştay yapılmıştır. Çalıştayda öncelikli olarak, matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir uzman tarafından, fen alan eğitimcilerine MM üzerine bilgilendirme ve bilinçlendirme toplantısı yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda, konularının dengeli bir biçimde yansıtılması için Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı, üniversite ders kitapları ve alan yazın incelenerek iki fizik, iki kimya ve iki biyoloji konusu üzerine matematiksel modelleme etkinliği geliştirilmesine karar verilmiştir. MME'nin taşınmaları gereken özellikleri belirlemek ve literatürde var olan modelleme etkinliklerini sınıflandırabilmek için ayrıca bir kaynak taraması ve doküman incelemesi yapılmıştır. Başlangıçta 18 modelleme durumu ve etkinliği belirlenmiştir. Daha sonra bu sayı uzmanlardan alınan geri bildirimler sonucunda 6'ya düşürülmüştür. Bu etkinliklerin adları, kodları, öğrenme alanları, konu bağlamları ve zorluk dereceleri tablo 2.'de sunulmuştur.

Tablo 2. Modelleme etkinliklerinde kullanılmak üzere geliştirilen problemler

Etkinlik Adı	KOD	Öğrenme Alanı	Konu/lar	Zorluk Düzeyi
Melisa Projesi	MP	Biyoloji	Fotosentez, Solunum, Yaşam Döngüsü	2
Reflü	RE	Kimya	Asitler ve Bazlar, Nötralleşme Tepkimeleri	2
Yüzen Evler	YE	Fizik	Ağırlık Merkezi, Kütle, Yoğunluk, Hacim, Kaldırma Kuvveti	2
Plastik Bakterileri	PB	Biyoloji	Bakteriler, Enzimler, Geri dönüşüm	3
Ozon	OZ	Kimya	Kimyasal tepkimeler, çevre kirliliği	3
Kaydırak	KA	Fizik	Kinetik ve Potansiyel Enerji, Hız, Eğik Düzlem, Sürtünme Kuvveti	3

* 1: Kolay, 2: Orta, 3: Zor

Literatürdeki MOE çalışmalarının birçoğundan farklı olarak, belirlenen bu konuların daha fazla duyuya hitap etmesi, gerçek yaşam ile daha kolay ilişkilendirilmesi, motivasyonu artırıcı unsurlar taşıması ve teknoloji ile bağdaştırılması (Stohlmann, 2012; Geiger ve Redmond, 2013) düşüncelerinden yola çıkılarak video formatında sunulmasına karar verilmiştir. Örneğin, 'Reflü' etkinliği Nobel Akademik Yayıncılık'tan çıkan 'Genel Kimya: Moleküler Bir Yaklaşımla Kimyanın İlkeleri -1 / Principles of Chemistry: A Molecular Approach' kitabında EK-1'de sunulduğu üzere yazılı bir problem durumu iken internet kaynakları kullanılarak video röportaj şeklinde sunulmuştur. Benzer bir şekilde Yüzen Evler etkinliği bir gazete haberinde sözel bir durumu iken (<https://www.trthaber.com/haber/dunya/amsterdam-kanallari-uzerinde-yasam-438695.html>) internet kaynak taraması sonucunda Amsterdam şehrinde su üzerinde inşa edilen gerçek bir yüzen evler projesinin tanıtım videosu kullanılarak sunulmasına karar verilmiştir.

Fen alanı ile matematiksel modellemeye uygun olarak geliştirilen MME hiçbir yönerge içermemektedir. Bunun nedeni ise problemlerin bireylerin gerçek yaşamda karşılaşacağı şekilde verilerek, matematiksel modelleme yeterliklerinin gerçeğe en yakın durumlarda tespit edilmesinin amaçlanmasıdır (Güder, 2019). Bu şekilde sunulan matematiksel modelleme durumu ile katılımcılara konu üzerinde sınırsız bir alan ve özgürlük verildiği düşünülmüştür. Modelleme durumunun daha anlaşılabilir hale getirilmesi için sürece fark ettim-merak ettim faaliyetlerinin eklenmesi planlanmıştır. Konu uzmanları eşliğinde katılımcılar etkinlik videolarını izleyerek ön tartışma gerçekleştirilmesine ve problem durumları üzerine fikirler üretmeleri istenmesine kanaat getirilmiştir.

Bu çalışmada kullanımının uygun olduğu tespit edilen bu 6 etkinliğin videolarına erişim için karekodlar Şekil 2' de verilmiştir. Böylelikle, etkinlik videoları akıllı telefonlar kullanılarak kolaylıkla erişilebilir hale getirilmiştir. Aşağıda gösterilen kodları akıllı telefonunuzda mevcut barkod okuyucu uygulamasında okutarak ilgili etkinliğin videosuna ve tanıtım bilgilerine erişebilirsiniz.



Şekil 2. Modelleme Etkinliklerine Erişim Karekodları

3.3.2.Uygulama

Çalışmanın uygulamasında tasarlanan modelleme etkinliklerinin, bir saha çalışması yapılarak bir grup öğretmen adayı ve konu uzmanları ile birlikte etkinliklerin ortalama uygulama süresi, sıralaması, zorluk düzeyi ve etkinlik sürecindeki olası problemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu saha çalışma sonucunda, modelleme etkinliklerinin yeniden gözden geçirilip düzeltilmesi ve kullanılacak video vb. materyallere son şekli verilerek matematiksel modelleme çalışmalarında kullanıma hazır hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Tasarlanan 6 etkinlik 12 fen bilgisi öğretmenliği son sınıf öğrencileri ile yani öğretmen adaylarıyla test edilmiştir. Yapılan çalışmanın başlangıcında, öğretmen adaylarına matematiksel modelleme konusunda doktora sahibi bir akademisyen tarafından 2 saatlik teorik eğitim verilmiştir. Teorik eğitim, örnek MM uygulamaları ve etkinlikleri üzerinde tartışmalar yapılarak pratik açıdan desteklenmiştir. Süreç ilk olarak matematiksel modelleme konusunda çalışmaları olan başka bir akademisyen tarafından ısındırma etkinlikleri yapılarak başlatılmıştır. Daha sonra ilk uygulama etkinliği olarak Yüzen Evler 'in videosu gruplara izletilmiştir. Fark ettim, merak ettim faaliyetleri çerçevesinde öğretmen adaylarının problem durumlarını idrak etmesi sağlanmıştır. Öğretmen adayları tasarlanan her etkinlikte bireysel olarak çalıştıktan sonra 4'erli üç gruba ayrılarak birbirleriyle çözümlerini paylaşmışlardır. Çalışma haftalık olarak devam ettirilmiş ve 6 hafta boyunca sürdürülmüştür.

3.3.3.Yeniden Düzenleme

Alan uzmanları ve öğrenciler ile yapılan görüşmeler sonucunda etkinlikler yeniden gözden geçirilerek revize edilmiştir. Örneğin Yüzen Evler etkinliğinin uzun olduğuna karar verilen videodan bazı kısımlar çıkarılarak süresi 4dk 53 sn.den 2dk 55 sn. ye indirilmiştir. Kaydırak etkinliğinin videosunun 15.saniyesinde durdurulup problem durumunun tartışılmasına karar verilmiştir.

Etkinliklerin sunumu ile ilgili gerekli revizeler yapılırken diğer yandan kuramsal çerçevede bahsedilen ve bu çalışmada kullanılması planlanan Borromeo Ferri (2006)' nin matematiksel modelleme basamakları göz önünde bulundurularak 'Etkinlik Formu' şekillendirilmeye çalışılmıştır. Formun ilk sürümü; Gerçek durumu anlama Basitleştirme ve yapılandırma, Matematikselleştirme, Matematiksel çalışma Yorumlama ve Doğrulama başlıklarından oluşurken uygulama süresince detaylandırılarak son haline kavuşmuştur. Fark ettim, merak ettim, problem durumları, varsayımlar, değişkenler, ihmal edilebilir değişkenler, ihtiyaç duyulan veriler, konu ile ilgili kavramlar, kavramlar arası ilişkiler, çözüm planı, çizimler, kullanılacak formüller, matematiksel işlemler, hesaplamalar ve modelin oluşumu, modelin test edilmesi, modelin yorumlanması ve modelin doğrulanması başlıkları eklenerek yapılandırılmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

Geliştirilen modelleme etkinliklerinin değerlendirmesi yapılırken her etkinlik; matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk, çözüm süreçlerinin müfredata ve düzeyine uygunluk ve dil ve anlatım perspektifleriyle ele alınmıştır. Etkinlikleri matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk açısından değerlendirebilmek için Erbaş vd. (2013)'nin geliştirdikleri modelleme problemi değerlendirme formu kullanılmıştır. Bu formda ele alınan değerlendirme ölçütlerinin, çalışmanın kuramsal çerçevesinde de bahsedilen Lesh ve arkadaşlarının (2000) literatüre kazandırdığı matematiksel modelleme prensipleri doğrultusunda uyarlandığı belirtilmiştir.

3.5. Veri Analizleri

Geliştirilen MME, modelleme problemi değerlendirme formundaki kriterler doğrultusunda doküman analizine ve betimsel analize tabi tutulmuştur. MME matematiksel modelleme prensiplerine uygunluk, çözüm süreçlerinin müfredata ve düzeyine uygunluk, dil ve anlatım açılarından değerlendirilmiştir.

MME'nin doküman analizinde uzmanların etkinliklere yönelik görüş birliği, ayrılığı ve analizler arasındaki uyum yüzdeleri dikkate alınmıştır. Kodlamalar araştırmacının kendisi ve matematiksel modelleme üzerine doktora sahibi bir uzman tarafından yapılmıştır. Analizler arasındaki uyum yüzdesi, yani değerlendiriciler arası güvenilirlik katsayısı Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen $[görüş\ birliği / (görüş\ birliği + görüş\ ayrılığı) * 100]$ formülü ile hesaplanmıştır. Uyum sağlanmayan veriler tekrar analize tabi tutulmuş ve tartışmalar sonucunda ortak karara bağlanmıştır. Nitel bir çalışma için kodlamanın güvenilirliğinin en az %80 uyum düzeyinde olması gerektiği belirtilmektedir (Miles ve Huberman, 1994).

4.BULGULAR

Çalışmada tasarlanan matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiksel model oluşturma prensiplerine uygunluğu açısından değerlendirilmesinde, iki uzman arasında tablo 2'de görüldüğü üzere 12 görüş ayrılığı ortaya çıkmıştır. Bu görüş ayrılıklarının çoğunluğunun (6), Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibinin (PP) ; 'P1 - Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?' ölçütünde olduğu görülmektedir. Uzmanlardan birisi çalışmanın modelleme etkinliklerinde katılımcılar tarafından modellerin hatırlanabilir olup olmadığının araştırılması yer almadığını fakat

yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için uygun olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden geliştirilen MME'nin bu prensibe kısmen uygun olduğunu ifade etmiştir. Diğer araştırmacı ise uygundur görüşünde bulunmuştur. Tasarlanan bu etkinliklerin akılda kalıcılığı test edilmediği için bu prensibe kısmen uygun olduğu yönünde görüş birliğine varılmıştır. Tablo 3.'de modelleme etkinliklerinin, Erbaş vd. (2013)'nin geliştirdiği modelleme problemi değerlendirme formu doğrultusunda analizleri sunulmuştur.

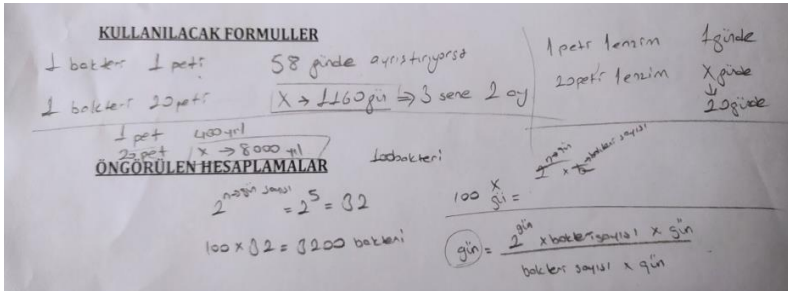
Tablo 3. MME uzman görüşlerinin değerlendirilmesi

Çalışma	Kodlayıcılar	Görüş Birliği	Görüş Ayrılığı	Uyum Yüzdesi (%)
MME değerlendirme	İki Uzman	66	12	85

4.1. Model Oluşturma Prensibi (MOP)

MO1 - 'Öğrenciler bu problem üzerinde çalıştıklarında matematiksel yapılar çıkartabilirler mi?'

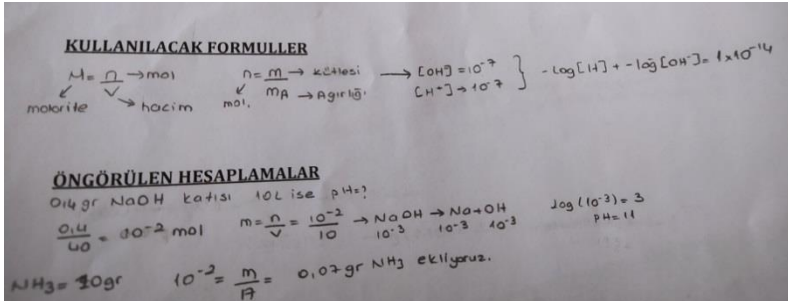
Öğretmen adaylarının dokümanları incelendiğinde etkinliklerin tamamında matematiksel yapılar ortaya çıkarmaya çalıştıkları görülmektedir. Plastik bakterileri etkinliğinde A8 kodlu öğretmen adayının oluşturmaya çalıştığı yapı Görsel 2.'de örnek olarak görülmektedir.



Görsel 2. A8 kodlu öğretmen adayının oluşturmaya çalıştığı matematiksel yapı.

'Matematiksel bir kavramın kullanımını içermekte midir?'

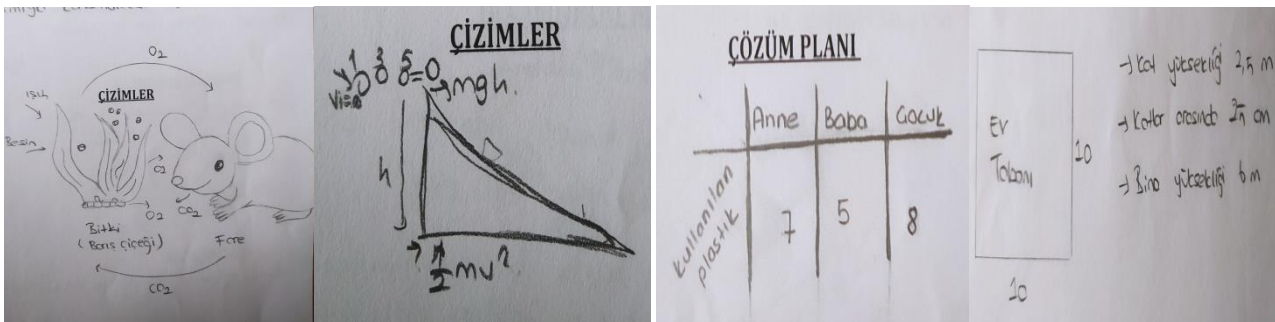
Etkinliklerde öğretmen adayları üslü sayılar, üstel fonksiyonlar, logaritma, oran orantı vb. kavramları kullandıkları görülmektedir. Ayrıca konulara ilişkin sürtünme kuvveti, atom ağırlığı, mol sayısı, pH, fotosentez vb. fen kavramlarını da modellerinde kullandıkları görülmektedir. Bu bağlamlarda A6 kodlu öğretmen adayının etkinlik formundan yansımaları Görsel 3.'de aktarılmıştır.



Görsel 3. A6 kodlu öğretmen adayının fen ve matematiksel kavram kullanımının örneği

MO2 - 'Matematiksel ifadelerin (cebirsel) yanı sıra grafik, tablo veya diyagram gibi farklı temsil biçimlerinden birini veya birkaçını kullanmayı gerektiriyor mu?'

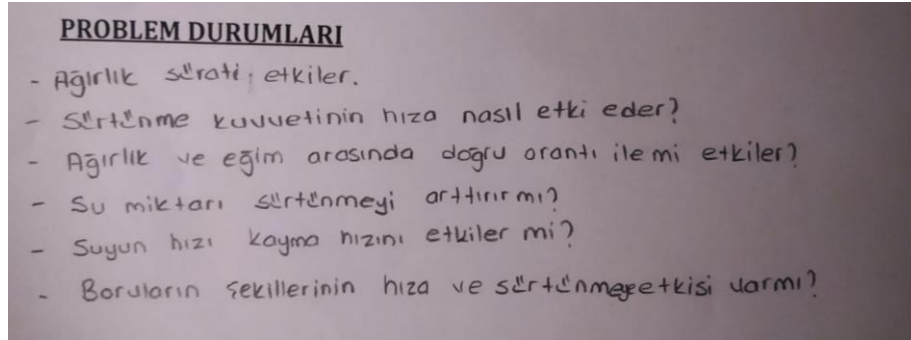
Tüm etkinliklerde farklı temsil biçimleri kullanıldığı görülmektedir. MP'de fotosentez döngüsü, YE'de taban alanı, OZ'da ve RE'de kimyasal tepkime denklemleri, PB'de tablo, KA'da eğik düzlem gibi farklı temsil biçimleri kullanılmaktadır. Bu gösterimlere ilişkin etkinlik formlarından elde edilen verilerden bazıları Görsel 4.'de gösterilmiştir.



Görsel 4. Öğretmen adaylarının etkinliklerde kullandığı farklı temsil biçimleri

MO3 – ‘Öğrencilerin dikkatini problem durumunun yüzeysel özelliklerinin ötesinde, altında yatan ilişkilere ve örüntülere yönlendiriyor mu?’

Öğretmen adaylarının etkinliklerde derinlemesine çalışma yapabildikleri görülmektedir. Her etkinlikte katılımcılar problem durumunu farklı açılardan ele almışlardır. Örneğin OZ etkinliğinde katılımcılardan bazıları kullanılan eşyalardan kaynaklı ozona ne kadar verildiğini incelemek isterken başka bir katılımcı ise bir ailenin faaliyetleri sonucunda salınan kloroflorokarbonların ozon ile hangi miktarda tepkimeye girdiğini incelemek istemektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının tamamının fene yönelik kavramlar arasında ilişki kurmaya çabaladıkları görülmektedir. A7 kodlu öğretmen adayının farklı problem durumları ortaya çıkarmasına yönelik çalışması Görsel 5.’de verilmiştir.

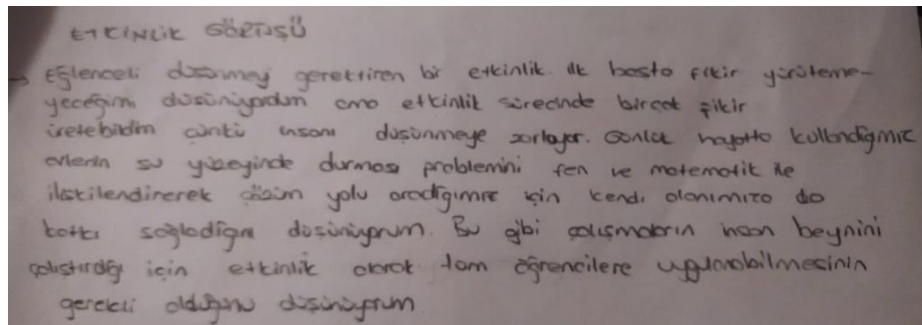


Görsel 5. A7 kodlu öğretmen adayının OZ etkinliğinde ortaya koyduğu problem durumları

4.2. Gerçeklik Prensibi (GP)

GP1 – ‘Günlük yaşamdan anlamlı bir durumu içermekte midir?’

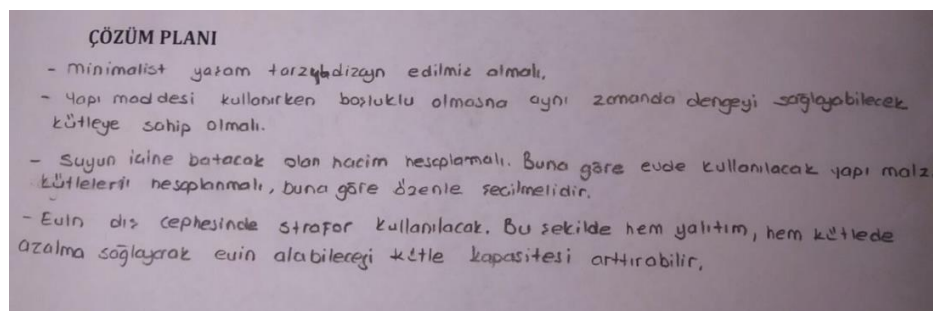
Etkinliklerin tamamının gerçek yaşam durumunu temsil ettikleri görülmektedir. MP İspanya’da bilim insanlarının uzay çalışmalarından, YE Amsterdam’da gerçek bir yerleşim projesinden, PB güncel bir bilimsel keşiften, RE bir mide rahatsızlığından, OZ kloroflorokarbonların doğaya verdikleri zarardan, KA ise bir su parkındaki yarıştan bahsetmektedir. Ayrıca belirtmek gerekir ki video temelli modelleme görevlerinin otantik yapısından dolayı gerçek yaşam ile bağlantı olsun ya da olmasın video şeklinde sunulan etkinlikler problemin anlamlı bir durumu gözetmesine fırsat tanımaktadır (Greefrath ve Vos, 2021). A9 kodlu öğretmen adayının YE etkinliğinde gerçek yaşam durumunu temsil ettiğine dair görüşü Görsel 6.’da gösterilmiştir.



Görsel 6. A9 Kodlu öğretmen adayının YE etkinliğinde gerçek yaşam durumuna ilişkin ifadeleri

GP2– ‘Öğrencileri tek bir düşünme şekline zorlamak yerine farklı fikirler üretmeye teşvik ediyor mu?’

Etkinliklerin tamamında öğretmen adaylarının farklı düşünme şekilleri ortaya koydukları görülmektedir. Özellikle fark ettim-merak ettim aşamasında katılımcılar problem durumuna yönelik çeşitli düşüncelere sahip oldukları söylenebilir. Örneğin PB’de katılımcılar plastikleri ayrıştıran enzimin türünün ne olduğu, bakterilerin neden plastiklerin tamamını ayrıştıramadığı, insanların doğaya ne kadar plastik bıraktığı gibi sorgulamalarda bulunmuşlardır. A11 kodlu öğretmen adayının YE’de farklı düşünme şekillerine örnek teşkil edecek aktarımları Görsel 7.’de sunulmuştur.



Görsel 7. A11 kodlu öğretmen adayının YE’ de ortaya koyduğu farklı düşünceler

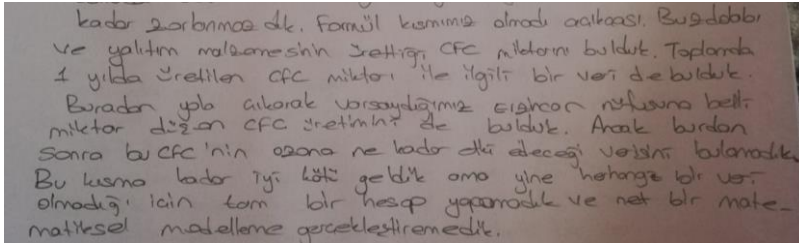
4.3. Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensipleri (BP)

B1 – ‘Çözüm sürecinde öğrencilerden beklenen ürünler, ilgili düşünme süreçlerini ve sonuçlarını açıkça gösterebilir mi?’

Bu çalışmada Borromeo Ferri (2006)'nin matematiksel modelleme basamakları göz önünde bulundurularak ‘Etkinlik Formu’ şekillendirilmeye çalışılmıştır. Formun ilk sürümü; Gerçek durumu anlama, Basitleştirme ve yapılandırma, Matematikselleştirme, Matematiksel çalışma, Yorumlama ve Doğrulama başlıklarından oluşurken uygulama sonrasında detaylandırılarak EK-1’de verilen halini almıştır. Fark ettim, merak ettim, problem durumları, varsayımlar, değişkenler, ihmal edilebilir değişkenler, ihtiyaç duyulan veriler, konu ile ilgili kavramlar, kavramlar arası ilişkiler, çözüm planı, çizimler, kullanılacak formüller, matematiksel işlemler, hesaplamalar ve modelin oluşumu, modelin test edilmesi, modelin yorumlanması ve modelin doğrulanması başlıkları eklenerek yapılandırılmıştır. Etkinlik Formu vasıtasıyla öğretmen adayları, matematiksel modelleme süreçlerini kayıt altına alarak belgelendirmişlerdir.

4.4. Öz Değerlendirme Prensipleri (ÖDP)

ÖD1 – ‘Öğrencilere yaklaşımlarının yeterince iyi olup olmadığına karar verebilmeyi sağlıyor mu?’ Etkinlik Formunda öğretmen adaylarının çalışmalarının değerlendirmelerini yapabilmeleri adına görüşlerini yazmaları istenmiştir. Elde edilen görüşler doğrultusunda katılımcıların etkinlikler boyunca yaptıkları çalışmaları değerlendirmeye alabildikleri görülmüştür. Katılımcıların yaptıkları çalışmaları değerlendirmelerinde oluşturdukları modelin kapsayıcı olmadığı, değişkenleri belirlemede zorlandıkları için modeli oluşturamadıkları, matematiksel işlemlerde zorlandıkları gibi öz değerlendirmelerde buldukları gözlemlenmektedir. A12 kodlu öğretmen adayının çalışmasını değerlendirmesi Görsel 8.’de sunulmaktadır.



Görsel 8. A12 kodlu öğretmen adayının çalışmasını değerlendirmesi

ÖD2 – ‘Öğrencilerin ne ortaya koymaları gerektiği, hangi amaçla ve kim tarafından kullanılacağı açık bir şekilde ifade edilmiş mi?’

Etkinlikler alanında uzman kişilerce asgari lisans seviyesinde, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin matematiksel modelleme süreçlerine ilişkin bilgi ve becerilerini inceleyebilmek amacıyla tasarlanmıştır.

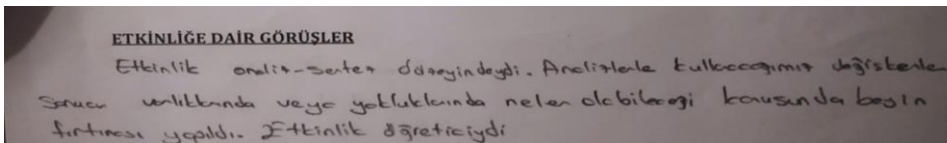
4.5. Etkili Örnek Model (Prototip) Prensipleri (PP)

P1 – ‘Problem durumu ve ortaya konacak matematiksel model, yapısal olarak benzer başka problem durumlarını yorumlamak için yeterince basit ve akılda kalıcı mı?’

Çalışmada katılımcılar tarafından modellerin hatırlanabilir olup olmadığının araştırılması yapılmamıştır. Öte yandan, tasarlanan bu etkinliklerin çözümü için birden fazla değişkenin göz önünde bulundurulması gerektiğinden dolayı elde edilen model benzer başka problem durumlarını yorumlamakta kullanılabilir. Bu bağlamda etkinlikler bu ölçütü kısmen sağlamaktadır.

P2 – Önemli matematiksel fikirlerin tartışılması ve öğrenilmesi için zengin ortam sağlıyor mu?’

Çalışma fen eğitimine yönelik matematiksel modelleme etkinlikleri oluşturma amacı taşıdığından dolayı matematiksel fikirler ile birlikte fen kavramlarına yönelik fikirlerin tartışılmasına zemin aramaktadır. Görsel 9.’da A2 kodlu öğretmen adayının fikirlerin tartışılmasına yönelik görüşleri verilmiştir.



Görsel 9. A2 kodlu öğretmen adayının fikirlerin tartışılmasına yönelik görüşleri

P3 - Problem durumu açık ve anlaşılır bir dille ifade edilmiş mi?’

Fen alanı ile matematiksel modellemeye uygun olarak geliştirilen MME herhangi bir yönerge içermemektedir. Bunun nedeni ise problemlerin bireylerin gerçek yaşamda karşılaşacağı şekilde verilerek, matematiksel modelleme yeterliklerinin gerçeğe en yakın durumlarda tespit edilmesinin amaçlanmasıdır (Güder, 2019). Açık uçlu şekilde video formatında sunulan matematiksel modelleme durumu ile katılımcılara konu üzerinde sınırsız bir alan, interaktif

etkileşim ve özgürlük verilmektedir (Greefrath ve Vos, 2021). Modelleme durumunun daha anlaşılabilir hale getirilmesi için sürece fark ettim-merak ettim faaliyetlerinin eklenmesi planlanmıştır. Konu uzmanları eşliğinde katılımcılar etkinlik videolarını izleyerek ön tartışma gerçekleştirilmesine kanaat getirilmiştir.

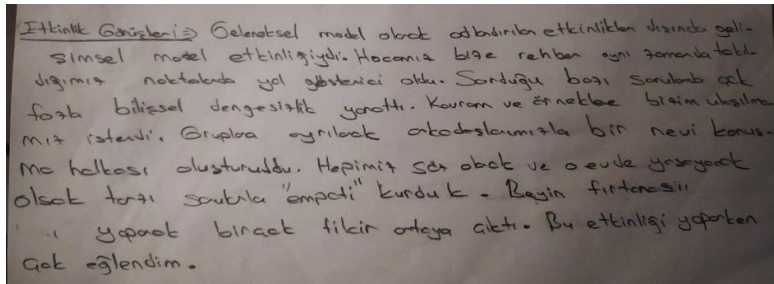
P4 - Problem durumu imla ve dilbilgisi hatalarından arındırılmış mı?

Problem durumları video formatında sunulması için dijital ortamlarda araştırma yapılmış ve konu uzmanlarının görüşleri doğrultusunda kullanıma hazır hale getirilmiştir. Videolar tekrar tekrar izlenerek anlaşılır olmayan kısımlar çıkarılmış ve düzenlenmiştir.

4.6. Model Genelleştirme Prensipleri (MGP)

MG1 -Geliştirilecek model, diğer kişilerle paylaşılabilir, farklı durumlara uyarlanabilir ve tekrar kullanılabilir genel bir düşünme şekli içerebilir mi?

Bu çalışmada katılımcılar bireysel olarak etkinlikler üzerinde çalışıldıktan sonra grup çalışması şeklinde devam edip ürünlerini birbirleriyle paylaşmışlardır. Tüm etkinliklerde birden fazla değişken üzerinden çalışmalar yapılmış olduğundan dolayı da farklı değişkenler üzerinden çalışmalar sürdürülebilir olduğu gözlemlenmiştir. A1 kodlu öğretmen adayının çalışmasına ilişkin ifadeleri Görsel 10.'da gösterilmiştir.



Görsel 10. A1 kodlu öğretmen adayının çalışmalarının paylaşımı üzerine görüşleri

Model Oluşturma Prensipleri doğrultusunda tasarlanan ve öğretmen adayları ile uygulaması yapılan etkinliklerin yapılandırıldıktan sonra değerlendirmesi Tablo 4.'de sunulmuştur. İki uzmanın önce bireysel, sonra birlikte çalışarak yaptığı değerlendirmeler sonucunda etkinliklerin hepsinin altı prensibin tamamına uyduğu görülmektedir. Tablo 4. incelendiğinde etkinliklerin akılda kalıcılığı test edilmediği için PP1 prensibinde kısmen uygun olduğu değerlendirilmiştir. Video temelli hazırlanan fene yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin ve süreç içerisinde geliştirilen Etkinlik Formu'nun asgari lisans düzeyinde matematiksel modelleme süreçlerinin ve yeterliliklerinin incelenmesi çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabilir olduğu söylenebilir.

Tablo 4. Modelleme Etkinliklerinin Değerlendirmesi

Prensip	Ölçüt	Modelleme Etkinlikleri					
		MP	RE	YE	PB	OZ	KA
MP	MP1	1	1	1	1	1	1
	MP2	1	1	1	1	1	1
	MP3	1	1	1	1	1	1
GP	GP1	1	1	1	1	1	1
	GP2	1	1	1	1	1	1
BP	BP1	1	1	1	1	1	1
ÖDP	ÖD1	1	1	1	1	1	1
	ÖD2	1	1	1	1	1	1
PP	PP1	2	2	2	2	2	2
	PP2	1	1	1	1	1	1
	PP3	1	1	1	1	1	1
	PP4	1	1	1	1	1	1
MGP	MG1	1	1	1	1	1	1

1-Evet, 2-Kısmen, 3-Hayır

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuç

Disiplinler arası çalışmalarda kullanılacak etkili bir yöntem olan matematiksel modelleme, ülkemizde son yıllarda çalışmaya başlanmış olmasına rağmen henüz yeterince bir kapsam ve çeşitliliğe kavuşmamıştır. Bu çalışmada da, literatüre fen konuları üzerine MME tasarlanarak matematiksel modelleme konusuna yönelik çeşitlilik kazandırılmak ve sonraki çalışmalarda kullanıma zemin hazırlanmak istenmiştir. Matematik ve fen eğitiminde kullanılacak, asgari lisans düzeyinde ve öğretim programlarındaki kazanımlara uygun matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirerek bu konuda ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğinin giderilmesi hedeflenen bu çalışmada, altı MME oluşturulmuştur. 2 fizik, 2 biyoloji ve 2 kimya konusunda, uzman kişiler ile birlikte çalışılarak geliştirilen

bu MME'nin saha çalışması 12 fen bilgisi öğretmen adayı ile yapılmış ve MOP açısından uzman kişilerce değerlendirilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, geliştirilen 6 etkinliğin tamamının Model Oluşturma Prensibi, Gerçeklik Prensibi, Model Açığa Çıkarma (Belgeleme) Prensibi, Öz Değerlendirme Prensibi ve Model Genelleştirme Prensibi açısından uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Etkili Örnek Model Prensibi açısından ise etkinlikler çalışma grubuyla bir süre sonra tekrar yapılmadığından kalıcılığı test edilmemiştir. Fakat tasarlanan bu etkinliklerin çözümü için birden fazla değişkenin göz önünde bulundurulması gerektiğinden ve elde edilen model benzer başka problem durumlarını yorumlamakta kullanılabilen olduğundan Etkili Örnek Model (Prototip) Prensibi açısından kısmen uygun olarak görülmüştür. Literatürdeki benzer çalışmalarda etkili örnek prensibi açısından kapsamlı değerlendirmeler yapılmadığı fakat etkinliklerin detaylandırıcı özellikleri nedeniyle kısmen uygun olarak değerlendirildiği görülmektedir (Deniz ve Akgün, 2016)

Koç (2020) alan yazındaki 2000-2019 yılları arasındaki matematiksel modelleme çalışmalarının meta analizini yaptığı çalışmada kullanılan etkinliklerin sadece %26'sının MOP tamamına uygun ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan 6 etkinliğin hepsinin 5 prensibin tamamen 1 prensibe ise kısmen uygun olması sonraki MOP'a uygun etkinliklerin oranını yükselteceği öngörülmektedir. Alan yazında MME'nin çoğunlukla Öz Değerlendirme Prensibi ve Model genelleme açısından yeterince uygun olmadıkları görülmesine (Bilgili, Öndeş ve Çiltaş,2020; Koç, 2020) rağmen bu çalışmada bu iki prensip tamamen karşılanmıştır. Çalışmanın bir ürünü olan Etkinlik Formu'nda etkinliğe dair görüşlerin aktarılması istendiği için katılımcılar sürece ilişkin fikirlerini aktarabilmektedir.

Çalışmanın bir başka boyutu olan video tabanlı modelleme görevleri tasarlama Türkçe alan yazında ilk olma özelliği taşımaktadır. Modelleme durumlarının video formatında sunulmasının interaktif, özgür, derinlemesine çalışma gibi etkileri göz önünde bulundurulmuştur (Stohlmann, 2012; Molina-Toro, Rendón-Mesa ve Villa-Ochoa, 2019; Greefrath ve Vos, 2021). Açık uçlu ve video tabanlı etkinliklerin MOP'u karşılamakta başarılı olduğu bu çalışmada görülmüştür. Video ya da animasyon tabanlı modelleme etkinliklerinin yarı interaktif ve ya ful interaktif kullanımı, ileri geri alınabilmesi (playback), problem durumunun ifade edilmesi ve değişkenleri manipüle etmesi bağlamlarında fırsat sunmaktadır (Greefrath ve Vos, 2021). Bu çalışmada da etkinlik videoları gerek uzmanlar gerek katılımcılar tarafından sıkça playback yapılarak problem durumu ve süreci anlamlandırıldığı görülmüştür. Video temelli modelleme görevlerinin gerçek dünyaya ilişkin kanıtlar içerip içermemesine bakılmaksızın otantik özellikler taşıdığı görüldüğünden problem durumunu keşfetme olanağı sağlamaktadır (Greefrath ve Vos, 2021).

5.2. Öneriler

- 1) Fen alanında matematiksel modelleme çalışmalarının sınırlı sayıda olması fene yönelik MME' inde sınırlı olduğu anlamını taşıdığından dolayı daha fazla MOE tasarım çalışmaları yapılması önerilebilir.
- 2) Teknolojinin eğitim alanlarında kullanımı pandemi sürecinde daha önemli hale geldiği görülmektedir. Dijitalleşen dünyada dijital araçların geleneksel araçlarla birlikte ya da geleneksel araçların yerine kullanılacağı kaçınılmazdır. Bu bağlamda matematiksel modelleme çalışmalarında da dijital araçların kullanımının artacağı öngörülebilir. MME'nin zenginleştirilmiş medya araçları vasıtasıyla tasarlanmasının ve sunulmasının yaygınlaştırılması önerilebilir. Gelecekte önemli bir yer edinmesi beklenen metaverse, artırılmış gerçeklik ve benzeri teknolojik ortamlarla MME tasarlanabilir.
- 3) Bu çalışmada asgari lisans düzeyinde MME tasarlanmıştır. Her düzeyde benzer çalışmaların yapılması ve alan yazında MME açısından katkı yapılması önerilebilir.
- 4) Fene yönelik matematiksel modelleme çalışmaları kısıtlı olduğundan dolayı fen eğitiminde matematiksel modelleme etkinliklerinin değerlendirilmesi için literatürdeki mevcut değerlendirme yaklaşımları geliştirilebilir.
- 5) Akademisyenlerle çalışmalar yapılarak lisansüstü ve üzeri düzeyde kullanılabilir MME tasarlanabilir.

KAYNAKÇA

- Aztekin, S., & Taşpınar Şener, Z. (2015). Türkiye'de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 40(178), 139-161.
- Bilgili, S., Öndeş, R., N., & Çiltaş. (2020). Matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme etkinliklerini oluşturma ve çözüme süreçlerinin incelenmesi. *Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 5(1), 90-108.
- Çakmak Gürel, Z. (2019). Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçlerinin bilişsel açıdan incelenmesi. Yayınlanmamış doktora tezi, *Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum
- Deniz, D., & Akgün, L. (2016). Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarımı prensiplerine uygun etkinlik tasarlayabilme yeterlikleri. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-14.
- Doruk, B. K. (2010). Matematiği günlük yasama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.

- Erbaş, A. K., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., & Alacası, C. (2013). Ortaöğretim matematik eğitiminde matematiksel modelleme: hizmet içi ve hizmet öncesi öğretmen eğitimi
- Ferri, R. B. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86-95.
- Geiger, V., & Redmond, T. (2013). Designing mathematical modelling tasks in a technology rich secondary school context. *Task design in mathematics education*, 121-130.
- Greefrath, G., & Vos, P. (2021). Video-based Word Problems or Modelling Projects—Classifying ICT-based Modelling Tasks. In *Mathematical Modelling Education in East and West* (pp. 489-499). Springer, Cham.
- Güder, Y. (2019). Matematiksel modelleme yoluyla disiplinler arası geçiş. Doktora Tezi, *Adıyaman Üniversitesi*. Adıyaman.
- Kılıç, S. (2013). Örneklemeye Yöntemleri. *Journal of Mood Disorders*, 3(1).
- Koç, D. (2020). *An investigation on thesis and dissertations on mathematical modeling in Turkey in the last two decades*. Master's thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Kuzu, A., Çankaya, S., & MISIRLI, Z. A. Tasarım Tabanlı Araştırma ve Öğrenme Ortamlarının Tasarımı ve Geliştirilmesinde Kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1(1).
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modelling perspective on matematics teaching, learning and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: models and modelling perspectives on matematics problem solving, learning and teaching* (pp.3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for developing thought revealing activities for students and teachers. In R. Lesh, and A. Kelly (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 591-645). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 113-142.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.
- Molina-Toro, J. F., Rendón-Mesa, P. A., & Villa-Ochoa, J. (2019). Research trends in digital technologies and modeling in mathematics education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), 1-13.
- Stohlmann, M. (2012). YouTube Incorporated with Mathematical Modelling Activities: Benefits, Concerns, and Future Research Opportunities. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 19(3).
- Takaoglu, Z. B., & Alev, N. (2015). Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilmeye becerilerinin gelişimi. *Dicle üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (24), 122-160.
- Tekin, A., & Bukova Güzel, E. (2011). Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modellemeye İlişkin Görüşlerinin Belirlenmesi. *20. Eğitim Bilimleri Kurultayı*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 8-10 Eylül 2011, Burdur
- Dede, A., & Bukova Güzel, E. (2013). Matematik öğretmenlerinin model oluşturma etkinliği tasarım süreçleri ve etkinliklere yönelik görüşleri. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 2(1), 300-322.
- Tro, N. J. (2012). *Principles of chemistry: a molecular approach*. Pearson Higher Ed.
- Vos, P. (2018). “How real people really need mathematics in the real world”—Authenticity in mathematics education. *Education Sciences*, 8(4), 195.
- Yıldız, Ş., & Yenilmez, K. (2019). Matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezlerin tematik içerik analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20, 1-22.

EK-1

ETKİNLİK ADI (XXX)

FARK ETTİM

PROBLEM DURUMLARI

VARSAYIMLAR

İHTİYAC DUYULAN VERİLER

KONU İLGİLİ KAVRAMLAR

ÇÖZÜM PLANI

KULLANILACAK FORMULLER

HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞUMU

MODELİN TEST EDİLMESİ

MATEMATİKSEL MODELİN YORUMLANMASI

ETKİNLİĞE DAİR GÖRÜŞLER

MERAK ETTİM

İHMAL EDİLEBİLİR DEĞİŞKENLER

KAVRAMLAR ARASI İLİŞKİLER

ÇİZİMLER