



**ETKİLEŞİMLİ SİMÜLASYON ORTAMINDA
ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLEME
SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Mustafa MOLLA

Eskişehir 2023

**ETKİLEŞİMLİ SİMÜLASYON ORTAMINDA ORTAOKUL
ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME SÜREÇLERİNİN
İNCELENMESİ**

Mustafa MOLLA



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Ağustos 2023

JÜRI VE ENSTİTÜ ONAYI

ÖZET

ETKİLEŞİMLİ SİMÜLASYON ORTAMINDA ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ

Mustafa MOLLA

Matematik Eğitimi ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı
Anadolu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ağustos 2023

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK

Simülasyonlar kullanıcılara parametreleri değiştirerek sistemlerin davranışlarını gözlemlene imkânı sağladığı için modelleme etkinliklerinde kullanılabilir bir araçtır. Simülasyonların modelleme süreçlerinde model oluşturma ve modeli test etme gibi birçok farklı imkân sağlamasına rağmen modelleme etkinlikleri çoğunlukla teknoloji olmayan ortamlarda gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada etkileşimli simülasyon ortamındaki modelleme süreçlerini incelemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Araştırmanın katılımcılarını farklı devlet okullarında öğrenim gören 4 (1'i erkek 3'ü kız) 7. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma verileri alınan ses ve görüntü kayıtları ve yapılan görüşmeler aracılığıyla toplanmıştır. Toplanan veriler betimsel analiz yöntemi kullanılarak çözümlenmiştir. Araştırma bulgularına göre simülasyonların verilere ulaşmada ve anlamada, veriler arasında ilişki kurmada, elde edilen matematiksel sonuçları günlük hayata aktarmada ve gerektiğinde modelleme süreçlerinin kolay bir şekilde tekrarlanmasında önemli bir role sahip olduğu söylenebilir. Tüm bunların yanında etkileşimli simülasyonların öğrencilerin genel olarak matematiğe özel olarak da matematiksel modelleme süreçlerine yönelik olumlu tutum geliştirmelerine yardımcı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerinde önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmekte ve daha yaygın şekilde kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayar destekli ortamda matematiksel modelleme, Etkileşimli simülasyon, Çarpımsal ilişkiler.

ABSTRACT

EXAMINING THE MATHEMATICAL MODELING PROCESSES OF MIDDLE SCHOOL STUDENTS IN AN INTERACTIVE SIMULATION ENVIRONMENT

Mustafa MOLLA

Department of Mathematics and Science Education

Anadolu University, Graduate School of Educational Sciences, August 2023

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK

Interactive simulations are effective tools in modeling activities as they allow users to observe system behaviors by manipulating parameters. Despite the various opportunities provided by simulations, such as model creation and testing, modeling activities are predominantly conducted in non-technological environments. This study aims to examine the modeling processes in a simulation environment. To achieve this goal, a qualitative research method, specifically a case study, was employed. The participants of the study consisted of four 7th-grade students (one male, three females) attending different public schools. The research data were collected through audio and video recordings as well as interviews. The collected data were analyzed using descriptive analysis method. According to the research findings, simulations play a significant role in accessing and comprehending data, transferring mathematical results to real-life situations, and facilitating the replication of modeling processes when needed. Furthermore, interactive simulations were found to contribute to students' positive attitudes towards mathematics in general, particularly in the context of mathematical modeling processes. Based on these results, it is evident that interactive simulations have significant potential in modeling processes and are recommended for wider usage.

Keywords: Computer aided mathematical modeling, Interactive simulation, Multiplicative relations.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmamın her aşamasında benden fikirlerini ve desteklerini esirgemeyen, hatalarımı düzelterek bana rehberlik eden, bana kıymetli vaktini ayıran, her yanına gittiğimde hoşgörü ve sabırla bana yol gösteren, tecrübelerini ve önerilerini benimle paylaşan danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK'a;

çalışmamı detaylı bir biçimde okuyarak, bu süreçte ihtiyacım olduğunda desteklerini esirgemeyen, tez savunma jürime zaman ayırarak katılan, değerli görüş ve önerileriyle beni aydınlatan ve bu tezin zenginleşmesine destek olan Prof. Dr. Kürşat YENİLMEZ ve Prof. Dr. Tuba ADA'ya;

yüksek lisans eğitimim ve tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan, bana karşı olan sevgilerinden şüphe etmediğim, beni hiçbir karşılık beklemeden seven ve bu sevgilerini her durumda bana hissettiren, canım annem Hatice MOLLA'ya, canım babam Necati MOLLA'ya ve canım ablam Hümeysra GÖDELEK'e;

araştırmama katılımcı olarak destek vermeyi kabul eden ve özveriyle araştırmama katılan tüm öğrencilere;

bu süreçte bana destek verdikleri ve yanımda oldukları için sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim. İyi ki varlar.

Mustafa MOLLA

Eskişehir 2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Mustafa MOLLA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
GÖRSELLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	4
1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	6
1.3. Problem Cümlesi.....	8
1.4. Sınırlılıklar	8
1.5. Tanımlar.....	9
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	10
2.1. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme	10
2.2. Matematiksel Modelleme Süreci	12
2.3. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri.....	17
2.4. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri.....	20
2.5. Matematiksel Modelleme ve Teknoloji	23
2.6. Etkileşimli Simülasyonlar	25
2.7. PhET Simülasyonları.....	27

2.8. İlgili Araştırmalar	28
3. YÖNTEM	34
3.1. Araştırma Deseni	34
3.2. Katılımcılar	36
3.3. Veri Toplama Araçları.....	36
3.3.1. Gözlem	37
3.3.1.1. Araştırmacının rolü.....	37
3.3.2. Yarı yapılandırılmış görüşme	37
3.3.3. Doküman incelemesi	38
3.4. Araştırmanın Uygulanışı ve Verilerin Toplanması.....	39
3.5. Verilerin Analizi.....	39
3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği.....	40
4. BULGULAR VE YORUM	42
4.1. Simülasyonların Modelleme Etkinlikleri Kapsamında Kullanımı.....	42
4.1.1. Kule vinç problemi.....	42
4.1.1.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi.....	43
4.1.1.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında denge kavramının incelenmesi	45
4.1.1.3. Modelleme aşaması 2: Denge kavramına yönelik model oluşturulması	49
4.1.1.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi	53
4.1.1.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması	55
4.1.2. Direnç kodu problemi	59
4.1.2.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi.....	60
4.1.2.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında direnç, voltaj ve akım değişkenlerinin incelenmesi	62

4.1.2.3. Modelleme aşaması 2: Direnç, voltaj ve akım değişkenlerine yönelik model oluşturulması	73
4.1.2.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi	75
4.1.2.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması	76
4.1.3. Hız koridoru problemi	79
4.1.3.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi.....	80
4.1.3.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında yol, hız ve zaman kavramlarının incelenmesi	82
4.1.3.3. Modelleme aşaması 2: Yol, hız ve zaman değişkenlerine yönelik modelin oluşturulması.....	88
4.1.3.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi	92
4.1.3.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması	93
4.1.4. Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı problemi.....	95
4.1.4.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi.....	96
4.1.4.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında sıvı basıncı kavramının incelenmesi.....	97
4.1.4.3. Modelleme aşaması 2: Sıvı basıncına yönelik modelin oluşturulması	101
4.1.4.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi	107
4.1.4.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması.....	107
4.2. Etkileşimli Simülasyonlara Yönelik Gerçekleştirilen Görüşmelere Ait Bulgular.....	110
5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	112
5.1. Sonuçlar.....	112
5.1.1. Simülasyonların modelleme sürecinde kullanıma yönelik sonuçlar.....	112

5.1.1.1. <i>Problemin analizi aşamasında simülasyonların kullanımına ait sonuçlar</i>	113
5.1.1.2. <i>Simülasyon ortamında kavramların incelenmesine ait sonuçlar</i>	114
5.1.1.3. <i>Simülasyon ortamında modelin oluşturulması aşamasına ait sonuçlar</i>	115
5.1.1.4. <i>Modelin test edilmesi</i>	115
5.1.1.5. <i>Modelin gerçek hayatta uygulanması</i>	116
5.1.2. <i>Simülasyonlar hakkında öğrenci görüşlerine yönelik sonuçlar</i>	117
5.2. <i>Tartışma</i>	118
5.3. <i>Öneriler</i>	120
5.3.1. <i>Öğretime yönelik öneriler</i>	120
5.3.2. <i>Öğretim programına yönelik öneriler</i>	121
5.3.3. <i>Gelecekte yapılacak araştırmalara yönelik öneriler</i>	122
KAYNAKÇA	124
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Matematiksel modelleme süreci (Berry ve Houston, 1995 s. 24)	12
Şekil 2.2. Modelleme döngüsünün basit bir görünümü (Lesh ve Doerr, 2003, s. 17)	13
Şekil 2.3. Modelleme döngüsü (Blum ve Borromeo Ferri, 2009, s. 46)	14
Şekil 2.4. Matematiksel modelleme süreci (Ang, 2010, s. 2)	15
Şekil 2.5. Hıdıroğlu (2012, s. 81) tarafından geliştirilen modelleme süreci	16
Şekil 2.6. Model oluşturma etkinlikleri (Lesh ve Doerr, 2003, s. 4)	21
Şekil 2.7. Tekin Dede ve Bukova Güzel MOE’lerin özellikleri (2014, s. 98)	22
Şekil 2.8. Matematiksel modellemede teknolojinin kullanımı (Lingefjård, 2000, s. 7) .	24
Şekil 2.9. PhET etkileşimli simülasyonlarından bir görüntü	28
Şekil 3.1. Durum çalışması çeşitleri	35
Şekil 5.1. Simülasyon ortamlarında modelleme süreçleri	113

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 4.1. Kule vinç problemi	42
Görsel 4.2. Burak'ın notlarına ait bir görüntü.....	44
Görsel 4.3. PhET Balancing Act ekran görüntüsü	45
Görsel 4.4. Eşit ağırlıkları eşit mesafelere yerleştirilmesi	46
Görsel 4.5. Eşit ağırlıkların farklı mesafeye yerleştirilmesi	46
Görsel 4.6. Farklı ağırlıkların eşit mesafelere yerleştirilmesi	48
Görsel 4.7. Farklı ağırlıkların farklı mesafelere yerleştirilmesi	49
Görsel 4.8. Burak'ın denge kavramına yönelik aldığı notlara ait bir görüntü	50
Görsel 4.9. Ayşe'nin denge kavramına yönelik aldığı notlara ait bir görüntü.....	51
Görsel 4.10. Ayşe'nin denge durumlarını yönelik oluşturduğu tablo	52
Görsel 4.11. Modelin testi aşaması (dengenin sağlandığı durum)	53
Görsel 4.12. Modelin testi aşaması (dengenin sağlanmadığı durum).....	54
Görsel 4.13. Kaldıracın kule vincin en çok ağırlığı taşıdığı duruma benzetilmesi	56
Görsel 4.14. Kaldıracın kule vincin en çok ağırlığı taşıdığı duruma benzetilmesi	57
Görsel 4.15. Yasemin'in notlarından denge kavramına yönelik bir görüntü.....	59
Görsel 4.16. PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar.....	63
Görsel 4.17. Eşdeğer dirence (10 ohms) sahip ikinci ampulün eklenmesi	65
Görsel 4.18. Eşdeğer dirence (4 ohms) sahip ikinci ampulün eklenmesi	67
Görsel 4.19. Özdeş ikinci pilin (26 volt) devreye eklenmesi	70
Görsel 4.20. Özdeş ikinci pilin (10 volt) devreye eklenmesi	72
Görsel 4.21. Direncin sabit tutulduğu etkinliklere ait yasemin'in notları	73
Görsel 4.22. Geliştirilen modelin çalışmadığı duruma bir örnek	74
Görsel 4.23. Geliştirilen modelin test edilmesi için oluşturulan bir durum.....	76
Görsel 4.24. Amperi bulmak için Esin'in yaptığı işlem	78
Görsel 4.25. Hız koridoru problemi.....	79
Görsel 4.26. PhET Yürüyen Adam Simülasyonu ekran görüntüsü.....	83
Görsel 4.27. Başlangıç noktasının +10 metre olarak belirlenmesi.....	84
Görsel 4.28. Hızın sabit tutularak sürenin değiştirildiği etkinlik	90
Görsel 4.29. Hareketlinin 5 m/s hız ile 5 saniyede aldığı yol	90
Görsel 4.30. Hız Koridoru Problemi'nde modelin testi aşaması.....	93

Görsel 4.31. Basınç simülasyonunun ekran görüntüsü.....	97
Görsel 4.32. Basınç simülasyonundaki ikinci kap.....	99
Şekil 4.33. Basınç simülasyonundaki üçüncü kap.....	100
Görsel 4.34. Ayşe'nin sıvı basıncı kavramına ait oluşturduğu tablo.....	105
Görsel 4.35. Geri dönüş yapılan etkinlik aşaması	106
Görsel 4.36. Yasemin'in atmosfer basıncını ölçme yöntemi	109



KISALTMALAR DİZİNİ

MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
NTCM	: National Council of Teachers of Mathematics (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Matematik Öğretmenler Konseyi)
PISA	: Programme for International Student Assessment (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)
TIMSS	: Trends in International Mathematics and Science Study (Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması)
MOE	: Model Oluşturma Etkinlikleri
PHET	: Physics Education Technology (Fizik Eğitim Teknolojisi)

1. GİRİŞ

Matematik, günlük hayatta karşılaştığımız problemlere anlam kazandırmada önemli bir yere sahiptir. Bireyler, matematik sayesinde akıl yürütme, problem çözme gibi temel becerilere sahip olurlar ve karşılaştıkları problemleri matematiksel akıl yürütmelerle çözebilirler (Bukova Güzel, Tekin Dede, Hıdıroğlu, Kula Ünver ve Özaltun Çelik, 2019). Günlük hayatta karşılaştığımız birçok problemi çözmek için matematik bir araç olarak kullanılmaktadır (Ural, 2018). Örneğin, evinin dış cephesini boyatmak isteyen bir ev sahibi için boyatma işleminin maliyet hesabı bir problem olarak kabul edilirse bu problem, orantısal ilişkilerden yararlanılarak geometrik şekillerin alan hesabıyla çözülebilir. Ancak günlük hayatta karşılaştığımız problemler genellikle bu kadar basit değildir, daha karmaşık yapıya sahiptirler. Karmaşık yapıya sahip olan gerçek dünya problemleri matematiksel dünyaya aktarılarak matematiksel çözümler üretebilir ve daha sonra bu matematiksel çözümler gerçek hayatta kullanılabilir. Örneğin, Ay'a yolculuk, maliyet gibi sebeplerden dolayı denenebilecek bir şey değildir. Ay'a yolculukta karşılaşılabilecek problemlerin çözümleri için deneme yanılmadan farklı çözüm yollarına ihtiyaç duyulur. Bu durumda Ay'a yolculuktaki karşılaşılan problemler, simülasyon ortamlarına aktarılarak matematiksel çözümler üretilip, bu çözümler gerçek hayatta kullanılabilir.

Karşılaşılan problemlerin çözümlerine ulaşabilmek için simülasyon ortamlarının ve matematiğin kullanılması, bilim ve teknolojinin iç içe olduğunun küçük bir örneğidir. Günümüzde bilim ve teknoloji birbirinden bağımsız düşünülemez. Hatta bilim ve teknoloji arasındaki aralık her geçen gün kapanmaktadır (Yörükoğulları, 2013). Bu durum dikkate alındığında gelişen teknoloji ve bilgisayar sistemleri, öğrenci ve öğretmenlere teknolojinin gelişmediği dönemlerdeki nesillerin hayal edemeyeceği düzeyde matematiksel işlemler yapma imkânı sunmaktadır (Edwards ve Penney, 2008).

Günlük hayatla iç içe olan, günlük yaşantıyı baştan sona her şeyiyle etkileyen bilim ve matematiğin okullarımızdaki yeri de çok önemlidir. Matematik derslerinin öğrencilere, matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurabilecekleri ve günlük hayatta karşılaşılan problemlere çözüm üretme becerisini kazandıracak şekilde düzenlenmesi gerekir. Günlük hayatta karşılaşılan olayların hangi matematiksel kavramlarla ilgili olduğunu düşünmek ve bu olayları problem olarak sunmak bu kapsamda faydalı olabilir (Bukova Güzel vd., 2019). Matematik, günlük hayatta karşılaştığımız problemleri anlamlandırabilmek ve problemlerin çözümlerine ulaşabilmek için çok önemli olmasına rağmen sınıf düzeyi fark

etmeksizin çoğunlukla öğrencilerin zorluk yaşadığı ve sevmediği bir derstir. Öğrencilerin matematiği sevmemelerinin temel sebeplerinden bir tanesi, öğrencilerin matematiği günlük hayatta kullanılmayan ve sadece sınavlardan yüksek puan almaya yarayan bir ders olarak görmeleri olduğu söylenebilir. Gerçek hayatta karşılaşılabilecek birçok problemi çözmeye yardımcı olan matematik, çoğu öğrenci için sadece okulda öğretilen bir ders olarak kalmaktadır. Matematiğin, öğrenciler tarafından anlaşılmayan, zorla ezberletilen soyut kavramlar ve formüller olmaktan çıkarılıp, öğrenciler tarafından sevilen, anlaşılan, öğrencilerin ilgisini çeken ve kendi günlük hayatları ile ilişkilendirebildikleri bir ders haline getirilmesi gerekmektedir (Türker Biber ve Yetkin Özdemir, 2015). Geleneksel matematik öğrenme ve öğretme yaklaşımları bu kapsamda öğrencilerin matematiği sevmesine yarar sağlayamamaktadır.

Araştırmalar geleneksel matematik öğrenme ve öğretme yaklaşımlarının bireylerin ihtiyaç duyduğu problem çözme, akıl yürütme gibi temel becerilerini geliştiremeyeceğini ortaya koymaktadır. Son yıllarda öğrenme-öğretme süreçleri üzerinde yapılan çalışmalar oldukça fazladır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda ortaya bazı yeni öğrenme ve öğretme yaklaşımları koyulmakta veya bazı yaklaşımların önemi vurgulanmaktadır. Günümüzde önemi vurgulanan, çağımızın gerekliliklerini karşılayan yaklaşımlardan biri de matematiksel modellemedir. Almanya, Amerika, Avustralya, Finlandiya, İsviçre, İsveç, Singapur, Türkiye ve daha birçok ülkede eğitimin her kademesinde uygulanan programlarda matematiksel modellemenin önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (NTCM, 2000).

Dünya çapında matematiksel modelleye verilen önem yapılan uluslararası sınavlardan da anlaşılmaktadır. Matematiksel modelleme PISA, TIMSS gibi sınavlarda da kendini göstermektedir. Uluslararası düzeyde yapılan PISA ve TIMSS gibi sınavların temel amacı öğrencilerin, gerçek hayattaki matematiksel sorunları tanıma, bunları problem halinde ifade etme ve bunlarla uğraşmada erişilmiş olan düzeyi değerlendirmedir (Bakırcı, 2016). PISA, TIMSS gibi sınavlardaki soruların yapısı incelendiği zaman günlük hayat problemlerine yönelik model oluşturma etkinliklerine daha yakın olduğu görülebilir (Sezen Yüksel, Sağlam Kaya, Urhan, Şefik, 2019).

Bu açıklamalara dayanarak günümüzde çoğu ülkede matematiksel modelleyeme önem verildiğini söyleyebiliriz. Dünya çapında matematiksel modellemeye verilen bu önemin yansımalarını ülkemiz matematik dersi öğretim programlarında da görmekteyiz. Türkiye’de 2005 yılında yenilenen Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı’nda

yapılan değişiklikler ile matematiksel modelleme ilk kez programın önemli öğelerinden biri haline getirilmiştir (Bukova Güzel vd., 2019). Yenilenen Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı'nda (MEB, 2018, s. 6) aşağıda belirtilen ifade modelleme becerisi ve süreçleriyle ilişkilidir.

Matematiksel yetkinlik, günlük hayatta karşılaşılan bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulamadır. Matematiksel yetkinlik, düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma beceri ve isteğini içermektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çağımızın gerekliliklerini karşılaması nedeniyle öğretimin en temel bileşenlerinden biri olan matematiksel modelleme en genel anlamıyla, günlük hayatta karşılaşılan problemlerin matematiksel olarak açıklandığı ve çözüldüğü bir süreç olarak tanımlanabilir (Bukova Güzel vd., 2019). Berry ve Houston'a (1995) göre modelleme bir süreçtir ve süreç; problemi anlama, önemli özellikleri tanımlama, varsayımlar ve sadeleştirmeler yapma, değişkenleri tanımlama, alt-modeller kullanma, değişkenler arasında ilişki kurma, denklemleri çözme, modeli yorumlama ve doğrulama, modelde geliştirmeler yapma ve sonuçları açıklama aşamalarını içerir. Bu aşamalar düşünüldüğünde matematiksel modelleme becerisini kazanan bir birey, günlük hayattaki problemlerde bu aşamaları takip ederek farklı çözüm yolları üretebilir ve okulda elde ettiği başarıyı günlük hayatına entegre ederek günlük hayatta da başarılarla ulaşabilir.

Son yıllarda matematiksel modellemenin matematik eğitimiyle bütünleştirilmesine önem verildiği gibi gelişen bilgisayar teknolojilerinin de matematik eğitimiyle bütünleştirilmesine önem verilmekte ve bu kapsamda çalışmalar yapılmaktadır (Hıdıroğlu, 2012). Gelişen bilgisayar teknolojileri, matematik öğrenme ve öğretme ortamlarında kullanılabilecek Cabri, Sketchpad, GeoGebra, simülasyonlar gibi dinamik ve etkileşimli yazılımlar olmak üzere birçok imkân sunmaktadır. Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı'nda yer alan (MEB, 2018, s. 35) “Üç boyutlu dinamik geometri yazılımlarından yararlanılabilir.” veya “Uygun bilgi ve iletişim teknolojileri ile yapılacak etkileşimli çalışmalara yer verilebilir.” gibi ifadelerden Türkiye'de de teknolojinin matematik eğitime entegrasyonuna önem verildiği sonucuna ulaşılabilir.

Başta teknoloji alanında olmak üzere hayatın her alanında yaşanan değişimler günümüzde bireylerde olması beklenen becerilerin de değişmesine sebep olmuştur. Bireyde beklenen becerileri, bireylere kazandırabilecek yaklaşımlardan biri de matematiksel modellemedir.

1.1. Problem Durumu

Günümüz şartları düşünüldüğü zaman matematiği modelleme ve problem çözmede kullanabilen bireylere ihtiyaç duyulmaktadır. Millî Eğitim Bakanlığı'nın, Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı'nda (MEB, 2018, s. 11) bu durum şu şekilde ifade edilmektedir:

Başta teknolojik gelişmeler olmak üzere hayatımızda yaşanan değişimlerin ortaya çıkardığı yeni problemlerin çözümü için; matematiğe değer veren, matematiksel düşünme gücü gelişmiş, matematiği modelleme ve problem çözmede kullanabilen bireylere her zaman olduğundan çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu ifaden de anlaşılabilceğı üzere günümüzde ihtiyaç duyulan bireylerin temel becerilerinden biri matematiksel modelleme becerisidir. Programın amaçları ve programda belirtilen “ihtiyaç duyulan bireylerde olması gereken temel beceriler” tanımı, matematiksel modelleme yaklaşımının önemini ön plana çıkarır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde öğretimin temel hedeflerine ulaşmasında temel bileşenlerden biri olduğunu gördüğümüz matematiksel modellemeye ülkemizdeki programlarda yer verilmesi ülkemizin geleceğı için son derece önemlidir (Bukova Güzel vd., 2019).

Kaiser ve Sriraman (2006) matematiksel modelleme etkinliklerini, öğrencilerin gerçek yaşam durumlarını anlamlandırdıkları, kendi matematiksel yapılarını keşfettikleri ve geliştirdikleri, belirli ilkelere dayanarak oluşturulan problem çözme etkinlikleri olarak tanımlamaktadırlar. Geleneksel problem çözme etkinlikleri, hedefi belirli yollarla verilen belirli bilgileri kullanmayı gerektirirken matematiksel model oluşturma etkinliklerinde, öğrencilerin problemin çözümü için bir model oluşturmaları ve oluşturdıkları modeli benzer yeni problemlerde de uygulayabilmeleri gerekir. Geleneksel öğrenme ve öğretme yöntemleri öğrencilerin problem çözme becerisini geliştirmede yetersiz kalmaktadır. Bu durum düşünüldüğünde matematiksel modelleme yaklaşımı özellikle önem kazanmaktadır. Matematiksel modelleme, günlük hayatta karşımıza çıkan problemleri çözmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. Matematik eğitiminde matematiksel modelleme etkinlikleri incelendiğinde öğrencilerin günlük hayatla ilişki kurabilmesini sağlayacak, günümüzün gereksinimlerine karşılık verecek ve bireylerde olması beklenen becerileri kazandırılabilcek yapıda olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin matematiği günlük hayat ile ilişki kurabilecekleri bir bağlamda deneyimlemeleri çok önemlidir. Matematik fen bilimlerinde, sosyal bilimlerde, tıp ve

ticaret gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Fen bilimlerinin süreçleri ve içeriği, öğrencilere problem çözme becerisini kazandıracak olan matematik etkinliklerinde de kullanılabilir (NTCM, 2000). Matematiksel modelleme genellikle disiplinler arası öğeler içermektedir. Matematiksel modellemede problemler başka disiplinlerden gelebilir ve matematik öğretmenleri diğer öğretmenlerle bu bağlamda iş birliği yapabilirler. Matematiksel modelleme bu özelliği sayesinde matematikte çok zengin öğrenme deneyimleri sağlayabilmektedir (Ang, 2010).

Fen bilimleri ile günlük hayat problemleri bağdaşmaktadır. Bu çalışma kapsamında fen bilimlerinin sınıflarda basınç, kaldırıcılarda denge, elektrik akımı ve hız konuları matematiksel modelleme süreçlerine dahil edilmiştir. Bu konularda kavramları etkileyen değişkenler ortaokulda öğrencilere fark ettirilmektedir ancak matematiksel bağıntılara girilmemektedir. Bu çalışma öğrencilere, gözlem yaparak edindikleri tecrübeleri kullanarak kendi modellerini kendileri oluşturabilecekleri uygun ortamlar oluşturulsa bu kavramların matematiksel bağıntı kısımlarını da ortaokul düzeyinde fark ettirilebileceğini göstermeye yardımcı olabilir. Teknoloji destekli ortamlar ise öğrencilere, gözlem yaparak tecrübe edinmelerini ve kendi modellerini oluşturmalarını sağlayacak uygun ortamları oluşturmak için oldukça elverişlidir.

Matematiksel modelleme, karmaşık gerçek hayat durumlarını matematiksel bir biçimde ifade etmeyi gerektirir. Matematiksel modelleme süreçlerinde genellikle verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanması gerekir. Ayrıca, toplanan veriler aracılığıyla matematiksel bir modele ulaşmak ve bu modeli yorumlayarak gerçek hayat durumuna aktarmak gerekmektedir. Bu sebeple matematiksel modelleme süreçleri oldukça karmaşık ve çaba gerektiren süreçlerdir. Etkileşimli simülasyonlar ise matematiksel modelleme süreçlerinde avantajlar sağlamaktadırlar. Etkileşimli simülasyonların karmaşık matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilere sağlayabileceği avantajlara bazı örnekler şunlardır:

Karmaşık gerçek hayat durumlarının modellenmesi: Gerçek hayat durumları genellikle problemin çözümünde kullanılacak olan veya olmayan çok sayıda değişkene sahip olmaktadır. Matematiksel modellerin geliştirilmesinde karşılaşılan zorluklardan bir tanesi problemin çözümünde kullanılacak olan değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri doğru bir şekilde tespit edilememesidir. Bu kapsamda etkileşimli simülasyonlar, karmaşık gerçek hayat durumlarının modellenmesi için daha uygun ortamlar oluşturabilirler; çünkü bu ortamlar öğrencilere karmaşık gerçek hayat durumlarını simüle

etme, değişkenler üzerinde değişiklikler yaparak hangi değişkenin problemin çözümü için gerekli hangi değişkenin problemin çözümü için gereksiz olduğunu ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde tespit edebilmek için imkanlar sağlamaktadır.

Geri dönütlere beklemeden kolay bir şekilde ulaşılabilmesi: Matematiksel modelleme süreçlerinde model oluşturulurken veya model test edilirken karşılaşılabilecek zorluklardan bir tanesi de geri dönüt konusudur. Etkileşimli simülasyonlar sayesinde öğrenciler hızlı ve kolay bir şekilde geri dönütlere ulaşabilir, modellerindeki hataları tespit edebilir ve bu hataları daha hızlı ve kolay bir şekilde düzeltebilirler.

Matematiksel çözümden, modelin gerçek hayat anlamına geçiş yapılması: Matematiksel modelleme süreçlerinde karşılaşılabilecek bir diğer zorluk ise oluşturulan modelin yorumlanarak gerçek hayat durumlarına aktarılmasıdır. Bu kapsamda etkileşimli simülasyonlar oluşturulan model ile gerçek hayat durumları arasındaki geçişi kolaylaştırmak için bir köprü oluşturabilir. Öğrenciler gerçek hayat durumlarını sadeleştirerek etkileşimli simülasyonlar ile gerçek hayat durumları arasındaki benzerlik ilişkisinden yararlanarak veya gerçek hayat sonuçlarına uygun sonuçlar veren simülasyonlarda gerçek hayat durumlarını deneyimleyerek oluşturulan matematiksel modeli gerçek hayata aktarabilirler.

Sonuç olarak, etkileşimli simülasyonlar karmaşık günlük hayat problemlerinin modellenmesi, geri dönütlere hızlı ve kolay bir şekilde ulaşılması veya kullanıcılara değişkenleri değiştirme gibi imkanlar sağlamasıyla matematiksel modelleme alanındaki birçok soruna çözüm sağlayabilir.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Günümüzde matematiksel modellemeye ve teknoloji destekli öğrenme ve öğretme ortamlarına önem verilmektedir. Bu iki konu kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde birbirinden bağımsız çalışmalar çoğunlukta olsa bile bu iki konu birbirinden bağımsız değildir. Matematiksel modelleme etkinliklerinde de teknolojinin sunduğu imkânlardan yararlanılabilir.

Teknoloji destekli ortamlarda yapılan matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrenciler, imkânlarının üstünde olan konular ile çalışmalar yapabilirler (Ferucci ve Carter, 2003). Bu çalışmalarda verileri kolay bir şekilde toplayarak işleyebilirler (Ang, 2010). Öğrenciler, yaptıkları çalışmalarda teknolojinin sağladığı imkânlarla işlemlere ve

denklemlere odaklanmaktan daha çok model oluşturmaya odaklanabilir ve oluşturdukları modelleri de kolaylıkla test edebilirler (Saka ve Çelik, 2018). Abramovich (2007), teknolojinin öğrencilerin düşüncelerinin inşasında, matematikte kullanılan araçların anlamlandırılmasında ve modelleme etkinliklerinin verimini artırma konusunda potansiyele sahip olduğunu söylemektedir. Lingefjärd (2000) da teknoloji destekli ortamlarda yapılan matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilerin, modeli oluşturmak için bilgisini teknolojiyle birleştirerek kullandıklarını ve teknolojinin model oluşturma aşamasında kolaylıklar sağladığını ifade etmektedir.

Teknolojik araçları kullanarak öğrenciler, şu ana kadar deneyimleyemedikleri konular hakkında akıl yürütebilir, değişkenleri hakkında yorum yapabilir, değişkenleri değiştirebilir, model oluşturabilir ve problemleri çözebilirler. Ayrıca öğrenciler teknolojiyi kullanarak matematiğin başka bir alanını daha iyi anlayabilirler (NTCM, 2000).

Baki (2002), etkileşim düzeyi yüksek olan video, animasyon veya yazılımların öğrencilere problem çözme, değişkenler arasındaki ilişkileri ve özellikleri keşfetme, değişkenleri değiştirerek ortaya çıkan sonuçları gözleme, model oluşturma gibi imkânlar sağladığını ifade etmiştir. Lingefjärd (2006) da matematiksel modellemeyi geleneksel yollarla öğretmenin zor olduğundan ve modelleme sürecinde bilgisayar simülasyonlarından yararlanılabileceğini belirtmektedir.

Sonuç olarak, etkileşimli simülasyonlar, değişkenleri değiştirme, geri dönüşlere hızlı ve kolay erişim, farklı stratejiler oluşturma, bu stratejilerin etkinliğini kontrol etme, hızlı ve hatasız işlemler yapma gibi imkanlar sunarak kullanıcılara avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlar sayesinde etkileşimli simülasyonlar, karmaşık günlük hayat problemlerinin anlaşılması, matematiksel modeller oluşturulması, bu modellerin test edilmesi ve modellerin gerçek hayata aktarılması gibi konularda karşılaşılabilecek birçok soruna çözüm sağlayabilmektedir. Ayrıca, etkileşimli simülasyonlar, öğrencilere çözüm aradıkları gerçek hayat problemlerinin benzer ortamlarını deneyimleme imkânı sunmaktadır. Tüm bunların yanında etkileşimli simülasyonlar, sunulan problemleri daha somut bir hale getirerek problemlerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerinde kullanıcılara sağladığı avantajlara rağmen, matematiksel modelleme ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde matematiksel modelleme çalışmalarının genellikle teknoloji olmayan ortamlarda gerçekleştiği görülmektedir. Teknoloji destekli ortamlarda ise etkileşimli

simülasyon ortamlarında gerçekleştirilen matematiksel modelleme ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalar genellikle etkileşimli simülasyon dışındaki yazılımların veya uygulamaların kullanıldığı ortamlarda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, öğrencilere bahsedilen uygun ortamları oluşturabilmek için etkileşimli simülasyonlardan faydalanılmıştır. Bu çalışmada özellikle etkileşimli simülasyon ortamında çarpımsal ilişkilerin modellenmesine odaklanılmıştır.

1.3. Problem Cümlesi

Bu çalışmanın amacı öğrencilerin etkileşimli simülasyon ortamındaki matematiksel modelleme süreçlerini incelemektir. Özellikle, bu çalışma ile öğrencilerin etkileşimli simülasyonları modelleme sürecinin hangi aşamasında nasıl kullandıklarına ve bu ortamın öğrencilere sağladığı imkanlar hakkındaki öğrenci görüşlerine odaklanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerin, basınç, kaldırıcılarda denge, elektrik akımı ve hız konularında belirlenen matematiksel modelleme etkinlikleri üzerinde etkileşimli simülasyonları nasıl kullandıkları ele alınmıştır. Bu amaçla aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. Öğrenciler etkileşimli simülasyonları, modelleme süreçlerinin hangi aşamalarında nasıl kullanmaktadırlar?
2. Matematiksel modelleme etkinliklerinin etkileşimli simülasyon ortamında kullanımı hakkındaki öğrenci görüşleri nelerdir?

1.4. Sınırlılıklar

Bu araştırma için aşağıda belirtilen sınırlılıkları söz konusudur:

1. Araştırma, 2022-2023 eğitim-öğretim yılında Bilecik ilinde Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı ortaokulların 7. sınıflarında okuyan katılımcılardan elde edilen veriler ile sınırlıdır.
2. Araştırma verileri, etkinlikler sırasında yapılan gözlemlere ve etkinlik sonunda yapılan görüşmelere dayanmaktadır. Araştırma verileri bu veri toplama araçları ile sınırlıdır.
3. Araştırma, sıvılarda basınç, kaldırıcılarda denge, elektrik akımı ve hız konuları ile ilgili düzenlenen etkinlikler ile sınırlıdır.
4. Araştırma, belirlenen etkileşimli simülasyonların sağladığı imkanları ile sınırlıdır.

1.5. Tanımlar

Araştırmaya konu olan etkileşimli simülasyon ortamlarındaki matematiksel modelleme etkinlikleri ile ilgili literatürde az sayıda çalışma yürütüldüğünden bu bölümde bazı önemli terimlerin tanımları aşağıda verilmiştir.

Matematiksel Model: Matematiksel model, gerçek hayatta karşılaşılan karmaşık sistemleri basitleştirerek ve düzenleyerek matematiksel dilde ifade etmektir.

Matematiksel Modelleme: Gerçek hayatta karşılaşılan bir problemin çözümünde ve benzer problemlerin çözümünde kullanılacak olan modeli geliştirme ve kullanma sürecidir. Matematiksel modelleme sürecinde amaç yalnızca matematiksel modeller oluşturmak değildir. Matematiksel modelleme süreci modeller oluşturmayı, modelleri test etmeyi, yorumlamayı ve geliştirmeyi de içerir.

Etkileşimli Simülasyon: Etkileşimli simülasyonlar, öğrencilerin, olayın değişkenlerini değiştirebildiği ve sonucu beklemeden gözlemleyebildiği bilgisayar yazılımlarıdır. Etkileşimli simülasyonlar sayesinde öğrenciler imkânlarının üstünde olan durumları kolay, ucuz ve hızlı bir şekilde deneyimleyebilir.

Matematiksel Modelleme Etkinlikleri: Matematiksel modelleme etkinlikleri, öğrencilerin kendi modellerini geliştirdikleri, yorumladıkları ve kullandıkları, matematiksel modelleme süreçlerini gerçekleştirebildikleri gerçek hayatta karşılaştıkları problemleri çözme etkinlikleridir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde matematiksel model ve modellemeye, matematiksel modelleme sürecine, matematiksel modelleme yeterliklerine ve matematiksel modelleme etkinliklerine değinilmiştir. Ayrıca etkileşimli simülasyon ortamında gerçekleşen matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi amacıyla yürütülen bu araştırmanın konusuyla ilgili literatür özetlenmiştir.

2.1. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme

Matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramlarına geçmeden önce, model ve modelleme kavramlarından ve bu kavramların arasındaki farklardan bahsedilmesi gerekmektedir. Model terimi birçok farklı anlama gelmektedir. Bu nedenle, bu kelimenin farklı anlamlarda kullanılması şaşırtıcı değildir. Örneğin, araba modelinde veya elbise modelinde olduğu gibi temsil kelimesi ile eş anlamlı olarak kullanılabilir. Veya aynı zamanda, öğrencilerin problem çözme sürecinde geliştirdikleri bir yöntem için kullanılabilir (NTCM, 2000).

Modeller karmaşık sistemleri tanımlama, açıklama ve anlamlandırma süreçlerinde zihindeki kavramsal sistemlerin farklı şekillerde dış dünyaya aktarılmış hali olarak tanımlanmaktadır. Modelleme ise, karşılaşılan bir problemle ilişkili olayları tanımlama ve açıklama sürecinde modeller oluşturma veya kullanma sürecidir. Matematiksel modeller, problemin çözümü için gerekli olan ve problemin çözümünde kullanılan araçlar, matematiksel modelleme ise matematiksel dünya ile gerçek dünya arasında ilişki kurularak gerçek dünyadaki bir problemin matematiksel olarak ifade edilmesi olarak tanımlanabilir. Matematiksel modelleme sürecinde, modeller kurularak gerçek yaşamda karşılaşılan problemlerin çözümüne ulaşılmaya çalışılır (Bukova Güzel vd., 2019).

Matematiksel modelleme yaklaşımının öncülerinden Lesh ve Doerr'e göre (2003), modeller, sistemleri tanımlamak ve açıklamak için sistemlerin fiziki ve görünen kısımlarını kullanırken matematiksel bir model, sistemlerin fiziksel özelliklerinden daha ziyade yapısal özelliklerine odaklanır.

Matematiksel model terimi, karmaşık bir durumun basitleştirilerek matematiksel olarak temsil edilmesi anlamına gelmektedir. Matematiksel modeller, bir problemi açıklamak, yorumlamak ve problemi çözmek için kullanılabilir (NTCM, 2000).

Matematiksel model, gerçek hayatta karşılaşılan durumların veya problemlerin matematiksel olarak ifade edilmesidir (Çiltaş ve Yılmaz, 2013). Matematiksel modelleme

ise, gerçek hayatta karşılaşılabilecek bir durumun veya problemin matematiğe aktarılması, matematiksel yöntemlerle incelenmesi ve karşılaşılabilecek diğer benzer durum veya problemlerde de kullanılabilecek bir model oluşturma işidir (Türker Biber ve Yetkin Özdemir, 2015). Lesh ve Doerr (2003), matematikte model oluşturma işinin, nicelleştirme, boyutlandırma, koordine etme, kategorize etme ve ilgili nesneler veya ilişkiler arasında düzenleme yapmayı içerdiğini ifade etmektedir.

Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı'nda (MEB, 2011, s. 10) matematiksel modellemenin tanımını şu şekilde ifade edilmektedir:

Matematiksel modelleme; aslında gerçek hayat problemlerinin sadeleştirilmesi, soyutlanması ya da bir matematiksel forma dönüştürülmesidir. Matematiksel modelleme, hayatın her alanındaki problemlerin doğasındaki ilişkileri çok daha kolay görebilmemizi, onları keşfedip aralarındaki ilişkileri, matematik terimleriyle ifade edebilmemizi, sınıflandırabilmemizi, genelleyeabilmemizi ve sonuç çıkarabilmemizi kolaylaştıran dinamik bir yöntemidir.

Matematiksel modelleme, gerçek hayatta bir durum ile karşılaşıldığında gerçek dünya ile matematiksel dünya arasında ilişki kurarak karşılaşılan gerçek dünya durumunu matematiksel dünyada açıklamayı gerektirir (Bukova Güzel vd., 2019). Blum ve Borromeo Ferri (2009), matematiksel modellemenin gerçek dünya ile matematiksel dünya arasındaki çift yönlü olarak gerçekleşen geçiş süreci olduğunu ifade etmektedir.

Günlük hayatta karşılaştığımız problemleri çözmek için matematiği bir araç olarak kullanırken amaçlarımızdan biri de karşılaştığımız durumu farklı yönlerden tanımlayacak ve gösterecek bir model geliştirmektir. Modeli geliştirdikten sonra bu model, durum hakkında bazı şeyleri tahmin etmek ve problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Geliştirilen model birkaç farklı problemin çözümünde de kullanılabilir (Berry ve Houston, 1995).

Matematiksel modelleme sürecinde, gerçek dünya probleminin matematiksel modeli oluşturulur. Oluşturulan matematiksel model üzerinde yapılan matematiksel çalışmalarla birtakım matematiksel sonuçlara ulaşılır. Matematiksel sonuçlar gerçek dünyaya aktararak yorumlanır ve gerçek dünya probleminin çözümüne ulaşılır. Bu süreçte matematiksel modeller, gerçek dünya problemlerinin çözümleri için gerekli matematiksel araçtır (Blum ve Borromeo Ferri, 2009).

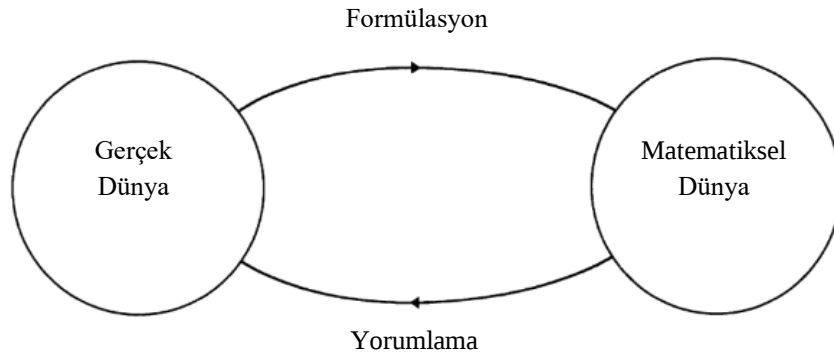
Yapılan tanımlardan ve açıklamalardan matematiksel modellemenin zihinsel bir süreç olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ayrıca yapılan tanımlara ve açıklamalara dayanarak matematiksel modellerin bu zihinsel sürecin birer ürünü olduğu söyleyebilir. Bu açıklamalardan modellemenin yapılma amacının model oluşturmak olduğu gibi bir

sonuca da ulaşılabilir ama bu çıkarım tam olarak yeterli değildir. Modelleme süreci, model oluşturulmakla birlikte, oluşturulan bu modelleri bir amaç doğrultusunda kullanmayı ve yorumlamayı da gerektirir. Yani modellemede temel amaç modeller oluşturmak değil, modeller yardımıyla karşılaşılan probleme veya duruma açıklamalar ve çözümler getirebilmektir (Bukova Güzel vd., 2019).

2.2. Matematiksel Modelleme Süreci

Bir önceki bölümde, matematiksel modelleme ile ilgili yapılan açıklamalarda, matematiksel modellemenin, model oluşturmayı ve oluşturulan modeli bir amaç doğrultusunda kullanmayı kapsayan bir süreç olduğu ifade edilmiştir. Bu bölümde ise matematiksel modelleme süreçlerine ayrıntılı olarak yer verilmektedir.

Matematiksel modelleme sürecinin en basit haliyle tanımı şu şekilde yapılabilir: Gerçek dünya durumları basitleştirilerek ve formüle edilerek matematiksel dünyaya aktarılır. Matematiksel dünyada denklem çözme veya model oluşturma gibi matematiksel işlemler yapılır. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen matematiksel sonuçların yorumlanması için de gerçek dünyaya geçiş yapılır (Berry ve Houston, 1995). Bu süreç Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Matematiksel modelleme süreci (Berry ve Houston, 1995 s. 24)

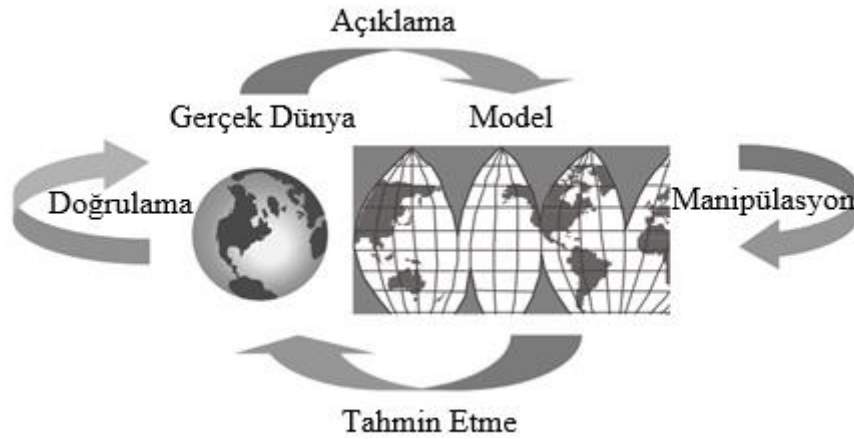
Berry ve Houston (1995), matematiksel modelleme sürecini daha ayrıntılı olarak tanımlarken aşağıdaki basamakların takip edileceğini belirtmektedir:

- Problemi anlama
- Problemin önemli özelliklerini tanımlama
- Varsayımlarda ve basitleştirmelerde bulunma
- Değişkenleri tanımlama
- Alt-modeller kurma

- Değişkenler arasındaki ilişkileri kurma
- Denklemleri çözme
- Modeli yorumlama
- Modelde geliştirmeler yapma
- Sonuçları açıklama

Lesh ve Doerr (2003), Şekil 2.2.'de verildiği gibi matematiksel modelleme döngüsünün basit haliyle 4 aşamadan oluştuğunu ifade etmektedir.

1. Aşama: Gerçek dünya durumunu matematiksel olarak açıklayarak model dünyasına geçiş
2. Aşama: Problem durumuyla alakalı varsayımlar geliştirebilmek için model ile çalışmalar yapma
3. Aşama: Elde edilen sonuçları tahmin ederek ve yorumlayarak gerçek dünyaya aktarma
4. Aşama: Tahminlerin yararlılığını doğrulama

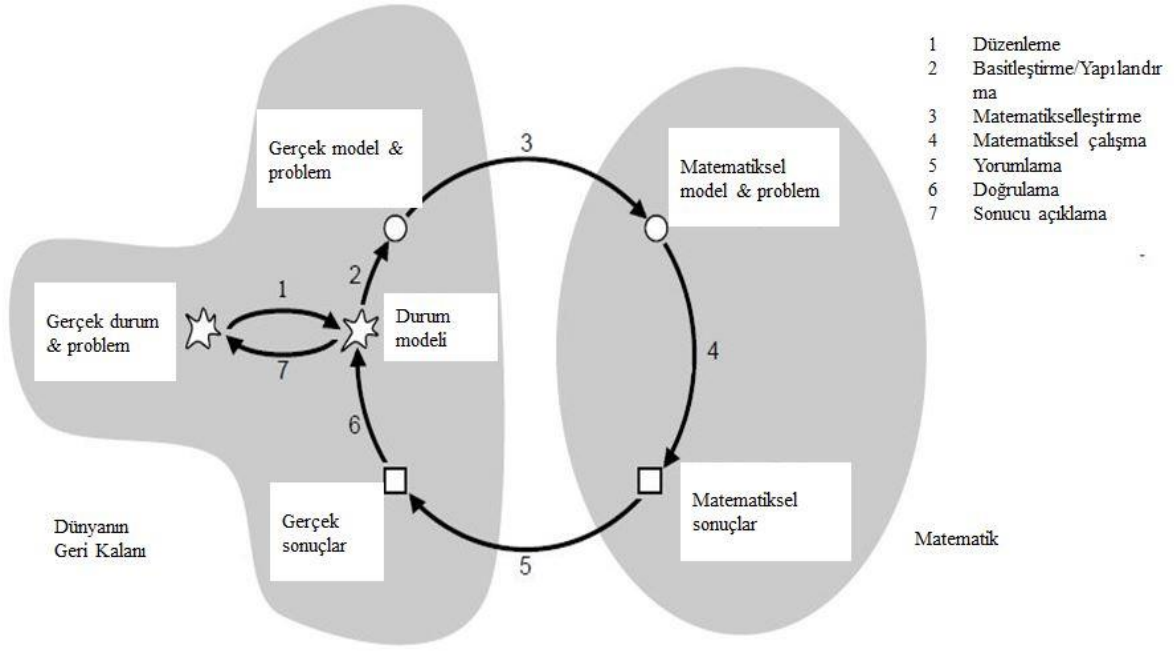


Şekil 2.2. Modelleme döngüsünün basit bir görünümü (Lesh ve Doerr, 2003, s. 17)

Modelleme döngüsü, tanımlamaların, açıklamaların ve tahminlerin modelin test edilmesinden gelen sonuçlar ile kademeli olarak düzenlenmesini veya değiştirilmesini içerir. Matematiksel modelleme sürecinde, öğrencilerin geliştirdikleri modele alternatif olarak geliştirilebilecek modelleri de düşünmesi gerekmektedir. Aksi takdirde öğrenciler geliştirdikleri ilk modelin ötesine geçemez, geliştirilebilecek diğer modellerin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendiremezler. Problem durumunun yapısı karmaşıklaştığı zaman ise bahsedilen aşamaları gerçekleştirmek için tek bir modelleme döngüsü yeterli olmayabilir.

Gerektiği durumlarda modelleme döngüsüne tekrar girmek gerekebilir (Lesh ve Doerr, 2003).

Şekil 2.3.'te Blum ve Borromeo Ferri (2009) tarafından geliştirilen modelleme döngüsü görülmektedir.



Şekil 2.3. Modelleme döngüsü (Blum ve Borromeo Ferri, 2009, s. 46)

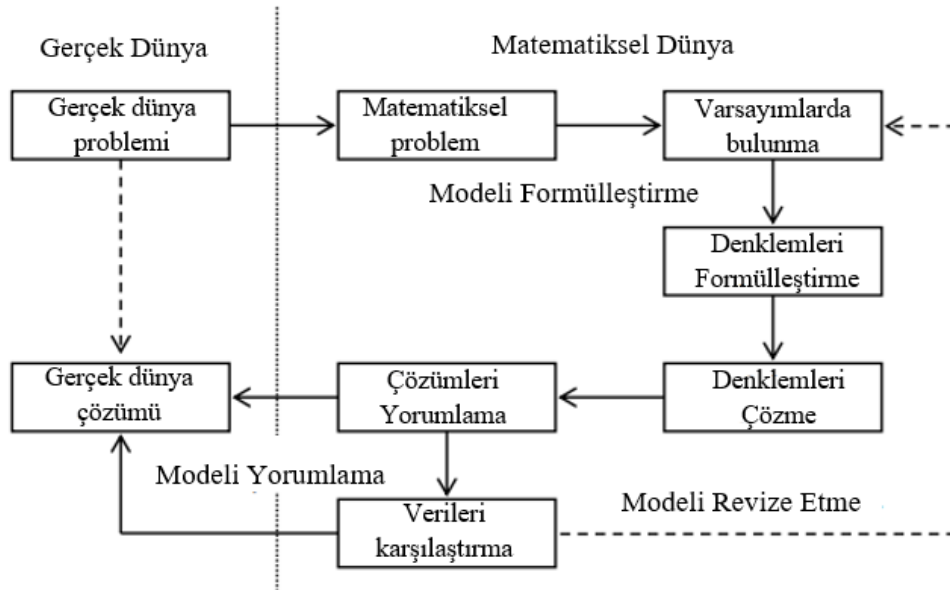
Şekil 2.3'te verilen modelleme döngüsü araştırmacı tarafından şu şekilde açıklanmaktadır: İlk olarak, karşılaşılan gerçek hayat problemi veya durumu, problemi çözen kişi tarafından anlaşılmalıdır, yani bir durum modeli oluşturulmalıdır. Daha sonra durum basitleştirilerek ve yapılandırılarak gerçek bir modele dönüşür. Özellikle bu aşamada problemi çözen kişi problemin çözümü için hangi değişkenin gerekli hangi değişkenin gereksiz olduğunu tanımlamalıdır. Matematikselleştirme, gerçek modeli, belirli denklemler içeren matematiksel bir modele dönüştürme aşamasıdır. Oluşturulan matematiksel model üzerinde hesaplamalar yapma, denklemleri çözme gibi birtakım matematiksel işlemler yapılır ve matematiksel sonuçlara ulaşılır. Ulaşılan bu matematiksel sonuçlar problemi çözen kişiye ne yapması gerektiği konusunda yol gösterir. Matematiksel sonuçlar yorumlanarak tekrar gerçek dünyaya aktarılır. Daha sonra modelin, oluşturulma amacına hizmet edip etmediği yorumlanır. Modelin hatalı olduğu veya başka gerekli durumlarda bu döngüye tekrar girilir. Döngüye tekrar girildiğinde model değiştirilebilir veya yeniden oluşturulabilir. Son olarak da sonuçlar açıklanır (Blum ve Borromeo Ferri, 2009).

Ang (2010) “Teknoloji ile Matematiksel Modellemeyi Öğretme ve Öğrenme” isimli çalışmasında modelleme sürecinin genel anlamda 3 aşamadan oluştuğunu belirtmektedir. Bu süreç Şekil 2.4.’te verilmiştir.

Ang (2010) aşamaları şöyle açıklamaktadır:

1. Aşama: Gerçek dünya problemini basitleştirerek ve değiştirerek matematiksel bir modele dönüştürme
2. Aşama: Matematiksel model üzerinde varsayımlarda bulunma veya denklemleri çözme gibi birtakım matematiksel işlemler yapma
3. Aşama: Matematiksel işlemlerden elde edilen sonuçları yorumlayarak gerçek dünyaya aktarmak olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca Ang (2010) çalışmasında matematiksel modellerin çoğunlukla karmaşık yapılara sahip olduğundan teknolojik araçların matematiksel modelleme süreçlerinde kullanılması gerektiğini söylemektedir.

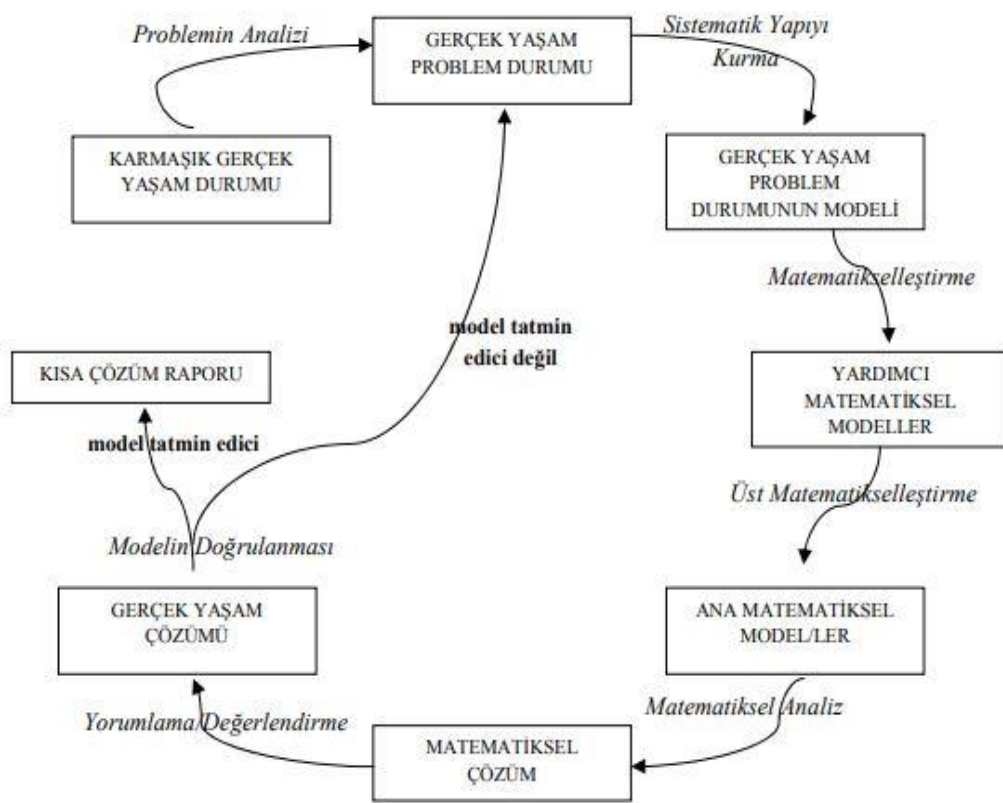


Şekil 2.4. Matematiksel modelleme süreci (Ang, 2010, s. 2)

Hıdıroğlu (2012) tarafından geliştirilen matematiksel modelleme süreci 8 temel bileşen, bu temel bileşenler arasındaki geçişi sağlayan 7 temel basamak ve 47 alt basamaktan oluşmaktadır. Süreç, karşılaşılan gerçek yaşam durumunu anlamakla başlamaktadır. Karşılaşılan durumun karmaşıklığını ortadan kaldırmak için durum ile ilgili çalışan kişiler durumun analizini yaparak durumu sadeleştirmeye çalışırlar. Böylece karmaşık olan gerçek yaşam durumunun analizi yapılmış ve problem durumu oluşturulmuş olur. Sistematiği yapıyı kurarken problemin çözümü için gerekli olan veriler ve matematiksel kavramlar belirlenir ve böylece matematiksel dünyaya geçilmiş olur.

Matematikselleştirme aşamasında, matematiksel modeller oluşturulur. Ana matematiksel modele ulaşmak için yardımcı matematiksel modeller kullanılır böylece üst matematikselleştirme gerçekleşmiş olur. Matematiksel analiz için elde edilen tüm modeller yardımıyla birtakım matematiksel işlemler yapılır ve matematiksel çözümlere ve sonuçlara ulaşılır. Elde edilen sonuçlar üzerinde yorumlama ve değerlendirme yapılarak gerçek dünyaya aktarılır. Son aşamada ise model doğrulanır. Eğer model çalışmıyorsa tekrar döngüye girilir ve değişiklikler yapılır. Süreç kısa çözüm raporu ile sonlandırılır.

Şekil 2.5.'te Hıdıroğlu (2012, s. 81) tarafından geliştirilen modelleme süreci verilmiştir.



Şekil 2.5. Hıdıroğlu (2012, s. 81) tarafından geliştirilen modelleme süreci

Matematiksel modelleme sürecine yönelik yapılan araştırmalar incelendiği zaman bazı çalışmalarda süreçler doğrusal basamaklar ile verilse de çoğunlukla geliştirilen süreçlerde basamaklar doğrusal değil, döngüsel bir yapıya sahiptir (Bukova Güzel vd., 2019, Sezen Yüksel vd., 2019).

Matematiksel modelleme sürecinde basamaklar her zaman sırasıyla gerçekleşmeyebilir. Basamaklar arasında geçişler de bulunulabilir. Bazı durumlarda

döngüye tekrar tekrar girerek modeli değiştirmek veya revize etmek gerekebilir (Bukova Güzel vd., 2019).

Öğrencilerin modelleme yapabilmeleri ve modelleme süreçlerini amaca uygun bir şekilde geçirmeleri için modelleme yeterliklerini kullanmaları gerekmektedir.

2.3. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri

Matematiksel modelleme yeterliklerini açıklamadan önce, araştırmalarda birbirlerinin yerine kullanıldığı için “yetenek”, “beceri” ve “yeterlik” kelimelerinin anlamlarındaki farklılıklara değinmek gerekmektedir. “Yetenek” kelimesi bir kimsenin doğuştan sahip olduğu, bir şeyi anlama veya yapabilme niteliği olarak, “beceri” kelimesi kişinin yeteneklerine bağlı olarak bir olayı amacına uygun bir şekilde sonuçlandırma yeteneği olarak, “yeterlik” ise yeterli olma olarak tanımlanmaktadır. Özetle yetenek bireyin doğuştan sahip olduğu güç, beceri bireyin doğuştan sahip olduğu yeteneklerinin eğitilerek bir amaç doğrultusunda kullanılması ve yeterlik ise bir işi yapmada gerekli donanımına sahip olmak olarak düşünülebilmektedir (Tekin Dede, 2015).

Modelleme yeterliklerini ise Maaß (2006), modelleme süreçlerini amaçlarına ve hedeflerine uygun olarak gerçekleştirme beceri ve yetenekleri olarak tanımlamaktadır. Maaß (2006), modelleme yeterliklerinin, belirli alt yeterlikleri içerdiği konusunda geniş bir fikir birliğinin olduğunu ifade eder. Blum ve Kaiser (1997’den aktaran Maaß., 2006) modelleme yeterliklerini alt yeterliklere bağlı olarak şöyle belirtirler:

Gerçek problemi anlama ve gerçekliğe dayalı bir model kurma yeterliği;

- Problem için varsayımlar oluşturma ve durumu daha basit bir hale getirme
- Mevcut durumu etkileyen nicelikleri ayırt etme, bunları isimlendirme ve ilgili değişkenleri belirleme
- Değişkenler arasındaki ilişkileri belirleme
- Problemden verilenlere bakarak çözümde işe yarayacak ve işe yaramayacak bilgileri ayırt etme

Gerçek modelden matematiksel model oluşturma yeterliği;

- İlgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etme
- Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme ve bunların sayılarını azaltma
- Uygun matematiksel gösterimleri kullanma ve durumları grafiksel olarak sunma

Oluşturulan matematiksel modeli çözüme yeterliği;

- Problemi parçalara ayırma, benzer problemlerle bağlantı kurma, problemi farklı bir açıdan ifade etme, nicelikleri değiştirme vb. gibi sezgisel stratejileri kullanma
- Problemi çözmek için matematiksel bilgiyi kullanma

Gerçek bir durumda matematiksel sonuçları yorumlama yeterliği;

- Matematiksel sonuçları matematiksel olmayan bağlamlarda yorumlara
- Daha özel bir durum için ulaşılan sonuçları genelleme
- Uygun matematiksel dili kullanarak ve/veya çözümler hakkında iletişim kurarak bir probleme çözümler sunma

Çözümü doğrulama yeterliği;

- Elde edilen çözümlerin eleştirel olarak analizini yapma ve kontrol etme
- Çözümler durumla uyuşmuyorsa, oluşturulan matematiksel modelin bazı kısımlarını tekrar gözden geçirme ya da modelleme sürecinden tekrar geçme
- Problemin çözümü için farklı yolları düşünme
- Genel olarak modeli sorgulama.

Bir başka çalışmada Ludwig ve Xu (2010) ise modelleme yeterliklerini altı düzeyde tanımlar:

Düzye 0: Öğrenci gerçek hayat durumunu anlamamıştır, durum ile ilgili somut herhangi bir şey çizemez veya yazamaz.

Düzye 1: Öğrenci yalnızca verilen gerçek durumu anlar, ancak verilen durumu yapılandıramaz, basitleştiremez veya herhangi bir matematiksel fikirle ilişkilendiremez.

Düzye 2: Öğrenci verilen gerçek durumu inceledikten sonra, yapılandırma ve sadeleştirme yoluyla gerçek bir model bulur, fakat bunu matematiksel bir probleme nasıl aktaracağını bilemez.

Düzye 3: Öğrenci sadece gerçek bir model bulmakla kalmaz, aynı zamanda onu uygun bir matematik problemine çevirebilir, ancak matematik dünyasında onunla açık bir şekilde çalışamaz.

Düzye 4: Öğrenci gerçek durumdan bir matematiksel bir problem çıkarabilir, matematik dünyasında bu matematik problemi ile çalışabilir ve matematiksel sonuçlara ulaşabilir.

Düzye 5: Öğrenci matematiksel modelleme sürecini deneyimleyebilir ve verilen ile ilgili bir matematiksel problemin çözümünü doğrulayabilir.

Modelleme süreçleri ve etkinlikleri üzerinde çalışmalar yaparken üst bilişsel modelleme yeterlikleri de ön plana çıkmaktadır. Üst biliş, bireyin tüm zihinsel eylemleri

hakkında sahip olduklarını kapsar. Modelleme süreçlerinde bilişsel ve üst bilişsel eylemlerin birbirlerine olan etkileri üzerine de çalışmalar yapılmaktadır (Bukova Güzel vd., 2019). Hıdıroğlu (2015), matematiksel modelleme sürecindeki üst bilişsel davranışları planlama, izleme, değerlendirme ve tahmin olarak dört boyuta, planlama boyutunda altı, izleme boyutunda dört, değerlendirme boyutunda yedi ve tahmin boyutunda beş kategoriye ayırmıştır.

Planlama boyutu;

- Amaç, imkân ve ihtiyaçların analizini yapma
- Temel büyük düşünceyi tasarlama
- Çoklu düşünce yapılarını birleştirme ve ayrıştırma
- Matematiksel teknolojik düşünceleri uzlaştırma
- Matematiksel ve gerçek yaşam düşüncelerini uzlaştırma
- Grup içi görev paylaşımı sağlama

İzleme boyutu;

- Anlık soru sorma ve sorunlara yönelik anlık düşünceler üretme
- Planı takip etme
- Plan dışı durumları ortaya koyma
- Modelleme sürecine uygun ilerleme

Değerlendirme boyutu;

- Farklı düşünceleri değerlendirme
- Planı ve planın sonuçlarını sorgulama
- Düşüncelere ilişkin kişisel/grupsal tatmin sağlama
- Farklı şekillerde ulaşılan sonuçları karşılaştırma
- İşlem hatalarını tarama
- Alternatif çözüm yolu üretme
- Yazılı raporu revize etme

Tahmin boyutu;

- Temel büyük düşüncenin ilerleyişine ve stratejik etkenlere yönelik tahminlerde bulunma
- Sonuçları uzlaştırmak için tahmin yapma
- Kararların etkilerini önceden tahmin etme
- Ulaşılamayan stratejik etkenler için tahminlerden yararlanma

- Farklı durumlardaki sonuçlara veya aynı durumdaki farklı düşüncelere ilişkin tahminlerde bulunma

Matematiksel modelleme yeterlikleri, modelleme etkinlikleriyle gelişebilir. Modelleme yeterliklerini geliştirmek için öğrencilerin, modelleme sürecinde yer alan aşamaların çoğunu kendilerinin gerçekleştirdikleri durumları deneyimlemeleri gerekir. Öğrencilerin modelleme yeterliklerini etkili bir şekilde geliştirebilmelerini sağlayabilmek için öğretmenlerin matematiksel modellemenin farklı alt süreçleri ve öğrencilerin bunlarla çalışmasını nasıl destekleyebilecekleri hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir (Blomhøj ve Kjeldsen, 2006).

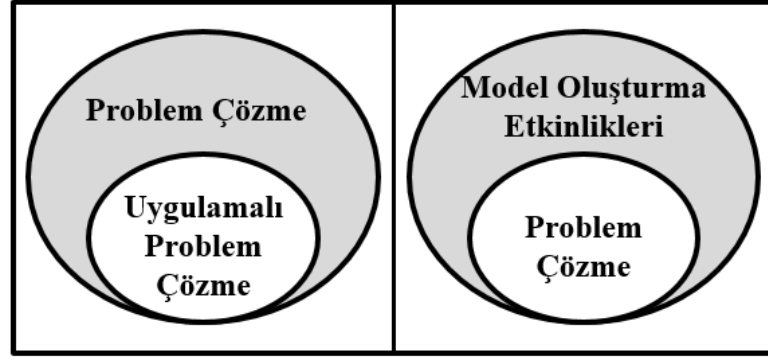
Matematiksel modelleme süreçlerinin daha etkili bir şekilde gerçekleşebilmesi ve matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilebilmesi için önceden planlanmış amaca uygun bir dizi matematiksel modelleme etkinlikleri süreç içerisinde kullanılmalıdır.

2.4. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Geleneksel problem çözmede amaç, belirli tanımlamalar ve verilenler doğrultusunda problemi çözmektir. Ancak “model oluşturma etkinlikleri (MOE)”, verilenler, hedefler ve çözüm yöntemleri hakkında farklı düşünme biçimlerine olanak sağlamakta ve öğrencileri daha üretken bir hale getirmektedir. Matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilerin tecrübelerinden çıkarım yaptıkları, kendi matematiksel modellerini geliştirip, gözden geçirerek düzenledikleri veya geliştirdikleri problem çözme etkinlikleridir (Lesh ve Doerr, 2003).

Modelleme etkinliklerinin, öğrencilerin gerçek yaşamlarında gerçekten karşılaşılabilecekleri ve anlamlandırabilecekleri durumları içermesi gerekir. Öğrencilerin anlamlandıramayacakları gerçek durum problemlerini çözmeleri öğrencilerden beklenmemelidir. Geleneksel problem çözme etkinliklerinde, genellikle karşılaşılan problemin çözümü için gerekli tüm bilgiler öğrenciye verilir. Modelleme etkinliklerinde ise çözüm için gerekli olan bilgilerin tümü öğrenciye açıkça verilmez. Bu durumda öğrenciler kendi birtakım bilgi ve deneyimlerine bağlı olarak kendi varsayımlarını oluştururlar. Varsayım oluşturma, modelleme sürecinin en önemli bileşenlerinden biridir (Bukova Güzel vd., 2019).

Şekil 2.6.’da görüldüğü gibi geleneksel problem çözme, model oluşturma etkinliklerinin içerisinde bir durum olarak ele alınabilir (Lesh ve Doerr, 2003).



Şekil 2.6. Model oluşturma etkinlikleri (Lesh ve Doerr, 2003, s. 4)

Ders veya test kitaplarındaki sorularda veya alıştırılmalarda çoğunlukla amaç başkaları tarafından tanımlanan bir durumda, başkaları tarafından belirlenen hedeflere ulaşmak için başkaları tarafından kısıtlanan yolları, kuralları, formülleri kullanmaktır. Ancak model oluşturma etkinliklerinde amaç öğrencilerin durumun matematiksel yorumunu kendileri keşfetmeleri ve durumu kendileri matematikselleştirerek bir model oluşturmalarıdır (Lesh, Hoover, Hole, Kelly ve Post, 2000).

Chamberlin'e (2002) göre model oluşturma etkinlikleri dört temel aşamadan oluşmaktadır:

- **Tanıtıcı makale:** Birinci aşamada öğrencilere okuması için bir makale verilir. Öğrencilere makale verilmesinin sebebi öğrencilere problem durumunu tanıtmak ve öğrencilerin ilgisini çekmektir.
- **Hazır oluş soruları:** İkinci aşama, öğrencilere verilen makaledeki bilgileri anlamaya yardımcı olan soruları yanıtlama etkinliklerini içermektedir.
- **Problem durumu:** Üçüncü aşama, öğrencilerin problemi çözdüğü aşama olarak kabul edilir. Bu aşama makaleden elde edilen bilgiler ile problem durumuna ilişkin modeller oluşturularak problemin çözümüne gidildiği aşamadır.
- **Çözümlerin duyurulması:** Dördüncü aşama ise çözümün duyurulduğu aşamadır. Bu aşamada öğrenciler çözümlerini duyurarak çözümler üzerinde tartışmalar yapmakta ve gerektiğinde modellerini revize etmektedirler

Tekin Dede ve Bukova Güzel (2014) alanyazından yararlanarak model oluşturma etkinliklerinin özelliklerini Şekil 2.7.'deki gibi sunmuşlardır.



Şekil 2.7. Tekin Dede ve Bukova Güzel MOE'lerin özellikleri (2014, s. 98)

Lesh vd. (2000), bir matematiksel modelleme etkinliğinin sahip olması gereken prensipleri şu şekilde ifade etmiştir:

Model Oluşturma Prensibi: Etkinlik, bireylere kendi modellerini oluşturmaya izin verecek şekilde olmalıdır. Bu model; birtakım elemanlardan, bu elemanlar arasındaki ilişkilerden, bu elemanların nasıl etkileşime girdiğini açıklayan işlemlerden ve bu ilişkileri düzenleyen kurallardan oluşmalıdır.

Gerçeklik Prensibi: Gerçeklik prensibi anlamlılık prensibi olarak da adlandırılabilir. Etkinlik gerçek veya gerçeğe yakın, bireylerin anlamlandırabileceği şekilde ve bireylerin günlük hayatlarıyla ilgili olmalıdır. “Bu durum gerçek hayatta gerçekten gerçekleşebilir mi?” sorusuna cevap verilir.

Öz Değerlendirme Prensibi: Bireyler kendi çözümlerini değerlendirip buldukları çözümler arasından en uygun olanı seçebilmelidir. Bu ilke model oluşturma etkinliklerinde özellikle önemlidir çünkü kabul edilebilir çözümler için çözümler değerlendirildiğinde tekrar modelleme döngüsü gerekebilir.

Yapı Belgelendirme Prensibi: Etkinlik, bireylerin çözüm yollarını açıkça ortaya koyacak yazılı bir belge oluşturmalarını sağlamalıdır.

Genelleme Prensibi: Oluşturulan modelin sadece modeli üreten kişi için değil herkes için geçerli ve yararlı olması gerekir. Modelin her duruma genellenebilir, benzer durumlarda yeniden kullanılabilir ve değiştirilebilir olması gerekir.

Etkili Prototip Prensibi: Oluşturulan modelin bireylerin benzer durumlarla karşılaştıklarında çözümü hatırlayıp tekrar kullanabilecek kadar basit fakat matematiksel olarak da bir o kadar önemli olması gerekir.

Lesh vd. (2000)'ne göre öğrencilerin farklı düşünme yollarını ortaya koyabilmesi, varsayımlarının doğruluğunu test edebilmeleri ve varsayımları geliştirerek durum için yararlı açıklamalar, modeller ve çözümler üretebilmeleri modelleme etkinliklerinin önemli bir özelliğidir.

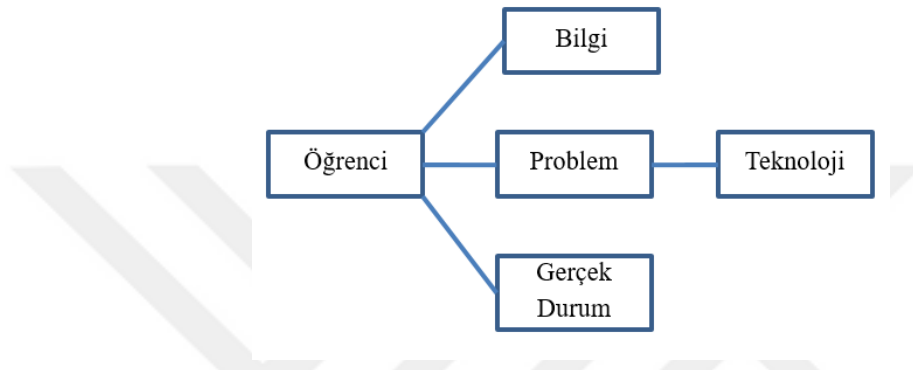
Matematiksel modelleme etkinliklerinde dikkat edilmesi gereken olmazsa olmaz denilebilecek faktörler vardır. Örneğin etkinliğin seçilmesi, uygulamanın planlanması, yapılacak çalışmalara karar verilmesi, öğrencilerin ve öğretmenin modelleme sürecindeki görevlerinin belirlenmesi bu dikkat edilmesi gereken faktörler arasında sayılabilir. Matematiksel modellemeden etkili bir şekilde yararlanmak için modelleme etkinliğinin hangi özelliklere sahip olması gerektiği konusunda özellikle dikkatli düşünülmesi gerekir (Bukova Güzel vd., 2019).

Gelişen teknoloji ile öğrenme ve öğretme süreçlerinde kullanılacak birtakım dinamik yazılımlar, uygulamalar, simülasyonlar vb. imkânlar ortaya çıkmıştır. Gelişen teknolojinin sağladığı bu imkânlardan derslerde internet ve bilgisayarlara olan erişimlerin artmasıyla daha çok faydalanılmaya başlanmıştır. Günümüzde matematik gibi soyut bir derste dinamik yazılımların, simülasyonların kullanıldığı etkinliklere daha fazla yer verilmektedir. Matematiksel modelleme süreçleri, yeterlikleri ve model oluşturma etkinliklerinin özellikleri göz önünde bulundurulduğu zaman matematiksel modelleme süreçleri teknoloji destekli ortamlarda gerçekleştirilebilir.

2.5. Matematiksel Modelleme ve Teknoloji

Günümüzde gelişen teknoloji, eğitim ve öğretimin verimliliğini artırma noktasında çok önemli bir role sahiptir. Yeni teknolojilerin eğitim ve öğretim süreçlerine destek amacıyla öğrenme ortamlarına girmesi, bilgisayar ve bilgisayar teknolojilerinin eğitim aracı olarak kullanılması yaşadığımız çağın bir gerekliliğidir (Akkağıt ve Tekin, 2012).

Lingefj rd (2000), matematiksel modelleme etkinliklerinde teknoloji kullanımı ile ilgili yaptığı çalışmasında, öğrencilerin gerçek dünya problemi anlamlandırmaya çalışırken ve problemi çözerken teknolojiyi kullandıklarını ifade etmektedir (bkz. Şekil 2.8.). Ayrıca Lingefj rd (2000)  alışmasında, öğrencilerin özellikle problemlerin karmaşıklık seviyesi arttığında, problemin çözümünde teknolojiyi araç olarak kullandığını ve bu süreçte öğrencilerin kendilerine olan güvenlerinin arttığını belirtmektedir.



Şekil 2.8. Matematiksel modellemede teknolojinin kullanımı (Lingefj rd, 2000, s. 7)

Teknoloji,  ğrencilerin matematiği daha kolay öğrenmesine yardımcı olabilir. Bilgisayar teknolojileri, öğrencilere imkanlarından daha fazlasını deneyimleme ve keşfetme imkânı sunmaktadır. Teknolojik araçlar öğrencilerin tek başına ilerleyemedikleri kısımlarda öğrencilere yardım sağlar. Ayrıca teknoloji, öğrencilerin işlem yapma veya denklem çözme gibi rutin aşamaları hızlı ve doğru şekilde bir şekilde yürütmelerini sağlayarak öğrenciye modelleme süreci için daha fazla zaman sağlar. Böylece  ğrenci rutin aşamalardan daha çok matematiksel modelleme sürecine odaklanabilmektedir (National Council of Teacher of Mathematics [NTCM], 2000).

Teknoloji destekli matematiksel modelleme süreçlerinde öğrenciler seviyelerinden daha üst düzeyde varsayımlarda bulunabilir, varsayımlarını kolaylıkla test edebilir ve yorumlayabilirler. Teknoloji destekli ortamlar alternatif modellerin test edilmesinde ve modellerden en uygun olanı belirlemede avantaj sağlamaktadır. Ayrıca teknolojinin modelleme sürecine, matematiksel dünyada elde edilen modelleri günlük yaşıam durumlarıyla karşılaştırma, modeli test etme, modeli geliştirme, modelin yapısını ve modeldeki değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamlandırma gibi konularda olumlu etkileri vardır (Aydoğan, 2017).

Teknoloji sayesinde öğrenciler modeldeki değişkenleri kolaylıkla değiştirebilir ve modeli test edebilirler. Bu durum göz önünde bulunduğunda teknoloji, öğrencilere

kendi modellerine dayalı olarak yeni bilgiler elde etme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca teknoloji günlük hayattaki durumları ve matematiksel modelleri görselleştirerek öğrencilerin modeli ve modelin içerisindeki değişkenleri daha iyi anlamlandırmalarına yardımcı olmaktadır (Lalinská ve Majherová, 2009).

Ang (2010), teknoloji destekli ortamda gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinlikleri hakkındaki çalışmada, matematiksel modellemede teknolojinin kullanımının önemli bir rol oynadığını ve matematiksel modelleme aşamalarını engelleyen bilişsel boşluğu teknolojinin doldurabileceğini ifade etmektedir. Ayrıca çalışmada, teknolojinin, bir matematiksel modelleme etkinliğinde öğretmenin yerini alması, teknolojinin sağladığı kolaylıklardan dolayı modelleme etkinliklerinin amacının gözden kaçırılmaması gerektiğini vurgulamaktadır. Ang (2010)'e göre teknolojinin model oluşturmak ve problemi çözmek için matematiksel modelleme süreçlerinde sadece bir araç olarak kullanılması gerekmektedir.

Teknoloji, öğrencilere soyut matematiksel durumlarla çalışmalar yapmak konusunda destek sağlamaktadır. Öğrenciler, matematiksel fikirlerini teknoloji sayesinde farklı açılardan değerlendirebilirler. Öğretmen ise öğrenme ortamlarında öğrencilerin matematiksel modelleme süreçlerini ve sonuçlarını teknoloji sayesinde kolaylıkla değerlendirebilir. Teknoloji sayesinde öğrenciler, laboratuvar sistemleriyle ilgili imkânlarının ötesinde olan fiziksel deneyleri kolaylıkla yapabilirler. Bilgisayar simülasyonları ile çalışmak öğrencilerin fiziksel deneyimlerini genişletmelerine ve deneyimlerini aşan durumlar hakkında fikirler geliştirmelerine imkân sağlayabilir (NTCM, 2000).

2.6. Etkileşimli Simülasyonlar

Matematiğe yönelik etkili öğrenme ortamlarının oluşturulmasında teknolojik gelişmelerden yoğun şekilde faydalanılmaktadır. Özellikle bilgisayarlara ve internete ulaşmanın daha kolay bir hale gelmesiyle birlikte bilgiye ulaşmakta zaman ve mekân sınırları kalmamış ve eğitimler çeşitli görsellerle, modellerle, yazılımlarla desteklenebilir bir yapıya dönüştürülmüştür. Matematik gibi soyut derslerde bilgisayar ortamında geliştirilen etkileşimli uygulamalar daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu gibi amaçlarla geliştirilen en etkili uygulamalar içerisinde “simülasyon” başka bir deyişle “benzetim” çalışmalarının yer aldığı belirtilebilir (Ceylan ve Saygıner, 2017).

Etkileşimli simülasyonlar, bir olayın değişkenlerinin değiştirilebildiği ve olayın kontrol edilebildiği bir uygulama olarak tanımlanabilir. Öğrenme sürecinde öğrenci aktif şekilde rol alır ve öğrenme süreci öğrencinin simülasyon ile etkileşimi sonucunda gerçekleşir (Tekdal, 2002). Simülasyonlar ile gerçek hayatta elde edilmesi zor veya mümkün olmayan bilgiler, eğitim ortamlarında ucuz ve hızlı bir şekilde elde edebilir (Uğur, 2001).

Bilgisayar simülasyonları, öğrencilere etkileşime girerek değişkenler arasındaki ilişkileri ve bunların temsil edildiği farklı yolları keşfetme imkânı sağlamaktadır. Bilgisayar simülasyonları, öğrencilerin birtakım hatalı çözüm yollarını düzeltmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca simülasyonlar öğrencilerin modeli hızlıca oluşturmaya ve gerektiğinde modelde kolayca değişiklik yapmalarına imkân sağlamaktadır. Simülasyonların sağladığı bu tür imkanlardan dolayı öğrenciler, simülasyonlar ve simülasyonlardan elde edilen bilgiler ile daha fazla çalışmalıdır (NTCM, 2000).

Geleneksel öğretim yöntemleriyle karşılaştırıldığı zaman eğitimde simülasyon kullanımının daha etkili bir yöntem olduğu yapılan araştırmalarla desteklenmektedir (Ceylan ve Saygıner, 2017). Bozkurt ve Sarıkoç (2008) yaptığı çalışmada simülasyonları kullanan grupların lehine başarı farkı olduğu, ayrıca öğrencilerin konulara karşı ilgisinin arttığının ve kendi kendilerine öğrenmelerinde büyük etkisinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Akkağıt ve Tekin (2012) yaptıkları çalışmada simülasyon ile yapılan öğretimin öğrenci başarısını geleneksel yöntemle kıyasla daha da fazla arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Gül ve Yeşilyurt (2011) ise çalışmada bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin sadece akademik başarısını arttırmadığı aynı zamanda öğrencilerin derse ilişkin tutumlarına da olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Daşdemir (2013) çalışmada teknolojiyi kullanmanın doğrudan algılanmayan olayların zihinde canlandırılmasına yardımcı olduğu ve bilgilerin daha kalıcı olmasını sağladığı sonucuna ulaşmıştır.

Akinsola (2007) araştırmasında simülasyonların kullanıldığı öğrenme ortamının öğrencilerin matematiğe yönelik tutum ve başarıları üzerindeki etkisini belirlemeye çalışmıştır. Verileri lise son sınıfındaki 147 öğrenciden toplamıştır. Çalışmadaki bulgular, simülasyonların kullanıldığı öğrenme ortamının başarıyı ve matematiğe karşı olumlu tutumu arttırdığını ortaya koymuştur.

Ajai (2013) oyunların ve simülasyonların öğrencilerin geometriye olan ilgisi ve geometrideki başarısı üzerindeki etkisi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Oyunlarla ve

simülasyonlarla çalışan öğrencilerin, oyunlar ve simülasyonlarla çalışmayan öğrencilere göre geometride daha başarılı oldukları ve geometriye daha fazla ilgi gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmanın bulgularına dayalı olarak araştırmacı, matematik öğretmenlerinin matematik kavramlarının öğretiminde her zaman ilgili oyun ve simülasyonları kullanmalarını önermiştir.

Akkağıt ve Tekin (2012), simülasyon tabanlı bir eğitim aracı geliştirmiş ve bu eğitim aracının öğrenci başarısına etkisini araştırmıştır. 10. sınıflardaki öğrencilerle gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda simülasyon tabanlı eğitim aracı ile öğretim yapılan öğrenci grubunun, daha başarılı olduğu görülmüştür.

Özmen (2020) çalışmasında çevrimiçi ve çevrimdışı ortamlarda çalışabilen, matematik dersi dönüşüm geometrisi konusu için etkileşimli bir materyal geliştirilmesi ve geliştirilen bu materyal hakkında öğretmen ve öğrenci görüşlerini belirlemeyi amaçlamıştır. 23 sekizinci sınıf öğrencisiyle gerçekleştirdiği bu çalışmanın sonucunda geliştirilen etkileşimli materyalin konuyu daha anlaşılır kıldığı ve öğrenmeyi kolaylaştırdığı sonucuna ulaşmıştır.

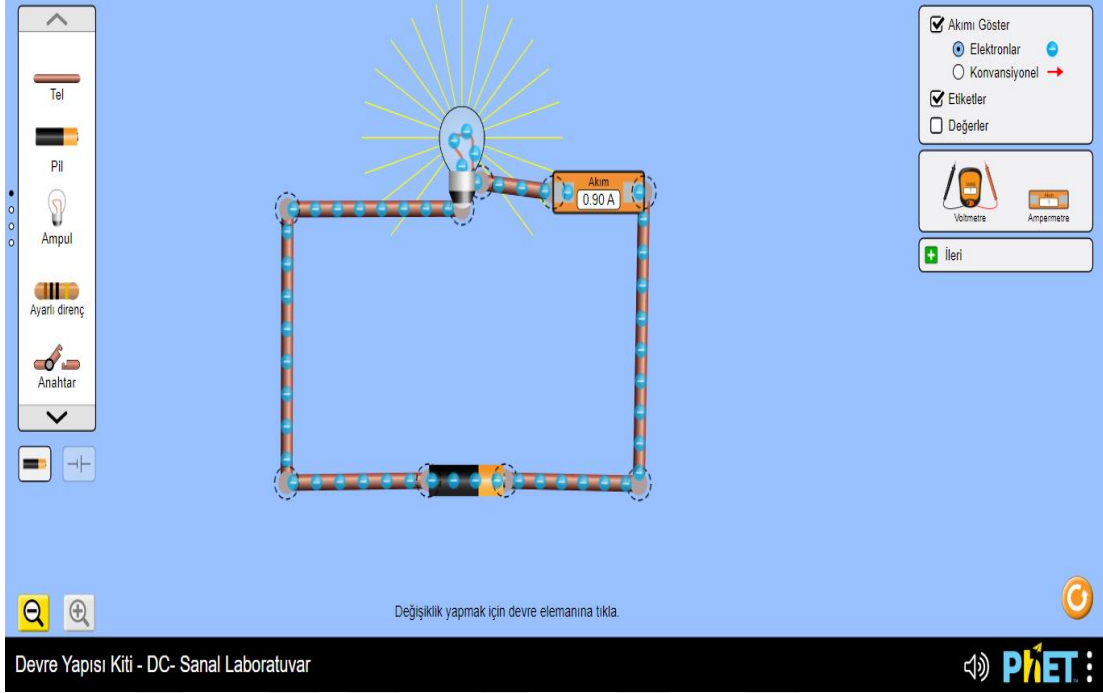
2.7. PhET Simülasyonları

PhET, 2002 yılında Colorado Boulder Üniversitesi'nde Nobel ödülü almış Carl Wieman tarafından başlatılan bir etkileşimli simülasyonlar projesidir (PhET, 2022). PhET projesi ortaokul, lise ve üniversite düzeylerinde matematik, fizik, kimya vb. gibi farklı alanlarda birçok etkileşimli simülasyonlara ücretsiz olarak erişim imkânı sağlamaktadır. Sitede bulunan etkileşimli simülasyonlar kapsamlı eğitim araştırmalarına dayanarak uzman kişiler tarafından oluşturulmaktadır.

Sitenin en büyük avantajlarından biri de sitede bulunan etkileşimli simülasyonların içeriği çok sayıda dile çevrilmiştir. Simülasyonların çoğu indirmeye gerek kalmadan web tarayıcısı üzerinden kolay bir şekilde kullanılabilir. Sitede bulunan simülasyonlar hemen hemen her cihazla uyumlu çalışabilir özelliklere sahiptir (Ceylan ve Saygıner, 2017).

Sitedeki sayısal değer ile çalışmaya izin veren etkileşimli simülasyonların gösterdiği değerler ve diğer simülasyonların mekanikleri gerçek hayata uygun bir şekilde çalışmaktadır.

Şekil 2.9.'da sitede yer alan bir etkileşimli simülasyonun ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.9. PhET etkileşimli simülasyonlarından bir görüntü

PhET etkileşimli simülasyonlarını araştırmalarda kullanabilmek için bir lisansa ücret ödemeye veya izin almaya gerek bulunmamaktadır (bkz. EK-10).

PhET etkileşimli simülasyonlarının öğrencilere grafikler, tablolar yardımıyla sayısal veriler vermesi, kullanımının kolay olması, dilinin Türkçe olması, ücretsiz olması, öğrencilere imkanlarının üzerindeki ortamları gerçek hayata uygun bir şekilde deneyimlemelerine olanak sağlaması ve diğer özellikleri göz önünde bulundurulduğunda bu araştırmada konu kapsamında PhET simülasyonlarının matematiksel modelleme sürecinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

2.8. İlgili Araştırmalar

Matematiksel modelleme süreçlerinde teknolojinin kullanımını, bu kullanımın öğrencilerin modelleme becerilerine katkısı ve teknolojinin bulunduğu ortamlarda gerçekleşen modelleme süreçlerinde yaşanan zorluklar konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde ulusal ve uluslararası literatürde yer alan önemli araştırmalar kategorize edilerek ele alınmıştır.

Teknolojinin matematiksel modelleme uygulamalarındaki rolünü ve öğrencilerin modelleme becerilerini geliştirmedeki katkısını inceleyen önemli araştırmalar şunlardır:

Hıdıroğlu ve Bukova Güzel (2016) teknoloji ile desteklenen ortamlarda matematiksel modelleme süreçlerinde sergilenen bilişsel ve üst bilişsel eylemler

arasındaki geçişleri açıklamak amacıyla bir çalışma yapmıştır. Yaptıkları çalışmada teknoloji ile desteklenen ortamların matematiksel modelleme süreçlerinde zengin bir zihinsel sürecin oluşmasına destek sağladığı görülmüştür. Katılımcıların, matematiksel modelleme problemlerinin çözücü için ortalama 85 dakikaya ihtiyaç duyduğu, fen gibi disiplinler arası bilgilerin kullanıldığı matematiksel modelleme problemlerinin çözümünde ise bu sürenin arttığı ve öğrencilerin ortalama 113 dakikaya ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Çalışmada, modelleme becerilerinin gelişimine olumlu katkı sağladığı için modelleme becerilerinin gelişiminde teknoloji kullanımının arttırılması gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca çalışmada, öğretmenlerin modelleme uygulamalarında ortaya çıkabilecek teknoloji ile ilgili durumları modelleme uygulamasına başlamadan önce planlaması gerektiği belirtilmektedir.

Ang (2010) çalışmasında, teknolojinin matematiği daha erişilebilir hale getirdiğini ifade etmektedir. Ang (2010)'e göre matematiksel modelleme etkinliklerinde gerçek hayat problemlerinden elde edilen verilerin toplanması ve işlenmesi gibi modelleme süreçlerinde teknolojiyi kullanmak, bu süreçlerin gerçekleştirilmesinde yaşı küçük öğrenciler için bile büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca Ang (2010) bir matematiksel modelleme etkinliğinde, karmaşık işlemler ve denklemlerle uğraşmak yerine, modelleme sürecine ve yapılan etkinliğe odaklanmayı sağlamak için teknolojinin kullanılabilir bir araç olduğunu ifade etmektedir. Çalışmada, matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilerin, tecrübe ve bilgilerinden daha fazlasını yapabilmesine yardımcı olabilmek için teknolojinin kullanılabilir olduğu belirtilmektedir. Bu tür sebeplere dayanarak Ang (2010) çalışmasında teknoloji kullanımının matematiksel modellemede önemli bir rol üstlendiğinden bahsetmektedir.

Yenmez (2017), matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl gerçekleştiğini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada teknolojinin farklı stratejilerdeki etkenleri test etmede ve doğru etkenleri belirlemede kolaylık sağladığını belirtmektedir. Teknoloji destekli ortamda, oluşturulabilecek en uygun model için yeni yaklaşımların sunulduğu, test edildiği ve uygun yaklaşımların belirlenmeye çalışıldığı ifade edilmiştir. Teknoloji destekli ortamda, elde edilen matematiksel sonuçlar teknolojinin yardımıyla günlük hayattaki gerçek durumlarla karşılaştırılabilir ve elde edilen matematiksel sonuçlar günlük hayatla daha kolay bir şekilde bütünleştirilebilir. Ancak bu durum teknoloji ile desteklenmeyen ortamda gerçekleştirilememiştir. Elde edilen veriler tatmin edici olmadığı durumda

teknoloji kullanılmayan ortamda modelleme sürecine tekrar girmek zor olurken teknoloji kullanılan ortamlarda modelleme süreci kolaylıkla yeniden başlatılabilmektedir. Araştırmada bahsedilen açıklamalardan yola çıkılarak modelleme sürecinde teknolojinin, veriler arasında ilişki kurulmasında ve anlamlandırılmasında, elde edilen matematiksel sonuçların günlük hayat ile bütünleştirilmesinde ve süreçlerin gerektiğinde kolay bir şekilde tekrarlanmasında önemli bir role sahip olduğu söylenmiştir.

Ferucci ve Carter (2003) yaptıkları çalışmada, teknoloji destekli ortamların matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilere, yeteneklerinin ve tecrübelerinin üstünde olan konular ile çalışma ve bu konularda model oluşturma imkânı sağladığını ifade etmektedir. Ferucci ve Carter (2003)'e göre teknoloji, matematiksel durumların öğrencilere formal matematik ile tanışmadan önce tanıtılmasına, matematiksel bağlantıları kolay bir şekilde kurmalarına ve öğrencilerin fikir ve çözümlerini farklı yollarla iletmelerine yardımcı olmaktadır.

Saka ve Çelik (2018)'in yaptıkları çalışma sonucunda teknoloji destekli ortamların matematiksel modelleme sürecini desteklemeye ve kolaylaştırmaya yönelik “farklı çözüm stratejilerine olanak sağlayıcı”, “hızlı ve hatasız hesap yapma” veya “oluşturulan modeli test etme” gibi birçok olumlu rolü olduğu görülmüştür.

Karal vd. (2010) öğrencilerin simülasyon ortamı ile etkileşime girerek, problemleri anlamlandırmalarını kolaylaştırıp problem çözme becerilerini geliştirme amacıyla bir çalışma yapmıştır. Amaç doğrultusunda belirlenen problem türlerine ilişkin değiştirilebilir bir web tabanlı simülasyon ortamı tasarlanmıştır. Araştırma 2 farklı sekizinci sınıfta toplam 44 öğrenci üzerinde uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda simülasyon ortamını içeren öğrenme ortamını kullanan gruptaki öğrencilerin, problemlerin anlamlandırılması ve çözümünde geleneksel yöntemi kullanan öğrencilerden daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Uygulamalardan sonra yaptıkları mülakatlarda ise simülasyon ortamlarının öğrencilerin, problemi anlamlandırma sürecinde yaşadığı zorlukların giderilmesinde ve problemlere karşı var olan ön yargıların aşılmasında öğrencilere yarar sağladığı görülmüştür. Ayrıca problem çözme konusunda kendilerine olan güvenlerinin ve motivasyonlarının arttığını belirlemişlerdir. Çalışmada motivasyonu ve güveni artan öğrencilerin, problemi anlamlandırma sürecinde verilenleri ve istenenleri belirleme ve bunlar arasındaki ilişkiyi kurma yoluna gittiklerinden bahsedilmektedir.

Teknolojinin bulunduğu ortamlarda gerçekleştirilen matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin karşılaşılabileceği zorlukları ve bu zorlukların çözümünde teknolojinin yerini inceleyen önemli araştırmalar şunlardır:

Lingefjård (2000) öğrencilerin matematiksel modelleme süreçlerinde yaşadığı zorlukları tespit edebilmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmada modelleme etkinlikleri teknoloji bulunan ortamlarda gerçekleştirilmiştir. Lingefjård bu çalışmasında öğrencilerin teknolojiyi, gerçek dünya problemlerini anlamlandırmaya çalışırken ve problemi çözerken kullandığını belirtmektedir. Ayrıca Lingefjård çalışmasında, öğrencilerin problemler zorlaştıkça teknolojiyi bir araç olarak problemin çözüm süreçlerinde daha fazla kullandıklarını ve teknolojinin bu süreçte öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini olumlu bir şekilde etkilediğini ifade etmektedir. Tüm bunların yanında çalışmada teknoloji destekli ortamlarda gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilerin, bilgisini teknolojiyle birleştirerek modeli oluşturmaya çalıştığından ve teknolojinin model oluşturma aşamasında kolaylıklar sağladığından bahsedilmektedir.

Galbraith ve Stillman (2006), teknolojinin bulunduğu ortamlarda matematiksel modelleme etkinlikleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu araştırmanın amacı öğrencilerin matematiksel modelleme sürecindeki aşamalar arasındaki geçişlerde yaşadığı zorluklar için bir çerçeve oluşturmaktır. Araştırma ortaokul düzeyinde (14-15 yaşındaki) ilk kez modelleme deneyimlerini yaşayan öğrenciler ile gerçekleştirilmiştir. Galbraith ve Stillman (2006) araştırmalarında öğrencilerin yaşayabilecekleri zorluklar aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

Karmaşık Gerçek Dünya Durumundan Gerçek Dünya Problem Durumuna Geçiş Aşaması:

- Problem durumunu açıklama
- Basitleştirilmiş varsayımlarda bulunma
- Stratejik etkenleri tanımlama
- Stratejik etkenlerin doğru elemanlarını belirlemek

Gerçek Yaşam Durumundan Matematiksel Modele Geçiş:

- Cebirsel modele dahil edilecek olan bağımlı ve bağımsız değişkenleri belirleme
- Dahil edilecek değişkenlerin özellikle tanımlanması
- Formüllerin kullanılabilmesi için elemanları matematiksel olarak temsil etme
- Bağlantılı varsayımlarda bulunma

- Hesaplama yapabilmek için uygun olan matematiksel tabloyu ve teknolojiyi seçme
- Formülü farklı durumlarda da kullanabilmek için uygun tekniği seçme
- Modelin grafiksel gösterimini seçmek için uygun teknolojiyi seçme
- Cebirsel denklemi doğrulamak için teknolojiyi kullanmayı seçme
- Bir grafiği algılama, cebirsel bir denklemi doğrulamak adına fonksiyon grafiklerinde kullanılabilir; fakat veri çizicilerinde kullanılamaz.

Matematiksel Modelden Matematiksel Çözüme Geçiş:

- Uygun formülü uygulama
- Daha karmaşık fonksiyon elde edebilmek için sembolik formülleri kullanarak cebirsel basitleştirme sürecinde bulunma
- Hesaplamayı yapmak için matematiksel tabloları veya teknolojiyi kullanma
- Çoklu durumlara göre fonksiyon işlevselliği otomatik olarak sağlamak için uygun teknolojiyi kullanma
- Grafiksel gösterimi üretmek için teknolojiyi kullanma
- Matematiksel veya teknolojik notasyonları doğru bir şekilde kullanma
- Teknolojiyi kullanarak cebirsel modeli doğrulama
- Çözümlerin yorumlanmasına olanak sağlayan alternatif sonuçlar elde etme

Matematiksel Çözümünden Modelin Gerçek Yaşam Anlamına Geçiş:

- Matematiksel sonuçları gerçek yaşamdaki benzerleriyle tanımlama
- Geçici ve nihai matematiksel sonuçları gerçek yaşam durumu açısından bağlamsallaştırma
- Yorumları doğrulamak için tartışmaları bütünleştirme
- Yeni bir yorumu destekleyen sonuçların üretilebilmesi için önceki sınırlandırmaların gevşetilmesi
- Yorumlayıcı bir soru yöneltmeden önce matematiği dahil etme ihtiyacının farkında olmak

Modelin Gerçek Yaşam Anlamında Modelin Revize Edilmesi veya Çözümün Kabul Edilmesine Geçiş:

- Beklenmedik ara sonuçlarla gerçek durumu bağdaştırma
- Matematiksel sonuçların gerçek yaşam sonuçlarını dikkate alma
- Problemin matematiksel ve gerçek dünya yönlerini uzlaştırma

- Geçerli bir çözüm için kabul edilebilir kısıtlamaların gevşetilmesinin bir sınırının olduğunun farkına varma
- Modelin ayrıntılı sonuçlarının gerçek dünya yeterliliğini göz önünde bulundurma

Özetlemek gerekirse literatür incelendiğinde matematiksel modelleme süreçlerinde gerçek hayat probleminin anlaşılması, probleme ait verilerin toplanması, bu verilerin analizinin yapılarak matematiksel dünyaya aktarılması, gerçek hayat probleminin çözümü için model oluşturulması, bu modelin test edilmesi ve modelin gerçek hayata aktarılması gibi konularda teknolojinin çok önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra teknoloji destekli ortamlarda gerçekleştirilen matematiksel modelleme süreçlerinin öğrencilere yetenek ve tecrübelerin üstünde çalışmalar yapma, farklı stratejileri düşünerek bu stratejilerin işlerliğini kontrol etme ve hızlı ve hatasız işlemler yapma gibi imkanlar sunmaktadır. Literatüre bakıldığında genellikle etkileşimli simülasyonlardan farklı eğitim teknolojileri ile desteklenen matematiksel modelleme süreçlerinin incelendiği görülmüştür. Bunun yanı sıra etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerine etkisini inceleyen çok az sayıda araştırmaya rastlanmıştır. Dolayısıyla bu araştırmanın etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerine etkisi konusundaki boşluğu doldurabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber bu araştırma son yıllarda önem kazanan yeni yaklaşımlar doğrultusunda matematiksel modelleme süreçlerine farklı bir bakış açısı kazandırabilecek niteliktedir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırma deseni, katılımcılar, araştırmada kullanılan veri toplama araçları, veri toplama süreci ve elde edilen verilerin analizine yönelik detaylı açıklamalar yer almaktadır.

3.1. Araştırma Deseni

Etkileşimli simülasyon ortamında ortaokul öğrencilerinin (7. sınıf) matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi amacıyla yapılan bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır.

Durum çalışmasında bir birey, bir grup veya bir ortam üzerinde incelemeler yapılabilir. Durum çalışmasındaki amaç bir duruma ilişkin incelemeler yaparak ortaya sonuçlar koymaktır. Nitel araştırma desenlerinden durum çalışmasının en temel özelliklerinden biri, durumun veya durumların derinlemesine incelenmesidir. Duruma ilişkin ortam, olaylar, süreçler vb. etkenlerin durumu nasıl etkilediği veya durumdan nasıl etkilendiği üzerine odaklanılır. (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

Durum çalışması, sınırlandırılmış bir ortamın nasıl işlediği hakkında bilgi toplamak için o durumun derinlemesine incelenmesini içeren bir yaklaşımdır. Durum çalışmasında birden fazla veri toplama aracı (görüşme, gözlem ve doküman incelemesi) kullanılabilir. Durum çalışmasında, duruma ilişkin etkenlerin durumu nasıl etkiledikleri veya durumdan nasıl etkilendikleri incelenir (Chmiliar, 2010). Creswell (2007'den aktaran Subaşı ve Okumuş, 2017) ise durum çalışmasını durumun birden fazla veri toplama aracı ile belirli bir zaman aralığında derinlemesine incelendiği nitel bir araştırma yaklaşımı olarak tanımlamaktadır.

Yıldırım ve Şimşek (2016)'e göre durum çalışmasında izlenmesi gereken aşamalar sekiz ana başlığa ayrılmaktadır.

1. Araştırma problemlerinin belirlenmesi
2. Araştırmanın alt problemlerinin belirlenmesi
3. Analiz biriminin saptanması
4. Üzerinde araştırmanın yapılacağı durumun belirlenmesi
5. Araştırmanın yapılacağı örneklemin oluşturulması
6. Verilerin toplanması ve verilerin alt problemlerle ilişkisinin kurulması
7. Verilerin analizi ve yorumlanması
8. Durum çalışmanın raporlaştırılması

Yin (1984)'e göre dört çeşit durum çalışması deseni vardır (bkz. Şekil 3.1.).

1. Bütüncül tek durum deseni: Tek bir birey, bir grup, bir ortam vb. analiz birimi vardır. Var olan iyi formüle edilmiş bir kuramın doğru olduğunu veya hatalı olduğunu göstermek amacıyla, genele uymayan kendine özgü durumların üzerinde çalışırken veya daha önce üzerinde çalışılmamış bir durum üzerinde çalışırken kullanılabilir.
2. İç içe geçmiş tek durum deseni: İncelenecek olan durum içinde birden fazla analiz birimi vardır. Örneğin bir okulu araştırmak isteyen bir araştırmacı, okulu bir bütün olarak değil okulun içindeki zümreleri araştıracağı durumda kullanılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016).
3. Bütüncül çoklu durum deseni: Birden fazla durumun incelendiği tek bir analiz birimi vardır. Her bir durum kendi içinde derinlemesine ele alınır ve daha sonra birbirleriyle karşılaştırılır.
4. İç içe geçmiş çoklu durum deseni: Birden fazla durumun incelendiği birden fazla analiz birimi vardır. Örneğin, zümrelerin ne kadar etkili çalıştığını araştırmak isteyen bir araştırmacı için analiz birimi, her okuldan seçeceği farklı zümreler olacaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

	Tek Durum	Çoklu Durum
Bütüncül (tek analiz birimi)	Bütüncül tek durum deseni	Bütüncül çoklu durum deseni
İç içe geçmiş (çoklu analiz birimleri)	İç içe geçmiş tek durum deseni	İç içe geçmiş çoklu durum deseni

Şekil 3.1. Durum çalışması çeşitleri

Bu araştırmada etkileşimli simülasyon ortamlarında matematiksel modelleme süreçlerinin model oluşturma ve problemi çözme süreçleri kendi doğal akışı içerisinde derinlemesine incelenmek istenildiğinden nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada matematiksel modelleme süreçlerinde teknolojinin hangi aşamada nasıl kullanıldığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda dört farklı modelleme etkinliği ve etkinliklerde kullanmak üzere dört farklı etkileşimli simülasyon belirlenmiştir. Etkinlikler katılımcılarla gerçekleştirildikten sonra her bir etkinlik kendi içerisinde derinlemesine incelenmiş ve daha sonra diğer etkinliklerdeki süreçler ile

karşılaştırılmıştır. Bu sebeple durum çalışması desenlerinden ise bütüncül çoklu durum deseni kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

3.2. Katılımcılar

Araştırmaya dahil edilen katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Bu örnekleme yönteminde temel anlayış önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan durumlara odaklanılmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Bu çalışma kapsamında iki temel ölçüt belirlenmiştir. Birincisi; katılımcıların Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersini almış veya alıyor olması; ikincisi Fen Bilimleri dersinde basit makineler (kaldıraç), elektrik ve sıvı basıncı konularını henüz görmemiş olmasıdır. Bu kapsamda katılımcıların ortaokul 7. sınıf öğrencileri arasından seçilmesi uygun görülmüştür.

Bu çalışma 2022-2023 Eğitim-Öğretim yılında Türkiye'nin Bilecik ilinin Bozüyük ilçesindeki 2 farklı devlet okulunda eğitimine devam eden 4 ortaokul 7. sınıf öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin ikisi Necatibey Ortaokulu'ndan, diğer ikisi ise Meliha Ercan Ortaokulu'ndan seçilmiştir. Katılımcılar, aynı okullardan olanlar bir grup olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Araştırma etiği çerçevesinde katılımcıların gerçek isimleri gizli tutulmuş, kod isimleri kullanılmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın amacı doğrultusunda veriler birden fazla veri toplama yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Nitel çalışmalarda birden fazla veri toplama yöntemi kullanılarak birbirini doğrulayan zengin veri çeşitliliğine ulaşılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Bu araştırmanın veri toplama araçları; katılımcıların matematiksel modelleme etkinlikleri hakkındaki görüşlerine dair gerçekleştirilen görüşmeler, matematiksel modelleme problemlerinin çözüm sürecinde gerçekleştirilen görüşmeler, matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinde araştırmacı tarafından yapılan gözlemler, matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerini içeren ses ve ekran kayıtları ve katılımcıların matematiksel modelleme problemlerinin çözümlerini içeren dokümanlardır.

3.3.1. Gözlem

Gözlem formu, araştırmacı tarafından belirlenmiştir (bkz. EK-5). Araştırma kapsamında yapılan gözlemin amacı katılımcıların matematiksel modelleme süreçlerine nasıl dahil olduklarını anlamak ve modelleme süreçleri kapsamında daha detaylı notlar almaktır.

3.3.1.1. Araştırmacının rolü

Araştırmanın amacı doğrultusunda araştırmacı, etkinliklerin gerçekleştiği doğal ortama katılmıştır. Davranışın gerçekleştiği doğal ortamlarda, araştırmacının ortama katılarak gözlem yapabilmesi için araştırmacının katılımcı gözlemci olması gerekmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

Araştırmacı öğretmen ve katılımcı gözlemci rolünde yapılan modelleme etkinliklerinde katılımcılara, düşüncelerine ilişkin sorular yönelterek katılımcıların bilişsel süreçlerini yakından gözlemeye çalışmış ve notlar almıştır.

3.3.2. Yarı yapılandırılmış görüşme

Yarı yapılandırılmış görüşme, nitel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan, araştırmacının önceden belirlemiş olduğu soruları veya görüşme esnasındaki etkileşimlere göre belirlediği sorulardan farklı olarak yeni sorular sorduğu bir veri toplama yöntemidir (DiCicco-Bloom ve Crabtree, 2006). Görüşmeci, görüşme sırasında sorunların yapısında veya sırasında değişikliğe gidebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Yarı yapılandırılmış görüşmeler bir kişi ile gerçekleştirilebileceği gibi grup şeklinde de gerçekleştirilebilir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerde araştırmacı katılımcıların verdiği bilgilere odaklanarak katılımcıların görüşlerini derinlemesine inceleme fırsatı bulur (Güler, Halıcıoğlu ve Taşkın, 2015).

Görüşme soruları çalışmanın amacı doğrultusunda araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Çalışma kapsamında görüşmeler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamadaki görüşmeler matematiksel modelleme süreci içerisinde gerçekleşmiştir. Bu görüşmelerin amacı katılımcıların problemin çözümündeki bilişsel süreçlerini ve etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerinde hangi aşamada nasıl kullanıldığını incelemektir (bkz. EK-6). İkinci aşamadaki görüşmeler ise çalışma sonunda gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerin amacı katılımcıların matematiksel modelleme etkinlikleri ve bu etkinliklerde etkileşimli simülasyonların kullanılması hakkındaki

görüşlerini incelemektir (bkz. EK-7). İki aşamalı olarak gerçekleştirilen görüşmelerin amaçlarından bir tanesi de gözlem yoluyla elde edilen verilerin doğruluğunu değerlendirmektir. Görüşmeler etkinlikleri yapan gruplar ile aynı olacak şekilde ikişer kişilik gruplar halinde yapılmıştır.

3.3.3. Doküman incelemesi

Dokümanlar, nitel araştırmalarda kullanılabilecek önemli bilgi kaynaklarıdır. Dokümanlar sadece yazılı kaynaklar değildir. Video veya fotoğraf gibi kaynaklarda doküman türüdür ve bunlarda nitel araştırmalarda kullanılabilir. Doküman incelemesi, araştırılması planlanan durumlar hakkında bilgi içeren kaynakların analizini kapsar. Nitel araştırmalarda doküman incelemesi, gözlem ve görüşme gibi diğer veri toplama araçlarıyla birlikte kullanıldığı zaman verilerin teyit edilmesine ve verilerin zenginleştirilmesine hizmet edebilir. Ayrıca diğer veri toplama araçlarıyla birlikte kullanıldığı zaman araştırmanın geçerliğini önemli ölçüde arttıracaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

Bu çalışmada doküman incelemesinde katılımcıların matematiksel modelleme problemlerinin çözümlerini içeren kağıtlardan yararlanılmıştır. Doküman incelemesindeki amaç katılımcıların modeli oluşturma ve problemleri çözüm süreçlerini derinlemesine incelemektir.

Araştırmada kullanılmak üzere literatürdeki örnek problemler incelenerek kazanımlara ve amaca uygun bir şekilde 4 matematiksel modelleme problemi araştırmacılar tarafından tasarlanmıştır. Problemler tasarlanırken;

- dilinin açık ve anlaşılır olmasına,
- katılımcıların seviyelerine uygun olmasına,
- farklı düşünme yollarını imkan vermesine,
- problemin çözüm aşamasında grup içi işbirliğin yapılabilmesine imkan vermesine,
- çözüm için gerekli teknolojiye yararlanabilir olmasına,
- problemin gerçek hayata uyumlu olmasına,
- birden fazla disiplin ile alakalı zengin bir çözüm sürecinin olmasına,
- katılımcıların matematiksel bağlantıları keşfetmelerine imkan vermesine,
- katılımcıların kendi modellerini oluşturmalarına izin veren problemler olmasına çalışılmıştır.

Tasarlanan problemlerdeki anlaşılmayan noktaların ve çözümündeki eksiklerin giderilmesi için katılımcılara uygulanmadan önce problemler matematik eğitimi alanında yüksek lisans yapan bir lisansüstü öğrencisine gösterilmiş ve geri dönütler dikkate alınarak problemlerde düzeltmeler yapılmıştır.

3.4. Araştırmanın Uygulanışı ve Verilerin Toplanması

Araştırmanın uygulanması aşamasında katılımcılar ile iki kişilik gruplar oluşturulmuştur. Grupların oluşturulmasında katılımcıların istekleri dikkate alınmıştır. Belirlenen etkileşimli simülasyonların tamamı ile bütün katılımcı grupları çalışmalar yapmıştır.

Yapılan çalışmalarda ilk olarak katılımcılar ile modelleme probleminde kullanılacak olan modelleri geliştirebilmek için belirlenen etkileşimli simülasyonlar üzerinde önceden planlanmış birtakım etkinlikler yapılmıştır. Etkinliklere başlamadan önce katılımcılara kullanılacak olan etkileşimli simülasyonun kullanımı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Etkileşimli simülasyonun kullanımı hakkında bilgiler verildikten sonra etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar etkileşimli simülasyonu kullanarak kendi modellerini geliştirdikten sonra geliştirdikleri modeli ve etkileşimli simülasyonda edindikleri tecrübeleri kullanarak çözmeleri gereken modelleme probleminin çözümü aşamasına geçilmiştir.

Etkinliklerin uygulanması sürecinde ve etkinlikler bittikten sonra yapılan görüşmelerle veriler toplanmıştır. Gözlem ile elde edilen verileri daha ayrıntılı hale getirebilmek ve verilerin analizini yaparken derinlemesine tekrar tekrar inceleyebilmek için modelleme probleminin çözüm aşamaları ve etkinliklerin uygulanma süreçlerinin ekran kaydı alınmıştır. Ayrıca araştırmacı, katılımcı gözlemci rolünde katılımcıların bilişsel düzeylerini yakından gözlemlemeye çalışmış ve notlar tutmuştur. Etkinlik boyunca katılımcılardan önemli olduğunu düşündükleri noktaları ve elde ettikleri verileri not etmeleri istenmiştir. Etkinlikler bittikten sonra katılımcılardan, problemlerin çözümleri için kullandıkları kağıtlar ve aldıkları notlar istenmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Araştırma, katılımcıların etkileşimli simülasyon ortamındaki süreçlerinin araştırma öncesinde belirlenen kriterler doğrultusunda incelenmesine dayandığı için elde edilen veriler betimsel analiz kullanılarak çözümlenmiştir.

Betimsel analiz yaklaşımına göre toplanan veriler önceden belirlenmiş temalara göre düzenlenir, özetlenir ve yorumlanır. Betimsel analiz yaklaşımında elde edilen bulguları daha net bir şekilde belirtmek için sık sık doğrudan alıntılara yer verilir. Toplanan veriler sistematik ve açık bir şekilde betimlenir. Bulgular arasında neden-sonuç ilişkisi kurularak okuyucuya sunulur. Betimsel analiz dört aşamadan oluşmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

1. **Betimsel analiz için tematik çerçeve oluşturma:** Araştırma sorularından ve veri toplama araçlarındaki boyutlardan yola çıkarak veri analizi için tematik bir çerçeve oluşturulur. Tematik çerçevenin önceden belirlenmediği durumlarda betimsel analiz yaklaşımını kullanmak zorlaşmaktadır.
2. **Tematik çerçeveye göre verilen işlenmesi:** Bu aşamada oluşturulan tematik çerçeveye göre toplanan veriler düzenlenir. Araştırma için yararlı olmayan bazı veriler dışarıda kalabilir.
3. **Bulguların tanımlanması:** Önceki aşamalarda düzenlemiş olan veriler tanımlanır ve yapılan doğrudan alıntılar ile desteklenir.
4. **Bulguların yorumlanması:** Tanımlanan bulguların yorumlanması ve açıklanması bu aşamada yapılır.

Bu araştırmada toplanan verilerin düzenlenerek işlenebilmesi için araştırma sorularına, araştırmanın kavramsal çerçevesine ve veri toplama araçlarındaki boyutlara dayanarak bir tematik çerçeve belirlenmiştir. Tematik çerçeve belirlendikten sonra veriler belirlenen tematik çerçeveye göre düzenlenmiştir. Bu aşamada araştırmanın amacına uygun olan ve olmayan veriler belirlenmiştir. Amaca uygun olmayan veya önemsiz olan veriler araştırmanın dışarısında bırakılmıştır. Daha sonra araştırmanın amacına uygun olan veriler çözümlenmiş ve yorumlanmıştır.

3.6. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliği

Araştırmanın iç geçerliğinin sağlanması amacıyla araştırmanın problemleriyle örtüşen simülasyon ortamlarındaki matematiksel modelleme etkinlikleri ve literatür incelenerek veri toplama araçları hazırlanmıştır. Araştırmada birden fazla veri toplama araçları kullanılarak bulguların farklı perspektiflerden değerlendirilmesi ve bulguların kendi içinde tutarlı ve anlamlı olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında toplanan verilerdeki oluşan karşıt durumların tespit edilmesi ve analiziyle sonuca uymayan verilerin araştırmanın dışarısında bırakılması ve yanlışlık engellenmiştir.

Araştırmanın problemlerinin oluşturulmasından bulguların raporlaştırılması ve sunulmasına kadar geçen süreçlerde uzman görüşlerine başvurulmuştur. Geri dönütler ve öneriler doğrultusunda araştırmanın niteliğinin artırılması sağlanmıştır.

Araştırmanın dış geçerliliğinin sağlanması amacıyla, araştırma problemleri, araştırma ortamı, örneklemin özellikleri, veri toplama süreci ve veri analizi süreçleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Araştırma bulguları ile ilgili detaylı açıklamalar yapılmıştır. Araştırmanın bulguları, başka araştırmalarda benzer ortamlar oluşturularak kolaylıkla test edilebilir. Ayrıca araştırmada görüşülen katılımcılardan doğrudan alıntılara yer verilmiş ve araştırmanın sonuçları bu alıntılara dayandırılmıştır.

Araştırmanın güvenilirliğinin sağlanması için birden fazla veri toplama aracı kullanılarak verilerin çeşitliği sağlanmıştır. Verilerin benzer ortamlarda toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanması sağlanarak araştırma süreçlerine genel perspektiften bakılmaya çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE YORUM

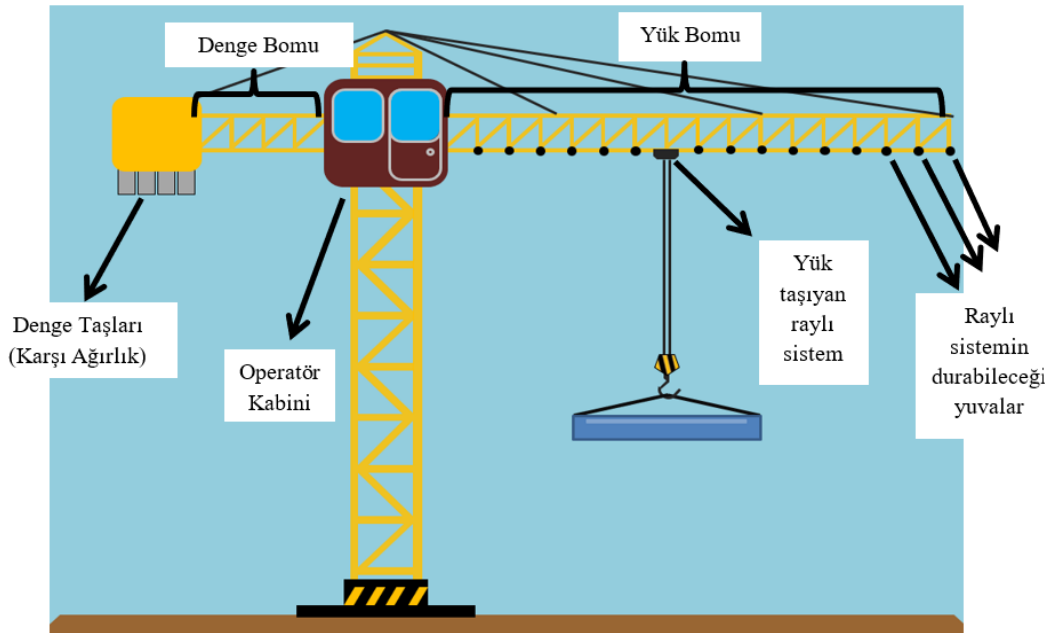
Bu bölüm araştırma problemleri kapsamında yapılandırılmıştır. İlk olarak katılımcıların etkileşimli simülasyon ortamında her bir etkinliğin modelleme aşamalarında simülasyonların nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Ardından katılımcıların etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerinde kullanımlarına yönelik görüşlerine yer verilmiştir.

4.1. Simülasyonların Modelleme Etkinlikleri Kapsamında Kullanımı

Çalışma kapsamında toplam 4 adet modelleme etkinliği etkileşimli simülasyonlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıda sırasıyla bu modelleme etkinliklerine ait bulgulara yer verilmiştir.

4.1.1. Kule vinç problemi

Araştırma kapsamında uygulanan ilk modelleme problemi araştırmacı tarafından geliştirilen kule vinç problemidir. Bu problemde, kule vincin denge bomu, 4 eşit bölmeden oluşmakta olup toplamda 12 metre uzunluğundadır. Denge bomunun uç kısmına (operatör kabininden 12 metre uzaklığa) 4 adet denge taşı yerleştirilmiştir ve her bir taşın ağırlığı 2000 kilogramdır. Yük bomu ise 16 eşit bölmeden meydana gelen bir yapıya sahip olup, yükleri taşıyabilmek için raylı bir sistem ile donatılmıştır (bkz. Görsel 4.1.).



Görsel 4.1. Kule vinç problemi

Kule vinçlerin yük taşıma kapasitesi denge bomuna yerleştirilen denge taşlarının toplam ağırlığına bağlıdır. Kule vinç problemi kapsamında katılımcılara, kule vincin güvenli bir şekilde en az kaç kilogram ve en fazla kaç kilogram ağırlık taşıyabileceği sorulmuştur (detaylı bilgi için bkz. EK-1).

Kule vinçlerin taşıma kapasitesinden fazla olan ağırlıklar kaldırılmaya çalışıldığı takdirde kule vinçlerde denge bozulabilir ve kule vinçler yıkılabilir. Bu problem, kule vinçlerin çalışma prensibinde yatan bu denge kavramı üzerine kurgulanmıştır.

Bu modelleme problemi kapsamında modelleme aşamalarında “PhET Balancing Act (https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_tr.html)” etkileşimli simülasyonu kullanılmıştır. Kule vinç probleminin modelleme aşamalarında katılımcılardan simülasyonu kullanarak,

- Kule vinçlerin çalışma prensibinde yatan denge kavramını fark etmeleri
- Dengeyi etkileyen değişkenleri belirlemeleri
- Problemi matematiksel dünyaya aktararak bu değişkenler arasındaki ilişkiyi keşfetmeleri
- Katılımcılara verilen ve bu problem ile benzer problemlerin çözümünde kullanabilecekleri bir model geliştirmeleri
- Geliştirdikleri modeli gerçek dünyaya aktararak problemin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir. Aşağıda katılımcıların modelleme süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.1.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi

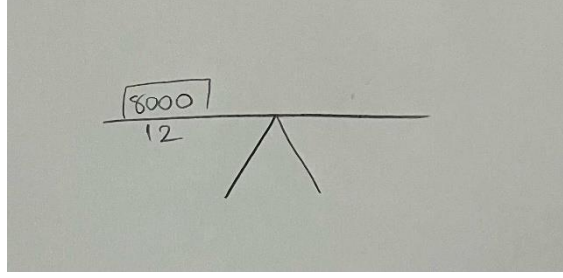
Gruplardaki bireylerin modelleme sürecinde ilk olarak problemi anlamaya çalıştığı görülmüştür. Katılımcılar, kendilerine verilen kule vinç problemini anlamak için problemi birçok kez okuyarak problemde verilenler ve istenenler üzerinde grup tartışması yapmıştır. Katılımcıların tamamı yaptıkları grup tartışmalarında gerçek yaşam durumunu sadeleştirerek (kule vincin şekli sadeleştirilmiştir) kule vincin şekli ile kaldıracın şekli arasında bir ilişki kurduğu ve modelleme problemini bu benzerlikten yararlanarak anlamlandırdığı görülmüştür. Aşağıda bu grup tartışmalarına ait bir kesite yer verilmiştir.

Ayşe : Şurasını merkez gibi düşünürsek (bu kısımda operatör kabinini işaret etmiştir) simülasyona benziyor.

Yasemin : Evet bence de denge bomu ve yük bomu da simülasyondaki çubuğa benziyor.

Ayşe : Denge taşları da simülasyondaki koyduğumuz ağırlıklara.

Bu aşamada Ayşe ve Yasemin kaldıracın destek noktası ile kule vincin operatör kabininin merkez noktalar olduğunu ve bu sebeple ikisinin denge kavramın da aynı görevi üstlendiğini söylemiştir. Diğer gruptaki katılımcılarda aynı şekilde kule vincin şekli ile kaldıracın şekli arasında bir ilişki kurarak (bkz. Görsel 4.2.) modelleme problemini anlamıştır.



Görsel 4.2. Burak'ın notlarına ait bir görüntü

Etkileşimli simülasyon ile kule vinç arasında benzerlik kurulduktan sonra gruplar kule vincin hangi durumlarda en çok hangi durumlarda en az ağırlığı taşıyabileceğini tartışmıştır. Katılımcılar bu aşamada simülasyon üzerinde ön çalışmalar yapmıştır. Ancak bu aşamada katılımcıların hiçbiri ağırlığın yerleştirildiği konumun destek noktasına olan uzaklığının denge kavramında etkili olduğunu fark edememiştir. Dolayısıyla katılımcılar kule vincin hangi durumlarda en çok hangi durumlarda en az ağırlığı taşıyabileceğini tespit edememiştir.

Bunun yanında grupların tümü grup içi tartışmalarda ve simülasyon üzerinde yaptıkları ön çalışmalarda ulaştıkları bilgileri probleme aktararak ağırlıkların denge durumuna uygun bir şekilde yerleştirilmediği durumlarda kule vinçte dengenin sağlanmayacağı ve kule vincinde simülasyondaki kaldıraç gibi sola veya sağa doğru yıkılabileceği sonucuna ulaşmıştır.

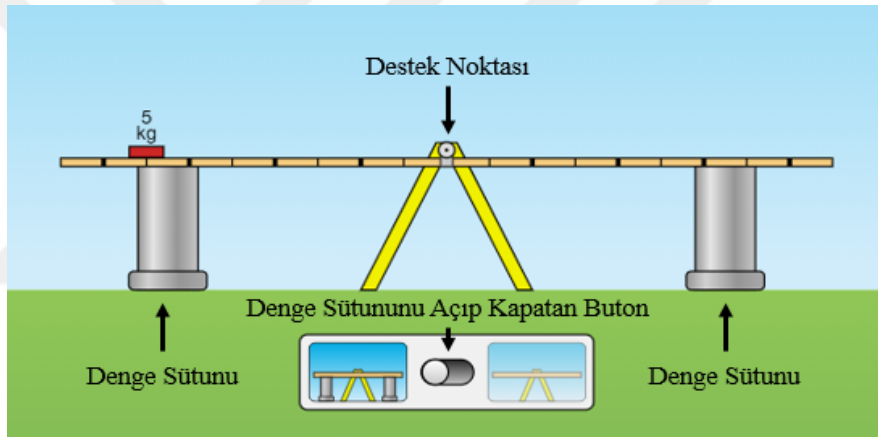
Kule vincin çalışma prensibinde yatan denge kavramının anlaşılmasından sonra dengeyi etkileyen kavramların keşfi ve kule vincin güvenli bir şekilde hangi durumda en çok ağırlığı, hangi durumda en az ağırlığı taşıdığını bulabilmek için matematiksel bir modele ihtiyaç duyulmuştur.

Katılımcılar bu aşamada dengeyi sağlamaları gerektiğini anlamışlar ancak nasıl sağlanabileceği noktasında etkileşimli simülasyonu kullanma ihtiyacı duymuşlardır. Bu kapsamda modelleme problemini anlamlandırmak için gruplar kendilerine verilen gerçek yaşam durumunu sadeleştirerek etkileşimli simülasyondaki kaldıraç ile gerçek yaşam durumu arasında ilişki kurarak problemi anlamaya çalışmışlardır.

4.1.1.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında denge kavramının incelenmesi

Araştırmacı, katılımcıların denge kavramını inceleyebilmeleri için “PhET Balancing Act” (bkz. Görsel 4.3.) etkileşimli simülasyonunda daha önceden hazırlanmış bir dizi yapılandırılmış etkinlikleri onların kullanımına sunmuştur. Bu etkinliklerin temel amacı dengenin kurulmasında rol oynayan değişkenleri katılımcıların fark etmelerini sağlamaktır.

“PhET Balancing Act” simülasyonunda kaldırıcın sol ve sağ kollarının altında birer tane denge sütunları bulunmaktadır. Katılımcılar bu denge sütunlarını kaldırmadığı sürece kaldırıcı sağa veya sola doğru hareket etmemektedir. Etkileşimli simülasyonun kullanımı için gerekli olan bilgiler katılımcılara etkinlikler aşamasında verilmiştir.



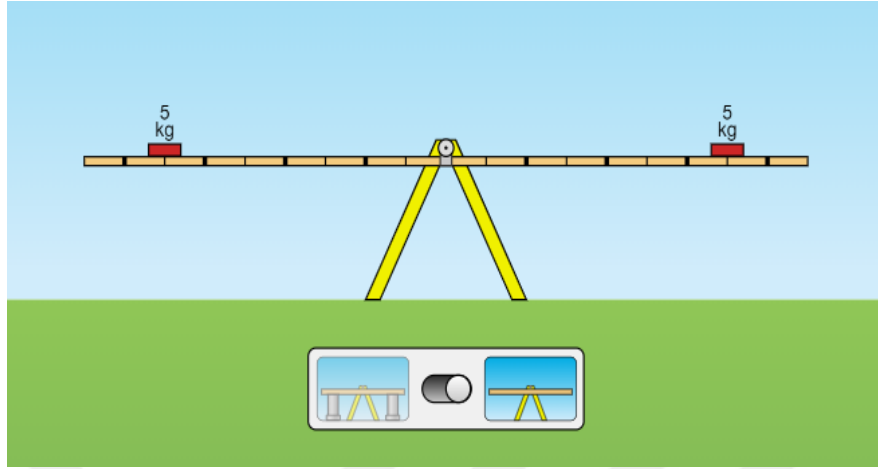
Görsel 4.3. PhET Balancing Act ekran görüntüsü

Etkinlikler kapsamında katılımcılardan ilk olarak etkileşimli simülasyonda denge sütunları kaldırılmadan kaldırıcın bir tarafına 5 kilogram olan bir ağırlık yerleştirmeleri istenmiştir. Katılımcılar ağırlığı kaldırıcın sol koluna (bkz. Görsel 4.3.) yerleştirdikten sonra katılımcılara başka bir 5 kilogramlık ağırlığı kullanarak dengenin nasıl sağlanabileceği sorulmuştur.

Katılımcılar, ilk yerleştirilen 5 kilogramlık ağırlığın konumunun destek noktasına göre simetriğini alarak kaldırıcın diğer koluna 5 kilogramlık ağırlığı koyarak dengeyi sağlayabileceklerini denemeye gerek duymadan öngörmüşlerdir (bkz. Görsel 4.4.).

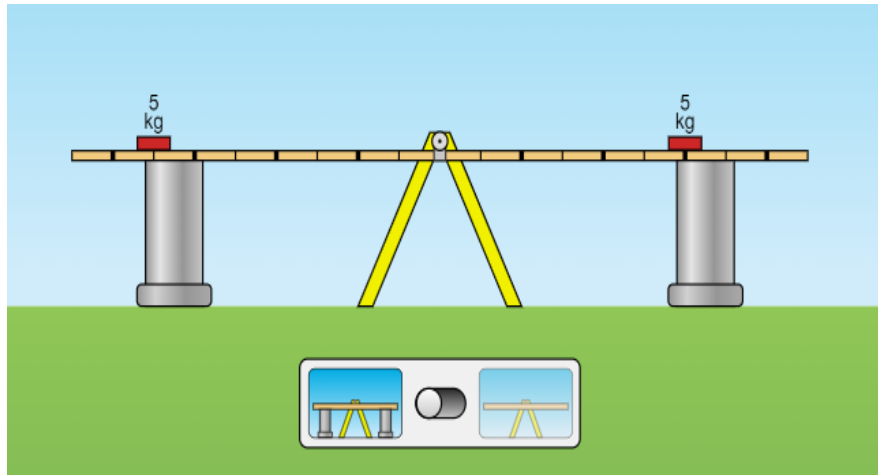
Katılımcılar etkinliğin bu aşamasını tamamladıktan sonra araştırmacı, katılımcılara “Dengenin sağlanabilmesi için ağırlığın neden bu şekilde yerleştirilmesi gerektiğini düşündünüz?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların tamamı “Ağırlıklar aynı olduğu için ağırlıkların aynı yerde olması gerekir.” şeklinde açıklamalarda bulunmuştur. Bu ifadeler

incelendiğinde katılımcıların kaldıraç üzerindeki bir konuma işaret ettikleri ancak bu konumun destek noktasına olan mesafesini açıkça ifade etmedikleri görülmüştür.



Görsel 4.4. Eşit ağırlıkları eşit mesafelere yerleştirilmesi

Araştırmacı katılımcıların ağırlık ve mesafe arasındaki ilişkiyi farklı açılardan görebilmelerini sağlamak amacıyla öncelikle kaldıraçın her iki tarafına konan ağırlıkları sabit tutmuş; ağırlıkların konuldukları mesafeleri değiştirerek denge noktasına olan uzaklığın denge kavramı için gerekli olan parametrelerden biri olduğunu fark ettirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda katılımcılardan kaldıraçın sağ kolundaki ağırlığın bir birim sola kaydırılması istenmiş ve yeni durumda dengenin nasıl sağlanabileceği sorulmuştur (bkz. Görsel 4.5.).



Görsel 4.5. Eşit ağırlıkların farklı mesafeye yerleştirilmesi

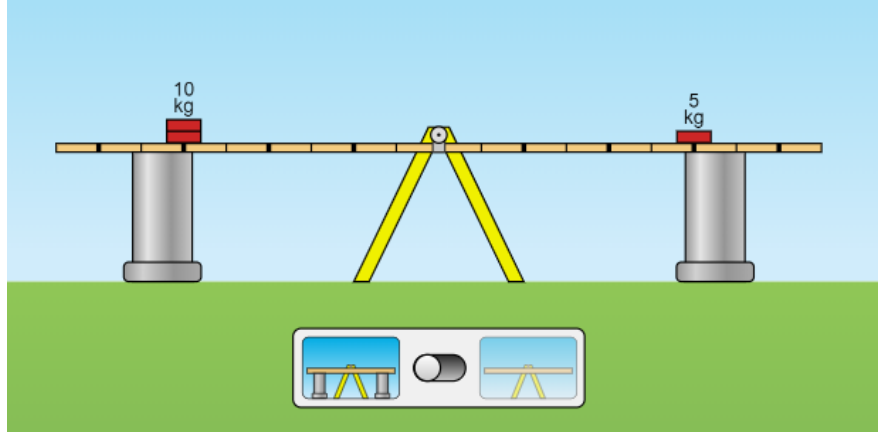
Katılımcılardan Ayşe, Yasemin ve Burak dengenin bozulacağını, Esin ise dengenin bozulmayacağını söylemiştir. Araştırmacı, katılımcılara (Ayşe, Yasemin ve Burak) neden dengenin bozulacağını düşündüklerini sorduğunda katılımcılar, “Sağdaki ağırlık içeriye doğru yaklaştığı için denge bozulabilir.” şeklinde cevaplar vermiştir. Katılımcıların bu

yanıtında da sezgisel olarak düşündükleri; mesafe ile ağırlık arasında doğrudan bir ilişki kuramayarak matematiksel bir gerekçelendirme sunamadıkları gözlemlenmiştir. Araştırmacı dengenin bozulmayacağını belirten katılımcıya (Esin) neden dengenin bozulmayacağını düşündüğünü sorduğunda ise katılımcı “Değişen bir şey olmadı. Ağırlıkları hala eşit.” şeklinde cevap vermiştir. Esin’in ağırlık-mesafe parametrelerinden sadece ağırlığa odaklandığı, mesafenin dengeyle olan ilişkisini fark edemediği görülmüştür.

Tüm katılımcılardan dengenin sağlanıp sağlanmayacağı hakkındaki fikirleri alındıktan sonra denge sütunları kaldırılarak oluşan durumu gözlemlenmeleri ve bu konudaki düşüncelerini paylaşımları istenmiştir. Dengenin bozulduğunu gözlemleyen katılımcılara araştırmacı dengenin bozulmasının sebebini sormuştur. Katılımcılar dengenin bozulma sebebini önceki duruma benzer şekilde eşit ağırlıkların denge noktasından simetrik konumlara yerleştirilmeleriyle açıklayarak simetrisinin bozulması durumunda dengenin bozulacağı yönünde görüş bildirmişlerdir. Bu aşamada katılımcılar eşit ağırlıklar simetrik konumlara yerleştirilmeli yönündeki düşüncelerini birkaç farklı deneme ile simülasyon üzerinde test ederek aynı ağırlıkların simetrik olmayan farklı konumlara yerleştirildiği durumlarda dengenin bozulduğunu teyit etmişlerdir.

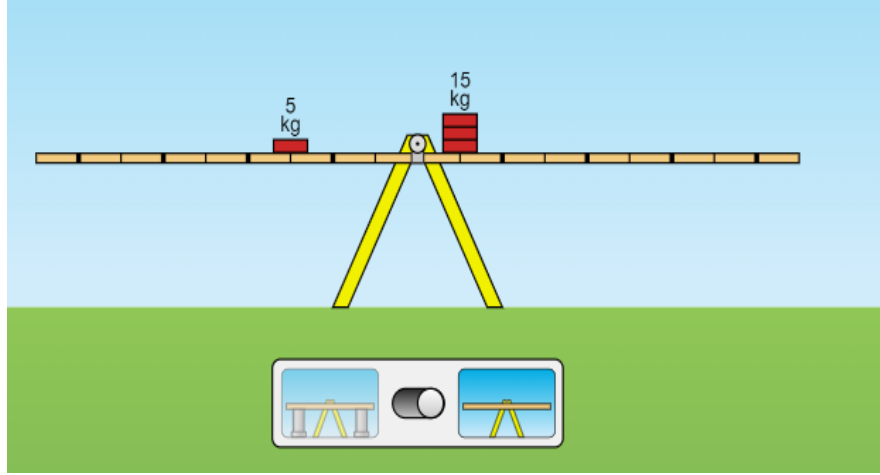
Araştırmacı ikinci olarak katılımcılardan farklı ağırlıkların denge noktasından aynı mesafelere konumlandıklarında dengenin sağlanıp sağlanamayacağını öngörmelerini istemiştir. Bu kapsamda araştırmacı kaldırıcın sağ tarafını bir önceki durumda bırakıp (5 kilogram) sol tarafındaki 5 kilogramlık ağırlığı yine destek noktasına simetrik konumda olacak şekilde 10 kilogramlık ağırlık ile değiştirerek bu durumdayken katılımcılara dengenin sağlanıp sağlanmayacağını sormuştur (bkz. Görsel 4.6.).

Katılımcıların dengenin sağlanmayacağını kolaylıkla fark ettiği gözlemlenmiştir. Katılımcılara neden dengenin sağlanmayacağını düşündükleri sorulduğu zaman ağırlıkların farklı olduğunu, eşit mesafede eşit ağırlıkların olması gerektiğini ifade etmişlerdir. İlk defa bu aşamada katılımcıların ağırlıkların denge noktasından konumlandırıldıkları mesafelere doğrudan işaret ettikleri görülmüştür. Buna karşın katılımcıların dengenin ancak kaldırıcın iki koluna eşit uzaklıkta eşit ağırlıklar yerleştirilerek sağlanabileceği fikrine sahip oldukları görülmüştür. Bir sonraki aşamada ise araştırmacı katılımcıların bu fikrini genişletmek amacıyla farklı ağırlıkların denge noktasından farklı uzaklıklara konumlandırılarak dengenin sağlanıp sağlanamayacağını incelemelerini istemiştir.



Görsel 4.6. Farklı ağırlıkların eşit mesafelere yerleştirilmesi

Bir sonraki aşamada araştırmacı katılımcılara “10 ve 5 kilogramlık ağırlıkları kullanarak denge sağlanabilir mi?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcılar (Yasemin ve Esin) bir önceki aşamada aynı ağırlıkların aynı uzaklığa yerleştirildiği durumlarda dengenin sağlandığını gözlemledikleri için bu durumda ancak kaldırıcın 5 kilogramlık ağırlığının bulunduğu yere ayrı bir 5 kilogramlık ağırlık daha yerleştirildiğinde dengenin sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Bu durumda katılımcılardan sadece bu iki ağırlığı kullanarak denge durumunun sağlanıp sağlanamayacağını araştırmaları istenmiştir. Birkaç denemeden sonra Yasemin ve Esin’in denge durumunu sağlayabildikleri görülmüştür. Ardından araştırmacı, katılımcılara iki farklı ağırlık vererek (5 kilogram ve 15 kilogram) yeniden dengeyi sağlayıp sağlayamayacaklarını sormuştur. Bu süreçte katılımcıların deneme yanılma yöntemiyle dengeyi sağlamaya çalıştıkları görülmüştür. Katılımcılar dengeyi sağladıklarında (bkz. Görsel 4.7.) aynı ağırlıkları kullanarak farklı bir yol ile dengenin sağlanıp sağlanamayacağı sorulmuştur. Bu aşamada Ayşe, destek noktasının sağa veya sola doğru hareket ettirilebileceğini söylemiştir. Esin ise “Ağırlıkları farklı bir şekilde yerleştirirsek denge tekrar sağlanabilir.” şeklinde bir akıl yürütme bulunmuştur. Esin’e “Peki bu ağırlıkları nasıl yerleştirelim ki dengeyi sağlayabilelim?” sorusu yöneltildiği zaman Esin, ağırlıkların denge noktasına olan uzaklarının farkının aynı kalacak şekilde yer değiştirildiğinde dengenin sağlanabileceği öngörüsünde bulunmuştur. Esin “İki ağırlığı da bir birim geriye kaydırırsak (5 kilogramlık ağırlığı bir birim sola, 15 kilogram olan ağırlığı 1 birim sağa) uzaklıkları arasındaki fark yine 2 olur ve denge sağlanır.” diyerek öngörüsünü simülasyon üzerinde denemiş ancak dengenin sağlanmadığını gözlemlemiştir. Bu durumda Esin farklı durumları deneyerek dengeyi bulmaya çalışmış ve dengenin sağlanabildiğini bulmuştur. Ancak buna rağmen dengenin ağırlık ve mesafeyle olan ilişkisini matematiksel olarak ifade edememiştir.



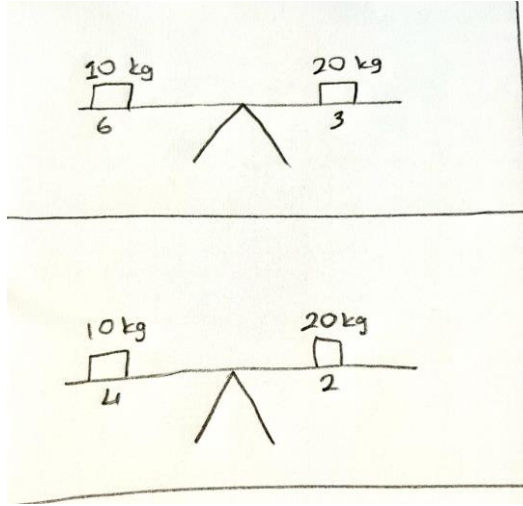
Görsel 4.7. Farklı ağırlıkların farklı mesafelere yerleştirilmesi

Araştırmacı katılımcılara son olarak 15 ve 10 kilogramlık ağırlıklar verilip dengenin sağlanıp sağlanamayacağı sormuştur. Katılımcılar yeni ağırlıklar ile oluşturulan durumdaki denge durumunu bulduktan sonra “Yaptığımız denemelerin bazılarında denge sağlanmazken bazılarında denge sağlandı. Bunun sebebi ne olabilir? Dengeyi etkileyen unsurlar neler olabilir?” sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların, dengeyi etkileyen unsurların, cisimlerin ağırlıklarının ve konumlarının olduğunu fark ettikleri gözlemlenirken bunlar arasındaki ilişkiyi henüz matematiksel olarak kuramadıkları görülmüştür. Araştırmacı katılımcıların bu ilişkiyi fark etmesi için daha fazla deneyime ihtiyaç duyduklarını düşünüp simülasyon üzerinde örnek sayısını arttırmıştır.

İlk olarak katılımcılardan 20 ve 15 kilogramlık ağırlıkları kullanarak denge durumunu bulmaları istenmiştir. Katılımcıların dengenin sağlanmasında cisimlerin ağırlıklarının ve konumlarının önemli olduğunu fark etmelerine rağmen özellikle Burak ve Esin’in 20 ve 15 kilogramlık ağırlıkları kullanarak denge durumunu bulamadıkları görülmüştür. Bu durumda araştırmacı ağırlıkları tekrar değiştirerek katılımcılardan 20 ve 10 kilogramlık ağırlıkları kullanarak denge durumunu bulmaları istenmiştir.

4.1.1.3. Modelleme aşaması 2: Denge kavramına yönelik model oluşturulması

Burak ve Esin’in etkileşimli simülasyondaki ağırlıkların birbirinin tam katı olmasından dolayı kaldırıcın her iki tarafındaki ağırlıklar arasındaki oransal ilişkiyle ağırlıkların denge noktasına olan mesafeleri arasındaki oransal ilişkinin eşitliğini fark ettiği gözlemlenmiştir (bkz. Görsel 4.8.).



Görsel 4.8. Burak'ın denge kavramına yönelik aldığı notlara ait bir görüntü

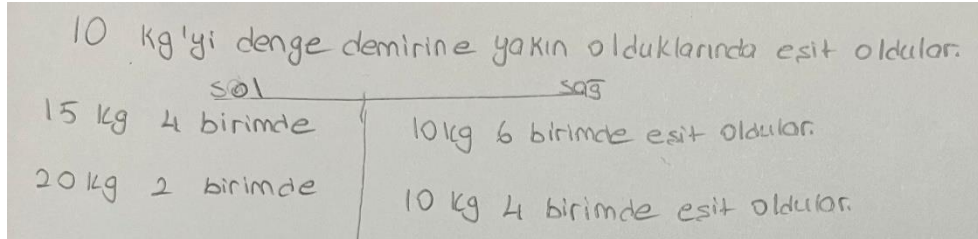
Katılımcılar farklı denge durumlarını gözlemledikten sonra “Dengeyi etkileyen unsurların arasında matematiksel bir ilişki var mıdır? Varsa matematiksel olarak nasıl açıklayabiliriz?” sorusu yöneltiştir. Burak ve Esin bu kapsamda “20 kilogram, 10 kilogramın iki katı ve uzaklıklarını birbirine böldüğümüzde hep 2 gelmiş.” şeklinde bir tespitte bulunmuşlardır. Her ne kadar bu tespit matematiksel bir model ($\text{ağırlık}_1/\text{ağırlık}_2 = \text{mesafe}_2/\text{mesafe}_1$) olarak açık bir şekilde ifade edilmemişse de ilk defa ağırlıklar ve mesafeler arasında oransal bir ilişkinin varlığını fark etmeleri açısından önemli bir adım olarak kabul edilebilir.

Ardından araştırmacı, Burak ve Esin’e, birbirinin tam katı olmayan 20 ve 15 kilogram ağırlıklar için kaldıraç üzerinde dengenin nasıl sağlanabileceğini sormuştur. Böylelikle araştırmacı katılımcıların fark ettikleri oransal ilişkileri yeni bir duruma ne ölçüde aktarabileceklerini gözlemlemek istemiştir. Bu aşamada Burak ve Esin, öncelikle ağırlıkları birbirine oranlamaya çalışmışlar (20/15) ancak sonucun tam çıkmadığını fark ettikten sonra oransal ilişkiyi bırakıp simülasyon üzerinde deneme-yanılma stratejisini kullanarak denge durumlarını yakalamaya çalışmışlardır. Bu durum Burak ve Esin’in denge durumu için ağırlıklar ve mesafeler arasında oransal bir denge modelini ($\text{ağırlık}_1/\text{ağırlık}_2 = \text{mesafe}_2/\text{mesafe}_1$) tam olarak oluşturamadıklarını göstermiştir. Buna karşın katılımcıların işlemsel bilgilerinin yetersizliğinin de bu ilişkiyi görmelerini güçleştirdiği söylenebilir.

Ayşe ve Yasemin ise Burak ve Esin’in aksine birbirinin tam katı olan ağırlıklar ve mesafeler verildiğinde bunlar arasındaki kat ilişkisini görmekte zorlanmışlar ve simülasyon üzerinde daha fazla zaman harcayarak gözlemlerde bulunmuşlardır. Örneğin araştırmacı 20 ve 10 kilogramlık ağırlıkları kullanarak kaldıraç üzerinde dengeyi nasıl

sağlayabileceklerini sorduğunda Ayşe ve Yasemin ilk olarak kaldıracın sol tarafına destek noktasından 2 birim uzaklıkta 20 kilogramlık ağırlığı; sağ tarafına ise destek noktasından 5 birim uzaklığa 10 kilogramlık ağırlığı yerleştirip denge sütunlarını kaldırmadan dengenin bu şekilde sağlanabileceğini öngördüler. Ardından denge sütunlarını kaldırarak dengenin sağlanmadığını gözlemlediler. Bu aşamada aşağıda Ayşe ve Yasemin arasında geçen bir diyaloga yer verilmiştir:

- Ayşe : 10 kilogramı içeriye doğru yaklaştıralım.
- Araştırmacı : Neden 10 kilogramı içeriye doğru yaklaştırmamız gerektiğini düşündün?
- Ayşe : Çünkü 10 kilogram ağırlık buraya (bu nokta denge merkezini işaret etmektedir) yakın olduğu zaman ağırlığı azalıyor.
- Yasemin : Mesela 20 kilogram ağırlık denge merkezine yakın olduğunda 15 kilogrammış gibi 10 kilogram ağırlıkta 5 kilogrammış gibi oluyor. Biraz daha ağırlığı azalıyor.
- Araştırmacı : Peki bu durumda dengeyi etkileyen unsurlar nelerdir? Dengeyi etkileyen unsurların arasında matematiksel bir ilişki var mıdır? Varsa matematiksel olarak nasıl açıklayabiliriz?
- Ayşe : (Denge durumlarına ait oluşturduğu tabloyu inceleyerek (bkz. Görsel 4.9.)) Ağırlıkların uzaklıklarının arasında 2 fark varken (6-4; 4-2) denge sağlanıyor.



10 kg'yi denge demirine yakın olduklarında eşit oldular.	
sol	sağ
15 kg 4 birimde	10 kg 6 birimde eşit oldular.
20 kg 2 birimde	10 kg 4 birimde eşit oldular.

Görsel 4.9. Ayşe'nin denge kavramına yönelik aldığı notlara ait bir görüntü

Ayşe'nin bu tespitinde dengeyi etkileyen unsurlardan biri olan mesafeyi (ağırlıkların denge merkezine olan uzaklıkları) işe koşarken dengeyi etkileyen diğer unsur (ağırlıklar) uzaklık ile ilişkilendiremediği görülmüştür. Ardından araştırmacı, Ayşe'nin tespitinin doğruluğunu test etmek amacıyla kaldıracın sol tarafında destek noktasından 2 birim uzaklığa 15 kilogramlık, kaldıracın sağ tarafında destek noktasından 3 birim uzaklığa 10 kilogramlık ağırlık yerleştirildiğinde dengenin sağlanıp sağlanmayacağını sormuştur. Ayşe ve Yasemin ilk olarak dengenin sağlanabilmesi için ağırlıkların destek noktasına olan uzaklıklarının arasında 2 birimlik fark olması gerektiğini düşündüğü için dengenin sağlanmayacağını düşünmüşlerdir. Ardından

Yasemin, fikrini değiştirerek denge sütunlarını kaldırmadan önce dengenin sağlanabileceği öngörüsünde bulunmuştur. Araştırmacı bunun nedenini sorduğunda Yasemin'in öngörüsünü matematiksel ilişkilere dayandırmadan sezgisel olarak dengenin sağlanabileceğini düşündüğü gözlemlenmiştir. Ardından katılımcılar denge sütunlarını kaldırmış ve dengenin sağlandığını gözlemlenmiştir. Ayşe ve Yasemin denge durumunu gözlemledikten sonra tespitlerinin doğru bir şekilde çalışmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Her iki grup (Ayşe ve Yasemin; Burak ve Esin) o ana kadar birtakım gözlemlerde ve tespitlerde bulunmuş olsalar da ağırlık ve destek noktasına olan uzaklık arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark edememişlerdir. Bu aşamada araştırmacı denge durumlarını içeren verileri (ağırlıklar ve mesafeler) katılımcılardan bir tabloda toplu olarak göstermelerini istemiştir. Aşağıda katılımcıların oluşturduğu denge durumlarına ait veriler Görsel 4.10. da verilmiştir.

10 kg'yi denge demirine yakın olduklarında eşit oldular.

sol	sağ
15 kg 4 birimde	10 kg 6 birimde eşit oldular.
20 kg 2 birimde	10 kg 4 birimde eşit oldular.
5 kg 4 birimde	10 kg 2 birimde denge sağlandı.
15 kg 2 birimde	10 kg 3 birimdeyken denge sağlandı.
20 kg 2 birimde	5 kg 8 birimde
20 kg 1 birimde	5 kg 4 birimde

Görsel 4.10. Ayşe'nin denge durumlarını yönelik oluşturduğu tablo

Katılımcılar ağırlık ve ağırlıkların denge merkezine olan uzaklıkları arasındaki ilişkiyi araştırırken aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Yasemin : Yaptığımız ilk etkinliklerde solda 4 birim uzaklığa 15 kilogramı; sağda 6 birime 10 kilogramı yerleştirdiğimizde denge sağlanmış. Aşağıda solda 2 birim uzaklığa 15 kilogramı; sağda 3 birim uzaklığa 10 kilogramı yerleştirdiğimizde yine denge sağlanmış.

Araştırmacı : Bu durum hakkında ne düşünüyorsunuz? Buradan nasıl bir sonuca ulaştınız?

Ayşe : Uzaklıklar 2 katına çıkmış

Yasemin : İki katları var. Mesela 20 kilogramı solda 2 birim uzaklığa; 10 kilogramı sağda 4 birim uzaklığa yerleştirdiğimizde denge

sağlanmış. Bir sonraki etkinlikte 5 kilogramı solda 4 birim uzaklığa; 10 kilogramı sağda 2 birim uzaklığa koyduğumuzda da denge sağlanmış.

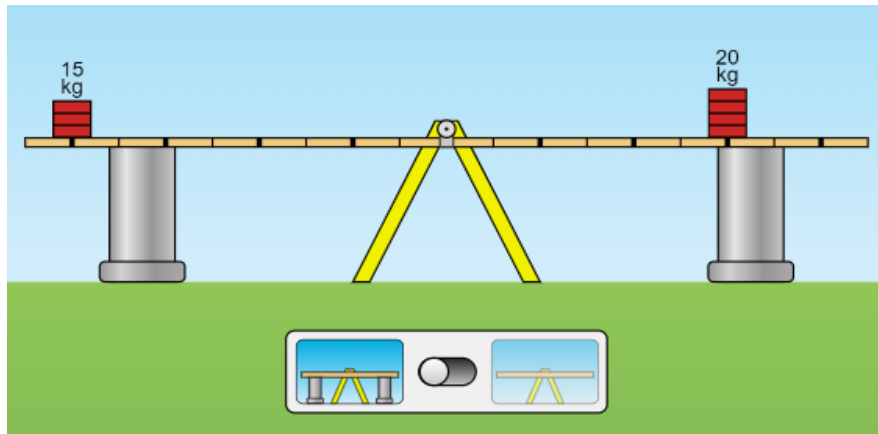
Ayşe : Buldum. Bunla bunu çarpınca (ağırlık₁ ile mesafe₁'in çarpımı) bunla bunun çarpımına (ağırlık₂ ile mesafe₂'nin çarpımı) eşit oluyorsa denge sağlanıyor.

Gruplar bu aşamada yukarıda açıklanan şekilde yanlış birtakım tespitlerde bulundukları, bu tespitleri oluşturdukları tablolardan ve simülasyondan yararlanarak değerlendirip grup tartışması yaptıkları bir süreç geçirmiştir. Bu sürecin ardından katılımcılardan ilk olarak Burak ve Esin ağırlık ve destek noktasına olan uzaklıklar arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark etmişlerdir. Bu süreç Ayşe ve Yasemin için biraz daha uzun sürse de onlar da bu ilişkiyi fark edebilmişlerdir. Bu aşamadan sonra araştırmacı katılımcıların oluşturdukları modeli yeni durumlarda test etmelerini ve doğruluklarını göstermelerini istemiştir. Bir sonraki bölümde katılımcıların modeli test etme süreçlerine yer verilmiştir.

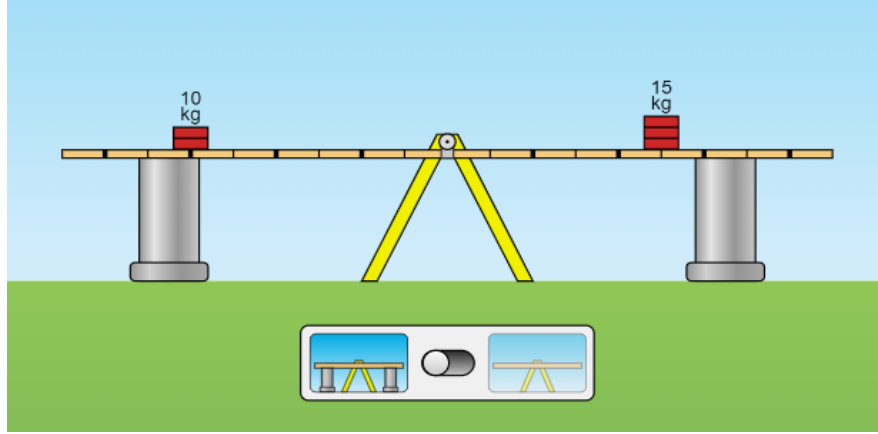
Katılımcılar bu aşamada teknoloji sayesinde denge kavramı ile ilgili günlük hayatta tecrübe edemeyecekleri durumlar üzerinde çalışmalar yapmış, yaptıkları çalışmaların geri dönütlerini kısa sürede ve kolay bir şekilde alarak bu geri dönütlere dayalı olarak denge kavramına yönelik modellerini geliştirebilmiştir.

4.1.1.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi

Bu aşamada araştırmacı, geliştirilen modeli test etmek amacıyla kaldıraç üzerinde dengenin sağlandığı (bkz. Görsel 4.11.) ve dengenin sağlanmadığı (bkz. Görsel 4.12.) yeni durumlar oluşturmuştur. Daha sonra denge sütunları kaldırılmadan katılımcılara oluşturulan durumlarda dengenin sağlanıp sağlanmayacağı sorulmuştur.



Görsel 4.11. Modelin testi aşaması (denge sağlandığı durum)



Görsel 4.12. Modelin testi aşaması (dengenin sağlanmadığı durum)

Katılımcılar bir önceki aşamada geliştirdikleri modellerini kullanarak denge durumları hakkında öngörülerde bulunmuştur.

Bu aşamada gerçekleşen bir diyaloga aşağıda yer verilmiştir:

- Araştırmacı : Kaldıracın sol tarafında 8 birim uzaklığa 15 kilogram; sağ tarafında ise 6 birim uzaklığa 20 kilogram ağırlık yerleştirdiğimizde (Görsel 4.11.) denge sağlanır mı?*
- Burak : Sağlanır.*
- Esin : Evet sağlanır.*
- Burak : İki tarafta 120 oluyor sağlanır.*

Araştırmacı, katılımcıların denge durumları hakkındaki öngörülerini aldıktan sonra katılımcılar denge sütunlarını kaldırarak denge durumlarını gözlemlemiştir.

Ağırlıklar kaldırıp üzerine Görsel 4.12. deki gibi yerleştirilerek dengenin sağlanıp sağlanmayacağı katılımcılara sorulduğunda Yasemin, geliştirdiği modeli kullanarak dengenin sağlanmayacağını ve 15 kilogramlık ağırlığın bir birim sola kaydırıldığında dengenin sağlanacağını belirtmiştir. Yasemin ilk olarak ağırlıkların yerini değiştirmeden (ağırlıklar Görsel 4.12. deki konumlarındayken) denge sütunları kaldırarak dengenin sağlanmadığı ardından ağırlıkları belirttiği şekilde yerleştirerek (10 kilogramlık ağırlığı kaldırıcın sağ tarafında denge merkezinden 6 birim uzaklığa 15 kilogramlık ağırlığı ise kaldırıcın sol tarafında denge merkezinden 4 birim uzaklığa yerleştirerek) dengenin sağlandığını gözlemlemiştir.

Katılımcılar bu aşamada dengenin sağlandığı ve dengenin sağlanmadığı farklı durumlar ile bir dizi etkinlikler yaparak bu etkinliklerin sonuçlarını gözlemlemiştir. Yapılan etkinliklerin ve gözlemlerin sonunda grupların tamamı geliştirdikleri modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır.

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu modellerini test etmek amacıyla kullanmıştır. Etkileşimli simülasyonun bu aşamada katılımcılara herhangi bir kişiden geri dönüt beklemeden doğru cevaplara hızlı bir şekilde ulaşarak geliştirdikleri modellerin doğruluğunu test etme imkânı sağladığı gözlemlenmiştir.

Grupların tamamı modellerini test edip modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaştıktan sonra tekrar gerçek hayat problemine dönmüştür. Bir sonraki bölümde katılımcıların geliştirdikleri modeli gerçek hayat problemine (kule vinç problemi) aktararak problemin çözümüne ulaşma süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.1.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması

Matematiksel modellemede temel amaç matematiksel model ile elde edilen matematiksel sonuçları ve çözümleri gerçek hayata aktararak gerçek hayat sorunlarının çözümlerine ulaşmaktır. Matematiksel dünyada elde edilen sonuçları tekrar gerçek hayata aktarmak gerçek hayat probleminin çözümüne ulaşmak için önem taşımaktadır. Bu aşamada katılımcılardan denge durumlarına ilişkin geliştirdikleri modeli karşılaşılabilecekleri diğer benzer durumlara/problemlere aktararak kule vinç probleminin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir.

Katılımcıların tamamı problemin analizi aşamasında simülasyon üzerinde gerçekleştirdikleri ön çalışmalar ve yaptıkları grup tartışmaları ile kule vincin çalışma prensibinde yatan denge kavramını ve taşıma kapasitesinin üstünde olan ağırlıkların kaldırılmaya çalışıldığı durumlarda dengenin bozularak kule vinçlerin yıkılabileceğini fark etmiştir. Bunun yanında katılımcılar problemin analizi aşamasında ağırlıklar ve mesafeler arasındaki çarpımsal ilişkiyi bilmedikleri için modelleme probleminde isteneni (kule vincin hangi durumda en çok, hangi durumda en az ağırlık taşıyabileceğini) anlayamadılar. Modelleme problemine tekrar döndüğünde katılımcıların ilk olarak problemde istenenleri anlamaya çalıştığı görülmüştür. Bu aşamada Burak ve Esin modelleme probleminde istenenleri kolaylıkla tespit etmiştir. Aşağıda problemde istenenleri araştırırken Burak ve Esin arasında gerçekleşen bir diyaloga yer verilmiştir.

Esin : Kule vinci kullanarak bir gökdelen yapacaklarmış. Kule vincin denge bomunu kullanabiliriz.

Burak : Yük bomu da ağırlıkları taşıyormuş. Raylı sistem ile de yükler ileri geri götürülüyormuş.

Esin : Denge taşları oraya asılan ağırlık gibi karşı taraf ile dengenin sağlanması gerekiyor.

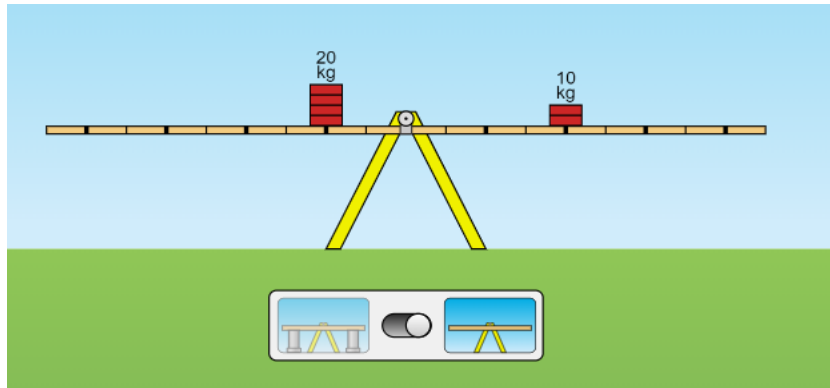
- Burak : Denge taşları toplamda 8000 kilogram yapıyor. Denge bomu da 12 metre. Diğer tarafta 16 bölme var.
- Esin : Soruda en çok ve en az ağırlığı istiyor.
- Burak : En çok ağırlığı galiba burada (Burak bu cümleyi operatör kabinine en yakın olan konumu işaret ederek söylemiştir) taşır.
- Esin : En çok ağırlığı kendine en yakın olan yerde; en az ağırlığı kendine en uzak olan yerde taşır.

Modelleme probleminde istenenleri tespit etme süreci Ayşe ve Yasemin için daha uzun sürmüştür. Ayşe ve Yasemin'in kule vincin hangi durumda en çok, hangi durumda en az ağırlık taşıyabileceğini tespit etmekte güçlük yaşadığı görülmüştür.

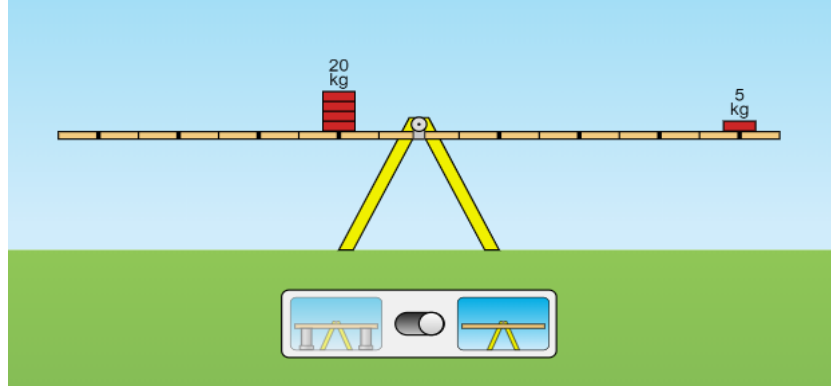
Bu aşamada modelleme probleminde kule vincin hangi durumda en çok, hangi durumda en az ağırlık taşıyabileceğini tespit etmek amacıyla araştırmacının yönlendirmesi ile Ayşe ve Yasemin etkileşimli simülasyonda tekrar çalışmalar yapmıştır.

Etkinlikler kapsamında 20 kilogramlık bir ağırlık kaldıracın sol tarafına koyularak etkinlikler süresince yeri değiştirilmemiştir (kaldıracın sol tarafına yerleştirilen 20 kilogramlık ağırlık, kule vinçte bulunan denge taşlarına benzetilmiştir). Daha sonra 20 kilogramlık ağırlığın yeri değiştirilmeden kaldıracın sağ tarafına farklı ağırlıklar (bkz. Görsel 4.13. ve Görsel 4.14.) koyularak denge durumları incelenmiştir (Kaldıracın sağ kolu ise kule vincin yükün raylı sistemle hareket ettirildiği yük bomuna benzetilmiştir).

Gerçekleştirilen bu etkinliklerde kaldıraca yerleştirilen ağırlıklar ile kule vincin çalışma prensibine benzer durumlar oluşturularak katılımcıların kule vincin hangi durumda en çok, hangi durumda en az ağırlık taşıyabileceğini anlamlandırması amaçlanmıştır.



Görsel 4.13. Kaldıracın kule vincin en çok ağırlığı taşıdığı duruma benzetilmesi



Görsel 4.14. Kaldıracın kule vincin en çok ağırlığı taşıdığı duruma benzetilmesi

Bu bağlamda katılımcılar, yaptıkları etkinliklerden ve gözlemlerden kule vinçte operatör kabinine en yakın konumda en çok ağırlığın (katılımcılar Görsel 4.13. ye bakarak bu tespitte bulunmuştur), operatör kabinine en uzak konumda ise en az ağırlığın (katılımcılar Görsel 4.14. ye bakarak bu tespitte bulunmuştur) taşınabileceğini fark etmiştir. Tüm gruplar modelleme probleminde istenenleri anlamlandırdıktan sonra matematiksel işlemlerin yapıldığı aşamaya geçilmiştir.

Katılımcıların tamamının matematiksel işlemlere geçmeden önce problemin çözümü için gerekli ve gereksiz olan bilgileri tespit etmeye çalıştığı ve çözüm için gerekli olan bilgileri araştırırken geliştirdikleri modeli göz önünde bulundurduğu görülmüştür. Gruptaki bireyler bu aşamada modeli kullanabilmek için gerekli olan tüm bilgilerin verilmediğini fark etmiştir (yük bomundaki bölmelerin uzunlukları modelleme probleminde verilmemiştir. Katılımcıların problemin çözümüne ulaşabilmesi için yük bomundaki bölmelerin uzunluklarını kendileri bulması gerekmektedir). Burak ve Esin bu aşamada yük bomundaki bölmelerin uzunlukları bulabilmek ve problemin çözümü için gerekli olan diğer bilgilere ulaşabilmek için grup tartışması yapmıştır. Bu aşamada Burak ve Esin arasında gerçekleşen bir diyaloga aşağıda yer verilmiştir.

Esin : Ağırlıklar ile uzaklıkları çarptığımızda sonuçların eşit olması gerekiyor.

Burak : Denge bomu 12 metre.

Esin : 12 metrede 4 tane taş koyulmuş 8000 kilogram oluyor. Bunlar çarpılıyorlar. 96000 yapıyor.

Burak : Aynen 96000 yapıyor. 96000'i 16 bölme olduğu için 16'ya mı bölmemiz gerekiyor?

Esin : Ama orada 1 tanesi 3 metre yapar.

Araştırmacı : Yük bomundaki iki bölme arasının 3 metre olduğunu nasıl buldun?

Esin : Denge bomu 12 metre ve 4 bölme var. Bölmeler eşit o zaman 1 bölme 3 metre yapar.

Burak : O zaman en yakına asılan (operatör kabinine en yakın olan konuma asılan) ağırlığı bulmak için 3'e bölmemiz gerekiyor.

Ayşe ve Yasemin'in bulunduğu grupta ise katılımcılar problemin çözümünde kullanılacak olan yük bomundaki bölmelerin uzunluğunu araştırırken aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir.

Ayşe : Solda 96000 var. Sağın ve solun eşit olması gerekiyor.

Yasemin : Bence buraya (operatör kabinin sağ tarafındaki ilk bölmeyi işaret etmiştir) 8000 gelecek ve 8000 ile 1'i çarpacağız. Diğer tarafta 8000 eşit olurlar.

Araştırmacı : Peki orasının (operatör kabinin sağ tarafındaki ilk bölmenin denge merkezine olan uzaklığı) 1 metre olduğu sonucuna nasıl ulaştın?

Yasemin : Bir birim çünkü.

Ayşe : Bir birim bir metre mi demek?

Yasemin : O zaman denge bomu 12 metreymiş. 4 bölme var. 12'yi 4'e mi böleceğiz?

Ayşe : Aynen o zaman 3 metre oluyor.

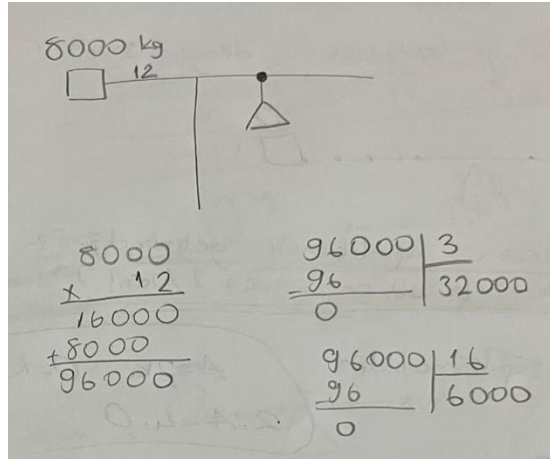
Burak ve Esin'in bu aşamada problemin çözümü için gerekli bilgilere grup tartışması ile kolaylıkla ulaşabildiği ancak Ayşe ve Yasemin'in bulunduğu grupta ise problemin çözümü için gerekli bilgilerin tespit edilme sürecinin daha fazla zaman aldığı görülmüştür.

Problemin çözümü için gerekli olan bilgiler tespit edildikten sonra katılımcılar modelleme probleminde verilenleri kullanarak geliştirdikleri modeli işe koşmuş ve model üzerinde birtakım matematiksel işlemler yapmıştır.

Burak ve Esin'in matematiksel işlemleri yaparak doğru cevaplara ulaşabildiği buna karşın Ayşe ve Yasemin'in matematiksel işlemleri yapmakta zorlandığı görülmüştür. Ayşe ve Yasemin'in bölme ve çarpma işlemlerinde doğru cevaba ulaşabilmesi için bu işlemleri birkaç kez tekrarlama gerektği gözlemlenmiştir. Aşağıda Yasemin'in çözüm kağıtlarına ait bir görüntüye yer verilmiştir (bkz. Görsel 4.15.).

Ayşe ve Yasemin yük bomundaki bölmelerin 3 metre olduğu bilgisine ulaşmalarına rağmen kule vincin en az taşıyabileceği ağırlığı bulurken bölmelerin 3 metre olmasını düşünmeyerek (96000/48 yapmak yerine 16 bölme olduğu için katılımcılar doğrudan 96000/16 yapmıştır) bölmeleri 1 metre kabul edip matematiksel işlemleri bu şekilde yapmıştır. Buna karşın katılımcılar, kule vincin en çok taşıyabileceği ağırlığı bulurken

bölmelerin 3 metre olmasını göz önünde bulundurarak doğru cevaba ulaşmıştır (bkz. Görsel 4.15.).



Görsel 4.15. Yasemin'in notlarından denge kavramına yönelik bir görüntü

Daha sonra katılımcılara kule vincin en az taşıyabileceği ağırlığı bulurken 16'ya, kule vincin en çok taşıyabileceği ağırlığı bulurken 3'e bölmelerinin sebebi sorulduğunda Ayşe ve Yasemin işlem hatası yaptıklarını fark ederek hatalarını düzelterek doğru cevaplara ulaşmıştır. Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu problemde istenenleri (simülasyon hangi durumda en çok ağırlığın, hangi durumda en az ağırlığın taşınabileceğini ve problemin çözümü için gerekli ve gereksiz olan bilgileri tespit ederken kullanılmıştır) anlamak için kullanmıştır. Genel olarak ise katılımcıların yapılan etkinliklerde ve problemin çözüm sürecinde etkileşimli simülasyonu gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri bir problemi deneyimlemek, bu deneyimleri probleme aktarmak, problemde verilenleri ve istenenleri anlamak, problemin çözümü için gerekli olan modeli oluşturmak ve oluşturulan modelin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını test etmek için aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir.

4.1.2. Direnç kodu problemi

Araştırma kapsamında uygulanan ikinci modelleme problemi araştırmacı tarafından geliştirilen direnç kodu problemidir. Bu problemde, bir televizyonun besleme kartında bulunan arızalı bir direncin değiştirilmesi gerekmektedir. Besleme kartına entegre edilecek yeni direncin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için üzerinden belirli amper değerleri arasında akım geçmesi gerekmektedir. Kullanılacak olan direncin üzerinden geçecek olan akım, evlere sabit olarak verilen 220 Volt elektrik ile uyumlu olmalıdır. Aksi halde, direnç tekrar arıza yapacaktır. Elektrik devrelerinde kullanılan

dirençler farklı direnç değerlerine sahip olabilir ve bu değerler, dirençlerin üzerindeki direnç renk kodları ile belirlenir. Direnç kodu problemi kapsamında katılımcılara, besleme kartına entegre edilecek olan yeni direncin, direnç renk kodlarına göre kaç ohms olabileceği, bu direncin üzerinden en az kaç amper ve en çok kaç amper geçebileceği sorulmuştur (detaylı bilgi için bkz. EK-2).

Direnç, akım ve voltaj değişkenleri arasında orantısal bir ilişki bulunmaktadır. Bu problem, direnç, akım ve voltaj arasındaki oransal ilişki üzerine kurgulanmıştır.

Bu modelleme problemi kapsamında modelleme aşamalarında “PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar (https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_tr.html)” etkileşimli simülasyonu kullanılmıştır. Direnç kodu probleminin modelleme aşamalarında katılımcılardan simülasyonu kullanarak,

- Direnç, akım ve voltaj değişkenlerinin birbirini etkilediklerini fark etmeleri
- Problemi matematiksel dünyaya aktararak bu değişkenler arasındaki oransal ilişkiyi keşfetmeleri
- Katılımcılara verilen ve bu problem ile benzer problemlerin çözümünde kullanabilecekleri bir model geliştirmeleri
- Geliştirdikleri modeli gerçek dünyaya aktararak problemin çözümüne ulaşmaları

beklenmiştir. Aşağıda katılımcıların etkileşimli simülasyon ortamlarında modelleme aşamalarına yer verilmiştir.

4.1.2.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi

Gruplardaki bireylerin modelleme sürecinde ilk olarak problemi anlamaya çalıştığı görülmüştür. Katılımcılar, kendilerine verilen direnç kodu problemini anlamak için problemi birçok kez okuyarak problemde verilenler ve istenenler üzerinde grup tartışması yapmıştır. Grupların tamamı problemin çözümü için ilk olarak ayarlı direncin kaç ohms olduğunu bulmaya karar vermiştir. Burak ve Esin’in ayarlı direncin kaç ohms olduğu üzerine yaptığı grup içi tartışmadan bir kesit aşağıda verilmiştir:

Esin	: Üstündeki renklere göre bulacağız direncini.
Burak	: İlk renk kahverengiyse 1 ile başlamamız gerekir.
Esin	: Direncin değeri 1000’dir.
Araştırmacı	: 1000 olduğu sonucuna nasıl ulaştınız?
Burak	: Renklere bakarak sayıları yerleştirdik.

- Esin : İlk renkler kahverengi ve siyah. Üçüncü renk ise kırmızı. Kahverengi 1, siyah 0 ve kırmızı olduğu için 2 tane 0 koyarız. 1000 olur.
- Burak : Altın yapmadık ama daha. (Burak burada direnç üzerindeki son renkle alakalı herhangi bir işlem yapmadıkları belirtmektedir.)
- Esin : O zaman altın renginden dolayı 50 fazla veya 50 az olur. En fazla 1050 olur en az 950 olur direnç.

Ayşe ve Yasemin ise ayarlı direncin üstündeki üçüncü rengin anlamını (Direncin üstündeki üçüncü renk kırmızı rengidir. Kırmızı renginin kodu ise ikidir. Üçüncü renk kırmızı ve kodu iki olduğu için direnç hesaplanırken oluşturulan iki basamaklı sayının sonuna 2 tane sıfır koyulması gerekmektedir.) tam olarak anlayamadıklarından dolayı direnci hesaplarken oluşturulan iki basamaklı sayının sonuna iki rakamını ekleyerek (iki basamaklı sayının sonuna 2 tane sıfır koyulması gerekmektedir) direncin değerini 102 olarak hesaplamıştır. Daha sonra katılımcılara 102 değerine nasıl ulaştıkları sorulduğunda Ayşe durumu fark ederek 10 sayısının sonuna ekledikleri 2 rakamının hatalı olduğunu; 10 sayısının sonuna 2 tane sıfır eklemeleri gerektiğini belirtmiştir. Ardından Ayşe ve Yasemin değeri 950-1050 ohms olarak doğru bir şekilde hesaplamıştır. Bu aşamada Esin ve Burak ayarlı direncin değerini kısa bir süre içerisinde doğru bir şekilde tespit edebilirken Ayşe ve Yasemin'in ayarlı direncin değerini doğru bir şekilde tespit etmesi biraz daha fazla zaman almıştır.

Gruplar ayarlı direncin değerini doğru bir şekilde tespit ettikten sonra hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper; hangi durumda ayarlı direncin üstünden en çok amper geçeceğini tespit etmeye çalışmıştır. Katılımcılar bu aşamada simülasyon üzerinde ön çalışmalar yaparak direnç, voltaj ve akımın birbirini etkilediğini fark edebilmiş ancak bu değişkenler arasında herhangi bir matematiksel ilişki fark edememiştir. Katılımcılar voltaj, amper ve direnç arasındaki matematiksel ilişkiyi bilmedikleri için hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper ve hangi durumda ayarlı direncin üstünden en çok amper geçeceğini bu aşamada tespit edememiştir.

Direnç, voltaj ve akımın birbirini etkilediğinin anlaşılmasından sonra bu değişkenlerin matematiksel olarak birbirlerini nasıl etkilediğinin keşfi ve hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper ve hangi durumda ayarlı direncin üstünden en çok amper geçeceğini bulabilmek için matematiksel bir modele ihtiyaç duyulmuştur.

Katılımcılar bu aşamada direnç, voltaj ve akımın birbirini etkileyip etkilemediğini anlamak için etkileşimli simülasyonu kullanma ihtiyacı duymuşlardır. Bu kapsamda

gruplar kendilerine verilen gerçek yaşam durumunu anlamlandırmak için etkileşimli simülasyonda ön çalışmalar yapmıştır.

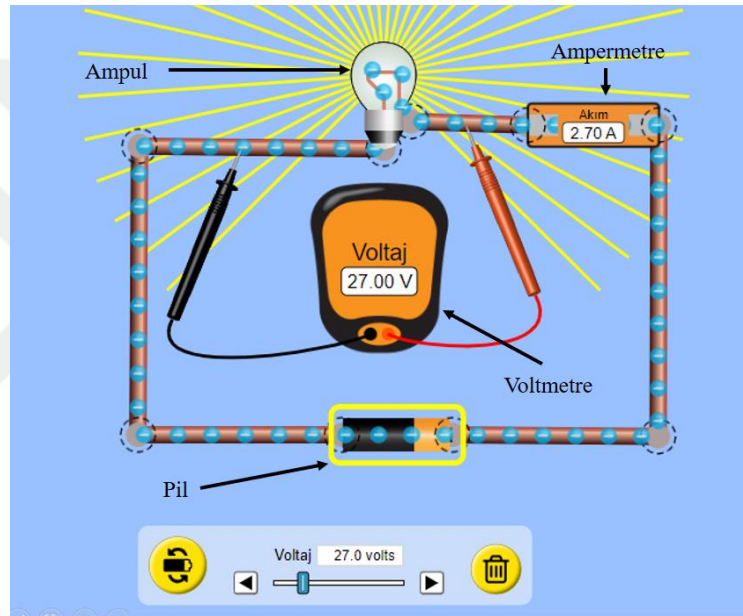
4.1.2.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında direnç, voltaj ve akım değişkenlerinin incelenmesi

Araştırmacı, katılımcıların direnç, voltaj ve akım değişkenlerini ve onların arasındaki ilişkiyi inceleyebilmeleri için “PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar” etkileşimli simülasyonunda önceden hazırlanmış bir dizi yapılandırılmış etkinlikleri onların kullanımına sunmuştur. Bu kapsamda “PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar” simülasyonunda ampul, pil, voltmeter ve ampermetre elemanlarını içeren bir elektrik devresi araştırmacı tarafından oluşturularak (bkz. Görsel 4.16.) birtakım etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Bu etkinliklerin temel amacı katılımcıların direnç, voltaj ve akım değişkenlerini ve onların arasındaki ilişkiyi fark etmelerini sağlamaktır.

Etkileşimli simülasyon ampulün direncini ve pilin voltajını değiştirmeye imkân sağlamaktadır. Etkileşimli simülasyonda tel, pil, ampul, direnç, anahtar, ampermetre, voltmeter ve sigorta gibi elemanlar bulunmaktadır. Simülasyon her türlü devre elemanını devreye eklemeye veya devreden çıkarmaya da imkân sağlamaktadır. Devreye birden fazla eleman dahil edilebilmektedir. Örneğin istek doğrultusunda devreye 3 tane pil eklenebilir. Simülasyonda kurulu bir şekilde bulunan devre bulunmamaktadır. Kullanıcıların elektrik devrelerini kendileri kurmaları gerekmektedir. Etkileşimli simülasyonun kullanımı için gerekli olan bilgiler katılımcılara etkinlikler aşamasında verilmiştir.

Etkinlikler kapsamında ilk olarak gruplara “Voltmetrenin ekranında gözüken değeri 27 volttan (bkz. Görsel 4.16.) 20 volta getirmenin bir yolunu bulabilir misiniz?” sorusu sorulmuştur. Grupların tamamının bu aşamada ilk olarak ampulün direncinde değişiklik yaparak ampulün direncini arttırdıkları gözlemlenmiştir. Ampulün direncinin arttırılması gerektiğini düşünmelerinin sebebi sorulduğunda Burak ve Esin, “Voltun artması için devrede bir şeylerin artması gerekir.” şeklinde cevaplar vermiştir. Bu aşamada katılımcıların tamamının matematiksel bir açıklama getiremediği sezgisel olarak hareket ettikleri görülmüştür. Katılımcıların fikirleri alındıktan sonra etkileşimli simülasyonda ampulün direnci arttırılarak sonuçlar gözlemlenmiştir. Katılımcılar yaptıkları deneme ve gözlemin sonucunda ampulün direncinin voltajı değiştirmede sonucuna ulaşmıştır.

Ampulün direncinin voltajı değiştirmedigini gözlemleyen gruplar pilin voltajının değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ardından katılımcılar pilin voltajı değiştirildiğinde voltmetrede gözüken değerin değiştiğini gözlemlemiştir. Daha sonra katılımcılar, pilin voltajı üzerinde değişiklik yaparak araştırmacının istediği voltaj değerine kolaylıkla ulaşmıştır. Ardından katılımcılardan voltmetrede gözüken değeri 40 volta getirmeleri istenmiştir. Bu aşamanın sonunda gruplar voltajın, ampulün direncine bağlı olarak değil; pilin voltajına bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşmıştır. Bir önceki etkinlikte voltajın hangi durumlarda değişebileceğini gözlemleyen katılımcılar, denemeye ihtiyaç duymadan bu görevi başarıyla tamamlamıştır. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.



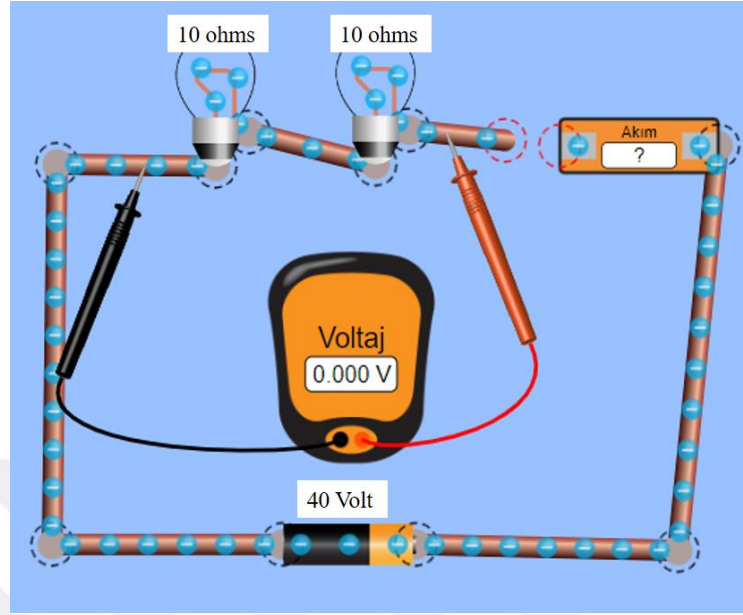
Görsel 4.24. *PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar*

Bir sonraki aşamada katılımcıların direnç ve akımın birbirini nasıl etkilediğini inceleyebilmesi amacıyla voltajın sabit tutulup ampulün direncinin değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak katılımcılara “Voltajın sabit tutulduğu durumda (voltmetrede gözüken değeri 40 voltur) ampermetrede gözüken değeri (amperi) 2,5 ampere getirmenin bir yolu var mıdır? Varsa bulabilir misiniz?” sorusu yöneltilmiştir. Katılımcılar bir önceki etkinlikteki tecrübelerinden (gruplar bir önceki etkinlikte voltajı değiştirmek amacıyla ampulün direncini değiştirerek simülasyonda birtakım denemeler yapıp bu denemelerin sonuçlarını gözlemlemiştir) yararlanarak voltajın sabit tutulduğu durumda ampermetrede gözüken değeri değiştirmenin yolunu (ampulün direncini değiştirmek) denemeye ihtiyaç duymadan bulabilmiştir. Ardından katılımcılara ampulün direncinde nasıl bir değişiklik yapılması gerektiği sorulmuştur. Burak, Ayşe ve Yasemin

herhangi bir açıklamada bulunamazken Esin, “Akım, pilin voltajı arttırıldığında arttı. O zaman direnç düşürülürse ampermetrede gözüken değer düşebilir.” gibi bir varsayımda bulunmuştur. Esin varsayımını etkileşimli simülasyonda test ederek varsayımının yanlış olduğunu gözlemlemiştir. Bu aşamada katılımcıların tamamı deneme-yanılma yoluyla (katılımcılar ampulün direncini deneme-yanılma yoluyla 16 ohms’a getirmiştir) ampermetrede gözüken değeri 2,5 ampere getirmiştir. 2,5 amper değerine ulaşıldıktan sonra katılımcılardan bu kez ampermetrede gözüken değeri 3,51 ampere getirmeleri istenmiştir (voltaj değiştirilmemiştir). Bir önceki etkinliğin benzeri olan bu etkinlikte Ayşe ve Yasemin’in zorlandığı gözlemlenmiştir. Ayşe ve Yasemin bu aşamada ilk olarak ampermetreye tıklayarak ampermetrenin değerini arttırmaya çalışmıştır. Katılımcılar ampermetrenin üzerine tıklayamadıklarını; amper değerini doğrudan değiştiremediklerini fark ettikten sonra Yasemin, bir önceki etkinliği (voltajın sabit tutularak amperin 2,5 ampere getirildiği etkinlik) göz önünde bulundurarak ampulün direncinin değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ardından Ayşe ve Yasemin ampulün direncini 11,4 ohms’a getirerek ampermetrede gözüken değeri 3,51’e getirmiştir. Katılımcıların tamamı 3,51 ampere ulaştıktan sonra araştırmacı bu kez ampermetrede gözüken değerini 4 ampere getirilmesini istemiştir. Bu aşamada katılımcılar zorlanmadan ampulün direncini değiştirerek ampermetrede gözüken değeri 4 ampere getirebilmiştir. Ardından araştırmacı “Direnç ve akımın arasında bir ilişki var mıdır? Varsa bu ilişkiyi nasıl ifade edebiliriz?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcılar yapılan etkinliklerde aldıkları notları göz önünde bulundurarak “Direnç az olduğunda ampermetrede gözüken değer çok oluyor.” şeklinde bir sonuca ulaşmıştır. Katılımcıların tamamının bu aşamanın sonunda direncin arttırıldığı durumlarda akımın azaldığını; direncin azaltıldığı durumlarda akımın arttığını fark ettiği ancak direnç ve akım arasındaki matematiksel ilişkiyi fark edemediği gözlemlenmiştir. Etkinliklerin tamamlanmasının ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada kurulan elektrik devresine yeni bir ampul eklenerek voltajın sabit tutulduğu durumlar ile ilgili etkinlikler yapılmaya devam edilmiştir. Bu kapsamda araştırmacı katılımcılardan devrede bulunan ampul ile eşdeğer dirence (10 ohms) sahip olan başka bir ampulü daha devreye eklemelerini istemiştir. Yeni ampul devreye dahil edildikten sonra katılımcılara “Devrede bulunan ampul ile eşdeğer dirence sahip bir ampul daha devreye eklendiğinde bir önceki devreye göre (10 ohms direnç değerine sahip bir ampulün bulunduğu devre) ampermetrede gözüken değerde bir değişiklik olur mu? Değişiklik olursa nasıl bir değişiklik olur?” sorusu yöneltilerek devre tamamlanmadan

(devre tamamlanmadığı takdirde ampermetrede akımın kaç amper olduğu gözükmemektedir) onların fikirleri alınmıştır (bkz. Görsel 4.17.).



Görsel 4.33. Eşdeğer dirence (10 ohms) sahip ikinci ampulün eklenmesi

Bu aşamada Burak ve Esin arasında aşağıdaki gibi diyalog gerçekleşmiştir:

Araştırmacı : Devrede bulunan ampul ile eşdeğer dirence sahip bir ampul daha devreye eklendiğinde bir önceki devreye göre (10 ohms direnç değerine sahip bir ampulün bulunduğu devre) ampermetrede gözüken değerde bir değişiklik olur mu? Değişiklik olursa nasıl bir değişiklik olur?

Burak : Ampul sayısı artacağı için ampermetrede gözüken değerde artar.

Esin : Bence azalır. Yarisına düşer.

Araştırmacı : Neden yarisına düşeceğini düşündün?

Esin : Amper ampullere eşit olarak paylaştırılır. İki ampule paylaştırılacağı için yarıya düşebilir.

Araştırmacı : Peki Burak, ampermetrede gözüken değer sence nasıl değişir?

Burak : Bence ampul sayısı 2 katına çıktığı için amperde 2 katına çıkar.

Esin amperin değerinin yarisına düşeceğini doğru bir şekilde tahmin etmiş olmasına rağmen böyle düşünmesinin nedeni sorulduğunda Esin'in direnç ve akım arasındaki matematiksel ilişkiyi fark edemediği görülmüştür.

Bu aşamada Ayşe ve Yasemin'in bulunduğu grupta ise aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Araştırmacı : Devrede bulunan ampul ile eşdeğer dirence sahip bir ampul daha devreye eklendiğinde bir önceki devreye göre (10 ohms direnç değerine

sahip bir ampulün bulunduğu devre) ampermetrede gözüken değerde bir değişiklik olur mu? Değişiklik olursa nasıl bir değişiklik olur?

Yasemin : Azalır.

Araştırmacı : Neden azalacağını düşündün?

Ayşe : Çünkü direnç arttıkça akım azalır.

Yasemin : Evet bence de.

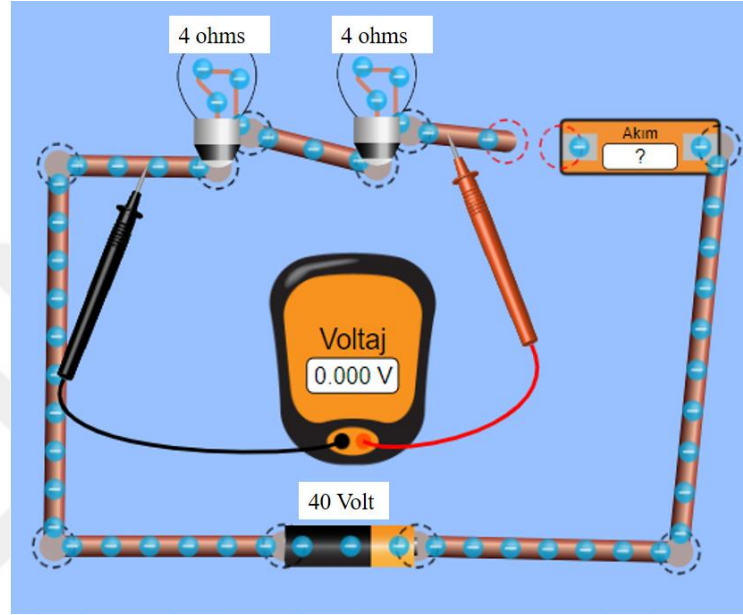
Bu aşamada Ayşe ve Yasemin devredeki direncin artacağı varsayımında bulunmuştur. Araştırmacı devredeki direncin neden artacağını sorduğu zaman katılımcıların herhangi bir matematiksel açıklamada bulunamadığı sezgisel olarak hareket ettiği görülmüştür. Ardından ampermetrede gözüken değer kaç amper olabileceği hakkında Ayşe ve Yasemin'in görüşleri alınmıştır. Bu aşamada Ayşe ampermetrede gözüken değer kaç amper olabileceği hakkında herhangi bir fikir yürütemezken Yasemin, "1 veya 2 olabilir. Ya da 1,5'ta olabilir." şeklinde bir tahminde bulunmuştur. Daha sonra böyle bir tahminde bulunmasının sebebi sorulduğu zaman Esin herhangi bir matematiksel açıklama getirememiştir. Ampermetrede gözüken değer kaç amper olabileceği hakkında tahminler alındıktan sonra, gruplar devreyi tamamlayarak ampermetrede gözüken değer 2 amper olduğunu gözlemlemiştir. Katılımcılar simülasyonda durumu gözlemledikten sonra araştırmacı "Ampermetrede gözüken değer neden 2 amper olmuş olabilir?" sorusunu yönelttiğinde Yasemin aşağıdaki gibi bir varsayımda bulunmuştur:

Ampul sayısı bir olduğunda ampermetrede gözüken değer 4 amperdi. Ampul sayısı iki olduğunda ise ampul sayısı 2 katına çıktığı için direnç 2 katına çıkıyor. Ampermetrede gözüken değer yarisına düşüyor ve 2 amper oluyor.

Bu aşamada Esin varsayımının (akım iki ampule eşit şekilde paylaştırılır) doğru olduğunu belirtirken Ayşe ve Burak ampermetredeki değer 2 amper olmasına ilişkin bir açıklama getirememiştir. Yasemin ve Esin'in tespitleri her ne kadar matematiksel bir model (voltaj=akım.direnç) belirtmese de ilk defa akım ve direnç arasında matematiksel bir ilişkinin varlığını fark etmeleri matematiksel modele ulaşmakta önemli bir adım olarak kabul edilebilir.

Bir sonraki etkinlikte devredeki ampullerden bir tanesi çıkarılarak devre, ikinci ampulün eklenmeden önceki haline getirilmiştir (10 ohms dirence sahip bir ampul ve 40 volt güce sahip bir pilden oluşan devre). Katılımcılar bu devredeki değerleri (voltmetrede ve ampermetrede gözüken değerleri) tekrar gözlemlemiştir. Daha sonra devrenin bağlantısı kesilerek (ampermetrede akımın gözükmesini engellemek amacıyla devrenin

bağlantısı kesilmiştir) devredeki ampulün direncini 4 ohms'a düşürüp devreye tekrar eş direnç değerine sahip (4 ohms) bir ampul daha eklenmiştir (bkz. Görsel 4.18.). Bu etkinlikte 10 ohms dirence sahip bir ampul ve 40 volt güce sahip bir pilden oluşan devreye kıyasla devredeki ampul sayısının artmasına karşın devredeki toplam direnç azalmıştır. Bu etkinliğin yapılmasındaki amaç; katılımcıların, akımı devredeki ampul sayısının değil toplam direnç değerinin etkilediğini fark etmelerini sağlamaktır.



Görsel 4.34. Eşdeğer dirence (4 ohms) sahip ikinci ampulün eklenmesi

Ardından devre tamamlanmadan önce katılımcılara şu soru yöneltilmiştir:

Devreye bu ampul ile eşdeğer dirence sahip bir ampul daha devreye eklendiğinde (4 ohms dirence sahip bir ampul daha eklendiğinde) ampermetrede (amper) ve voltmetrede (voltaj) gözüken değerler değişir mi? Değişirse nasıl bir değişim olur?

Voltajda bir değişiklik olup olmayacağı konusunda Ayşe önceki etkinliklerde yaptığı gözlemlere dayanarak “Az önce 2 ampul varken voltmetredeki değer değişmedi o zaman bu durumda da değişmez.” şeklinde bir varsayımda bulunurken Burak, Esin ve Yasemin ise voltajın değişebileceğini belirtmiştir. Araştırmacı voltajda nasıl bir değişiklik olacağını sorduğunda Burak ve Esin voltajın artıp azalacağı hakkında herhangi bir fikir yürütemezken Yasemin voltajın yarısına düşebileceğini (20 volt) belirtmiştir. Yasemin’in bir önceki etkinlikte direnç ve akım arasındaki fark ettiği oransal ilişkiyi (devredeki direnç 2 katına çıkarıldığı durumlarda akım yarıya düşer) bu etkinliğe aktarmaya çalıştığı görülmüştür. Ardından katılımcılar simülasyonda deneyerek voltajın değişmediğini gözlemlemiştir. Gruplara voltajın neden değişmediği sorulduğunda Yasemin, Ayşe’nin fikrini onaylayarak ampul sayısının veya direncin voltajı

değiştirmediyiğini belirtirken Burak ve Esin ise önceki etkinliklerde aldığı notları inceleyerek voltajın değişmemesinin sebebini tespit edebilmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin'in "Voltmetredeki değeri pilin voltajı değiştiriyordu." şeklinde cevaplar verdiği görülmüştür.

Amperde bir değişiklik olup olmayacağı konusunda Ayşe ve Yasemin amperin düşeceği öngörüsünde bulunmuştur. Böyle düşünmelerinin sebebi sorulduğunda katılımcıların bir önceki etkinlikte yaptığı gözlemleri (devreye 10 ohms direnç değerine sahip ikinci ampulün eklendiği etkinlikte ikinci ampulün devreye eklenmesinin ardından devredeki amperin 2 ampere düşmesine dair yaptıkları gözlem) devredeki toplam direnç değerini önemsemeden bu etkinliğe aktardığı görülmüştür.

Burak ve Esin ise amperin artacağını belirtmiştir. Katılımcılara böyle düşünmelerinin sebebi sorulduğunda Burak amperin neden artacağı konusunda herhangi bir matematiksel açıklamada bulunamamıştır. Bu aşamada araştırmacı ve Esin arasında aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Esin : Tek ampul ile yaptığımız etkinliklerde direnç düştüğü durumlarda akım artıyordu. Burada da direnç düştüğü için akım artar.

Araştırmacı : Direnç kaç ohms'tan kaç ohms'a düşmüştür?

Esin : 10 ohms'tan 4 ohms'a düşürülmüştür.

Bu aşamada Esin'in devredeki toplam direncin düşürüldüğünü göz önünde bulundurmadığı, ampulleri birbirinden ayrı değerlendirerek direncinin düşürüldüğünden bahsettiği görülmüştür. Grupların amperde ve voltmetrede değişiklik olup olmayacağı hakkında fikirleri alındıktan sonra katılımcılar devreyi tamamlayarak amperin 5 ampere yükseldiğini ve voltajın değişmediğini gözlemlemiştir. Ardından araştırmacı, katılımcılara "Birinci durumda (Görsel 4.17.) ikinci ampul eklendikten sonra ampermetrede gözüken değer azalırken ikinci durumda (Görsel 4.18.) ikinci ampul eklendikten sonra ampermetrede gözüken değer artmıştır. Bunun sebebi ne olabilir?" sorusunu yöneltmiştir. Katılımcıların tamamının bu aşamada önceki etkinliklere dair aldıkları notları inceleyerek iki durum arasında karşılaştırma yapmayı tercih ettiği görülmüştür. Gruplar aldıkları notları inceleyerek ampul sayısının değil devredeki toplam direncin amper üzerinde önemli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Gruplar bu aşamanın sonunda direncin artırılmasının veya azaltılmasının voltajı değiştirmediğini ve devredeki toplam direncin amperi etkilediğini fark etmiştir. Etkinliğin tamamlanmasının ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada katılımcıların voltaj ve akımın birbirini nasıl etkilediğini inceleyebilmesi amacıyla direncin sabit tutulup pilin voltajının değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak Görsel 4.18. deki ampullerden bir tanesi devreden çıkarılarak devre yeniden düzenlenmiştir. Devrenin yeni halinde bir pil (40 V), bir ampul (direnci 4 ohms), bir ampermetre ve bir voltmetre bulunmaktadır. Bu aşamada katılımcılara “Pilin voltajı 40 V, ampulün direnci 4 ohms iken devredeki direncin sabit tutulduğu durumlarda ampermetrede gözüken değeri 5 ampere getirebilmenin bir yolu var mıdır? Varsa devrede nasıl bir değişiklik yapılması gerekir?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Ayşe ve Yasemin ilk olarak ampermetrenin üstüne tıklayarak devredeki amperin değerini değiştirmeyi denemiştir. Bu denemesinde başarısız olan katılımcılar pilin üstüne tıklayarak pilin voltajını değiştirmeyi denemiştir. Pilin voltajı değiştirildiğinde amperin değiştiğini gözlemleyen Ayşe ve Yasemin pilin voltajını düşürerek ampermetrede gözüken değeri 5 ampere getirebilmiştir.

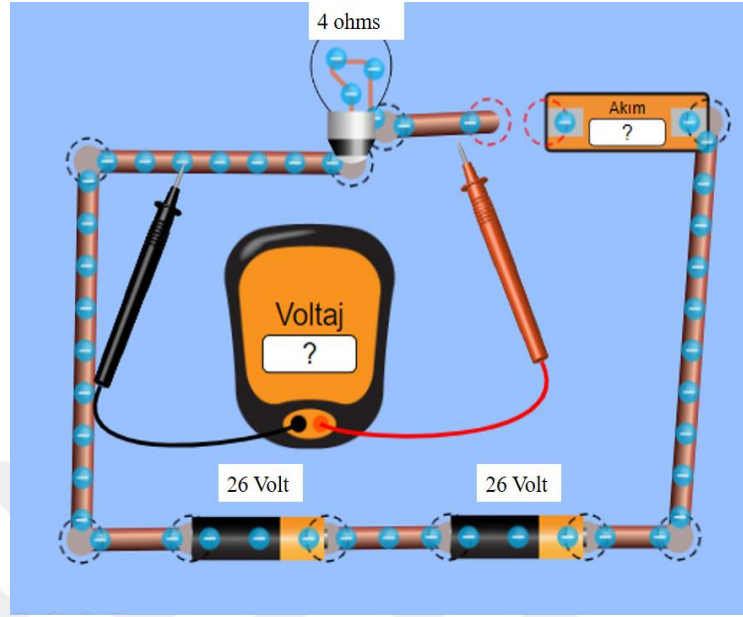
Bu aşamada Esin ve Burak’ın bulunduğu grupta katılımcılar arasında aşağıdaki diyalog gerçekleşmiştir:

- Esin : Pili değiştirdiğimizde voltaj değişiyordu. Akımla bir alakası yok.
- Burak : Bence direnci değiştirmeden akımı değiştiremeyiz.
- Araştırmacı : Peki akımı değiştiremeyeceğimizi düşünmeniz sebebi nedir?
- Burak : Pil voltajı etkiliyor amperi etkilemiyor.
- Esin : Ama şöyle de bir şey var. Pilin voltajını azaltırsak ampule gidecek olan ışıқта azalacak. O zaman akımda azalabilir.

Her iki grubun fikirleri alındıktan sonra durum simülasyon üzerinde denenerek pilin voltajında yapılan değişikliklerin amperi etkilediği gözlemlenmiştir. Ardından katılımcıların tamamı deneme-yanılma yoluyla voltajı değiştirerek 5 amper değerine ulaşabilmiştir. Sonraki etkinliklerde katılımcılardan ampermetrede gözüken değeri sırasıyla 3,5 ve 6,5 ampere getirmeleri istenmiştir. Katılımcıların tamamının bu görevleri pilin voltajında değişiklik yaparak kolaylıkla tamamlayabildiği gözlemlenmiştir. Etkinlikler tamamlandıktan sonra katılımcılara “Akım ile voltaj arasında bir ilişki var mıdır? Varsa bu ilişkiyi nasıl açıklayabiliriz?” sorusu yönelmiştir. Grupların tamamı bu aşamanın sonunda “Voltaj arttıkça akım artar. Voltaj azaldıkça akım azalır.” sonucuna kolaylıkla ulaşabilmiştir. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada ampulün direnci değiştirilmeden (bir önceki etkinlikteki ampulün direnci ile eşdeğer yani 4 ohms) devredeki pil ile özdeş (26 volt) bir pil daha devreye eklenerek (bkz. Görsel 4.19.) katılımcılara “Devreye özdeş bir pil daha

eklendiğinde devredeki amper ve voltaj değişir mi? Değişirse nasıl bir değişim olur?” sorusu yöneltilmiştir.



Görsel 4.35. Özdeş ikinci pilin (26 volt) devreye eklenmesi

Bu aşamada Burak, Esin ve Ayşe devredeki voltajın artacağını belirtirken Yasemin devredeki voltajın azalacağını belirtmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin’in bulunduğu grupta aşağıdaki gibi bir diyalog geçmiştir:

- Araştırmacı : Neden voltajın artacağını düşündünüz?
- Esin : Bir pil daha eklendiği zaman pillerin gücü artar.
- Burak : Bence de öyle.
- Araştırmacı : Peki voltmetrede gözüken değer kaç volt olabilir?
- Burak : 30 olabilir. Çünkü az önce 26’ydı şimdi pil eklendiği zaman biraz artması gerekir. O yüzden 30 olabilir.
- Esin : Özdeş bir pil daha ekleyeceğimiz için iki pil olunca iki katına çıkar ve 52 volt olur.

Bu aşamada Yasemin ile araştırmacı arasında ise aşağıdaki gibi bir diyalog geçmiştir:

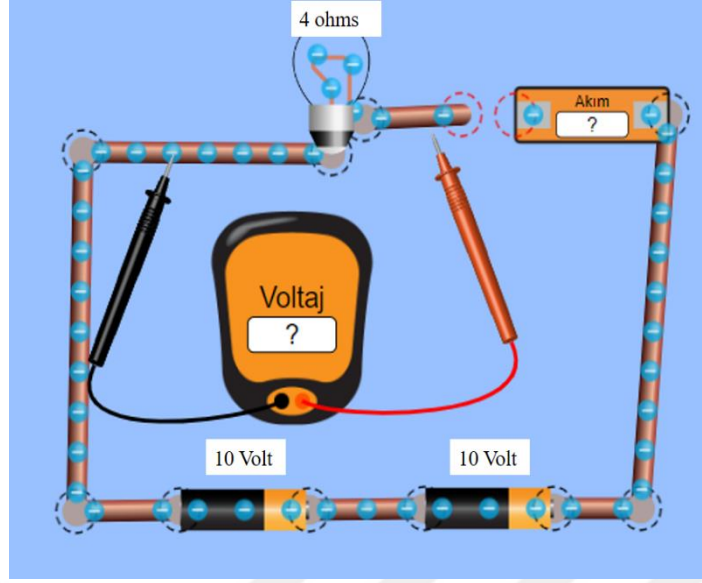
- Araştırmacı : Neden voltajın azalacağını düşündün?
- Yasemin : İki tane pil olduğu zaman voltajı ikiye bölüşecekler.
- Araştırmacı : Peki neden ikiye bölüneceğini düşündün?
- Yasemin : Önceki yaptığımızda iki ampul taktığımızda bölüşmüşlerdi.

Esin ve Yasemin önceki etkinliklerde fark ettikleri ancak açık bir şekilde matematiksel bir model olarak ifade edemedikleri oransal ilişkiyi (Esin, devredeki voltajın sabit tutulup devreye ikinci ampulün (devredeki ile özdeş ampul) eklendiği etkinlikte (bkz. Görsel 4.17.) direnç iki katına çıkarıldığında akımın yarısına düşeceğini

fark etmiştir) bu etkinliğe aktarmaya çalışmıştır. Esin oransal ilişkiyi bu etkinliğe başarılı bir şekilde aktarabilirken Yasemin ilişkiyi doğru bir şekilde aktarmayı başaramamıştır.

Devredeki amperin değişip değişmeyeceği konusunda Burak, Esin ve Ayşe amperin artacağını kolaylıkla fark edebilirken Yasemin devredeki amperin azalacağını söylemiştir. Burak, Esin ve Ayşe'ye neden amperin artacağını düşündükleri sorulduğu zaman katılımcılar genel olarak "Pil eklendiği zaman voltaj artar. Önceki etkinliklerde voltaj arttığında akım da artıyordu. O zaman burada da voltaj arttığı için akım da artar." şeklinde cevaplar vermiştir. Ardından katılımcılara "Ampermetrede gözüken değer kaç amper olabilir?" sorusu yöneltilmiştir. Esin, devredeki voltaj hakkında bulunduğu öngörüsüne (direncin sabit tutularak devreye özdeş bir pil daha eklendiği durumlarda voltajın iki katına çıkacağı öngörüsünde bulunmuştur) ve önceki etkinliklerdeki edindiği tecrübelerine (katılımcılar önceki etkinliklerde voltajın arttırıldığı durumlarda akımın arttığını gözlemlemiştir) dayanarak ampermetrede gözüken değer kaç amper olabileceğini doğru olarak tahmin edebilmiştir. Yasemin ise voltajın azalacağını düşündüğü için amperin de azalacağını düşünerek amperin yarısına düşeceğini belirtmiştir. Bu aşamada Esin ve grup arkadaşı Burak'ın değişkenler arasındaki oransal ilişkiyi matematiksel model olarak ifade edememelerine rağmen fark ettikleri bunun yanında Yasemin'in ise değişkenler arasında oransal bir ilişki olduğunu fark etmesine rağmen ilişkiyi tam olarak anlamlandıramadığı ve bu ilişkiyi benzer durumlara aktaramadığı görülmüştür. Yeni durum hakkındaki öngörüler alındıktan sonra katılımcılar devreyi tamamlayarak ampermetre ve voltmetrede gözüken değerlerin arttığını gözlemlemiştir. Katılımcılar bu etkinliğin sonunda "Devredeki pil sayısının arttırıldığı durumda voltaj artar buna bağlı olarak devredeki akım da artar." sonucuna ulaşmıştır. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada katılımcıların direncin sabit tutulduğu devrelerde voltajı ve akımı attıran değişkenin pil sayısı değil devredeki toplam voltajın olduğunu fark etmeleri amacıyla etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda devredeki pillerden bir tanesi devreden çıkarılarak devre eski haline getirilmiş (1 tane 26 voltluk pil ve 1 tane 4 ohms'luk ampulden oluşan devre) ve katılımcılar simülasyon üzerinde bu durumu tekrar gözlemlemiştir. Ardından araştırmacı, katılımcılardan pilin voltajını 10 volta düşürerek devreye özdeş güce sahip (10 volt) bir tane daha ampul eklemelerini istemiştir (bkz. Görsel 4.20.).



Görsel 4.44. Özdeş ikinci pilin (10 volt) devreye eklenmesi

Daha sonra katılımcılara “Devre bu şekilde (Görsel 4.20. daki gibi) kurulduğu zaman ampermetrede ve voltmetrede gözüken değerler değişir mi? Değişirse nasıl bir değişim olur?” sorusu yöneltilmiştir. Burak, Esin ve Ayşe ampermetrede gözüken değerin azalacağını söylemiştir. Ardından katılımcılara ampermetrede gözükecek olan değerin kaç olabileceği hakkındaki öngörülerini sorulmuştur. Esin ve Ayşe ampermetrede gözükecek olan değer ile ilgili herhangi bir açıklamada bulunamazken Burak 5 amper olacağını söylemiştir. Burak’a neden 5 amper olacağını düşündüğü sorulduğu zaman Burak “10 voltun yarısını alırsak ampermetrede 5 amper gözükür.” şeklinde bir cevap vermiştir. Burak’ın verdiği cevabın doğru olmasına rağmen cevaba ulaşırken izlediği yöntem yanlıştır. Bu aşamada Burak’ın direnç, voltaj ve akım arasındaki fark ettikleri oransal ilişkiyi tam olarak anlamlandıramadığı ve benzer durumlara aktaramadığı görülmüştür. Daha sonra katılımcıların yeni devredeki (Görsel 4.20.) voltajın kaç olabileceği hakkındaki öngörülerini alınmıştır.

Burak, Esin ve Ayşe voltajın azalacağını söylemiştir. Burak ve Esin devredeki voltajın 20 volt olacağı öngörüsünde bulunurken Ayşe devredeki voltajın sayısal değeri hakkında herhangi bir öngöründe bulunamamıştır. Ardından Burak ve Esin’e devredeki voltajın 20 volt olacağını düşünmelerinin sebebi sorulduğu zaman katılımcılar “*Pillerin voltlarını toplayınca 20 oluyor.*” şeklinde cevaplar vermiştir. Bu aşamada Yasemin ise bir önceki etkinlikte ikinci pilin eklendiği durumda voltajın arttığını gözlemledikten sonra yeni devredeki (Görsel 4.20.) voltaj ve amperin sayısal değerleri ile ilgili olarak “Voltmetrede gözüken değer artar. Voltmetredeki değer artarsa ampermetredeki değerde

artar.” şeklinde bir tahminde bulunmuştur. Yasemin’in devredeki toplam voltajı değil, pillerin sayısını göz önünde bulundurduğu gözlemlenmiştir. Yeni devredeki voltaj ve amperin sayısal değerleri hakkındaki öngörüler alındıktan sonra devre tamamlanarak devredeki voltaj ve amperin değerleri gözlemlenmiştir. Ardından katılımcılara şu soru yöneltilmiştir:

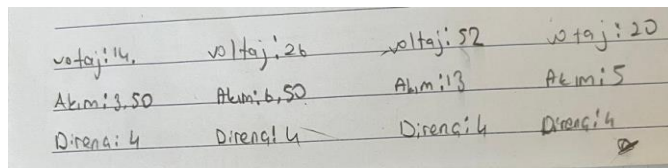
Birinci durumda (bkz. Görsel 4.19.) ikinci pil eklendiği zaman değerlerin ikisi de artarken ikinci durumda (bkz. Görsel 4.20.) ikinci pil eklendiği zaman değerlerin ikisi de azaldı. Bunun sebebi ne olabilir?

Katılımcıların tamamının bu sorunun cevabına ulaşmak için önceki etkinliklerde edindikleri tecrübeleri bu etkinliğe aktardığı görülmüştür. Katılımcılar ampul sayısı ve devredeki toplam direnç ile ilgili edindikleri tecrübelerden (katılımcılar önceki etkinliklerde ampul sayısının değil devredeki toplam direncin akım üzerinde önemli olduğunu tecrübe etmiştir) yararlanarak devredeki pillerin sayısının değil, toplam voltajın önemli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Etkinlikler tamamlandıktan sonra katılımcılara “Ampermetredeki değeri etkileyen unsurlar nelerdir? Voltmetredeki değeri etkileyen unsurlar nelerdir?” sorusu yöneltilmiştir.

4.1.2.3. Modelleme aşaması 2: Direnç, voltaj ve akım değişkenlerine yönelik model oluşturulması

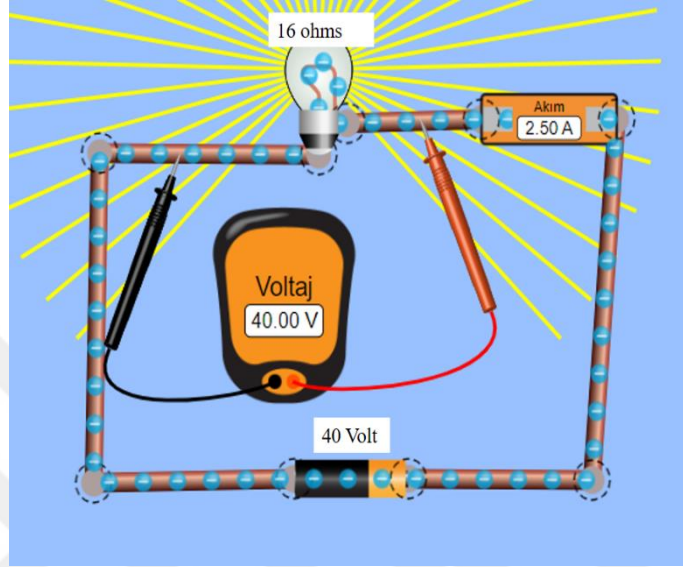
Katılımcıların tamamı bu aşamada aldıkları notları inceleyerek ampermetrede gözüken değeri direnç ve voltaj değişkenlerinin, voltmetrede gözüken değeri ise sadece voltaj (devredeki pilin voltajı) değişkeninin etkilediğini belirtmiştir. Ardından gruplara “Direnç, voltaj ve akım değişkenleri birbirini etkiliyor mu? Bu değişkenlerin arasında bir ilişki var mıdır? Eğer varsa matematiksel olarak nasıl ifade edebiliriz?” sorusu yöneltilmiştir. Gruplardaki bireylerin tamamı direnç, voltaj ve akımın birbirini etkilediğini belirtmiştir. Bu aşamada Ayşe ve Yasemin direnç, voltaj ve akımın arasındaki ilişkiyi tespit etmek için ilk olarak sadece direncin sabit tutulduğu (4 ohms) etkinliklere (bkz. Görsel 4.21.) odaklanarak “Akımın 4 katı voltaja eşit oluyor. Yani akımı 4 ile çarptığımızda voltajı veriyor.” şeklinde bir varsayımda bulunmuşlardır.



voltaj: 14	voltaj: 26	voltaj: 52	voltaj: 20
Akım: 3.50	Akım: 6.50	Akım: 13	Akım: 5
Direnç: 4	Direnç: 4	Direnç: 4	Direnç: 4

Görsel 4.53. Direncin sabit tutulduğu etkinliklere ait yasemin’in notları

Daha sonra 40 volt güce sahip pil ve 16 ohms'luk direnç değerine sahip ampul ile katılımcılara bir devre kurularak (bkz. Görsel 4.22.) kurulan bu devrede ampermetrede gözükecek olan değerin kaç amper olduğu sorulmuştur.



Görsel 4.62. Geliştirilen modelin çalışmadığı duruma bir örnek

Katılımcılar varsayımlarına dayanarak “Pilin voltajı 40 volt olduğu için ampermetrede 10 amper gözükmesi gerekir.” şeklinde bir tahminde bulunmuştur. Ardından katılımcılar devreyi tamamlayarak ampermetrede 2.5 amper gözüktüğünü gözlemlemiştir. Katılımcılar varsayımlarının ve tahminlerinin yanlış olduğunu gözlemledikten sonra Yasemin “Direncin de etkisi vardı. Onu da düşünmemiz gerekir.” şeklinde bir çıkarımda bulunmuştur.

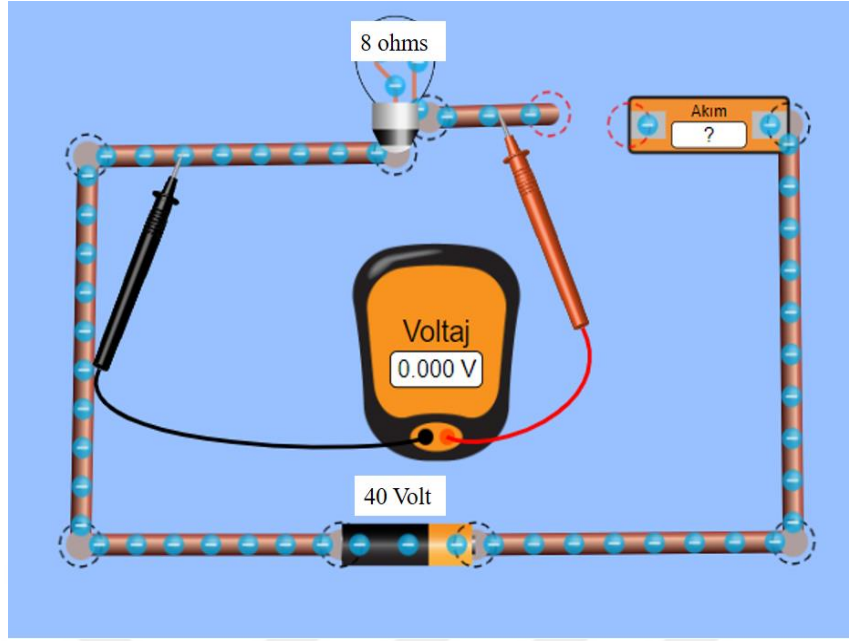
Ayşe ve Yasemin bu aşamaya kadar birtakım gözlemlerde ve direnç, akım ve voltaj arasındaki çarpımsal ilişkiye dair tespitlerde bulunmuş olsalar da direnç, akım ve voltaj arasındaki çarpımsal ilişkiyi doğru bir şekilde fark edememişlerdir. Ayşe ve Yasemin yukarıda açıklanan şekilde yanlış tespitlerde bulundukları, bu tespitleri oluşturdukları tablolardan ve simülasyondan yararlanarak değerlendirdikleri bir süreç geçirmiştir. Bu sürecin ardından katılımcılar oluşturduğu tablodan (bkz. Görsel 4.21.) yararlanarak direnç, akım ve voltaj değişkenleri arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark etmişlerdir. Katılımcılar değişkenler arasındaki ilişkiyi “Akım ile direncin çarpımı voltajı veriyor.” şeklinde tanımlamıştır. Bunun yanında katılımcılardan ilk olarak Burak ve Esin direnç, akım ve voltaj değişkenleri arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark etmişlerdir. Değişkenler

arasındaki ilişkiyi fark etme süreci Ayşe ve Yasemin için biraz daha uzun sürmüştür. Burak ve Esin değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi etkinlikler sürecinde fark etmeye başlamış, bu aşamada sadece oluşturdukları tablolardan yararlanarak modeli “Pili, ampulün direncine böldüğümüzde ampermetredeki değeri veriyor.” şeklinde tanımlamışlardır. Gruplar araştırma kapsamında direnç kodu probleminden önce kule vinç problemi ile çalıştıkları için modelleme süreçlerinde görevlerinin ne olduğunu ve neler yapmaları gerektiğini bildikleri için katılımcıların bu problemde modeli daha kısa bir sürede keşfettikleri görülmüştür. Bu aşamadan sonra araştırmacı katılımcıların oluşturdukları modelleri yeni durumlarda test etmelerini ve doğruluklarını göstermelerini istemiştir. Bir sonraki bölümde katılımcıların modeli test etme süreçlerine yer verilmiştir.

Katılımcılar bu aşamada teknoloji sayesinde direnç, voltaj ve akım kavramlarıyla alakalı tecrübe etmeleri zor olan durumlar üzerinde çalışmalar yapmış, yaptıkları çalışmaların geri dönütlerini kısa sürede ve kolay bir şekilde almış ve etkileşimli simülasyondan aldıkları geri dönütlere dayanarak direnç, voltaj ve akım kavramlarına yönelik kendi modellerini geliştirebilmiştir.

4.1.2.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi

Bu aşamada araştırmacı, direnç, voltaj ve akım kavramlarına yönelik geliştirilen modeli test etmek amacıyla yeni durumlar oluşturarak (bkz. Görsel 4.23.) katılımcılara oluşturulan durumlar hakkında sorular sormuştur. Örneğin; 40 voltluk güce sahip bir pil ve 8 ohms dirence sahip bir ampul ile oluşturulan devrede (Görsel 4.23.) ampermetrede gözüken değerin kaç amper olacağı sorulmuştur. Gruplardaki bireyler bir önceki aşamada geliştirdikleri modellerini kullanarak ampermetrede gözüken değerin kaç amper olacağı hakkında birtakım tahminlerde bulunmuştur. Daha sonra katılımcılar oluşturulan devreyi tamamlayarak simülasyonda tahminlerinin doğruluğunu gözlemlemiştir. Katılımcılar bu aşamada farklı devrelerin kurulduğu bir dizi etkinlikler yaparak bu etkinliklerin sonuçlarını gözlemlemiştir. Yapılan etkinliklerin ve gözlemlerin sonunda gruplar geliştirdikleri modellerin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır. Grupların modellerini geliştirirken ve geliştirdikleri modelleri test ederken tam sayıların kullanıldığı etkinlikleri tercih ettikleri, ondalıklı sayıların kullanıldığı etkinliklerden yararlanmakta güçlük yaşadıkları gözlemlenmiştir.



Görsel 4.71. Geliştirilen modelin test edilmesi için oluşturulan bir durum

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu geliştirdikleri modelin doğruluğunu test etmek için kullanmıştır. Simülasyon bu aşamada katılımcılara, araştırmacının geri dönütlerini beklemeden cevaplara hızlı bir şekilde ulaşarak geliştirdikleri modellerin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını gözlemleme imkânı sağlamıştır.

Amaca uygun çalışan modele ulaşıldıktan sonra tekrar gerçek hayat problemine geri dönmüştür. Bir sonraki bölümde katılımcıların geliştirdikleri modeli gerçek hayat problemine (direnç kodu problemi) aktararak problemin çözümüne ulaşma süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.2.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması

Matematiksel modellemede temel amaç matematiksel model ile elde edilen matematiksel sonuçları ve çözümleri gerçek hayata aktararak gerçek hayat sorunlarının çözümlerine ulaşmaktır. Matematiksel dünyada elde edilen sonuçları tekrar gerçek hayata aktarmak gerçek hayat probleminin çözümüne ulaşmak için önem taşımaktadır. Bu aşamada katılımcılardan direnç, akım ve voltaj kavramlarına ilişkin geliştirdikleri modeli karşılaşılabilecekleri diğer benzer durumlara/problemlere aktararak direnç kodu probleminin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir.

Katılımcıların tamamı problemin analizi aşamasında simülasyon üzerinde gerçekleştirdikleri ön çalışmalar ve yaptıkları grup tartışmaları ile ayarlı direncin değerini

ve direnç, akım ve voltaj kavramlarının birbirini etkilediklerini fark etmiştir. Ancak katılımcılar problemin analizi aşamasında direnç, akım ve voltaj kavramlarının arasındaki çarpımsal ilişkiyi bilmedikleri için hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper ve hangi durumda ayarlı direncin üstünden en çok amper geçeceğini bu aşamada tespit edememiştir (bu kısım bölüm 5.1.2.1. de detaylı olarak açıklanmıştır). Modelleme problemine geri döndüğünde grupların sergiledikleri ilk davranış hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper ve en çok amper geçeceğini tespit etmek olmuştur.

Bu aşamada Esin ve Burak'ın bulunduğu grupta aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

- Esin : *En az 950, en çok 1050 direnç oluyordu. Verilen volt değeri de 220.
(Esin bu aşamada 950'yi 220'ye bölmüştür.)*
- Araştırmacı : *Peki neden 950'yi 220'ye böldün?*
- Esin : *Çünkü bulduğumuz formülde öyle. Pili, ampulün direncine böldüğümüzde ampermetrede gözüken değeri vermesi gerekiyor.*
- Araştırmacı : *950'yi 220'ye bölerek neyi bulmayı amaçladın?*
- Esin : *En az kaç amper geçtiğini bulmak için böyle yaptım.*
- Araştırmacı : *O halde amperin en az olması için direncin en az olması gerektiğini düşünüyorsun. Doğru mu?*
- Esin : *Evet.*

Esin ilk olarak direncin en az olduğu durumda akımın en az olacağını düşündüğü görülmüştür. Esin ve Burak bu aşamada hata yaptıklarını fark edememiştir. Ardından araştırmacı, katılımcılara “Simülasyon üzerinde yaptığımız etkinliklerde amper ve direnç birbirlerini nasıl etkiliyorlardı?” şeklinde bir soru yöneltmiştir. Katılımcılar bu aşamada notlarını inceleyerek hata yaptıklarını fark edip direncin en az olduğu durumda amperin en çok olacağı sonuca ulaşmıştır. Yasemin ve Ayşe ise bu aşamada aldıkları notlardan ve oluşturdukları tablolardan yararlanarak direncin en az olduğu durumda amperin en çok, direncin en çok olduğu durumda ise amperin en az olacağını kolaylıkla fark etmiştir. Modelleme probleminde isteneni tespiti ederken oluşturulan tabloların yarar sağladığı görülmüştür. Katılımcılar ayarlı direncin üstünden en az ve en çok amper akım geçecek durumları tespit ettikten sonra matematiksel işlemlerin yapıldığı aşamaya geçilmiştir.

Bu aşamada katılımcılar problemde verilenlerden elde ettikleri verileri ve geliştirdikleri modeli kullanarak cevaplara ulaşmaya çalışmıştır. Bu aşamada katılımcıların tamamının direnci voltaja böldüğü görülmüştür (bkz. Görsel 4.24.). Daha sonra katılımcılara “Neden böyle bir bölme işlemi yapılması gerektiğini düşündünüz?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada katılımcılar genel olarak “Büyük olan sayıyı küçük

olan sayıya böldüm.” veya “220 sayısı 1050 sayısına bölünmez. O yüzden 1050’yi 220’ye böldüm.” şeklinde cevaplar vermiştir.

$$\begin{array}{r} 1050 \div 220 \\ \underline{880} \\ 1700 \\ \underline{1540} \\ 1600 \\ \underline{1540} \end{array}$$

Görsel 4.72. Amperi bulmak için Esin'in yaptığı işlem

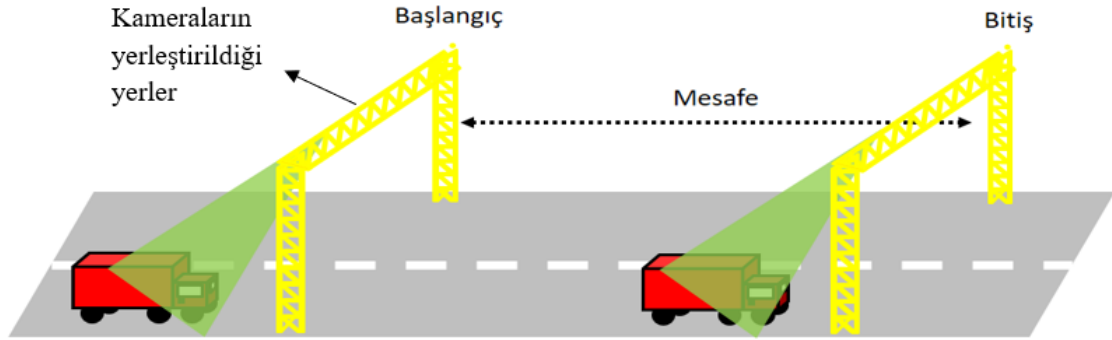
Araştırmacı, gruplara “1050’yi 220’ye böldüğümüzde biz tam olarak hangi değişkeni hangi değişkene bölmüş oluyoruz?” sorusunu yönelttikten sonra katılımcıların tamamı bu aşamada hatalı işlem yaparak direnci voltaja böldüklerini (geliştirilen modele göre voltajın dirence bölünmesi gerekmektedir) fark etmiştir. Daha sonra gruplar işlemlerini düzelterek voltajı dirence bölmüş ve doğru cevaplara ulaşmıştır. Genel olarak katılımcıların işlemsel kısımlarda zorlandıkları hatta Esin ve Yasemin’in bölme işlemini doğru olarak yapamadıkları görülmüştür.

Bu aşamanın sonunda katılımcılar matematiksel işlemleri tamamlayarak modelleme probleminde istenen cevaplara doğru bir şekilde ulaşmıştır. Grupların doğru cevaplara ulaşmasıyla araştırma kapsamında gerçekleştirilen ikinci modelleme problemi tamamlanmıştır. Bir sonraki aşamada üçüncü modelleme problemine ait bulgulara yer verilmiştir.

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu problemde istenenleri (hangi durumda ayarlı direncin üstünden en az amper ve hangi durumda ayarlı direncin üstünden en çok amper geçeceğini) anlamlandırmak için kullanmıştır. Genel olarak katılımcıların yapılan etkinliklerde ve problemin çözüm sürecinde etkileşimli simülasyonu model oluşturma, oluşturulan modeli test etme ve gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri bir durumu etkileşimli simülasyonda deneyimleyerek bu deneyimlerini probleme aktarıp problemi anlama ve problemin çözümüne ulaşma aşamalarında aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir.

4.1.3. Hız koridoru problemi

Araştırma kapsamında uygulanan üçüncü modelleme problemi araştırmacı tarafından geliştirilen hız koridoru problemidir. Günümüzde hız koridorları yaygın olarak kullanılmaktadır. Hız koridorları, araçların hızlarını kontrol etmek amacıyla kullanılan bir sistemdir (bkz. Görsel 4.25.).



Görsel 4.81. Hız koridoru problemi

Hız koridorlarının çalışma prensibi kısaca şu şekildedir; Bir araç hız koridoruna giriş yaptığı zaman, aracın bilgileri ve giriş saati sisteme kaydedilir. Ardından, aynı araç hız koridorundan çıkış yaptığı anda tekrar bilgileri ve hız koridorundan çıkış saati sisteme kaydedilir. Giriş ve çıkış saatleri karşılaştırılarak aracın hız koridoru boyunca geçirdiği süre hesaplanır. Eğer araç, hız koridorunun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafeyi hız sınırlarına uygun olmayan bir sürede geçmiş ise cezai işlem uygulanır. Bu problemde, İstanbul'dan Ankara'ya seyahat eden bir sürücünün İstanbul-Ankara Otoyolu'nu kullanırken hız sınırlarını aşması nedeniyle para cezası aldığı bilgisi verilmiştir. Hız koridoru problemi kapsamında katılımcılara, sürücüye verilen cezanın tutarı dikkate alınarak sürücünün en az kaç saatte ve saatte kaç kilometre hızla seyahat etmiş olabileceği ve en çok kaç saatte ve saatte kaç kilometre hızla gitmiş olabileceği sorulmuştur (detaylı bilgi için bkz. EK-3).

Özetle hız koridorlarının çalışma prensibinin temelinde hız kavramı yatmaktadır. Alınan yol, hız ve zaman kavramları arasında bir oransal ilişki bulunmaktadır. Bu problem, hız koridorlarının çalışma prensibinde yatan yol, hız ve zaman kavramları arasındaki oransal ilişki üzerine kurgulanmıştır.

Bu modelleme problemi kapsamında modelleme aşamalarında “The Moving Man (<https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/moving-man/latest/moving-man.html?simulation=moving-man&locale=tr>)” etkileşimli simülasyonu kullanılmıştır.

Hız koridoru probleminin modelleme aşamalarında katılımcılardan simülasyonu kullanarak,

- Hız koridorlarının çalışma prensibinde yatan yol, hız ve zaman kavramlarını fark etmeleri
- Problemi matematiksel dünyaya aktararak bu değişkenler arasındaki ilişkiyi keşfetmeleri
- Katılımcılara verilen ve bu problem ile benzer problemlerin çözümünde kullanabilecekleri bir model geliştirmeleri
- Geliştirdikleri modeli gerçek dünyaya aktararak problemin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir. Aşağıda katılımcıların etkileşimli simülasyon ortamında modelleme süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.3.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi

Gruplardaki bireylerin modelleme sürecinde ilk olarak problemi anlamaya çalıştığı görülmüştür. Burak, Ayşe ve Yasemin kendilerine verilen hız koridoru problemini anlamak için problemi birçok kez okuyarak problemde verilenler ve istenenler üzerinde grup tartışması yapmıştır. Esin ise problemde verilenleri ve istenenleri diğer katılımcılara kıyasla daha kısa sürede anlayabilmiştir. Bu kapsamda Esin, Burak ile yaptıkları grup tartışmasında modelleme problemini kendi cümleleriyle doğru bir şekilde açıklayabilmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin arasında geçen bir diyaloga aşağıda yer verilmiştir:

Burak : Yukarı verdiği bilgiler (problemde verilen ilk paragrafı ima etmektedir) çözüm için gereksiz.

Esin : Bence de. Bizden yine en çok ve en azı istiyor. Ama saat ve kilometreyi vermemiş. Onları biz bulacağız.

Burak : Onları nasıl bulabiliriz?

Esin : Yukarıda açıklamasını vermiş aslında. İlk başta Plaka Tanıma Sistemi'yle aracın bilgilerini alıyor. Sonra ikinci noktada da alıyor. Hızın ortalamasını alıyor. Eğer hız sınırlarına uygun değilse cezai işlem uyguluyor. O zaman bu araç hız sınırlarına uymadığı için para cezası yemiştir. Hız sınırı 130 kilometre/saat'miş.

Burak : Bu aracın gittiği yolda 420 kilometre.

Esin : 206 TL ceza yemiştir birincidedir (143 km/saat ile 169 km/saat arasını ima etmektedir). O zaman hızının 143 km/saat ile 169 km/saat arasında olması gerekir.

Esin'in modelleme problemini kendi cümleleriyle açıklamasının ardından Burak modelleme probleminde verilenleri anlayabilmek için günlük hayatta yaşadığı benzer bir olaydan edindiği bir tecrübeden yararlanmaya çalışmıştır. Burak'ın bu aşamada Eskişehir'den Bilecik'e giderken hız sınırını aştıkları için para cezası ödediklerini belirterek gerçek hayat durumu ile modelleme probleminde verilen durum arasında ilişki kurmaya çalıştığı gözlemlenmiştir.

Her iki gruptaki bireylerin de modelleme probleminde verilenleri anlayabilmek için aşağıdaki basamakları izlediği görülmüştür;

- Katılımcılar ilk olarak sürücüye neden para cezası verildiğini anlamaya çalışmıştır (katılımcılar genel olarak sürücüye para cezası verilmesinin sebebini “Hız sınırını aştığı için para cezası verilmiş.” şeklinde açıklamıştır).
- Ardından katılımcılar, sürücüye verilen para cezasının miktarını (206 TL) göz önünde bulundurarak sürücünün hızının aralığını tespit etmiştir (143 km/saat ile 169 km/saat arası).

Katılımcılar sürücünün hızının en az ve en çok değerini tespit edebilmelerine rağmen yol, hız ve zaman arasındaki çarpımsal ilişkiyi bilmedikleri için soruda verilen hız değerleri ile istenen zaman değerleri arasında ilişki kuramamıştır. Katılımcılar bu aşamada değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyebilmek amacıyla simülasyonda ön çalışmalar yapmıştır. Ayşe yaptığı çalışmalara ve gözlemlere dayanarak “Hız düştükçe saniye artıyor.” çıkarımında bulunmuştur. Esin ve Burak'ın, sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az ve en çok kaç saatte gitmiş olabileceğini bulabilmek için sürücünün hızının (143 km/saat ile 169 km/saat arası) kaç olması gerektiğine karar vermesi için diğer gruba kıyasla daha fazla zamana ihtiyaç duydukları gözlemlenmiştir.

Katılımcılar simülasyon üzerinde yapılan ön çalışmalarla sürücünün en az saatte gidebilmesi için hızının aralıktaki en yüksek hız değeri olması, sürücünün en çok saatte gidebilmesi için hızının aralıktaki en düşük hız değeri olması gerektiğini anlamıştır. Bu aşamada Burak, Yasemin ve Ayşe en yüksek hız değerini 169 km/saat olarak belirlerken Esin, “168 km/saat olması gerekir. Çünkü aşağıda 143km/saat ile 169 km/saat arası diyor. Arası dediği için 168 km/saat olarak almamız gerekir. Ayrıca aşağıda 169 km/saat ve üzeri diyor.” şeklinde bir açıklama yaparak en yüksek hız değerini 168 km/saat olarak belirlemiştir. Burak hatasını Esin'in açıklamasından sonra düzeltirken Yasemin ve Ayşe araştırmacının “Sürücünün hızı 169 km/saat olsaydı ne kadar para cezası öderdi?” sorusunu yöneltmesinin ardından (Yasemin ve Ayşe bu aşamada eğer sürücünün hızı 169

km/saat olsaydı sürücüye 427 TL para cezası verileceğini fark etmiştir) hatalarını düzelterek aralıktaki en yüksek hız değerini 168 km/saat olarak belirlemiştir.

Bunun yanında grupların tümü grup içi tartışmalarda ve simülasyon üzerinde yaptıkları ön çalışmalarda ulaştıkları bilgileri probleme aktararak sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az saatte gidebilmesi için hızının en yüksek, en çok saatte gidebilmesi için hızının en düşük olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Hız koridorunun çalışma prensibinde yatan yol, hız ve zaman kavramlarının anlaşılmasından sonra bu kavramların birbirini nasıl etkilediğinin keşfi ve sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az kaç saatte ve en çok kaç saatte gidebileceğini bulabilmek için matematiksel bir modele ihtiyaç duyulmuştur.

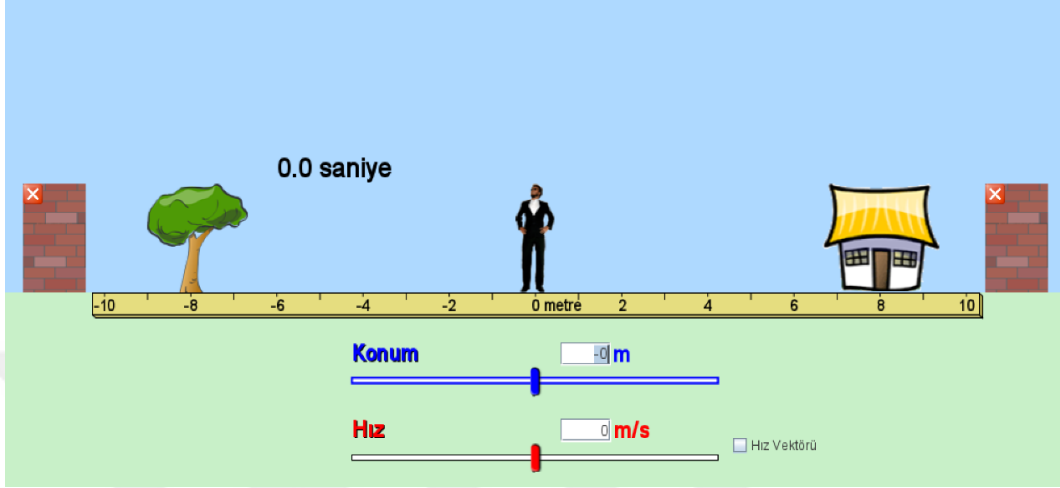
Gruplar bu aşamada etkileşimli simülasyon ile sürücünün hız değerlerinin nasıl olması gerektiğini anlamışlar ancak modelleme probleminde istenenleri (probleminde istenen sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az ve en çok kaç saatte gitmiş olduğu) bulmak noktasında simülasyonu kullanmaya ihtiyacı duymuşlardır.

4.1.3.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında yol, hız ve zaman kavramlarının incelenmesi

Araştırmacı, katılımcıların yol, hız ve zaman kavramlarını inceleyebilmeleri için “The Moving Man” (bkz. Görsel 4.26.) etkileşimli simülasyonunda daha önceden hazırlanmış bir dizi yapılandırılmış etkinlikleri onların kullanımına sunmuştur. Bu etkinliklerin temel amacı yol, hız ve zaman kavramlarını ve bu kavramların arasındaki ilişkiyi katılımcıların fark etmelerini sağlamaktır.

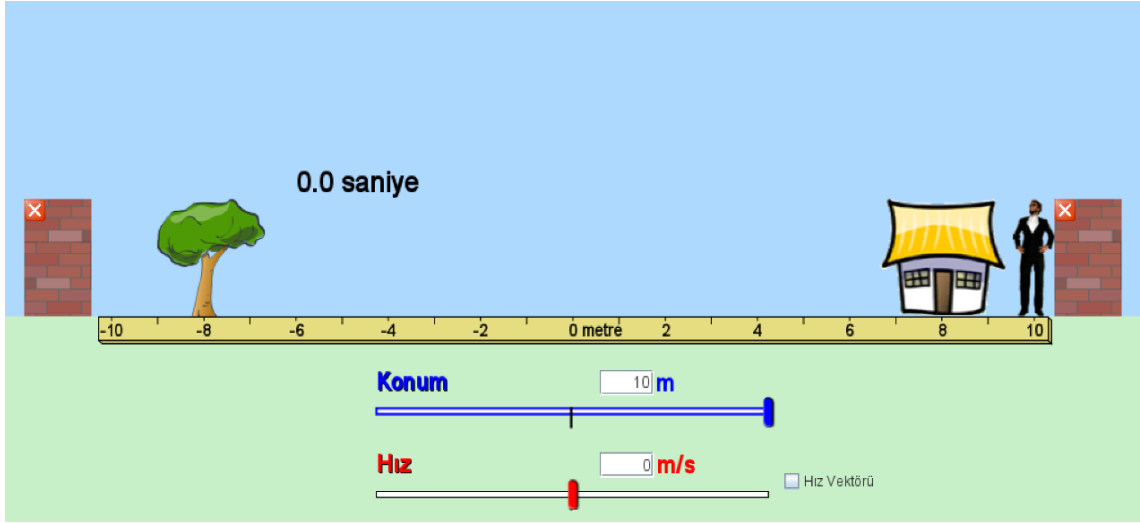
“The Moving Man” simülasyonunda farklı konumlara yerleştirilmiş bir ağaç, bir ev, iki duvar ve bir hareketli (insan) bulunmaktadır (bkz. Görsel 4.26.). Etkileşimli simülasyondaki hareketlinin konumu yani hareketine başlayacağı nokta değiştirilebilmektedir. Ayrıca hareketlinin hareket yönü ve hareket hızı katılımcılar tarafından değiştirilebilmektedir. Katılımcılar, simülasyondaki hareketlinin konumunu mavi renk ile gösterilen kısımdan, hızını ise kırmızı renk ile gösterilen kısımdan değiştirebilmektedir. Başlangıç noktasının (0 metre) sol tarafında çalışmalar yapılabilmesi için konum veya hız değerlerinin negatif olarak yazılması gerekmektedir. Örneğin simülasyondaki hareketlinin sola doğru 5 m/s hızla hareket etmesi için hız bölmesine -5 değerinin, konumunun sol tarafta 6 metrenin üzerinde olması için konum bölmesine -6 değerinin girilmesi gerekmektedir. Simülasyondaki başlangıç noktasına (0

metre) 10 metre uzaklıkta bulunan duvarlar, üzerinde bulunan butonlara basılarak kapatılabilmektedir. Hareketlinin hareketi boyunca geçen süre ise simülasyondaki kronometre ile ölçülmektedir. Etkileşimli simülasyonun kullanımı için gerekli olan bilgiler katılımcılara etkinlikler aşamasında verilmiştir.



Görsel 4.82. PhET Yürüyen Adam Simülasyonu ekran görüntüsü

İlk olarak katılımcıların hız ve zaman değişkenlerinin arasındaki ilişkiyi keşfedebilmesi amacıyla hareketlinin alacağı yolun sabit tutulup zaman ve hız değişkenlerinin değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Etkinlikler kapsamında araştırmacı, katılımcılara ilk olarak “Simülasyondaki hareketlinin sağ taraftaki duvara (başlangıç noktasından 10 metre uzaklıkta) 2 saniyede ulaşabilmesinin bir yolu var mıdır? Varsa nedir?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada Burak, hareketlinin sağ taraftaki duvara 2 saniyede ulaşabilmesi için hareketlinin hızının 5 m/s olması gerektiğini söylemiştir. Katılımcıya böyle düşünmesinin sebebi sorulduğunda Burak’ın, hareketlinin hızının 5 m/s olması gerektiğini söylerken rastgele bir sayı söylediği, cevabına herhangi bir matematiksel açıklama getiremediği görülmüştür. Ardından Burak 5 m/s hız değerini deneyerek tahminin doğru olduğunu gözlemlemiştir. Diğer katılımcılar ise bu aşamada deneme-yanılma yoluyla birden fazla hız değerini deneyerek hareketlinin sağ taraftaki duvara 2 saniyede ulaşabilmesi için doğru hız değerine ulaşabilmiştir. Ardından hareketlinin alacağı yol değiştirilmeden hareketlinin hareket süresinin 2 katına (2 saniyeden 4 saniyeye) çıkarıldığı bir etkinlik yapılmıştır. Bu kapsamda katılımcılara hareketlinin konumu Görsel 4.27. deki gibiyken “Hareketlinin başlangıç noktasına (0 metre) 4 saniyede geri dönenebilmesi için hızında nasıl bir değişiklik yapılması gerekir? Hızı tahmini kaç olmalıdır?” sorusu yöneltilmiştir.



Görsel 4.83. Başlangıç noktasının +10 metre olarak belirlenmesi

Katılımcıların tamamı hareketlinin başlangıç noktasına 4 saniyede geri dönebilmesi için hızının azaltılması gerektiği öngörüsünde bulunmuştur. Esin, Burak ve Yasemin hızının kaç olması gerektiği sorusuna herhangi bir matematiksel bir tahminde bulunamazken diğer katılımcılardan farklı olarak Ayşe matematiksel bir tahminde bulunabilmiştir. Bu aşamada Ayşe ile araştırmacı arasında geçen diyaloga aşağıda yer verilmiştir:

Araştırmacı : Hareketlinin başlangıç noktasına (0 metre) 4 saniyede geri dönebilmesi için hızında nasıl bir değişiklik yapılması gerekir? Hızı tahmini kaç olmalıdır?

Ayşe : Hızının azalması gerekiyor. 2 veya 2,5 m/s olur.

Araştırmacı : Peki neden 2 veya 2,5 m/s olması gerektiğini düşündün?

Ayşe : Süre iki katına çıktığı için hızını ikiye böldüm.

Ardından araştırmacı Ayşe'ye ikiye bölmesinin sebebini sorduğunda Ayşe'nin cevabını tam olarak matematiksel bir açıklamaya dayandıramadığı, sezgisel olarak bu cevaba ulaştığı görülmüştür.

Bu aşamada katılımcılara “Neden hareketlinin hızının azaltılması gerektiğini düşündünüz?” sorusu yöneltilmiş ve bu kapsamda katılımcıların tamamının günlük hayattaki tecrübelerinden yararlanarak hızının azaltılması gerektiğini düşündükleri görülmüştür.

Bu aşamada gruplar hareketlinin 4 saniyede başlangıç noktasına geri dönebilmesi için hızının kaç olması gerektiğini deneme-yanılma yoluyla bulmuştur. Katılımcı gruplarının tamamının bu aşamada doğru hız değerine ulaşabilmek için birden fazla deneme yapmaya ihtiyaç duyduğu görülmüştür.

Ardından gruplara “Bir önceki etkinlikte 4 saniyede duvardan başlangıç noktasına ulaşabildik. Peki aynı duvara (+10 metre uzaklıktaki) varış süresinin 2,5 katına çıkması için hızında nasıl bir değişim yapılmalıdır? Neden?” sorusu yöneltilmiştir. Burak ve Esin 4 ile 2,5 sayılarını çarparak hareketlinin duvara 10 saniyede ulaşması gerektiğini kolay ve hatasız bir şekilde hesaplayabilirken Ayşe ve Yasemin bu aşamada işlemsel bilgilerinin yetersizliğinden dolayı hareketlinin duvara kaç saniyede varması gerektiğini hesaplayabilmek için Burak ve Esin’e kıyasla daha fazla süreye ihtiyaç duymuştur. Katılımcıların tamamı 2,5 ondalık sayısını rasyonel sayıya çevirerek çarpma işlemini yapmayı tercih etmiştir. Gruplar, hareketlinin 10 metre uzaklıktaki duvara 10 saniyede varması gerektiğini hesapladıktan sonra hareketlinin bu sürede duvara varması için hızının kaç olması gerektiği hakkında katılımcıların fikirleri alınmıştır. Burak, hareketlinin duvara 10 saniyede ulaşabilmesi için hareketlinin hızının artırılarak 4 m/s yapılması (son yapılan etkinlikte hareketlinin hızı 2,5 m/s’dir) gerektiğini söylemiştir. Grup arkadaşı Esin ise Burak’ın cevabının hatalı olduğunu, hareketlinin hızının azaltılması gerektiğini söylemiştir. Katılımcıların ikisinde bu şekilde düşünmelerinin sebebi sorulduğu zaman Burak bir açıklamada bulunamazken Esin “Zaten yaptığımız ilk etkinlikte hızı 5 iken duvara 2 saniyede ulaşmıştı. 10 saniyede ulaşabilmesi için hızının küçük bir şey olması gerekir. Örneğin 0,5 gibi bir şey olması gerekir.” şeklinde bir açıklamada bulunmuştur. Esin ve Burak’ın arasında yukarıda açıklanan diyalog gerçekleştikten sonra Burak fikrini değiştirerek Esin’in fikrinin doğru olduğunu belirtmiştir.

Diğer grup (Yasemin ve Ayşe) ise bu aşamada hareketlinin duvara 10 saniyede ulaşabilmesi için hareketlinin hızının azaltılması gerektiğini söylemiştir. Ardından katılımcılara hareketlinin hızının kaç olması gerektiği sorulduğunda Ayşe’nin son etkinlikte kullandığı çarpımsal ilişkiyi (hareketlinin duvardan (+10 metrede bulunan) başlangıç noktasına 4 saniyede geri dönebilmesi için hızının kaç olması gerektiği sorulduğunda Ayşe, hareketlinin başlangıç noktasından 10 metre uzaklıktaki duvara 2 saniyede ulaşabilmesi için hızının 5 m/s olması gerektiğini gözlemlediği etkinliği göz önünde bulundurarak hareketlinin 4 saniyede geri dönebilmesi için hareketlinin hızını araştırırken “Sürenin iki katına çıkmış bu yüzden hızını ikiye böldüm.” şeklinde bir çarpımsal ilişki kullanmıştır) bu etkinliğe aktaramadığı görülmüştür. Yasemin ise hareketlinin duvara 10 saniyede ulaşabilmesi için hareketlinin hızının 1 m/s olması gerektiğini söylemiştir. Katılımcıya 1 m/s’ye cevabına nasıl ulaştığı sorulduğunda

Yasemin “2 saniyede 5 m/s ise 10 saniye olması için hızının 1 m/s olması gerekir.” şeklinde bir açıklama bulunmuştur. Bu aşamada Ayşe son etkinlikte kullandığı çarpımsal ilişkiyi bu etkinlikte kullanamazken Yasemin (Yasemin ile Ayşe aynı grupta bulunmaktadır) Ayşe’nin son etkinlikte kullandığı çarpımsal ilişkiyi kullanarak doğru cevaba ulaşmıştır. Katılımcıların tamamının hareketlinin hızı hakkındaki fikirleri alındıktan sonra katılımcılar simülasyon üzerinde tahminlerini test etmiştir. Yasemin öngörüsünün doğru olduğunu gözlemlerken Burak ve Esin 0,5 m/s’nin doğru hız değeri olmadığını gözlemlemiştir. Burak ve Esin bu aşamada 0,5 m/s’den başlayıp birtakım denemeler yaparak doğru hız değerine ulaşabilmiştir. Doğru hız değerine ulaşıldıktan sonra bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada yapılan etkinliklerde hareketlinin alacağı yol yine sabit tutulmuştur. Ancak katılımcıların ezberden cevap vermelerini engellemek amacıyla bu aşamada hareketlinin hareketine başlayacağı konum değiştirilmiştir. Bu kapsamda hareketlinin hareketine başlayacağı nokta başlangıç noktasının (0 metre) sol tarafında ve başlangıç noktasına 8 metre uzaklıkta bulunan ağaç olarak belirlenmiştir. Bu aşamada hareketlinin alacağı yol 18 metre (önceki aşamalarda hareketlinin aldığı yol 10 metredir) olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak katılımcılara “Hareketlinin sağ taraftaki +10 metrede bulunan duvara (18 metre uzaklıkta bulunan) 5 saniyede ulaşabilmesi için hızının kaç olması gerekmektedir?” sorusu yöneltilmiştir.

Yasemin, hareketlinin hızının 3 m/s olması gerektiğini belirtirken diğer katılımcılar herhangi bir öngörüde bulunamamıştır. Yasemin’e böyle düşünmesinin sebebi sorulduğunda hareketlinin hareketine başladığı noktanın bir önceki etkinlikler ile aynı olmadığını, harekete başlama noktasının değiştirildiğini dikkate almadan önceki yaptığı etkinliklerdeki tecrübelerine dayanarak “Hızı 2,5 m/s iken 4 saniyede gitmiş o zaman burada hızının 3 falan olması gerekir dedi.” şeklinde bir öngörüde bulunduğu görülmüştür. Katılımcıların tamamı bu aşamada rastgele bir hız değerinden başlayarak hareket süresine göre hareketlinin hızını arttırarak veya azaltarak doğru hız değerine (3,6 m/s) deneme-yanılma yoluyla ulaşmıştır.

Ardından değişkenler aynı sayısal değerlere sahipken (yol: 18 metre, zaman: 5 saniye iken) başlangıç ve bitiş noktalarının değiştirildiği durumlarda katılımcıların hız değerinin değiştirilmemesi gerektiği fark edip edemeyeceklerini incelemek amacıyla “Hareketli bulunduğu duvardan ağaca (+10 metrede bulunan duvardan -8 metrede bulunan ağaca) 5 saniyede geri dönebilmesi için hızının kaç olması gerekmektedir?”

sorusu yöneltmiştir. Ayşe, Yasemin ve Esin'in hareketlinin alacağı yol ve zaman değişkenleri değişmediği için hızının bu etkinlikte de 3,6 m/s olması gerektiğini fark ettiği ancak Burak'ın bu durumu fark edemeyerek araştırmacının sorusuna farklı bir hız değeri ile cevap verdiği görülmüştür. Burak'a neden böyle düşündüğü sorulduğu zaman Burak'ın herhangi bir açıklamada bulunamadığı, hareketlinin hareketine başladığı ve hareketini bitirdiği noktaların değiştirildiği durumu farklı bir durum gibi düşünerek farklı bir cevap olması gerektiğini düşündüğü görülmüştür. Daha sonra Ayşe, Yasemin ve Esin hareketlinin hızını değiştirmeden simülasyonda durumu denemiş ve öngörülerinin doğru olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ardından katılımcılara “Hareketlinin sağ taraftaki +10 metrede bulunan duvara (18 metre uzaklıkta bulunan) 6 saniyede ulaşabilmesi için hızının kaç olması gerekmektedir?” sorusu yöneltmiştir. Katılımcıların tamamı bu aşamada bir önceki etkinliği (katılımcıların, hareketlinin -8 metrede bulunan ağaçtan +10 metrede bulunan duvara 5 saniyede gitmesi için hızının 3,6 m/s olması gerektiğini gözlemlediği etkinlik) göz önünde bulundurarak hareketlinin hareket süresinin artması için hızın azaltılması gerektiği sonucuna ulaşabilmiştir. Katılımcılara hareketlinin hızının kaç olabileceği sorulduğunda Esin önceki etkinliklerde yaptığı gözlemleri ve aldığı notları göz önünde bulundurarak “Bir önceki etkinlikte (hareketlinin -8 metredeki ağaçtan +10 metredeki duvara yol aldığı etkinlik) hızı 3 yapmıştım. O zaman 6 saniye olmuştu. Yine hızı 3 yaparsam saniye 6 olur.” şeklinde bir akıl yürütmede bulunarak tekrar deneme yapmaya ihtiyaç duymadan doğru cevaba ulaşırken diğer katılımcılar doğru hız değerine deneme-yanılma yoluyla ulaşabilmiştir. Katılımcıların tamamının doğru hız değerine ulaşmasının ardından gruplara “Hareketlinin aldığı yolun sabit tutulduğu durumlarda hız ile süre arasında bir ilişki var mıdır? Varsa bu ilişkiyi nasıl açıklarsınız?” sorusu yöneltmiştir. Grupların tamamı hareketlinin aldığı yolun sabit tutularak hareketlinin hızının arttırıldığı durumlarda hareket süresinin azaldığı, hareketlinin hızının azaltıldığı durumlarda ise hareket süresinin arttığı sonucuna ulaşabilmiştir. Katılımcıların bu aşamanın sonunda zaman, hız ve yol değişkenleri arasındaki matematiksel ilişkiyi keşfedememesine rağmen Ayşe, Esin ve Yasemin'in bu değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark etmeye başlayarak bazı etkinliklerde bu çarpımsal ilişkiyi kullandıkları görülmüştür. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

4.1.3.3. Modelleme aşaması 2: Yol, hız ve zaman değişkenlerine yönelik modelin oluşturulması

Bir sonraki aşamada zaman değişkeninin sabit tutularak hız değerlerinin değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Bu kapsamda gruplara ilk olarak hareketlinin hızı 7,5 m/s iken 4 saniyede ne kadar yol alacağı sorulmuştur. Esin, hareketlinin alacağı yolun kaç metre olacağını net bir şekilde ifade edemezken 10 metreden fazla olacağını bu yüzden duvarların kaldırılması gerektiğini söylemiştir. Esin'e 10 metreden fazla yol alacağını düşünmesinin sebebi sorulduğunda Esin'in matematiksel bir açıklamada bulunamadığı sezgisel olarak hareket ettiği gözlemlenmiştir. Katılımcılar bu aşamaya kadar yol, hız ve zaman değişkenleri arasındaki matematiksel ilişkiyi fark edemedikleri için hareketlinin hızı 7,5 m/s iken 4 saniyede ne kadar yol alacağını simülasyonda denemeler yaparak bulmuştur. Ardından araştırmacı “Hareketlinin hızı 7,5 m/s iken 4 saniyede 30 metre yol almasının sebebi ne olabilir?” sorusunu yönelttiği zaman Esin bir önceki etkinliklerde fark etmeye başladığı çarpımsal ilişkiyi bu aşamada daha net ifade edebilmiştir. Bu aşamada aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Araştırmacı : Hareketlinin hızı 7,5 m/s iken 4 saniyede 30 metre yol almasının sebebi ne olabilir?

Burak : Hızlı olduğu için daha fazla yol aldı.

Esin : 7,5 ile 4'ü çarparsak 30 yapar. Böyle olabilme ihtimali var mı?

Esin, fark ettiği çarpımsal ilişkinin doğruluğunu test edebilmek için birkaç deneme daha yapmaya ihtiyaç duymuştur.

Hareketlinin alacağı yolun (hareketli hızı 7,5 m/s iken 4 saniyede 30 metre yol almıştır) gözlemlenmesinin ardından gruplara hareket süresi değiştirilmeden (hareketli 4 saniye hareket edecektir) hızın 2 katına çıkarıldığı durumda hareketlinin alacağı yol sorulmuştur. Bu aşamada katılımcıların tamamı hareketlinin 60 metre yol alacağını söylemiştir. Hareketlinin 60 metre yol alacağını düşünmelerinin sebebi sorulduğunda katılımcılar genel olarak “Hızın 2 katına çıkarıldığı zaman aldığı yolda 2 katına çıkar. Yani 60 metre olur.” şeklinde cevaplar vermiştir. Ardından “Neden hız 2 katına çıkarıldığında yolunda 2 katına çıkacağını düşündünüz?” sorusu yöneltildiğinde ise Burak ve Ayşe'nin hız, zaman ve yol değişkenleri arasındaki matematiksel ilişkiyi fark edemediği, sezgisel olarak hareket ettiği görülmüştür. Esin bu aşamada doğru cevaba ulaşabilmek için bir önceki etkinlikte fark ettiği çarpımsal ilişkiyi kullanmıştır. Yasemin ise doğru cevaba ulaşabilmek için günlük hayattaki tecrübeleri ile etkinlik arasında ilişki kurarak doğru cevaba ulaşmıştır. Aynı zamanda Yasemin, doğru cevabı araştırırken

değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiyi de fark etmiştir. Bu aşamada aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Araştırmacı : Neden hız 2 katına çıkarıldığında yolunda 2 katına çıkacağını düşündünüz?

Yasemin : Çünkü çok hızlı gidecektir. Hız artınca yolda artar.

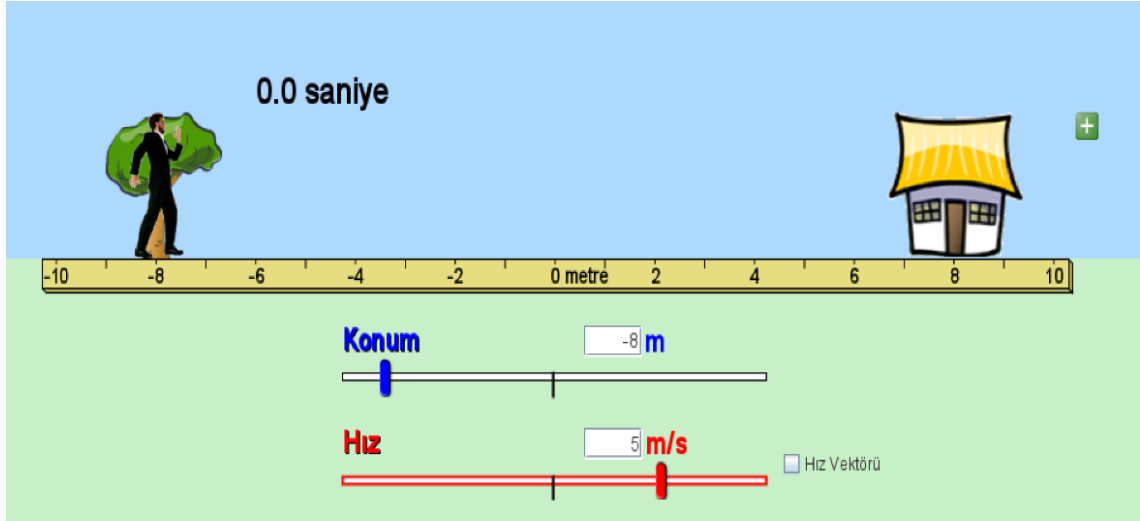
Araştırmacı : Peki neden 60 metre yol alacağını düşündün?

Yasemin : Normal hayatta bir adım atmak yerine iki adım atarsam iki kat uzağa giderim. Yani ikiyle çarpmamız gerekir.

Durum sonra (hareketlinin hızı 15 m/s iken 4 saniyede kaç metre yol alacağı) hakkındaki fikirler alındıktan katılımcılar simülasyon üzerinde cevaplarının doğru olduğunu gözlemlemiştir. Ardından gruplara hareketlinin hareket süresinin sabit tutulduğu durumlarda hareketlinin hızı ile aldığı yol arasında bir ilişki olup olmadığı, eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin ne olabileceği sorulmuştur. Katılımcıların tamamı bu aşamanın sonunda sürenin sabit tutularak hareketlinin hızının arttırıldığı durumlarda hareketlinin aldığı yolun arttığı, hareketlinin hızının azaltıldığı durumlarda ise hareketlinin aldığı yolun azaldığı sonucuna ulaşmıştır. Bunun yanında Burak ve Ayşe değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi henüz fark edemezken Esin ve Yasemin önceki etkinliklerde fark etmeye başladıkları çarpımsal ilişkiyi ilk kez bu aşamanın sonunda net bir şekilde ifade edebilmiştir. Katılımcılara değişkenler arasındaki ilişki sorulduğunda Esin ve Yasemin bu ilişkiyi “Saniye ile hızı çarpınca konumu veriyor.” şeklinde tanımlamıştır. Hareket süresinin sabit tutulduğu etkinlikler tamamlandıktan sonra bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

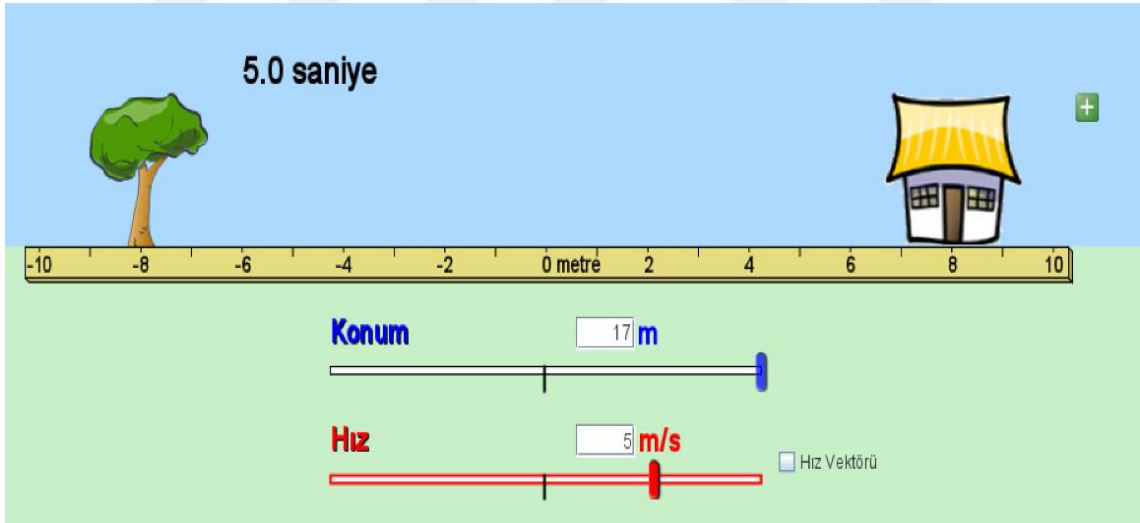
Bir sonraki aşamada hareketlinin hızı sabit tutularak sürenin değiştirildiği durumlar ile ilgili etkinlikler yapılmıştır. Yapılan etkinliklerde başlangıç noktası -8 metrede bulunan ağaç olarak kabul edilmiştir (bkz. Görsel 4.28.). Etkinlikler kapsamında katılımcılara ilk olarak “Hızı 5 m/s olan hareketli 5 saniyede kaç metre yol alır?” sorusu yöneltilmiştir.

Yasemin ve Esin bir önceki aşamada hız, yol ve zaman arasındaki fark ettikleri matematiksel ilişkiyi kullanarak hareketlinin 25 metre yol alması gerektiğini belirtmiştir. Burak ve Ayşe ise hız, yol ve zaman arasındaki matematiksel ilişkiyi bu ana kadar fark edemedikleri için herhangi bir öngöründe bulunamamıştır.



Görsel 4.84. Hızın sabit tutularak sürenin değiştirildiği etkinlik

Bu aşamada Burak ve Ayşe grup arkadaşlarının öngörülerine ve fark ettikleri çarpımsal ilişkiye odaklanmıştır. Katılımcılar cevaplarının doğruluğunu kontrol etmek için etkileşimli simülasyonu kullanmıştır. Simülasyonda Burak ve Esin, hareketlinin hızını 5 m/s olarak belirledikten sonra hareketlinin 5. saniyedeki konumunu 17 metre olarak gözlemlemiştir (bkz. Görsel 4.29.).



Görsel 4.85. Hareketlinin 5 m/s hız ile 5 saniyede aldığı yol

Bu durumda Burak ilk olarak Esin'in fark ettiği çarpımsal ilişkinin doğru bir şekilde çalışmadığını belirtmiştir. Ardından Esin, grup arkadaşına başlangıç noktasının 0 olmadığını, hareketlinin hareketine daha geriden (-8 metreden) başladığını bu yüzden hareketlinin 25 metre yol alabilmesi için hareketini bitirdiği konumun 17 metre ($17+8=25$ metre yol alabilmesi için) olması gerektiğini açıklamıştır. Yapılan bu grup tartışmasından sonra Burak, hareketlinin 5. saniyedeki konumunun neden 17 metre olduğunu

anlayabilmiştir. Ayrıca Burak yapılan grup tartışmasının ardından Esin'in fark ettiği çarpımsal ilişkinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır.

Ardından katılımcılara hareketlinin hızı değiştirilmeden hareket süresinin yarıya düşürüldüğü durumda hareketlinin alacağı yolun kaç metre olacağı sorulmuştur. Yasemin, Burak ve Esin matematiksel ilişkiyi ($\text{yol} = \text{hız} \cdot \text{zaman}$) kullanarak hareketlinin 12,5 metre yol alacağını belirlemiştir. Bu aşamada Ayşe yol, hız ve zaman arasındaki çarpımsal ilişkiyi tam olarak fark edememesine rağmen 12,5 metre cevabına ulaşmıştır. Ayşe'ye 12,5 metreye nasıl ulaştığı sorulduğunda "Süre yarıya düşerse alınan yolda yarıya düşer." şeklinde cevap vermiştir. Bu kapsamda Ayşe'nin farklı değişkenler arasındaki orantısal ilişkileri fark ettiği ancak bunları birleştirerek yol, hız ve zaman arasındaki matematiksel ilişkiye ulaşmakta güçlük yaşadığı görülmüştür (katılımcının "Süre yarıya düşerse alınan yolda yarıya düşer." ifadesinden zaman ve yol arasındaki orantısal ilişkiyi fark ettiği, önceki yapılan etkinliklerde "Süre iki katına çıktığı için hızını ikiye böldüm." şeklinde verdiği cevabıyla da zaman ve hız arasındaki orantısal ilişkiyi fark ettiği anlaşılmaktadır). Ardından Yasemin yaptığı işlemi açıklarken (Yasemin bu aşamada doğru cevaba ulaşabilmek için hareketlinin hızını ile hareket süresini çarpmıştır) Ayşe değişkenler arasındaki ilişkiyi net bir şekilde fark edebilmiştir. Bu noktada Ayşe aldığı notlara bakarak Yasemin'in fark ettiği ilişkinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır. Katılımcıların öngörülleri alındıktan sonra simülasyon kullanılarak verilen cevaplarının doğru olduğu gözlemlenmiştir. Ardından katılımcılara "Yol, hız ve süre değişkenleri arasında matematiksel bir ilişki var mıdır? Eğer varsa bu ilişkiyi nasıl tanımlarsınız?" sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların keşfettikleri matematiksel ilişkiyi bu aşamada genel olarak "Hız ile saniyeyi çarpınca konum çıkıyor." şeklinde tanımlamıştır. Bu aşamadan sonra araştırmacı katılımcıların oluşturdukları modeli yeni durumlarda test etmelerini ve doğruluklarını göstermelerini istemiştir. Bir sonraki bölümde katılımcıların modeli test etme süreçlerine yer verilmiştir.

Katılımcılar bu aşamada teknoloji sayesinde hız kavramı ile ilgili günlük hayatta tecrübe edemeyecekleri durumlar üzerinde çalışmalar yapmış, yaptıkları çalışmaların geri dönütlerini kısa sürede ve kolay bir şekilde almış ve etkileşimli simülasyondan aldıkları geri dönütlere dayanarak hız kavramına yönelik kendi modellerini geliştirebilmiştir.

4.1.3.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi

Bu aşamada araştırmacı, geliştirilen modeli test etmek amacıyla simülasyon üzerinde farklı durumlar oluşturarak bu durumlar hakkında sorular yöneltmiştir. Katılımcılar bir önceki aşamada geliştirdikleri modellerini kullanarak bu durumlar hakkında öngörülerde bulunmuştur. Bu aşamada ilk olarak katılımcıların öngörülerini alınmış ardından durumlar etkileşimli simülasyonda test edilerek modelin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığı test edilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan modelin simülasyon ortamında test edilmesi aşamasında katılımcılara “Hareketlinin (Görsel 4.30. daki konumundayken) hızı 3 m/s iken 4 saniye boyunca hareket ederse ne kadar yol alır ve konumu ne olur?” sorusu yöneltmiştir. Bu aşamada Burak geliştirdikleri modeli kullanarak hareketlinin 25 metre yol alması gerektiğini belirtmiştir. Ancak Burak, hareketlinin hareketine başladığı noktayı (hareketli hareketine -8 metrede bulunan ağaçtan başlamıştır) göz önünde bulundurmadığı için hareketlinin konumunu doğru olarak tespit edememiştir. Bu aşamada Burak’ın bulunduğu grupta aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Burak : Saniye kaçtı?

Araştırmacı : 5 saniye hareket edecek.

Burak : Hızı kaçtı?

Araştırmacı : 5 m/s ile hareket edecek

Burak : O zaman 25 metre olur. Kesin 25 çıkacak.

Burak : (Burak geliştirdikleri modeli kullanarak cevaba ulaştıktan sonra simülasyon üzerinde cevabının doğruluğunu kontrol etmiş ve hareketlinin konumunun +17 metre olduğunu gözlemlemiştir.) Hadi. Olmadı.

Esin : Ama eksili kısımda var. Ona dikkat et.

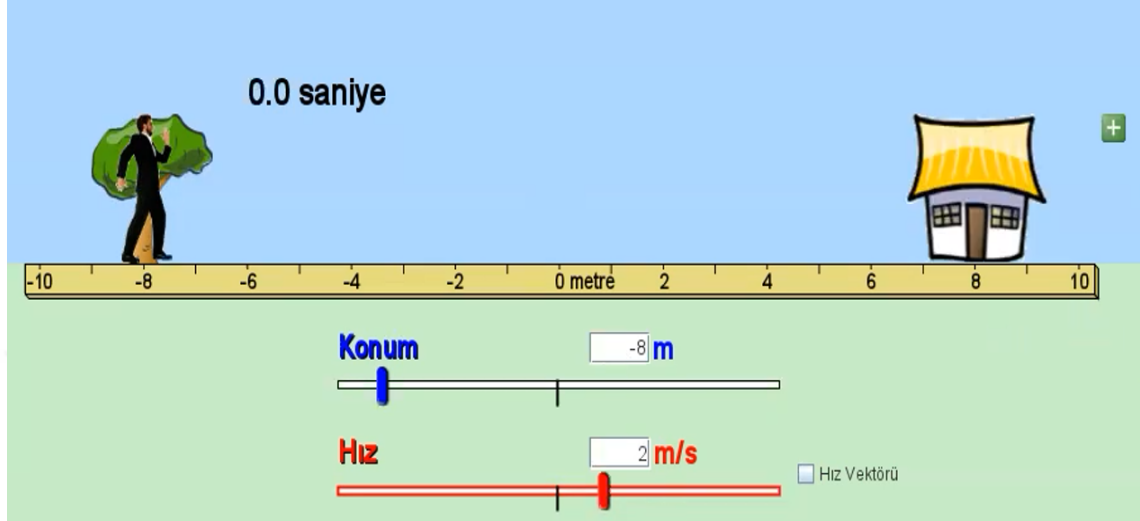
Burak : Aynen doğru. Sende mi 25 buldun cevabı?

Esin : Evet bende 25 buldum. 17 metre -8’i de var onu da eklersek 25 metre yapar.

Katılımcıların tamamının öngörülerini alındıktan sonra cevaplar etkileşimli simülasyonda test edilerek cevapların doğru olduğu gözlemlenmiştir.

Ardından “Hareketlinin (Görsel 4.30. daki konumundayken) hızı 2 m/s iken hareketli sağ tarafta bulunan duvarın konumuna (+10 metre) gelene kadar kaç saniye geçer?” sorusu yöneltmiştir. Bu aşamada katılımcılar modellerini kullanarak doğru cevaba (9 saniye geçer) kolaylıkla ulaşabilmiştir. Katılımcıların cevapları alındıktan sonra cevaplar etkileşimli simülasyonda test edilerek cevapların doğru olduğu

gözlemlenmiştir. Bu aşamada Yasemin'in diğer katılımcılardan farklı bir akıl yürütmede bulunduğu görülmüştür. Yasemin doğru cevaba araştırırken ilk olarak hareketlinin başlangıç noktasına (0 metre) kaç saniyede ulaşacağını ardından başlangıç noktasından duvarın bulunduğu konuma ne kadar sürede ulaşacağını bulmuştur.



Görsel 4.86. Hız Koridoru Problemi'nde modelin test aşaması

Katılımcılar bu aşamada hız kavramına yönelik farklı durumlar ile bir dizi etkinlikler yaparak bu etkinliklerin sonuçlarını gözlemlemiştir. Yapılan etkinliklerin ve gözlemlerin sonunda grupların tamamı geliştirdikleri modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır.

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu modellerini test etmek amacıyla kullanmıştır. Etkileşimli simülasyonun bu aşamada katılımcılara herhangi bir kişiden geri dönüt beklemeden doğru cevaplara hızlı bir şekilde ulaşarak geliştirdikleri modellerin doğruluğunu test etme imkânı sağladığı gözlemlenmiştir.

Grupların tamamı modellerini test edip modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaştıktan sonra tekrar gerçek hayat problemine dönmüştür. Bir sonraki bölümde katılımcıların geliştirdikleri modeli gerçek hayat problemine (hız koridoru problemine) aktararak problemin çözümüne ulaşma süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.3.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması

Matematiksel modellemede temel amaç matematiksel model ile elde edilen matematiksel sonuçları ve çözümleri gerçek hayata aktararak gerçek hayat sorunlarının çözümlerine ulaşmaktır. Matematiksel dünyada elde edilen sonuçları tekrar gerçek hayata aktarmak gerçek hayat probleminin çözümüne ulaşmak için önem taşımaktadır. Bu

aşamada katılımcılardan yol, hız ve zaman kavramlarına ilişkin geliştirdikleri modeli karşılaşılabilecekleri diğer benzer durumlara/problemlere aktararak hız koridoru probleminin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir.

Katılımcıların tamamı problemin analizi aşamasında simülasyon üzerinde gerçekleştirdikleri ön çalışmalar ve yaptıkları grup tartışmaları ile hız koridoru probleminde; sürücüye neden para cezası verildiğini, sürücünün hızının aralığını, sürücünün en az saatte gidebilmesi için hızının aralıktaki en yüksek hız değeri olması, sürücünün en çok saatte gidebilmesi için hızının aralıktaki en düşük hız değeri olması gerektiğini fark etmiştir. Modelleme problemine tekrar geri döndüğünde grupların ilk olarak modelleme probleminde istenenleri tekrar tespit ederek istenenler ile geliştirdikleri model arasında ilişki kurmaya çalıştığı görülmüştür. Bu aşamada Burak ve Esin'in bulunduğu grupta aşağıdaki gibi bir diyalog gerçeklemiştir:

Burak : Hızı en çok 168 km/saat'tir. Ama en az 143 müydü 144 müydü?

Esin : En az 144. Çünkü 143 km/saat ile 169 km/saat arası diyor.

Burak : Tamam. Hızı en çok 168 km/ saat, en az 144 km/saat.

Esin : Süresinin en az olabilmesi için hızının en yüksek olması gerekir. Daha hızlı giderse süresi daha az olur.

Katılımcıların tamamı problemin analizi aşamasındaki aldıkları notları tekrar inceleyerek ve grup tartışması yaparak modelleme probleminde istenenler ile geliştirdikleri modeller arasındaki ilişkiyi kurabilmiştir. Problemde istenenler ile model arasındaki ilişki kurulduktan sonra katılımcılar modellerini kullanarak sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az ve en çok kaç saatte varabileceğini bulmak için birtakım matematiksel işlemler yapmıştır. Matematiksel işlemleri yaparken katılımcıların tamamının önceki modelleme problemlerinde olduğu gibi bu modelleme probleminde de zorlandığı görülmüştür. Katılımcıların işlemsel kısımda birbirinden farklı cevaplar bulduğunda işlemlerini kontrol ederek işlemleri birkaç kez tekrarladıkları gözlemlenmiştir. Matematiksel işlemler tamamlanarak sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az ve en çok kaç saatte varabileceği doğru bir şekilde bulunmuştur. Grupların doğru cevaplara ulaşmasıyla araştırma kapsamında gerçekleştirilen üçüncü modelleme problemi tamamlanmıştır. Bir sonraki aşamada dördüncü modelleme problemine ait bulgulara yer verilmiştir.

Katılımcılar etkileşimli simülasyonu bu aşamada aktif olarak kullanmamıştır. Ancak genel olarak katılımcıların yapılan etkinliklerde ve problemin çözüm sürecinde etkileşimli simülasyonu gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri bir problemi deneyimlemek,

bu deneyimleri probleme aktarmak, problemde verilenleri ve istenenleri anlamak, problemin çözümü için gerekli olan modeli oluşturmak ve oluşturulan modelin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını test etmek için aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir.

4.1.4. Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı problemi

Araştırma kapsamında uygulanan dördüncü ve son modelleme problemi araştırmacı tarafından geliştirilen Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı problemidir. Bu problemde, ünlü film yönetmeni James Cameron'ın belgesel çekmek amacıyla dünyanın en derin noktası olarak kabul edilen Mariana Çukuru'na dalış yaptığı bilgisi verilmiştir. James Cameron, Mariana Çukuru'ndaki yoğun sıvı basıncına karşı koyabilmek için kendisi için özel olarak tasarlanmış bir denizaltı ile dalışını gerçekleştirmiştir. Denizlerde güvenli bir şekilde dalış yapabilmek için sıvı basıncı kavramı büyük önem taşımaktadır. Sıvılardaki basıncı sıvının yoğunluğu, yer çekimi ivmesi ve derinlik gibi değişkenler etkilemektedir. Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı problemi kapsamında katılımcılara, dünyanın en derin noktası olarak kabul edilen Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncının kaç megapaskal olabileceği sorulmuştur (detaylı bilgi için bkz. EK-4).

Sıvı basıncını etkileyen sıvı yoğunluğu, yer çekimi ivmesi ve derinlik kavramları arasında çarpımsal bir ilişki bulunmaktadır. Bu problem, sıvı basıncını etkileyen değişkenlerin arasında bulunan çarpımsal ilişki üzerine kurgulanmıştır.

Bu modelleme problemi kapsamında modelleme aşamalarında “Basıncı https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_tr.html” etkileşimli simülasyonu kullanılmıştır. Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı probleminin modelleme aşamalarında katılımcılardan simülasyonu kullanarak,

- Sıvı basıncını etkileyen değişkenleri belirlemeleri
- Problemi matematiksel dünyaya aktararak bu değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi keşfetmeleri
- Katılımcılara verilen ve bu problem ile benzer problemlerin çözümünde kullanabilecekleri bir model geliştirmeleri
- Geliştirdikleri modeli gerçek dünyaya aktararak problemin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir. Aşağıda katılımcıların modelleme süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.4.1. Modelleme aşaması 1: Problemin analizi

Gruplardaki bireylerin modelleme sürecinde ilk olarak problemi anlamaya çalıştığı görülmüştür. Katılımcılar, kendilerine verilen Mariana Çukuru'ndaki Sıvı Basıncı problemini anlamak için problemi birçok kez okuyarak problemde verilenler ve istenenler üzerinde grup tartışması yapmıştır. Yapılan grup tartışmalarında Ayşe ve Yasemin'in modelleme probleminin çözümünde yarar sağlamayacak veriler ile ilgili sorular sordukları görülmüştür. Bu kapsamda katılımcılar; "O kadar derine nasıl inmiş?" veya "Orada oksijen var mı? Yoksa nasıl yaşamış?" şeklinde sorular sormuştur. Grup tartışmasında sorulan bu soruların modelleme probleminin çözümü için önemli olmamasına rağmen bu sorular üzerinde konuşmanın katılımcıların modelleme problemine olan ilgi ve motivasyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir.

Katılımcılar bu aşamada modelleme probleminde verilenleri ve istenenleri anlayabilmek adına simülasyon üzerinde ön çalışmalar yapmıştır. Yapılan ön çalışmalarda katılımcıların tamamı Mariana Çukuru'nun şekli ile etkileşimli simülasyondaki kapların şekilleri arasında benzerlik kurmaya çalışmıştır. Gruplar simülasyondaki manometreyi sıvı içerisinde farklı konumlara yerleştirerek sonuçları gözlemlemiştir. Yaptıkları gözlemlerin ardından katılımcıların tamamı "*Derinlik arttıkça basınç artar.*" sonucuna ulaşabilmiştir. Bunun yanında grupların tümü grup içi tartışmalarda ve simülasyon üzerinde yaptıkları ön çalışmalarda ulaştıkları bu bilgiyi modelleme problemine aktararak Mariana Çukuru'na iniş yaparken sıvı basıncının zamanla derinliğe bağlı olarak artacağı sonucuna ulaşmıştır. Ancak bu aşamada katılımcıların hiçbiri sıvı yoğunluğunun ve yer çekimi ivmesinin sıvı basıncı kavramında etkili olduğunu fark edememiştir. Dolayısıyla katılımcılar modelleme probleminde verilenleri ve problemde isteneni tam olarak tespit edememiştir.

Katılımcılar bu aşamada farklı konumlarda farklı sıvı basıncının olduğunu anlamışlar ancak sıvı basıncının hangi durumlara veya değişkenlere göre değiştiği konusunda net bir açıklamada bulunamamıştır. Sıvı basıncını etkileyen kavramların keşfi ve Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncını bulurken kullanılabilecek bir matematiksel model oluşturabilmek için simülasyonu kullanmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu modelleme problemini anlamak için kullanmıştır. Bu kapsamda gruplar kendilerine verilen gerçek yaşam durumunu sadeleştirerek Mariana Çukuru'nu etkileşimli simülasyondaki kaplara benzeterek

simülasyondaki sıvı basıncı ile gerçek yaşam durumu arasında ilişki kurup bu ilişkiden yararlanarak problemi anlamaya çalışmıştır.

4.1.4.2. Simülasyonun işe koşulması: Simülasyon ortamında sıvı basıncı kavramının incelenmesi

Araştırmacı, katılımcıların sıvı basıncı kavramını inceleyebilmeleri için “Basınc” (bkz. Görsel 4.31.) etkileşimli simülasyonunda daha önceden hazırlanmış bir dizi yapılandırılmış etkinlikleri onların kullanımına sunmuştur. Bu etkinliklerin temel amacı sıvı basıncını etkileyen değişkenleri katılımcıların fark etmelerini sağlamaktır.

“Basınc” simülasyonunda üç farklı şekilde kaplar bulunmaktadır. Asimetrik bir şekle sahip olan üçüncü kap haricinde diğer kaplardaki sıvı miktarları değiştirilebilmektedir. Ancak üçüncü kap içerisindeki sıvı miktarı değiştirilememektedir. Simülasyon kullanıcılara kapların içerisinde bulunan sıvı miktarını, sıvıların yoğunluklarını ve yerçekimini değiştirme gibi imkânlar sunmaktadır. Simülasyonda kullanıcıların serbest bir şekilde hareket ettirebildiği manometre (basıncı ölçmeye yarayan alet) bulunmaktadır. Simülasyonda atmosferin olduğu ve olmadığı durumlarda sıvı basıncını ölçmek mümkündür. Ayrıca simülasyonda kaplardaki sıvıların derinliğini ölçmek için cetveller bulunmaktadır. Etkileşimli simülasyonun kullanımı için gerekli olan bilgiler katılımcılara etkinlikler aşamasında verilmiştir.



Görsel 4.87. Basınc simülasyonunun ekran görüntüsü

Gerçekleştirilen etkinliklerde manometrede gözüken basınç değerleri çok büyük ve çok küsuratlı sayılar olduğundan dolayı katılımcılara kolaylık sağlamak amacıyla

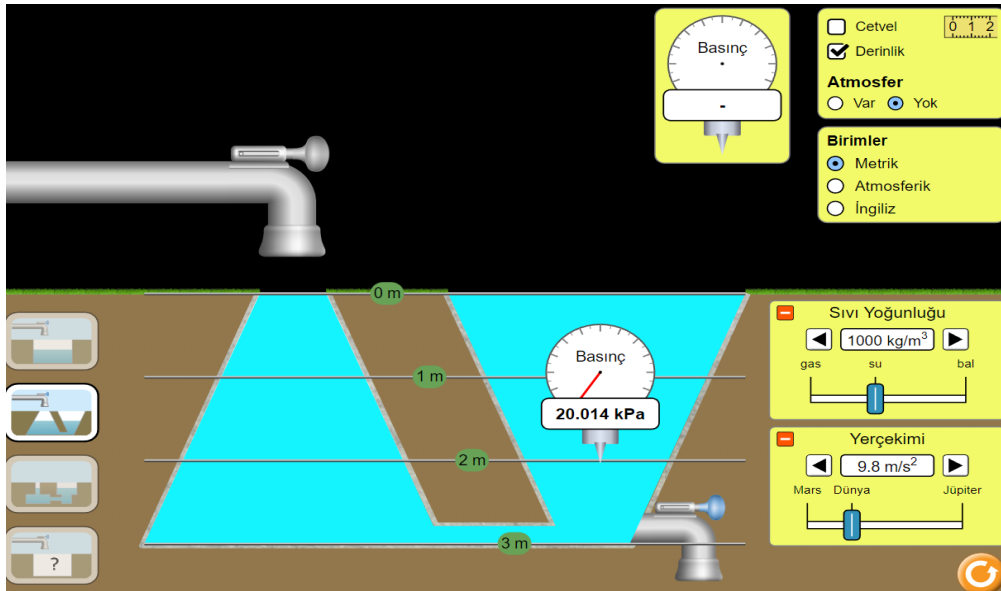
manometrede gözüken değerler binlik değerlerine göre yuvarlanmıştır (örneğin 101.322 kPa olan basınç 101.000 kPa olarak kabul edilmiştir).

Etkinlikler kapsamında ilk olarak hava basıncının olmadığı ortamda (hava basıncı etkileşimli simülasyonda sağ tarafta bulunan “Atmosfer” bölümünden “Yok” olarak işaretlenmiştir) sıvı yoğunluğunun ve yer çekiminin sabit tutularak derinliğin değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Bu kapsamda katılımcılardan ilk olarak basıncı (manometrede gözüken değeri) 10.000 kPa getirmeleri istenmiştir. Katılımcılar ön çalışmalarda yaptıkları gözlemlerden yararlanarak (simülasyon üzerinde yapılan ön çalışmalarda derinlik arttırıldığında basıncın arttığı gözlemlenmiştir) manometreyi deneme-yanılma yoluyla uygun derinliğe yerleştirerek basıncı 10.000 kPa değerine getirebilmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin kaptaki suyun yüksekliğini değiştirmeden (suyun yüksekliği Görsel 4.31. daki gibidir) manometreyi 1 metreden daha derin olan bir konuma yerleştirerek basıncı 10.000 kPa değerine getirirken Ayşe ve Yasemin ilk olarak kabın tamamını su ile doldurmuş ardından manometreyi 1 metre derinliğe yerleştirerek basıncı 10.000 kPa değerine getirmiştir. Ardından gruptan basıncı 2 katına (20.000 kPa) çıkarmaları istenmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin ilk olarak manometreyi bir önceki etkinlikte yerleştirdikleri konumdan (manometrenin ilk konumu 1 metre derinliktedir) daha derin olan bir konuma yerleştirmeyi düşünmüştür. Ardından katılımcılar fikirlerini simülasyon üzerinde deneyerek manometre kabın en derin konumuna yerleştirildiğinde dahi basıncın 20.000 kPa olamayacağını gözlemlemiştir. Bunun üzerine Esin basıncın 20.000 kPa olmasının mümkün olmadığını söylerken Burak alternatif bir çözüm yolu düşünerek kaptaki su seviyesinin arttırılması gerektiğini böylece derinliğin artacağını dolayısıyla basıncın artacağını söylemiştir. Daha sonra katılımcılar kabın tamamını su ile doldurarak basıncı 20.000 kPa yapabilmıştır. Ayşe ve Yasemin ise bir önceki etkinlikte kabın tamamını su ile doldurarak etkinliklere başladıkları için bu aşamada zorlanmadan manometreyi 2 metre derinliğe yerleştirerek basıncı 20.000 kPa değerine getirebilmiştir. Katılımcıların tamamı araştırmacının istediği basınç değerine ulaşırken deneme-yanılma yolunu kullanmıştır. Ardından katılımcılara “Manometre ikinci etkinlikteki gibi yerleştirildiğinde (manometre ikinci etkinlikte birinci etkinliğe göre daha derin bir konuma yerleştirilmiştir) sıvı basıncında bir değişim oldu mu? Eğer oldu ise bu değişimin sebebi ne olabilir?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada katılımcıların tamamı ön çalışmalardaki ulaştıkları sonucu tekrarlayarak “Derinlik arttıkça basınç artar.” şeklinde cevaplar vermiştir. Bunun yanında yapılan etkinliklerin sonunda

katılımcıların hiçbirinin derinlik ve sıvı basıncını çarpımsal olarak ilişkilendiremediği görülmüştür. Ardından ikinci aşamaya geçilmiştir.

İkinci aşamada kullanılan kap değiştirilerek simülasyondaki ikinci kabın kullanıldığı (bkz. Görsel 4.32.) etkinlikler yapılmıştır. Bu aşamada katılımcılara “Kabın tamamı dolu iken suyun yüksekliği değiştirilmeden kabın sağ ve sol bölümünde bir önceki yaptığımız etkinlik ile aynı derinlikte (2 metre) manometrede gözüken değer değişir mi? Değişirse nasıl bir değişim olur?” sorusu yöneltilmiştir.

Burak “Aynı seviyede değişen bir şey olmaz. Basınç aynı olur.” şeklinde bir cevap verirken Yasemin, Ayşe ve Esin genel olarak “Solda çok su var basınç çok olur. Sağda az su var basınç az olur.” şeklinde cevaplar vermiştir. Bu aşamada Burak’ın kabın şeklinin sıvı basıncını etkilemediğini, önemli olan faktörün derinlik kavramı olduğunu fark ettiği görülmüştür. Ardından katılımcılar simülasyonda manometreyi ikinci kabın sağ ve sol bölmelerinde 2 metre derinliğe yerleştirerek her iki konumda da sıvı basıncının eşit olduğunu gözlemlemişlerdir (sıvı basıncı birinci kaptaki 2 metre derinlikte ve ikinci kabın sağ ve sol bölmelerinde 2 metre derinlikte eşit gelmiştir). Bu aşamanın sonunda katılımcıların tamamı sıvı basıncının kabın şekline bağımsız olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında Burak “Şekiller birbirinin tam tersi olduğu için sıvı basıncını etkilemedi ama böyle olmasa kabın şekli basıncı etkileyebilirdi.” şeklinde bir varsayımda bulunmuştur.

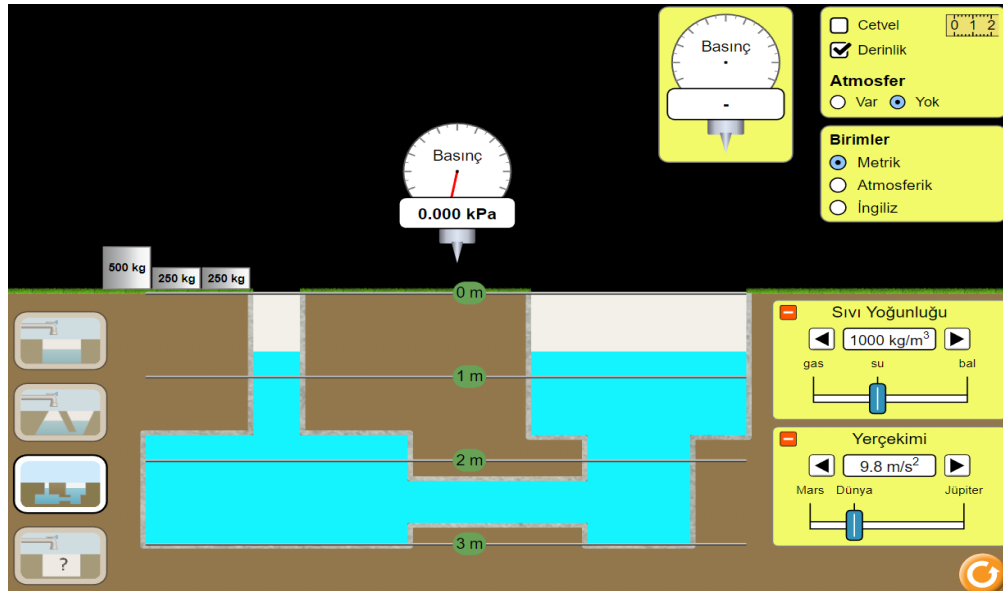


Görsel 4.88. Basınç simülasyonundaki ikinci kap

Bu aşamada grupların tümüyle asimetrik kaplardan oluşan üçüncü kabın (bkz. Görsel 4.33.) üzerinde birtakım etkinlikler yapılmıştır. Etkinlikler kapsamında ilk olarak

katılımcılardan kabın sol bölümünde 2 metre çizgisi üzerindeki sıvı basıncını ölçmeleri istenmiştir. Katılımcılar manometreyi kabın sol bölümünde 2 metre çizgisine yerleştirerek basınç değerini gözlemledikten sonra gruplara “Manometreyi kabın sağ bölümünde 2 metre çizgisi üzerine yerleştirirsek sıvı basıncı değişir mi? Değişirse kaç olabilir?” sorusu yöneltmiştir.

Bu aşamada Yasemin, Esin ve Burak kabın sağ ve sol bölmelerinde su miktarlarının farklı olduğunu buna bağlı olarak sıvı basıncının da farklı olacağını söylemiştir. Yasemin, Esin ve Burak’ın bir önceki etkinlikte sıvı basıncının kabın şeklinden bağımsız olduğunu gözlemlemiş olmalarına rağmen önceki etkinlikteki ulaştıkları bilgileri bu etkinliğe aktaramadıkları görülmüştür. Buna karşın Ayşe ise diğer katılımcılardan farklı olarak sıvı basıncının değişmeyeceğini belirtmiştir. Böyle düşünmesinin sebebi sorulduğunda Ayşe’nin bir önceki etkinlikteki ulaştığı bilgiyi bu etkinliğe aktararak sıvı basıncının kapların şekillerinden bağımsız olduğunu söylediği görülmüştür. Daha sonra katılımcılar manometreyi kabın sağ bölümünde 2 metre çizgisine getirerek sıvı basıncının değişmediğini gözlemlemiştir. Kabın sağ ve sol bölümünde eşit derinliklerde sıvı basıncının eşit olmasının sebebi sorulduğu zaman katılımcılar genel olarak sıvı basıncının kabın şeklinden bağımsız olarak manometrenin yerleştirildiği konumun derinliğine göre değiştiğini ifade ettiği görülmüştür.



Görsel 4.89. Basınç simülasyonundaki üçüncü kap

Bu etkinlikte katılımcıların bir önceki etkinlikte fark etmeye başladığı sıvı basıncının kabın şeklinden tamamen bağımsız olduğunu kesin bir şekilde anlayabildiği

gözlemlenmiştir. Bunun yanında katılımcıların sıvı basıncı-derinlik ilişkisini daha net bir şekilde anlamlandırdığı görülmüştür. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

4.1.4.3. Modelleme aşaması 2: Sıvı basıncına yönelik modelin oluşturulması

Bir sonraki aşamada birinci kaba geri dönülerek birinci kap üzerinde etkinlikler yapılmıştır. Bu aşamada kaptaki sıvı yüksekliği, manometrenin yerleştirildiği konum ve sıvı yoğunluğu sabit tutularak yer çekiminin değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Etkinlikler kapsamında katılımcılara ilk olarak “Manometrenin 2 metre derinliğe yerleştirildiği bir konumda sıvı basıncını 14000 kPa yapmanın bir yolu var mıdır?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada katılımcılar matematiksel bir açıklamada bulunamadan deneme-yanılma yoluyla yer çekimini değiştirerek 14000 kPa basınca ulaşmıştır. Daha sonra katılımcılara “Manometrenin yerini değiştirmeden (2 metre derinliğe yerleştirildiği bir konumda) sıvı basıncını 24000 kPa yapılabilir mi?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada katılımcıların tamamının genel olarak “Yer çekimini arttırmalıyız.” şeklinde cevaplar verdiği görülmüştür. Böyle düşünmelerinin sebebi sorulduğunda katılımcılar “Yer çekimi azaltıldığında basınç azalmıştı. O zaman arttırmamız gerekir.” şeklinde cevaplar vermiştir. Bu aşamada katılımcıların bir önceki etkinlikte (manometreyi 2 metre derinlikte olan bir konuma yerleştirerek sıvı basıncının 14000 kPa yapıldığı etkinlik) yaptıkları gözlemleri bu etkinliğe aktardıkları gözlemlenmiştir. Daha sonra katılımcılar yer çekimini arttırarak deneme-yanılma yoluyla 24000 kPa sıvı basıncına ulaşabilmiştir.

Bu etkinliğin ardından Burak, yer çekimini değiştirerek bir deneme daha yapmak istediğini belirtmiştir. Bu aşamada Burak ile aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Burak : Bir şey deneyebilir miyim?

Araştırmacı : Deneyebilirsin.

Burak : (Bu noktada Burak yer çekimini değiştirerek 10 m/s² değerine getirmiş ve sonuçları gözlemlemiştir) Ben buldum. Yer çekimini 2 ile çarptığımız zaman bize basıncı veriyor.

Esin : Doğru aynen. Bence modeli bulduk.

Ardından Burak ve Esin yer çekiminin değiştirildiği birkaç durumu daha deneyerek Burak’ın çıkarımının denedikleri tüm durumlarda doğru olarak çalıştığını gözlemlemişlerdir. “Yer çekimini 2 ile çarptığımız zaman bize basıncı veriyor.” çıkarımı tam olarak doğru olmamasına rağmen manometrenin konumu ve sıvı yoğunluğu değiştirilmediği için Burak’ın çıkarımı denedikleri tüm durumlarda doğru bir şekilde çalışmıştır. Bu aşamada katılımcılar değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi doğru bir

şekilde bulamasa da yer çekimi ile derinlik kavramlarının arasında çarpımsal bir ilişki olduğunu fark etmeleri doğru modele ulaşmak adına atılan ilk önemli adım olarak kabul edilebilir.

Ardından grupların tamamına “Manometreyi 1 metre derinlikteki bir konuma yerleştirdiğimizde sıvı basıncının 20000 kPa olabilmesi için yer çekiminde nasıl bir değişiklik yapmamız gerekir? Neden?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada Burak ve Esin yer çekiminin arttırılması gerektiğini söylerken katılımcılar yer çekiminin kaç olması gerektiği konusunda ve neden arttırılması gerektiği konusunda herhangi bir matematiksel açıklamada bulunamamıştır. Bu aşamada Ayşe ve Yasemin ise “Şu anda zaten basınç 24000. Biz derinliği azalttığımız zaman basınç zaten düşecek. O yüzden yerçekimini değiştirmeden basınç 20000 olabilir.” şeklinde cevap vermiştir. Daha sonra katılımcılar manometreyi 1 metre derinlikte bir konuma yerleştirip yer çekimini değiştirerek deneme-yanılma yoluyla doğru değere ulaşabilmiştir (1 metre derinlikte sıvı basıncının 20000 kPa olabilmesi için yer çekiminin 20 m/s^2 olması gerekmektedir). Katılımcıların tamamının durumun sonuçlarını gözlemlemesinin ardından Esin bu noktada grup arkadaşı Burak’ın çıkarımını geliştirerek “Yer çekimi ile metreyi çarpınca basınç yapıyor. Manometrede gözükene değerin 20000 olabilmesi için yerçekiminin 20 m/s^2 yapılması gerekti.” şeklinde bir varsayımda bulunmuştur. Yasemin ise bu aşamada deneme yapmak için ilk olarak manometreyi 1 metrede bulunan bir konuma getirip ardından yer çekimini değiştirmeyi tercih etmiştir. Yasemin manometreyi 1 metrede bulunan bir konuma yerleştirdiğinde sıvı basıncının 12000 kPa (en son yapılan etkinlikte sıvı basıncı 12 m/s^2 değerine sahipti dolayısıyla manometre 1 metreye yerleştirildiğinde sıvı basıncı 12000 kPa olarak gözlemlenmiştir) olduğunu gözlemleyerek “1 metrede 12000 kPa ise 20000 olabilmesi için yerçekimini 20 m/s^2 yapmalıyız.” şeklinde bir cevap vermiştir. Bu etkinliğin sonucunda Burak ve Esin varsayımlarını bir adım daha öteye taşıyabilmişken Yasemin’in bulunduğu grup ise aradaki orantısal ilişkiyi henüz fark etmeye başlamıştır. Ardından katılımcılara “Yer çekimi ile sıvı basınç arasında bir ilişki var mıdır? Varsa nasıl açıklarsınız?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamadaki etkinliklerin sonunda katılımcıların tamamı “Yer çekimi arttırıldığı zaman basınç artıyor.” sonucuna ulaşmıştır. Ardından bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

Bir sonraki aşamada manometrenin yerleştirildiği konumun derinliğinin ve yer çekiminin sabit tutulup yoğunluğun değiştirildiği etkinlikler yapılmıştır. Etkinlikler kapsamında katılımcılara ilk olarak şu soru yöneltilmiştir:

Yer çekiminde ve manometrenin konumunda değişiklik (en son yapılan etkinlikte kabın tamamı su ile dolu, yer çekimi 20 m/s^2 ve manometre 1 metre çizgisindeki bir konuma yerleştirilmiştir) yapmadan 1 metrede basıncı 26000 kPa yapabilmenin bir yolu var mıdır? Varsa nasıl?

Bu aşamada katılımcıların tamamı simülasyon üzerinde rastgele denemeler yaparak sıvı basıncının 26000 kPa olabilmesi için sıvı yoğunluğunun değiştirilmesi gerektiği varsayımında bulunmuştur. Daha sonra katılımcılara 1 metre derinlikte sıvı basıncının 26000 kPa olabilmesi için sıvı yoğunluğunda nasıl bir değişiklik yapılması gerektiği sorulmuştur. Grupların tamamı bu aşamada sıvı yoğunluğunun arttırılması gerektiğini söylemiştir. Böyle düşünmelerinin sebebi sorulduğu zaman katılımcıların tamamının sezgisel olarak arttırılması gerektiğini düşündüğü görülmüştür. Bunun yanında katılımcılar herhangi bir matematiksel tahminde bulunamamıştır. Daha sonra gruplar simülasyonda sıvı yoğunluğunu değiştirerek deneme-yanılma yolu ile 26000 kPa sıvı basıncına ulaşabilmiştir. Ardından gruplara “Manometrenin 1 metre çizgisinde bir konumda iken sıvı basıncının 14000 kPa olması için sıvı yoğunluğunda nasıl bir değişiklik yapılması gerekir?” sorusu yöneltilmiştir. Gruplar genel olarak “Sıvı yoğunluğunu azaltmamız gerekir.” şeklinde cevaplar vermiştir. Ardından araştırmacı sıvı yoğunluğunun kaç kg/m^3 olması gerektiğini sormuştur. Araştırmacının sorusuna katılımcılardan sadece Yasemin matematiksel bir açıklamada bulunabilmiştir. Bu aşamada aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Araştırmacı : Sıvı yoğunluğunun kaç kg/m^3 olması gerekir?

Ayşe : Gaz ile su arasında bir yerlere gelmesi gerekiyor bence. (Sıvı yoğunluğu yapılan son etkinlikte “Bal” a yakın bir konumdadır. Sıvı yoğunluğunun ibresi gaz ile su arasına getirildiği takdirde sıvı yoğunluk azalacaktır.)

Yasemin : Sıvı basıncı kaç olacaktı?

Ayşe : 14000 kPa olacak.

Yasemin : O zaman 700 kg/m^3 olması gerekir.

Araştırmacı : Neden 700 kg/m^3 olması gerektiğini düşündün.

Yasemin : Çünkü 1300 kg/m^3 iken 26000 kPa geliyorsa 700 kg/m^3 iken 14000 kPa gelir.

Ardından Yasemin cevabını simülasyon üzerinde test ederek doğru olduğunu gözlemlemiştir. Diğer katılımcılar ise doğru cevaba deneme-yanılma yolu ile ulaşmıştır. Bu etkinlikte Yasemin’in bir önceki etkinliklerde fark ettiği orantısal ilişkiyi kullanabilirken Ayşe, Esin ve Burak’ın kullanamadığı görülmüştür. Ardından katılımcılara “Yoğunluk ile sıvı basıncı arasında bir ilişki var mıdır? Varsa nasıl

açıklarsınız?” sorusu yöneltilmiştir. Bu aşamada gruptaki bireylerin tamamı aldıkları notlardan yararlanarak sıvı yoğunluğunun arttırıldığı durumlarda sıvı basıncının da arttığını, sıvı yoğunluğunun azaltıldığı durumlarda ise sıvı basıncının da azaldığını fark etmiştir.

Daha sonra katılımcılara “Sıvı basıncını etkileyen faktörler nelerdir? Bu faktörlerin arasında matematiksel bir ilişki var mıdır? Varsa nasıl açıklarsınız?” sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların tamamı bu aşamada sıvı basıncını etkileyen değişkenleri (sıvı yoğunluğu, yer çekimi ve derinlik) tespit edebilmiştir. Bu değişkenler arasındaki ilişki araştırılırken Yasemin ile Ayşe arasında aşağıdaki gibi bir diyalog gerçekleşmiştir:

Yasemin : Bak burada manometre 1 metredeyken basınç ile yer çekimi eşit oluyor.

Manometre 2 metredeyken sıvı basıncı yer çekiminin 2 katı oluyor.

Ayşe : Hayır yer çekimi sıvı basıncının 2 katı oluyor.

Yasemin : Hayır sıvı basıncı yer çekiminin 2 katı oluyor.

Ayşe : Aynen yer çekimini 2 ile çarptığımızda sıvı basıncını veriyor.

Daha sonra katılımcılar manometrenin 2 metreden farklı bir konuma yerleştirildiği durumda modellerini test ederek doğru olarak çalışmadığını gözlemlemiştir. Ardından Ayşe modeli bir adım daha öteye taşıyarak “Yer çekimi ile derinliği çarptığımızda sıvı basıncını veriyor.” şeklinde bir varsayımda bulunmuştur. Her iki grupta da aynı etkinlikler yapıldığı için model oluşturma aşaması bu noktaya kadar benzer bir şekilde ilerlemiştir. Her iki grupta ilk olarak “Yer çekimini 2 ile çarptığımız zaman bize basıncı veriyor.” şeklinde bir varsayımda bulunmuş ardından simülasyonda yaptıkları denemeler ve gözlemler ile bu varsayımı “Yer çekimi ile derinliği çarptığımızda sıvı basıncını veriyor.” şeklinde değiştirmiştir. Daha sonra katılımcılarla sıvı yoğunluğunun değiştirildiği bir etkinlik yapılarak sonuçlar gözlemlenmiştir. Katılımcılar etkinliğin sonucunda modellerinin doğru olarak çalışmadığını gözlemlemiştir. Bu aşamada Yasemin ise Ayşe’nin varsayımının ardından aldığı notları inceleyerek (bkz. Görsel 4.34.) “Üçünü çarptığımızda (yer çekimi, sıvı yoğunluğu ve derinlik) basıncın ilk iki basamağını veriyor. Hepsini çarpmamız gerek.” şeklinde varsayımda bulunmuştur. Ardından katılımcılar ile geliştirdikleri modeli test etmek için bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

metre: 2 sıvı yoğunluğu: 1000 yer çekimi: 12 Basıncı: 24	metre: 1 sıvı yoğunluğu: 1000 yer çekimi: 12 Basıncı: 12	metre: 1 sıvı yoğunluğu: 1000 yer çekimi: 20 Basıncı: 20
metre: 1 sıvı yoğunluğu: 1300 yer çekimi: 20 Basıncı: 26	metre: 1 sıvı yoğunluğu: 1700 yer çekimi: 20 Basıncı: 14	

Görsel 4.90. Ayşe'nin sıvı basıncı kavramına ait oluşturduğu tablo

Modeli oluşturma aşamasında Burak ve Esin'in bulunduğu grupta ise aşağıdaki gibi bir diyalog ve süreç gerçekleşmiştir:

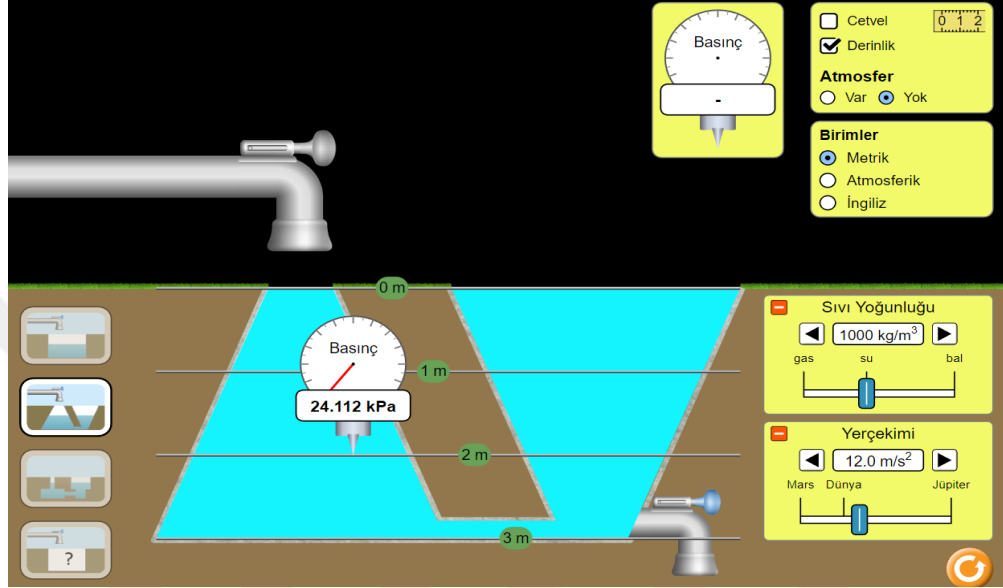
Burak : Ben ilişkiyi buldum zaten. Yerçekimi ile metreyi çarptığımızda bize basıncı veriyor.

Esin : Ama sıvı yoğunluğunu hiç düşünmedin. Sıvı yoğunluğu cevabı değiştiriyor.

Burak : O zaman sıvı basıncı nasıl değiştiriyor ona bakalım.

Burak'ın sıvı yoğunluğunu göz ardı ederek “Yerçekimi ile metreyi çarptığımızda bize basıncı veriyor.” varsayımında bulunmasının ardından grup arkadaşının, Burak'a “Ama sıvı yoğunluğunu hiç düşünmedin. Sıvı yoğunluğu cevabı değiştiriyor.” şeklinde bir uyarıda bulunduğu görülmüştür. Bu aşamada katılımcıların sıvı yoğunluğunun sıvı basıncını nasıl etkilediğini anlamak için daha fazla etkinlik yapmaya ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Araştırmacının “Yerçekimi ile metre çarpıldığında sıvı basıncını verdiği varsayımına hangi etkinliklerde ulaştınız?” sorusunun ardından katılımcılar bu varsayıma ulaştıkları etkinliğe (bkz. Görsel 4.35.) geri dönerek birtakım denemeler yapmıştır. Yapılan bu denemelerde katılımcılar manometrenin yerleştirildiği konumu ve yer çekimini sabit tutup sıvı yoğunluğunu değiştirmiştir. Katılımcılar yaptıkları denemelerin ve gözlemlerin ardından modellerini bir kez daha yenileyerek ve geliştirerek “Yer çekimi ile metreyi çarpıyoruz ve sıvı yoğunluğu 100 arttığında sıvı basıncı 1000 artıyor.” şeklinde tanımlamışlardır. Ardından araştırmacı, katılımcılara “Manometrenin 2 metre derinlikte bir konuma yerleştirildiği durumda yer çekimi 11 m/s^2 ve sıvı yoğunluğu 1200 kg/m^3 iken sıvı basıncı kaç kPa olur?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcılar geliştirdikleri model üzerinde birtakım matematiksel işlemler yaparak $(2 \cdot 11 = 22)$ (yer çekimi ivmesi ile manometrenin derinliğini çarptılar) $14 - 12 = 2$ (en son etkinlikte sıvı yoğunluğu 1400 kg/m^3 olduğu için yeni etkinlikteki sıvı yoğunluğu ile 1400 kg/m^3 nin farkını aldılar) $22 - 2 = 20$ (sıvı yoğunluğu 2 azaldığı için sıvı basıncını 2000 azalttılar)) sıvı

basıncının 20000 kPa olması gerektiğini belirtmiştir. Daha katılımcılar cevaplarının doğruluğunu simülasyonda test ettikleri zaman farklı bir sonuç geldiğini gözlemlemiştir. Ardından katılımcılar modellerini bir kez daha geliştirerek “Yerçekimi ile metreyi çarpıyoruz. Daha sonra sıvı yoğunluğunun 1000’den kaç fazla veya eksik olduğunu buluyoruz ve onu metreyle çarpıyoruz. Sonra ikisini topluyoruz.” şeklinde tanımlamıştır.



Görsel 4.91. Geri dönüş yapılan etkinlik aşaması

Gruplar bu aşamada yukarıda açıklanan şekilde yanlış birtakım tespitlerde bulundukları, bu tespitleri oluşturdukları tablolardan ve simülasyondan yararlanarak değerlendirip grup tartışması yaptıkları bir süreç geçirmiştir. Bu sürecin ardından katılımcılardan ilk olarak Yasemin ve Ayşe sıvı basıncını etkileyen değişkenler arasındaki çarpımsal ilişkiyi fark etmişlerdir. Bu süreç Burak ve Esin için biraz daha uzun sürse de onlar da bu ilişkiyi farklı bir şekilde fark edebilmişlerdir. Bu aşamadan sonra araştırmacı katılımcıların oluşturdukları modeli yeni durumlarda test etmelerini ve doğruluklarını göstermelerini istemiştir. Bir sonraki bölümde katılımcıların modeli test etme süreçlerine yer verilmiştir.

Katılımcılar bu aşamada teknoloji sayesinde sıvı basıncı kavramı ile ilgili günlük hayatta tecrübe edemeyecekleri durumlar üzerinde çalışmalar yapmış, yaptıkları çalışmaların geri dönütlerini kısa sürede ve kolay bir şekilde alarak bu geri dönütlere dayalı olarak sıvı basıncı kavramına yönelik modellerini geliştirebilmiştir.

4.1.4.4. Modelleme aşaması 3: Modelin simülasyon ortamında test edilmesi

Bu aşamada araştırmacı, geliştirilen modeli test etmek amacıyla simülasyon üzerinde yeni durumlar oluşturarak bu durumlar hakkında katılımcılara sorular yöneltmiştir. Bu kapsamda katılımcılara “Manometre 1 metre derinlikte, yerçekimi 13 m/s^2 ve sıvı yoğunluğu 1200 kg/m^3 iken manometrede gözüken sıvı basıncı kaç kPa olur?” sorusu yöneltmiştir. Yasemin ve Ayşe bu aşamada geliştirdikleri modeli üzerinde birtakım matematiksel işlemler yaparak (katılımcılar değişkenlerin tamamını çarpmıştır) sıvı basıncının olarak 15000 kPa gelmesi gerektiğini söylemiştir. Burak ve Esin ise bu aşamada geliştirdikleri modeli kullanarak (Burak ve Esin’in bu aşamada yaptığı işlem: “1 ile 13.0’ü çarpıyoruz. Sonuç 13 geliyor. $12-10=2$ ve 1 metrede olduğu için 1 ile 2’yi çarparak 13’ün üstüne ekliyoruz. Cevap 15000 geliyor.”) cevabın 15000 kPa gelmesi gerektiğini söylemiştir. Daha sonra katılımcılar cevaplarının doğruluğunu simülasyon üzerinde test ederek modellerinin doğru bir şekilde çalıştığını gözlemlemiştirler. Bu aşamada her iki grupta farklı durumlar üzerinde modellerini test ederek modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaşmıştır.

Katılımcılar bu aşamada simülasyonu geliştirdikleri modeli test etmek amacıyla kullanmıştır. Geliştirilen modeller etkileşimli simülasyonu kullanarak test edilerek araştırmacının geri dönütleri beklenmeden cevaplara hızlı bir şekilde ulaşılarak geliştirilen modellerin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını gözlemlenmiştir.

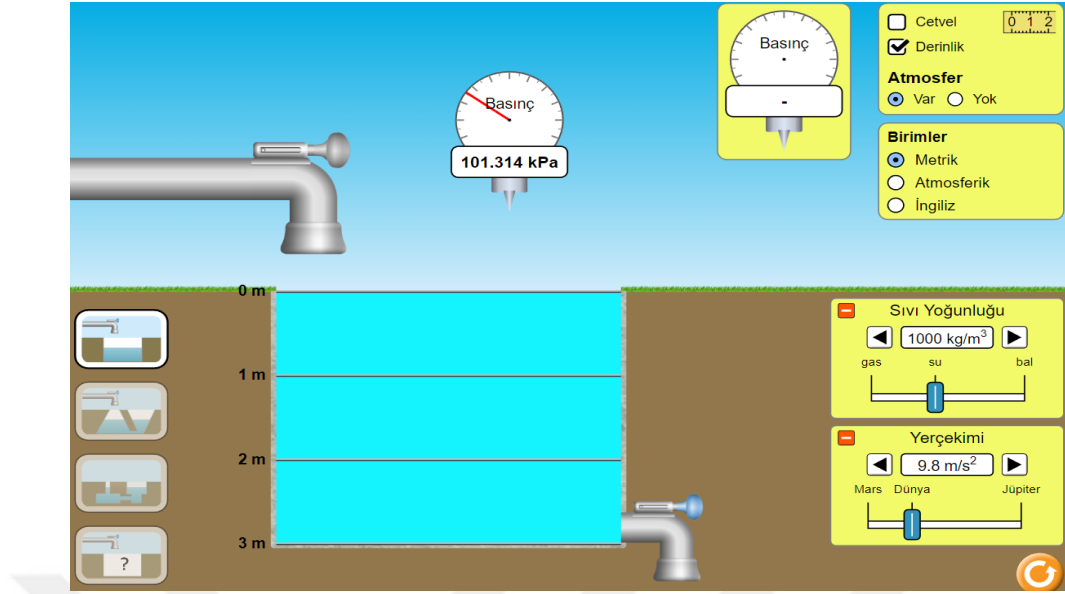
Grupların tamamı modellerini test edip modellerinin doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna ulaştıktan sonra tekrar gerçek hayat problemine dönmüştür. Bir sonraki bölümde katılımcıların geliştirdikleri modeli gerçek hayat problemine (Mariana Çukuru’ndaki sıvı basıncı problemi) aktararak problemin çözümüne ulaşma süreçlerine yer verilmiştir.

4.1.4.5. Modelleme aşaması 4: Modelin gerçek hayatta uygulanması

Matematiksel modellemede temel amaç matematiksel model ile elde edilen matematiksel sonuçları ve çözümleri gerçek hayata aktararak gerçek hayat sorunlarının çözümlerine ulaşmaktır. Matematiksel dünyada elde edilen sonuçları tekrar gerçek hayata aktarmak gerçek hayat probleminin çözümüne ulaşmak için önem taşımaktadır. Bu aşamada katılımcılardan sıvı basıncı kavramına ilişkin geliştirdikleri modeli karşılaşılabilecekleri diğer benzer durumlara/problemlere aktararak Mariana Çukuru’ndaki sıvı basıncı probleminin çözümüne ulaşmaları beklenmiştir.

Modelleme problemine geri dönüldüğünde katılımcılar ilk olarak problemin çözümü için gerekli ve gereksiz bilgileri tespit etmeye çalışmıştır. Grupların tamamı bu aşamada problemin çözümü için gerekli olan bilgileri tespit edebilmek için geliştirdikleri modelden yararlanmıştır. Bu kapsamda katılımcılar geliştirdikleri modellerde süre ile ilgili bir değişken bulunmadığından dolayı soruda verilen sürelerin sıvı basıncı ile alakasının olmadığını belirtirken bunun yanında çözüm için sıvı yoğunluğunun, derinliğin ve yer çekiminin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ardından katılımcılar Mariana Çukuru'nun en derin noktasının kaç metre olduğunu modelleme probleminde verilen resimden yararlanarak bulmuştur. Yasemin, Esin ve Burak yer çekimini ve suyun sıvı yoğunluğunu etkileşimli simülasyondan yararlanarak tespit etmiştir. Ancak Ayşe Dünya'daki yer çekiminin $9,8 \text{ m/s}^2$ olduğunu etkileşimli simülasyonu kullanmadan söyleyebilmiştir. Ayşe'ye Dünya'daki yer çekiminin $9,8 \text{ m/s}^2$ olduğunu nasıl bildiği sorulduğunda fen derslerindeki edindiği bilgilerden yararlandığı görülmüştür.

Gruplar geliştirdikleri model için gerekli olan tüm bilgilere ulaştıktan sonra atmosfer basıncını düşünmeden matematiksel işlemlerin yapıldığı aşamaya geçmiştir. Bu aşamada araştırmacı “Biz etkinliklere başlamadan önce atmosferi kapatmıştık. Ama Dünya'mızda atmosferde var. Atmosfer aktif hale getirildiğinde sıvı basıncını etkiler mi?” sorusunu yöneltmiştir. Katılımcılar bu aşamada matematiksel bir açıklamada bulunamazken sıvı basıncının artacağı yönde öngörülerde bulunmuştur. Sadece Esin “Sıvının yüksekliği artıyormuş gibi oluyor. O yüzden sıvı basıncı artabilir.” şeklinde bir açıklamada bulunmuştur. Ardından katılımcılar etkileşimli simülasyonda atmosferi aktif hale getirerek atmosferin, sıvı basıncını arttırdığını gözlemlemişlerdir. Bu aşamada katılımcılar problemin cevabına ulaşabilmek için atmosfer basıncına da ihtiyaç duyacaklarını anlamıştır. Ardından gruplara “Atmosfer basıncını hesaplamamanın bir yolunu bulabilir misiniz?” sorusu yöneltmiştir. Esin, Ayşe ve Burak, ilk olarak atmosferin aktif olmadığı ortamda manometreyi sıvının içerisinde herhangi bir yere yerleştirerek sıvı basıncını ölçmüş ardından manometrenin yerini, sıvı yoğunluğunu ve yerçekimini değiştirmeden atmosferi aktif hale getirerek sıvı basıncını tekrar ölçüp iki durum arasındaki basınç farkını hesaplayarak atmosfer basıncına ulaşmıştır. Yasemin ise manometreyi sıvının bulunmadığı sadece atmosferin olduğu bir konuma yerleştirerek (bkz. Görsel 4.36.) atmosfer basıncını ölçmüştür.



Görsel 4.92. Yasemin'in atmosfer basıncını ölçme yöntemi

Gruplar problemin çözümünde kullanacakları tüm bilgilere ulaştıktan sonra matematiksel işlemlerin yapıldığı aşamaya geçilmiştir. Ayşe ve Yasemin bu aşamada geliştirdikleri model doğrultusunda değişkenlerin tamamını çarparak ardından buldukları değerin üstüne atmosfer basıncını ekleyip doğru cevaba ulaşmıştır.

Ancak Burak ve Esin'in geliştirdikleri model bir önceki durumdaki değişken değerleri ile yeni durumdaki değişken değerlerinin karşılaştırılmasına dayalı olduğu için katılımcılar bu aşamada değişkenlerin tamamını tespit edebilmelerine rağmen geliştirdikleri modeli problemin çözümünde kullanamamıştır. Katılımcılar problemin çözümünde kullanabilecekleri bir modele ihtiyaç duymuştur. Dolayısıyla Burak ve Esin'in model oluşturma aşamasına tekrar dönmesi gerekmiştir. Burak ve Esin, sıvı basıncını etkileyen değişkenleri ve bu değişkenlerden yer çekimi ile derinlik arasındaki çarpımsal ilişkiyi bir önceki modelleme döngüsünde zaten fark etmiştir. Bu aşamada katılımcıların bu çarpımsal ilişkiye odaklanarak bu noktadan doğru modele hareketlenmeyi tercih ettikleri görülmüştür. Katılımcılar bu aşamada simülasyon üzerinde birtakım çalışmalar yapmıştır. Burak aldığı notları incelerken “Yerçekimi, sıvı yoğunluğu ve metreyi çarpınca basıncı veriyor.” şeklinde bir varsayımda bulunmuştur. Araştırmacı bu varsayıma nasıl ulaştığını sorduğunda Burak “Burada yaptığımız etkinlikte (yer çekiminin 20 m/s^2 , sıvı yoğunluğunun 1000 kg/m^3 ve derinliğin 2 metre olduğu durumda) hepsini çarpınca basıncı (40000 kPa) veriyor. Diğerlerine de baktım onlarda da oldu.” şeklinde bir cevap vermiştir. Ardından katılımcılar geliştirdikleri modeli simülasyon üzerinde farklı birkaç durumda test ederek geliştirdikleri yeni modelin

amaca uygun bir şekilde çalıştığını gözlemlemiştir. Katılımcılar yeni modeli geliştirdikten sonra probleme tekrar geri dönerek bir önceki aşamalarda tespit ettikleri değişkenleri ile yeni model üzerinde birtakım matematiksel işlemlerin sonucunda problemin çözümüne ulaşabilmiştir.

Katılımcılar bu aşamada etkileşimli simülasyonu problemde verilenleri ve istenenleri anlamak için kullanmıştır. Genel olarak katılımcıların yapılan etkinliklerde ve problemin çözüm sürecinde etkileşimli simülasyonu model oluşturma, oluşturulan modeli test etme ve gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri bir durumu etkileşimli simülasyonda deneyimleyerek bu deneyimlerini probleme aktarıp problemi anlama ve problemin çözümüne ulaşma aşamalarında aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir. Bunların yanında etkileşimli simülasyonun modelleme döngüne tekrar girmeyi kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir.

Grupların tamamının problemin çözümüne ulaşmasıyla araştırma kapsamında gerçekleştirilen modelleme problemleri tamamlanmıştır. Bir sonraki bölümde araştırma kapsamında gerçekleştirilen dördüncü modelleme problemi de tamamlandıktan sonra katılımcılarla gerçekleştirilen etkileşimli simülasyonlara yönelik yapılan görüşmelere ait bulgulara yer verilmiştir.

4.2. Etkileşimli Simülasyonlara Yönelik Gerçekleştirilen Görüşmelere Ait Bulgular

Bu bölümde modelleme problemlerinin tamamı uygulandıktan sonra katılımcılarla yapılan görüşmelere (bkz. EK-7) ait bulgulara yer verilmiştir. Katılımcılar daha önce matematiksel modelleme etkinlikleri ile ilgili çalışmalarda bulunmadıkları için katılımcıların matematiksel modelleme etkinliklerine alışabilmeleri ve etkinlikler hakkında fikir sahibi olabilmeleri için görüşmeler dördüncü modelleme probleminin ardından gerçekleştirilmiştir.

Yapılan görüşmelerde grupların tamamı etkileşimli simülasyon ortamlarında gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerini normal matematik derslerine ve geleneksel matematik problemlerine kıyasla daha eğlenceli bulduğunu belirtmiştir. Bu kapsamda Burak, bilgisayar teknolojilerini sevdiğini dolayısıyla etkinliklerde bilgisayar kullanılmasının hoşuna gittiği belirtirken Esin ve Ayşe problemin çözümünde kullanılacak olan formüllerin hazır olarak verilmemesinin, o formülleri etkileşimli

simülasyonu kullanarak kendilerinin keşfetmelerinin hoşlarına gittiğini belirtmiştir. Esin ve Ayşe bu noktada şu şekilde cevaplar vermiştir:

Etkinlikler oyun gibi geçiyor. Sıkıcı değil. Formülleri kendimiz buluyoruz ve ileride kullanacağız. Formülleri kendimiz bulduğumuzda daha iyi öğreniyoruz. Bu tarz simülasyonları özellikle matematik gibi zor derslerde bence daha fazla kullanmalıyız.

Katılımcıların tamamı etkileşimli simülasyonların matematik derslerinde daha fazla kullanılmasını istediğini söylemiştir.

Yasemin, simülasyonların problemlerin çözümünde kullanıldığında matematiksel işlemlerin daha kolay bir şekilde yapabildiğine değinerek bu durumun probleme olan ilgi ve motivasyonlarını arttırdığından bahsetmiştir. Ayşe ise bu noktada “Yeni nesil soruları çözerken zorlanıyoruz mesela. Yeni nesil soru çözümlerinde de bunlar kullanılabilirler. Böylece hem ilgimizi çeker hem daha kolay çözeriz.” diyerek Yasemin’e destek vermiştir.

Burak, etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme etkinliklerinde kullanılması hakkında olumsuz bir düşünce belirtmezken diğer katılımcılar gerçekleştirilen etkinliklerin uzun sürdüğünü belirtmiştir. Esin bu noktada “Etkinlikler uzun sürüyor ama sınıfta yapılırsa bu kadar uzun sürmez. Çünkü biz burada 2 kişiyiz. 2 kişi formül bulmaya çalışıyoruz. 30 kişi olsak daha hızlı buluruz.” şeklinde bir ifadeyle bulunmuştur. Ayşe ve Yasemin ise bu etkinlikler için ders saatlerinin haricinde saatler belirlenerek etkinliklerin yapılabilir olduğunu söylemiştir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde veri analizi ile elde edilen bulgular doğrultusunda ulaşılan sonuçlara, tartışma ve önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

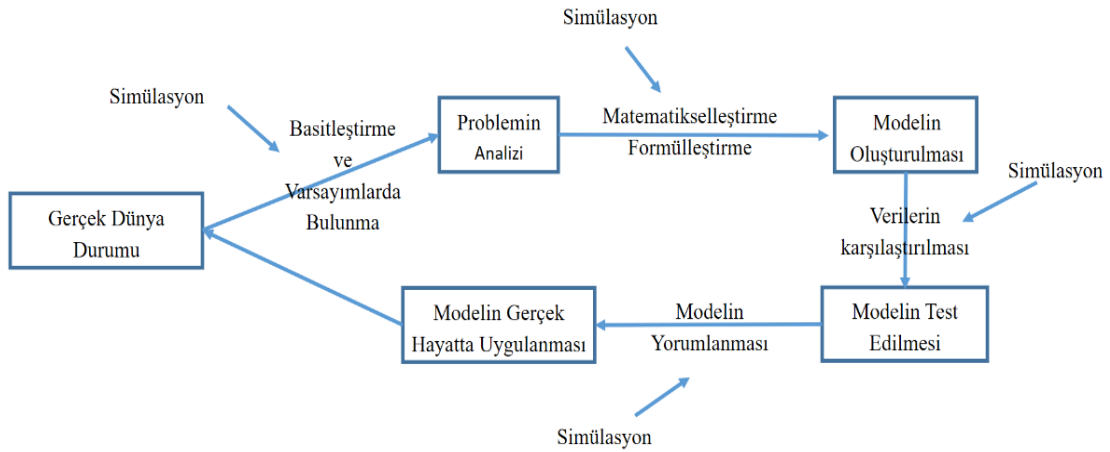
Bu çalışmanın amacı, öğrencilerin etkileşimli simülasyon ortamındaki matematiksel modelleme süreçlerini incelemektir. Bu çalışmada özellikle öğrencilerin etkileşimli simülasyonları modelleme sürecinin hangi aşamasında nasıl kullandıklarına, bu ortamların öğrencilere ne tür imkanlar sunduğuna ve öğrencilerin simülasyonlar hakkındaki görüşlerine odaklanılmıştır. Bu doğrultuda, sonuç ve tartışma bölümü öğrencilerin etkileşimli simülasyonları modelleme sürecinin hangi aşamasında nasıl kullandıklarına ve öğrencilerin simülasyon hakkındaki görüşlerine dayalı olarak iki başlık altında verilmiştir.

5.1.1. Simülasyonların modelleme sürecinde kullanıma yönelik sonuçlar

- Etkileşimli simülasyonların tek başına istendik sonuçları veremeyebileceği ve bu nedenle simülasyonların modelleme süreçlerinde yönergelerle birlikte kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Yönergelerin, öğrencilerin, simülasyonları nasıl kullanacakları, simülasyonların hangi amaçlara hizmet ettiği gibi konularda daha kapsamlı bir anlayışa sahip olmalarını sağlayabileceği ve bu sayede, etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerine daha verimli bir şekilde dahil edilebileceği elde edilen bir diğer sonuçtur.
- Araştırmada, öğrencilerin modelleme süreçlerini etkili bir şekilde geçirebilmesi için modelleme süreçlerinin ve etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerinde nasıl ve hangi amaçlar doğrultusunda kullanılacağını planlanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Matematiğin en çok eleştirilen yönlerinden biri, günlük hayat ile ilişkilendirilememesidir. Ancak Fen Bilgisi dersinde günlük hayat ile ilişkili olan konuların matematiksel modelleme süreçlerine entegre edilmesiyle matematiğin günlük hayat ile daha iyi ilişkilendirilebileceği, sonucu elde edilmiştir.
- Bu araştırmada, etkileşimli simülasyon ortamında gerçekleştirilen modelleme süreçlerinde öğrencilerin genel olarak 4 modelleme aşamasından geçtiği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada elde edilen modelleme aşamaları genel

hatlarıyla şu şekildedir; problemin analizi (karmaşık gerçek dünya probleminden matematiksel dünyaya geçiş), matematiksel modelin oluşturulması, modelin test edilmesi ve modelin gerçek hayatta uygulanmasıdır.

- Etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerine dahil edildiği bu çalışmada sonuçlar incelendiğinde Şekil 5.1. deki gibi bir matematiksel modelleme süreci ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.1. Simülasyon ortamlarında modelleme süreçleri

Bu çalışmada elde edilen verilerin analizine dayanarak öğrencilerin etkileşimli simülasyonları hangi modelleme aşamasında nasıl ve hangi amaçlar doğrultusunda kullandıkları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

5.1.1.1. Problemin analizi aşamasında simülasyonların kullanımına ait sonuçlar

- Öğrencilerin kendilerine verilen tüm modelleme problemlerinin analizini yaparken etkileşimli simülasyonları aktif olarak kullandıkları, ulaşılan sonuçlardan biridir.
- Problemin analizi aşamasında, öğrencilerin gerçek dünya problemlerini anlamlandırma ve matematiksel olarak açıklama amaçları ile etkileşimli simülasyonları kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Öğrencilerin modelleme problemlerini anlamak amacıyla genellikle modelleme problemini basitleştirerek, simülasyon ile problem arasında benzerlik ilişkisi kurdukları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, benzerlik ilişkisi kurarken öğrencilerin

modelleme problemlerinin ve simülasyonların şekillerine dayalı bir yaklaşım üzerinden ilerlemeyi tercih ettiği ulaşılan bir diğer sonuçtur.

- Etkileşimli simülasyonların modelleme problemlerinde verilenleri ve istenenleri tespit etmek için öğrencilere farklı stratejiler geliştirme imkânı sağladığı sonucuna varılmıştır.

5.1.1.2. Simülasyon ortamında kavramların incelenmesine ait sonuçlar

- Öğrencilerin modelleme problemlerinin temelinde yatan denge, hız, elektrik ve sıvı basıncı gibi kavramları incelerken, etkileşimli simülasyonları tüm modelleme problemlerinde aktif olarak kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Bu aşamada öğrencilerin etkileşimli simülasyonları, denge, hız, elektrik ve sıvı basıncı gibi gerçek hayatta deneyimlemesi zor olan kavramlar hakkında veri toplamak amacıyla kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Öğrencilere yöneltilen modelleme problemlerinin temelinde basınç, elektrik ve basit makineler (kaldıraç) konuları bulunmaktadır. Bu konular, Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'na (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7, ve 8. Sınıflar) (2018) göre 8. sınıf düzeyinde yer almaktadır. Dolayısıyla, katılımcılar (7. sınıf öğrencileri) araştırmadaki modelleme problemleri ile ilgili çalışma yapmadan önce bu konular hakkında herhangi bir bilgiye sahip değildir. Buna rağmen, öğrencilerin simülasyonlar aracılığıyla modelleme problemlerini anlayabildikleri gözlemlenmiştir. Bu kapsamda etkileşimli simülasyonların öğrencilere bilgi ve tecrübelerinin ötesinde olan konular ile çalışma imkânı sağladığı ve matematiği daha erişilebilir hale getirdiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Öğrencilerin denge, hız, elektrik ve sıvı basıncı kavramlarını ve bu kavramlar arasındaki matematiksel ilişkileri incelemek amacıyla genellikle simülasyondaki parametreleri değiştirerek deneme-yanılma yöntemini tercih ettikleri sonucuna varılmıştır.
- Öğrencilerin, etkileşimli simülasyonlar sayesinde problemlerin çözümü için gerekli bilgilere bizzat erişebilecekleri ve kendi modellerini oluşturabilmek için yeterli donanıma sahip olabilecekleri sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu durumun öğrencilerin matematiğe ve modelleme problemlerine olan ilgi ve motivasyonlarını olumlu yönde etkilediği, ulaşılan bir diğer sonuçtur.

5.1.1.3. Simülasyon ortamında modelin oluşturulması aşamasına ait sonuçlar

- Öğrencilerin gerekli modelleri geliştirirken etkileşimli simülasyonları modelleme problemlerinin tamamında aktif olarak kullandıkları, ulaşılan sonuçlardan biridir.
- Öğrencilerin model oluşturma aşamasında, etkileşimli simülasyonları gerçek dünya durumunu matematiksel dünyaya aktararak, sistem içerisindeki değişkenler ile ilgili tahminlerde bulunmak ve bu tahminlerin sonuçlarını gözlemleyerek değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiyi bulmak amacıyla kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Model oluşturma aşamasında, öğrencilerin aldıkları notlar ve oluşturdukları tabloların, değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiyi tespit etme sürecinde büyük ölçüde faydalı olduğu ve süreci kolaylaştırdığı sonucuna varılmıştır.
- Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7, ve 8. Sınıflar) (2018), denge, hız, elektrik ve sıvı basıncı konuları ile ilgili matematiksel bağıntılara yer verilmemesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu çalışma, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak ortaokul düzeyindeki öğrencilerin etkileşimli simülasyonlar aracılığıyla bu kavramlar ile ilgili matematiksel bağıntıları kendilerinin keşfedebileceklerini ve bu bağıntıları işe koşarak problemlerin çözümlerine ulaşabileceklerini göstermiştir.

5.1.1.4. Modelin test edilmesi

- Öğrencilerin geliştirdikleri modelleri test ederken etkileşimli simülasyonları modelleme problemlerinin tamamında aktif olarak kullandıkları, ulaşılan sonuçlardan biridir.
- Öğrencilerin bu aşamada, etkileşimli simülasyonları oluşturulan durumlar ile ilgili tahminlerde bulunarak ve bu tahminlerin sonuçlarını gözlemleyerek, geliştirdikleri modellerin amaca uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacıyla kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Ayrıca, bu aşamada, geliştirilen model aracılığıyla elde edilen veriler tatmin edici olmadığı veya geliştirilen modelin en uygun model olmadığı durumlarda, öğrencilerin etkileşimli simülasyonları modelleme basamakları arasında geçiş yapmak veya modelleme döngüsünü tekrarlamak amacıyla kullandıkları

sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, etkileşimli simülasyonların modelleme basamakları arasında geçiş yaparken veya modelleme döngüsünü tekrarlariken öğrencilere kolaylıklar sağladığı da ulaşılan bir diğer sonuçtur.

5.1.1.5. Modelin gerçek hayatta uygulanması

- Bu aşamada, öğrencilerin etkileşimli simülasyonları gerçek dünya koşullarını simülasyonlar aracılığıyla taklit ederek geliştirdikleri modelleri benzer gerçek dünya durumlarına aktarmak amacıyla kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- Etkileşimli simülasyonlar, matematiksel model ile elde edilen matematiksel sonuçları görselleştirerek, öğrencilerin matematiksel sonuçları daha iyi anlamalarını, gerçek hayat durumları ile karşılaştırıp ve bütönlöştirmelerini sağladığı sonucuna varılmıştır.

Tüm bunların yanında;

- Çözüm süreçleri incelendiği zaman modelleme problemleri ile sunulan görsellerin modelleme problemlerinin anlaşılması aşamasında öğrencilerin, gerçek hayat problemlerinin şekilleri ile simülasyonların şekilleri arasında benzerlik ilişkisi kurduğu için önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Etkileşimli simülasyonların dahil edildiği modelleme süreçlerinde farklı disiplinlerden ilginç gerçek yaşam durumlarının matematiğe aktarılabileceği ve etkileşimli simülasyonların öğrencilere, bilgi ve tecrübelerinin üstünde olan disiplinler arası gerçek yaşam durumlarıyla çalışma fırsatı sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
- Öğrencilerin etkileşimli simülasyonlar aracılığıyla parametreler üzerinde değişiklikler yaparak gerçek yaşam durumlarına ilişkin matematiksel verilere herhangi bir kişiden geri dönüt beklemeden, kendi başlarına hatasız ve hızlı bir şekilde ulaşabildikleri sonucuna ulaşılmıştır.
- Etkileşimli simülasyonlar ile grup çalışmalarının yapılabileceği ortamların oluşturulmasının, öğrencilerin ilgi ve motivasyonunu olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Grup çalışmalarının yapılabileceği ortamların, öğrencilere elde ettikleri sonuçlar üzerinde tartışma, çözüm yollarını birbirleriyle paylaşma ve farklı stratejilerle olaylara farklı açılardan yaklaşma gibi imkânlar sağladığı, elde edilen bir başka sonuçtur.

- Gruplar, birinci modelleme problemi olan kule vinç problemini ortalama 69 dakikada, ikinci modelleme problemi olan direnç kodu problemini ortalama 66,5 dakikada, üçüncü modelleme problemi olan hız koridoru problemini ortalama 57,5 ve dördüncü modelleme problemi olan Mariana Çukuru'ndaki sıvı basıncı problemini ortalama 77,5 dakikada çözmüşlerdir. Bu verilere dayanarak modeldeki değişken sayısı arttıkça öğrencilerin problemin çözümü için daha fazla zaman harcadıkları sonucuna ulaşılmıştır.
- PhET etkileşimli simülasyonlarında Türkçe dil desteğinin olmasının öğrencilerin etkinlikler sırasında herhangi bir kişiden veya programdan çeviri için dönüt beklemeden simülasyonlar ile etkileşimde bulunmalarına imkân sağlandığı ve bu durumun modelleme süreçlerine olumlu katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

5.1.2. Simülasyonlar hakkında öğrenci görüşlerine yönelik sonuçlar

Bu bölümde, araştırma kapsamında gerçekleştirilen etkinlikler tamamlandıktan sonra katılımcılar ile matematiksel modelleme süreçlerinde etkileşimli simülasyonların kullanılmasına yönelik gerçekleştirilen görüşmelere ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

- Öğrenciler ile yapılan görüşmeler sonucunda, tüm öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinde kullanılan simülasyonlara olumlu bir yaklaşım sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.
- Öğrencilerin, etkileşimli simülasyonların karmaşık matematiksel kavramları daha kolay anlamalarına yardımcı olabileceğini düşündükleri sonucuna varılmıştır.
- Matematikte görsel öğelerin kullanımı ve bu görsel öğeler ile etkileşimde bulunulması öğrencilerin motivasyonlarını, matematik dersine ve matematiksel modelleme sürecine olan ilgilerini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.
- Etkileşimli simülasyonların, öğrencilere denemeler yapma ve sonuçları gözlemleyerek bilgilere ulaşma fırsatı sunarak öğrencilerin özgüvenlerini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Etkileşimli simülasyonlar, grup çalışmaları için uygun bir ortam sağlamaktadır. Yapılan görüşmelerde, grup çalışmalarının öğrencilerin matematiksel

modelleme süreçlerine olan ilgisini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

- Ayrıca, görüşmeler sonucunda tüm öğrencilerin etkileşimli simülasyonların kullanıldığı matematiksel modelleme etkinliklerinin matematik derslerinde daha fazla yer verilmesi düşüncesine sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

5.2. Tartışma

Yapılan bu araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar, etkileşimli simülasyon ortamında gerçekleştirilen matematiksel modelleme süreçlerinin genel olarak 4 aşamada gerçekleştiğini göstermektedir. Araştırmada elde edilen modelleme aşamaları genel hatlarıyla şu şekildedir; problemin analizi (karmaşık gerçek dünya probleminden matematiksel dünyaya geçiş), matematiksel modelin oluşturulması, modelin test edilmesi ve modelin gerçek hayatta uygulanmasıdır. Bu temel sonuç Galbraith ve Stillman (2006)'ın çalışmalarının bulgularını desteklemektedir. Galbraith ve Stillman (2006)'ın çalışmasında teknoloji destekli ortamlarda gerçekleştirilen matematiksel modelleme aşamaları karmaşık gerçek dünya durumundan gerçek dünya problemine geçiş, gerçek yaşam durumundan matematiksel modele geçiş, matematiksel modelden matematiksel çözüme geçiş ve modelin gerçek hayata aktarılması şeklinde tanımlanmıştır.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen etkinlikler sırasında öğrenciler ulaştıkları sonuçlar tatmin edici olmadığında belirtilen modelleme aşamaları arasında geçiş yapmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen modelleme aşamalarının döngüsel olarak ilerlediği ve bu aşamaların bağımsız olarak düşünölemeyeceği görölmüştür. Bu sonuç Bukova Güzel vd. (2019), Sezen Yüksel vd. (2019), Lesh ve Doerr (2003) ve Blum ve Borromeo Ferri (2009)'nin modelleme aşamalarının döngüsel olduğu şeklindeki bulgularını desteklemektedir. Bunun yanında araştırmada geliştirilen model aracılığıyla elde edilen veriler tatmin edici olmadığı veya geliştirilen modelin amaca uygun bir şekilde çalışmadığı durumlarda, simölasyonların katılımcılara modelleme aşamaları arasında geçiş yapmada kolaylıklar sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, modelleme döngüsünün tekrarlanması gerektiği durumlarda da etkileşimli simölasyonların öğrencilere kolaylıklar sağladığı görölmüştür. Bu sonuç Yenmez (2017)'in teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlardaki matematiksel modelleme süreçlerini karşılaştırdığı çalışmasındaki teknoloji ile desteklenmeyen ortamlarda modelleme aşamalarının tekrarlanmasının zor olduğu buna karşın teknoloji ile desteklenen

ortamlarda modelleme aşamalarının kolaylıkla tekrarlanabildiği bulgusunu desteklemektedir.

Bu araştırmada etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerine büyük bir etkisinin olduğu görülmüştür. Etkileşimli simülasyonların modelleme problemlerinde problemin analizinde, en uygun modelin oluşturulmasında, bu modelin doğruluğunun test edilmesinde, gerçek hayat problemi hakkında veri toplamakta ve bu verileri günlük hayat ile bütünleştirmekte yarar sağladığı ortaya koyulmuştur. Bu sonuç Yenmez (2017), Ang (2010), Ferucci ve Carter (2003) teknolojinin farklı amaçlar doğrultusunda modelleme aşamalarının tümünde aktif olarak kullanıldığı veya aşamaların simülasyonların etkisine göre şekillendiğine dair bulguları ile örtüşmektedir. Ayrıca bu sonuç Lingefjård (2000)'ın bulgularını da desteklemektedir. Lingefjård (2000) çalışmasında öğrencilerin gerçek dünya problemini anlamlandırmaya çalışırken teknolojiyi kullanıldığını ifade etmektedir.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen etkinliklerde, öğrenciler etkileşimli simülasyonlar aracılığıyla parametreler üzerinde değişiklikler yaparak gerçek yaşam durumlarına ilişkin matematiksel verilere herhangi bir kişiden geri dönüt beklemeden, kendi başlarına hatasız ve hızlı bir şekilde ulaşabildikleri gözlenmiştir. Bu sonuç, Saka ve Çelik (2018)'in çalışmasındaki bulgular ile örtüşmektedir.

Ayrıca öğrencilerin araştırma kapsamında gerçekleştirilen ilk modelleme probleminin hemen hemen her aşamasında zorlandıkları, ancak dördüncü modelleme problemini ilk modelleme problemine kıyasla daha kolay bir şekilde tamamladıkları görülmüştür. Matematiksel modelleme problemlerine matematik derslerinde daha fazla yer verildiğinde, öğrencilerin daha iyi birer problem çözücü olabilecekleri gözlemlenmiştir. Bu sonuç, Bukova Güzel vd. (2019)'nin matematiksel modelleme becerisinin gerekli çalışmalar ile geliştirilebileceği yönündeki bulgularını desteklemektedir.

Tüm bunların yanında, modelleme problemlerinin çözüm süreçleri incelendiği zaman problemlerle birlikte sunulan görsellerin çözüm süreçlerinde önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Hıdıroğlu (2012)'nin bulgularını destekleyen bu sonuç, problemlerle birlikte sunulan unsurların modelleme sürecinin başından itibaren etkili olduğunu göstermektedir.

Öğrenciler, etkileşimli simülasyonlar sayesinde problemlerin çözümü için gerekli olan bilgilere bizzat ulaşarak, bu bilgilere dayalı olarak problemler ile ilgili varsayımlarda bulunabilmişlerdir. Bu durumun, öğrencilerin matematiğe ve modelleme problemlerine

olan ilgi ve motivasyonlarını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, Ang (2010) ve Karal vd. (2010)'nin modelleme süreçlerine dahil edilmiş teknolojinin öğrencilerin problemi anlama ve çözme yeteneklerini güçlendirerek kendilerine olan güvenlerini arttırdığı ve motivasyonlarını olumlu etkilediği yönlerdeki bulgularını desteklemektedir.

Öğrenciler etkileşimli simülasyonları; denge, hız, elektrik ve sıvı basıncı kavramları hakkında veri toplamak için kullanmıştır. Bu kavramlar gerçek hayatta deneyimlenmesi zor durumlar ile ilişkili olsa da simülasyonlar katılımcılara bu durumlar üzerinde çalışarak veri toplama imkânı sağlamıştır. Katılımcılar, simülasyonlar aracılığıyla topladıkları bilgiler ile kendi modellerini oluşturabilmek için yeterli donanıma sahip olmuşlardır. Bu sonuç, Ferucci ve Carter (2003)'in bulgusuyla uyumludur; öğrencilerin teknoloji sayesinde yeteneklerinin ötesinde olan konular ile çalışabilme imkanına sahip olduklarını belirtmektedir. Bununla birlikte, öğrenciler simülasyonlar aracılığıyla modelleme problemlerini anlayabilmişlerdir. Bu kapsamda, etkileşimli simülasyonların modelleme problemlerini daha erişilebilir bir hale getirdiği söylenebilir. Bu sonuç Ang (2010)'ın bulguları ile uyumludur. Ang (2010) çalışmasında teknolojinin matematiği küçük yaştaki bireyler için daha erişilebilir hale getirdiğini ifade etmektedir.

5.3. Öneriler

Araştırmanın sonuçlarına göre öneriler öğretim, öğretim programları ve gelecekte yapılacak çalışmalara yönelik öneriler olmak üzere üç bölümde sunulmuştur.

5.3.1. Öğretime yönelik öneriler

- Araştırma sonuçları, etkileşimli simülasyonların modelleme sürecine olumlu yönde önemli etkilerinin olduğunu göstermektedir. Matematiksel modelleme süreçlerinde etkileşimli simülasyonların kullanımı, modelleme süreçlerinin daha etkili bir hale getirilmesine olanak sağlayabilir. Bu bağlamda, modelleme etkinliklerinde etkileşimli simülasyonların kullanımının artırılması önerilmektedir.
- Etkileşimli simülasyonların modelleme süreçlerine daha verimli bir şekilde entegre edilebilmesi için simülasyonların modelleme süreçlerinde hangi aşamalarda ve nasıl kullanılacağına önceden belirlenmesi önerilmektedir. Bu

kapsamda etkileşimli simülasyonların kullanım amaçlarına yönelik yönergelerin hazırlanması önerilmektedir.

- Matematiksel modelleme süreçlerinin daha verimli geçirilebilmesi için modelleme etkinliklerine başlamadan önce etkinliklerin belirlenmesi, öğrencilerin ve öğretmenlerin modelleme sürecindeki rollerinin belirlenmesi veya modelleme aşamalarında gerçekleşebilecek olası durumlara hazırlıklı olunması önerilmektedir.
- Araştırma, modelleme problemleri ile sunulan görsellerin, videoların, animasyonların vb. öğrencilerin modelleme problemini anlamalarında önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, modelleme problemleri ile sunulan görsellerin, videoların, animasyonların vs. seçiminde dikkatli olunması önerilmektedir.
- Araştırmada, öğrencilerin simülasyonların entegre edildiği modelleme problemleri üzerinde gruplar halinde çalışmalarının, problemlerin analiz aşamasından itibaren modelleme süreçlerine olumlu etki sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, modelleme süreçlerinde öğrencilere grup çalışması yapabilecekleri ortamların oluşturulmasının faydalı olacağı düşünülmekte ve önerilmektedir.

5.3.2. Öğretim programına yönelik öneriler

- Araştırma verileri 2022-2023 eğitim öğretim yılı içerisinde toplanmış olup, verilerin toplandığı akademik yılda geçerli olan Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) incelendiğinde programda matematiksel modellemenin pek fazla dikkate alınmadığı söylenebilir. Bu sebeple öğretim programları tasarlanırken ve kazanımlar hazırlanırken genelde matematiksel modellemeye özelde ise teknolojinin bulunduğu ortamlarda gerçekleşen matematiksel modellemeye önem verilmesi önerilmektedir.
- Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) incelendiğinde, disiplinler arası çalışmalara yeterli önem verilmediği görülmektedir. Araştırma, uygun ortamların sağlanması durumunda öğrencilerin disiplinler arası konularda sadece bilgi ve tecrübeleri ile sınırlı kalmayıp ileri düzey çalışmalar yapabilecekleri, ayrıca günlük hayat ile ilişkili ilginç durumlar üzerinde çalışmaların öğrencilerin matematiğe olan ilgi ve motivasyonlarını olumlu

yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, program hazırlanırken Fen Bilimleri’nden uygun konulara matematiksel etkinliklerde yer verilmesi önerilmektedir.

- Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7, ve 8. Sınıflar) (2018) incelendiğinde, disiplinler arası çalışmalara yeterli önem verilmediği görülmektedir. Ayrıca programda, araştırma kapsamında seçilen konularda matematiksel bağıntılara yer verilmemesi belirtilmiştir. Ancak araştırma, uygun ortamların sağlanması durumunda öğrencilerin disiplinler arası konularda sadece bilgi ve tecrübeleri ile sınırlı kalmayıp ileri düzey çalışmalar yapabilecekleri, ayrıca bu matematiksel bağıntıları kendileri keşfedebileceklerini ortaya koymuştur. Bu nedenle, Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı hazırlanırken matematiksel modelleme etkinliklerine yer verilmesi önerilmektedir.
- Araştırmada, matematiksel modelleme problemleri için geleneksel problemlere kıyasla daha fazla süreye ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, çağımızın gereksinimlerini karşılamada önemli bir yere sahip olan matematiksel modelleme etkinlikleri için ders içinde ve dışında özel saatlerin planlanması önerilmektedir.

5.3.3. Gelecekte yapılacak araştırmalara yönelik öneriler

- Bu çalışmada, etkinlikler “PhET Balancing Act, PhET Devre Yapısı Kiti – DC – Sanal Laboratuvar, PhET The Moving Man ve PhET Basınç” simülasyonları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Etkileşimli simülasyonların dahil edildiği matematiksel modelleme süreçleri ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı olması nedeniyle, literatürde ortaya çıkan boşluğu doldurmak için bu simülasyonlardan farklı olan etkileşimli simülasyonları kullanılarak simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerine etkisinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar yapılması önerilmektedir.
- Farklı sınıf düzeylerindeki öğrenciler ile etkileşimli simülasyonların matematiksel modelleme süreçlerine etkisinin incelenmesi önerilmektedir.
- Teknolojinin modelleme süreçlerinde öğrencilere sunduğu geniş imkanlar düşünüldüğünde, daha farklı bir kavramsal çerçeveye ait bir teknolojinin matematiksel modellemeye entegrasyonu modelleme sürecini daha zengin

kılabilir. Teknoloji destekli ortamlarda gerçekleştirilen matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu da göz önünde bulundurulursa yeni ve benzer nitelikteki yazılımların matematiksel modellemeye olan etkisi ile ilgili araştırmalar yrtlmesi nerilmektedir.



KAYNAKÇA

- Abramovich, S. (2007). Inequalities as modelling tools in computing. C. Haines, P. Galbraith, W. Blum ve S. Khan (Ed.), *Mathematical modelling: ICTMA 12: education, engineering and economics* içinde (s. 294-394).
- Ajai, J. T. (2013). Effects of games and simulations teaching strategy on students' academic achievement and interest in geometry at the senior secondary level in gwer-west local government area of benue state. *Journal of Studies in Science and Mathematics Education*, 3 (1), 25-32.
- Akinsola, M. K. (2007). The effect of simulation-games enviroment on students achievement in and attitudes to mathematics in secondary schools. *The Turkish Online Journal of Educational Techonology*, 6 (3). Sayfa numarası
- Akkağıt, Ş. F. ve Tekin, A. (2012). Simülasyon tabanlı öğrenmenin ortaöğretim öğrencilerinin temel elektronik ve ölçme dersindeki başarılarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, 13 (2), 1-12.
- Alkan, Y. (2019). *Matematiksel modelleme etkinlikleriyle yapılan öğretim sürecinin 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisinin incelenmesi*. Yüksel lisans tezi, Dicle Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Ang, K. C. (2010). Teaching and learning mathematical modelling with technology. *15th Asian Technology Conference in Mathematics (2010)*'te sunulan bildiri. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Aydoğan, A. (2017). Teknolojinin matematiksel modelleme sürecine etkileri. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(26), 602-646.
- Bakırcı, C. (2016). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin pısa matematik başarı düzeylerine etkisi*. Yüksel lisans tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Baki, A. (2002). *Öğrenenler ve Öğretenler için Bilgisayar Destekli Matematik*. İstanbul: Ceren Yayın-Dağıtım

- Berry, B. ve Houston, K. (1995). *Matematiksel modelleme*. (1. baskı). Oxford: Elsevier Ltd.
- Blomhøj, M. ve Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work—experiences from an in-service course for upper secondary teachers. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38 (2), 163-177.
- Blum, W. ve Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: can it be taught and learnt?. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (1), 45-58.
- Blum, W. ve Kaiser, G. (1997). Vergleichende empirische untersuchungen zu mathematischen anwendungsfähigkeiten von englischen und deutschen lernenden. *Unpublished application to Deutsche Forschungsgesellschaft*.
- Bozkurt, E. ve Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi?. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89-100.
- Bukova Güzel, E., Tekin Dede, A., Naci Hıdıroğlu, Ç., Kula Ünver, S., Özaltun Çelik, A. (2019). Matematiksel modellemeye giriş. E.,Bukova Güzel (Ed.), *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme içinde* (s. 1-12). Ankara: Pegem Akademi
- Bukova Güzel, E., Tekin Dede, A., Naci Hıdıroğlu, Ç., Kula Ünver, S., Özaltun Çelik, A. (2019). Modelleme etkinliklerinin öğretimde kullanımı. E.,Bukova Güzel (Ed.), *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme içinde* (s. 45-75). Ankara: Pegem Akademi
- Ceylan, E. ve Saygıner, Ş. (2017). Fen ve matematik eğitiminde geleneksel laboratuvar uygulamalarına bir alternatif: phet simülasyonları. *Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi, s. 107-116.
- Chamberlin, S. A. (2002). *Analysis of interest during and after model eliciting activities: a comparison of gifted and general population students*. Doktora tezi, Purdue University.
- Chmiliar, I. (2010). Multiple-case design. A. J. Mills, G. Eurepas ve E. Wiebe (Ed.), *Encyclopedia of case study research içinde* (s. 582-583). USA: SAGE Publications.

- Çetin, B. (2016). Nitel içerik analizi. M. Y. Özden ve L. Durdu (Ed.), *Eğitimde üretim tabanlı çalışmalar için nitel araştırma yöntemleri* içinde (s. 125-147). Ankara: Anı Yayıncılık
- Çiltaş, A. ve Yılmaz, K. (2013). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının teoremlerin ifadeleri için kurmuş oldukları matematiksel modeller. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 107-114.
- Daşdemir, İ. (2013). Animasyon kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21 (4), 1287-1304.
- DiCicco-Bloom, B. ve Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40 (4), 314-321.
- Edwards, C. H. ve Penney, D. E. (2008). *Matematik analiz ve analitik geometri*. (Çev. Ö. Akın). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Ferucci, B. J. ve Carter, J. A. (2003). Technology-active mathematical modelling. *Taylor & Francis*, 34 (5), 663-670.
- Galbraith, P. ve Stillman, G. (2006). A Framework for Identifying Student Blockages During Transitions in the Modelling Process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38 (2), 143-162.
- Gül, Ş. ve Yeşilyurt, S. (2011). Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına dayalı bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin tutumları ve başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, (5) 1, 94-115.
- Güler, A., Halıcıoğlu, M. B. ve Taşgın, S. (2015). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (teorik çerçeve – pratik öneriler- 7 farklı nitel araştırma yaklaşımı- kalite ve etik hususlar)*. Ankara: Seçkin Yayıncılık
- Hıdıroğlu, Ç. N. (2012). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama*. Yüksel lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

- Hıdıroğlu, Ç. N. (2015). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analizi: bilişsel ve üstbilişsel yapılar üzerine bir açıklama*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Bukova Güzel E. (2016). Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme sürecindeki bilişsel ve üst bilişsel eylemler arasındaki geçişler. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitim Dergisi*, 10 (1), 313-350.
- İncikabı, S. (2020). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine ve öğretim deneyimlerine yansımalarının araştırılması*. Doktora tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaiser, G. ve Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education*, 38 (3), 302-310.
- Karal, Ç., Çebi, A., Peşken, M., Turgut, Y. E. (2010). Sözel problemlerin anlamlandırılması ve çözümünde web tabanlı eğitsel simülasyonların etkisi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (1), 147-162.
- Karataş, Z. (2015). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. *Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 62-80.
- Lalinská, M.ve Majherová, J. (2009). *Aspects of visualization during the exploration of “quadratic World” via the ict – problem “fireworks”*. CERME 6 - Proceedings of the sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. 2126-2135.
- Lesh, R. A. ve Doerr, H. (2003). Foundations of model and modelling perspectives on mathematic teaching and learning. R. A. Lesh ve H. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: models and modelling perspectives on mathematics teaching, learning and problem solving* içinde (s. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A. ve Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. A. Kelly ve R. Lest (Ed.),

- Research design in mathematics and science education* içinde (s. 591-646). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Lingefj rd, T. (2000). *Mathematical modeling by prospective teachers using technology*. Doktora tezi, the Graduate Faculty of the Universtiy of Georgia.
- Lingefj rd, T. (2006). Faces of mathematical modeling. *The International Journal On Mathematics Education*, 38 (2), 96-112.
- Ludwig, M. ve Xu, B. (2010). A comparative study of modelling competencies among chinese and german students. *Journal f r Mathematik-Didaktik*, 31 (1), 77-97.
- Maa , K. (2006). What are modeling competencies?. *The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 113-142.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Ortaöğretim matematik (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) dersi  ğretim programı*. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Matematik dersi  ğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Ortaöğretim matematik (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) dersi  ğretim programı*. Ankara.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standarts for School Mathematics*. Reston: Author
-  zmen,  . (2020). *Matematik dersi d n    m geometrisi konusunda etkileşimli materyal geliştirilmesi ve değerlendirilmesi*. Yüksel lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstit  .
- PhET ile ilgili bilgilere <https://phet.colorado.edu/tr/about> ve <https://phet.colorado.edu/> adreslerinden ulaşılmıştır. (Erişim tarihi: 05.04.2021)
- Saka, E. ve  elik, D. (2018). Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme problemlerini c zme sürecinde teknolojinin rolü. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 116-149.

- Saka, E. ve Çelik, D. (2018). Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme problemlerini çözme sürecinde teknolojinin rolü. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 116-149,.
- Sezen Yüksel, N., Sağlam Kaya, Y., Urhan, S. ve Şefik, Ö. (2019). Matematik ve problem çözme. Ş. Dost (Ed.), *Matematik eğitimin modelleme etkinlikleri* içinde (s. 21-40). Ankara: Pegem Akademi
- Sezen Yüksel, N., Sağlam Kaya, Y., Urhan, S., Şefik, Ö. (2019). Matematiksel modellemeye giriş. Ş. Dost (Ed.), *Matematik eğitimin modelleme etkinlikleri* içinde (s. 41-58). Ankara: Pegem Akademi
- Tekdal, M. (2002). Etkileşimli fizik simülasyonlarının geliştirilmesi ve etkin kullanılması. *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi Tam Metin Kitabı*, Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Tekin Dede, A. (2015). *Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: bir eylem araştırması*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Tekin Dede, A. ve Bukova Güzel, E. (2014). Model oluşturma etkinlikleri: kuramsal yapısı ve bir örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33 (1), 95-111.
- Türker Biber, B. ve Yetkin Özdemir, İ. E. (2015). Matematik öğretiminde matematiksel modelleme yaklaşımı. *Cito Eğitim: Kuram ve Uygulama*, 27, 39-50.
- Uğur, A. (2001). Eğitimde bilgisayar grafikleri ve grafik yazılımları. *Ege Eğitim Dergisi*, 1 (1), 146-156.
- Ural, A. (2018). *Matematiksel modelleme eğitimi*. (1. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (7. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık

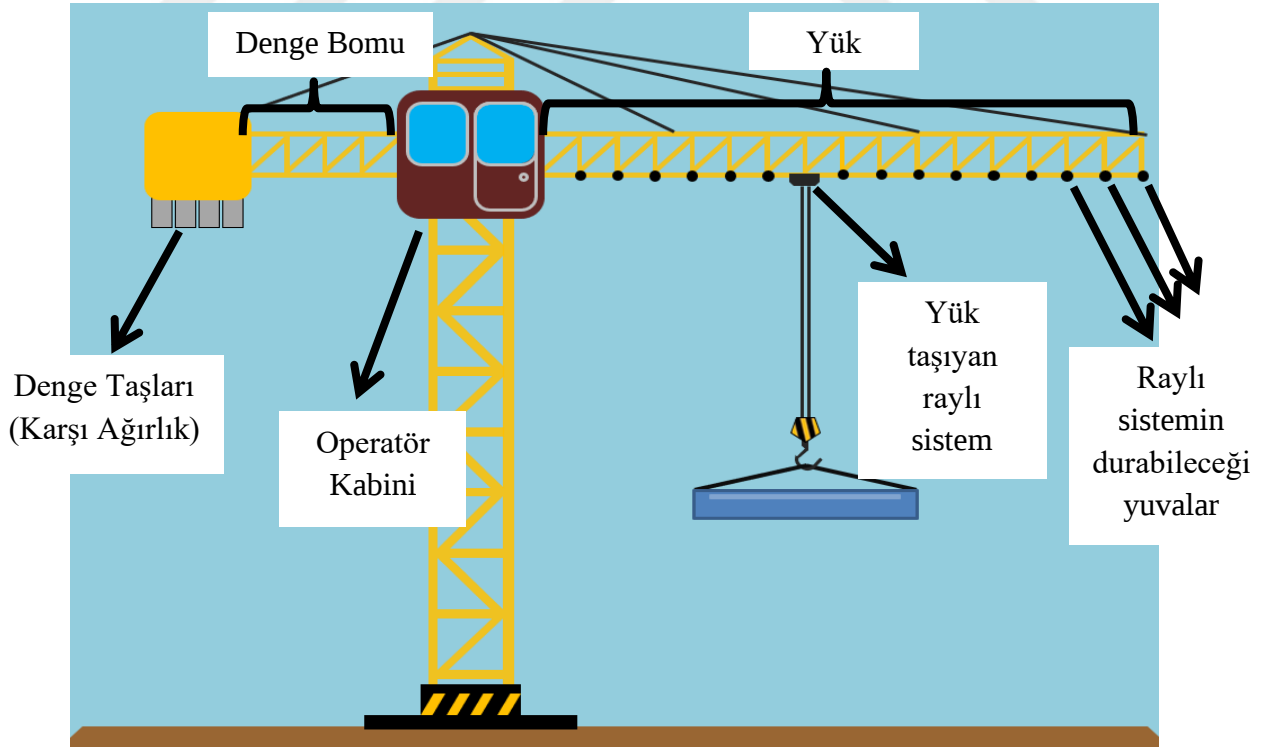
Yin, R. K. (1984). *Case study research: design and methods*. (2. baskı). SAGE Publications

Yörükoğulları, E. (2013). Tarih öncesi çağlarda bilim ve teknoloji. E. Yörükoğulları ve E. İhsanoğlu (Editörler), *Bilim teknoloji tarihi* içinde (s. 2-28). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.



EK-1. Kule Vinç Problemi

Hızla artan nüfus sebebiyle insanların barınma ihtiyacını karşılamak amacıyla bina inşaatları da artış göstermektedir. Günümüzde bina inşaatlarının artmasıyla birlikte kule vinçler daha sık gözlemlenmektedir. Kule vinçler, inşaat alanlarında ağır yüklerin taşınmasını sağlayan özel makinelerdir. Kule vinç, yüksek yapısıyla bir kuleyi andıran bir tasarıma sahiptir. Kule vinçlerin yükselen gövdesi kuleyi andırdığı için bu şekilde isimlendirilmiştir. Kule vinçlerde yüklerin taşındığı bir kol bulunmaktadır. Bu kol yük bomu olarak isimlendirilmektedir. Yük bomu üzerinde hareket eden ve yükün bağlandığı bir raylı sistem bulunmaktadır. Bu sistem sayesinde yükler kolaylıkla hareket ettirilebilir ve taşınabilir. Kule vincin denge sağlamak amacıyla kullanılan bölümüne denge bomu adı verilmektedir. Dengenin sağlanabilmesi için denge bomu üzerinde denge taşları (karşı ağırlık) bulunmaktadır. Taşınacak yüklerin ağırlığı gibi bazı faktörler denge taşlarının âdetini ve ağırlığını belirler. Eğer denge bomunun ağırlığı ile yük bomunun ağırlığı arasında denge sağlanamazsa kazalara yol açabilecek durumlar ortaya çıkabilir ve kule vinç ağır olan kolu tarafına doğru yıkılabilir. Bu yüzden dengenin sağlanması büyük bir öneme sahiptir.



İstanbul'a 50 katlı bir gökdelen inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu gökdelenin inşası için kullanılacak olan kule vincinin denge bomu 12 metre uzunluğundadır. Kule vincin

yük bomu her iki uçta sonuna kadar hareket edebilen ve yalnızca yuvalarda durabilen bir raylı sistem ile donatılmıştır. Denge bomuna, her biri 2000 kg ağırlığında olan 4 adet denge taşı yerleştirilmiştir. İş güvenliğı önlemleri çerçevesinde, vincin en çok ve en az ne kadar ağırlıkta yük taşıyabileceğı hesaplanmalıdır.

- a. Denge bomuna ve yük bomuna takılacak her ağırlık için kule vincin dengede kalabilmesi için bir yöntem geliştirin ve geliştirdiğiniz yöntemin doğruluğunu simülasyon yardımıyla gösteriniz.
- b. Kule vinç güvenli bir şekilde en çok ne kadar ağırlık taşıyabilir ve bu ağırlık operatör kabininden ne kadar uzaklıkta taşınmalıdır? Açıklayınız.
- c. Kule vinç güvenli bir şekilde en az ne kadar ağırlık taşıyabilir ve bu ağırlık operatör kabininden ne kadar uzaklıkta taşınmalıdır? Açıklayınız.

EK-2. Direnç Kodu Problemi

Elektrik devrelerinde kullanılan dirençlerin değerleri, üzerlerinde bulunan direnç renk kodları ile belirlenir. Her renk, kendine özgü bir değeri temsil etmektedir.

RENK	SAYI DEĞERİ
Siyah	0
Kahverengi	1
Kırmızı	2
Turuncu	3
Sarı	4
Yeşil	5
Mavi	6
Mor	7
Gri	8
Beyaz	9

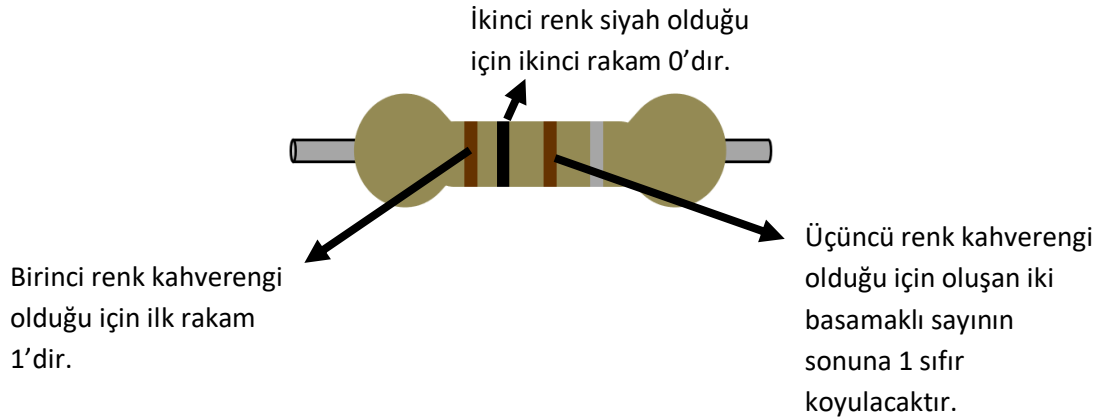
Dirençlerin Renk Kodları

Direnç hesaplaması şu şekilde yapılmaktadır;

1. Birinci ve ikinci renklerin sayısal değerleri tablodan bulunarak yan yana yazılır ve iki basamaklı bir sayı oluşturulur.
2. Bu iki basamaklı sayının sonuna üçüncü rengin sayısal değeri kadar sıfır yazılır.

Dördüncü renk ise direncin tolerans değerini vermektedir.

Örneğin;



Yukarıda verilen direnç hesaplanırken;

1. İlk rakam 1 ve ikinci rakam 0 olduğundan 10 iki basamaklı sayısı elde edilir.
2. Daha sonra üçüncü renk kahverengi olduğu için 10'un sonuna bir sıfır koyulur ve direncin değeri 100 ohm olarak hesaplanmış olur.
3. Dördüncü renk altın gümüş rengi olduğu için direncin değeri ± 10 ohm olarak kabul edilir. Yani bu direncin değeri 90-110 ohm arasındadır.

Bir tamirci, televizyonun besleme kartındaki arızalı olan direnci sağlam bir direnç ile değiştirecektir. Tamircinin besleme kartına entegre edeceği yeni direncin üzerinden geçen akımın belirli amper (A) değerleri arasında olması gerekmektedir. Bu yüzden tamircinin direncin üzerinden geçecek amperi (A) hesaplaması gerekmektedir. Tamircinin besleme kartına entegre edeceği direnç aşağıdaki gibidir.



Besleme Kartına Yerleştirilecek Olan Yeni Direnç

Direncin üzerindeki dördüncü renk altın rengi olduğu için ± 50 ohm olarak hesaplanacaktır.

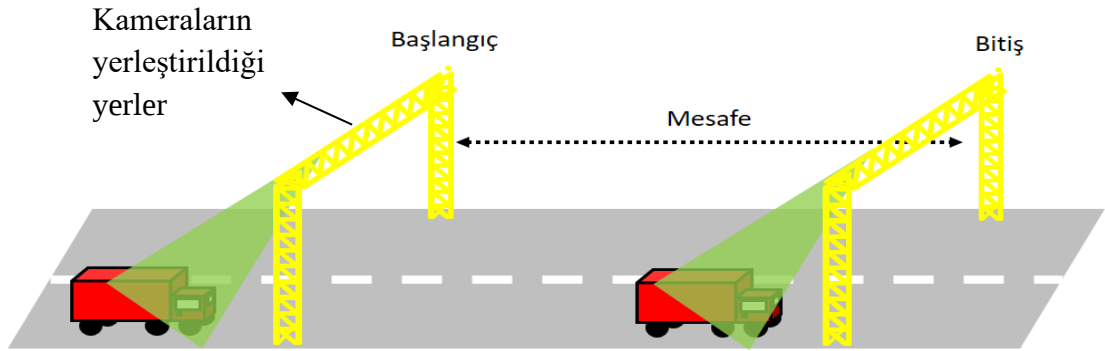
Şebekeden evlere 220 Volt elektrik verildiği düşünüldüğünde;

- a. Televizyonlara yerleştirilecek olan her yeni parçanın üstünden geçen akımı hesaplayabilmek için bir yöntem geliştiriniz ve yöntemin doğruluğunu simülasyon yardımıyla gösteriniz.
- b. Besleme kartına yerleştirilecek olan yeni direncin üstünden en az kaç amper akım geçecektir? Açıklayınız.
- c. Besleme kartına yerleştirilecek olan yeni direncin üstünden en çok kaç amper akım geçecektir? Açıklayınız.

EK-3. Hız Koridoru Problemi

Karayolları Trafik Kanunu'nun 50. maddesi, "Hız Sınırları" başlığı altında yapılan bir değişiklik ile otoyollardaki yeni hız sınırının otoyolun yapısına bağlı olarak en yüksek 130 veya 140 kilometre/saat olacağını belirtmektedir. Otoyollardaki en düşük hız sınırı ise 40 kilometre/saat olarak belirlenmiştir.

Hız ihlallerini tespiti için otoyollarda hız koridorları oluşturulmaktadır. Bu koridorlara sabit mesafelerle Plaka Tanıma Sistemi kameraları yerleştirilir. Hız koridorlarının çalışma prensibi kısaca şu şekildedir; Bir araç hız koridoruna giriş yaptığı zaman, aracın bilgileri ve giriş saati sisteme kaydedilir. Ardından, aynı araç hız koridorundan çıkış yaptığı anda tekrar bilgileri ve hız koridorundan çıkış saati sisteme kaydedilir. Giriş ve çıkış saatleri karşılaştırılarak aracın hız koridoru boyunca geçirdiği süre hesaplanır. Eğer araç, hız koridorunun başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafeyi hız sınırlarına uygun olmayan bir sürede geçmiş ise cezai işlem uygulanır.



Plaka Tanıma Sistemi (Şekil temsildir. Gerçek ölçülere dayanarak oluşturulmamıştır.)

HIZ ARALIKLARI	CEZA MİKTARI
143 km/saat ile 169 km/saat arası	206 TL
169 km/saat ve üzeri	427 TL

Ceza Miktarları

Yapılan değişiklik ile İstanbul-Ankara Otoyolu'nda (Anadolu Otoyolu) hız sınırı 130 kilometre/saat'e yükseltilmiştir. İstanbul-Ankara Otoyolu yaklaşık olarak 420

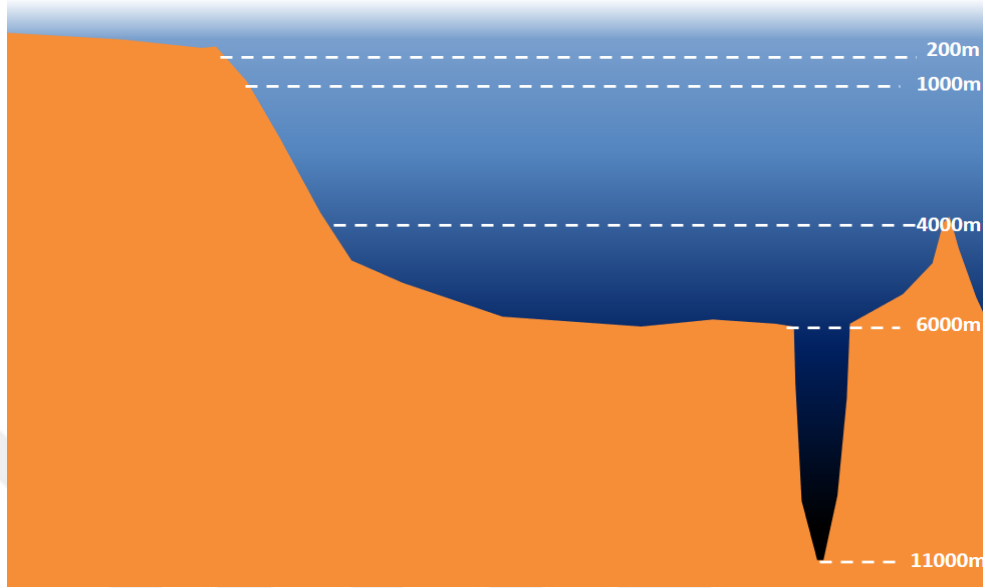
kilometredir. İstanbul-Ankara Otoyolu'nu kullanarak İstanbul'dan Ankara'ya giden bir sürücüyü hız sınırlarını aştığı için 206 TL para cezası verilmiştir. Buna göre;

- a. Hız koridorundan geçen her aracın koridorda ne kadar süre geçirdiğini hesaplayabilmek için bir yöntem geliştiriniz ve geliştirdiğiniz yöntemin doğruluğunu simülasyon yardımıyla gösteriniz.
- b. Sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en az kaç saatte ve saatte kaç kilometre hızla gitmiş olabilir? Açıklayınız.
- c. Sürücünün İstanbul'dan Ankara'ya en çok kaç saatte ve saatte kaç kilometre hızla gitmiş olabilir? Açıklayınız.

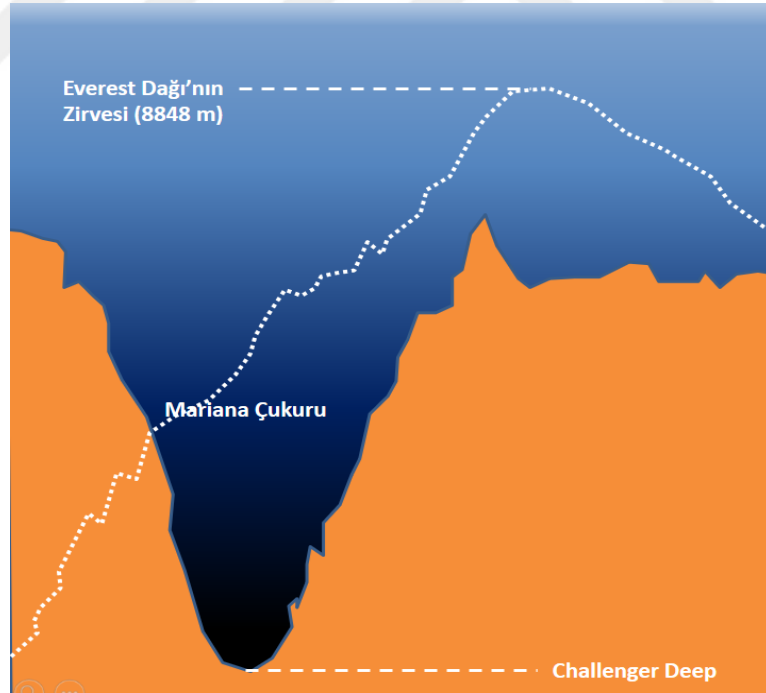


EK-4. Mariana Çukuru'ndaki Sıvı Basıncı Problemi

Dünyanın en derin noktası Pasifik Okyanusu'nda bulunan “Mariana Çukuru” olarak kabul edilmektedir.



Mariana Çukuru'nun Derinliği



Mariana Çukuru ile Everest Dağı'nın Karşılaştırılması

James Cameron, “Avatar” ve “Terminatör” filmlerinin yönetmeni olarak bilinir ve belgesel çekmek amacıyla dünyanın en derin noktası olarak kabul edilen Mariana Çukuru'na dalış gerçekleştirmiştir. Cameron, Mariana Çukuru'ndaki yüksek basınca karşı koymak için kendisi için özel tasarlanmış bir denizaltıyla dalış yapmıştır. 25 Mart

2012 tarihinde, yönetmen James Cameron, “Deepsea Challenger” adlı özel denizaltısıyla Mariana Çukuru’na tek başına inmeyi başarmıştır. Cameron, yaklaşık 2.5 saat süren dünyanın en derin noktasının tabanına ulaşmış ve burada 3 saat boyunca incelemelerde yapmıştır. Daha sonra yaklaşık 1 saat süren bir süreçte yüzeye çıkmıştır. Mariana Çukuru’nun en derin noktasına ulaşabilmek için sıvı basıncını hesaplamak gerekmektedir.

- a. Mariana Çukuru’nun en derin noktasına ulaşabilmek için gerçekleştirilen dalıştaki her noktadaki sıvı basıncını hesaplamak için bir yöntem geliştiriniz ve geliştirdiğiniz yöntemin doğruluğunu simülasyon yardımıyla gösteriniz.
- b. Dünyanın en derin noktası olan Mariana Çukuru’nun tabanındaki sıvı basıncı yaklaşık olarak kaç megapaskaldır? Açıklayınız. [1 megapaskal (MPa)=1000 kilopaskal (kPa)]

EK-5. Araştırma Gözlem Formu

ARAşTIRMA GÖZLEM FORMU

Bu alışma; Anadolu Üniversitesi Eēitim Bilimleri Enstitüsü Matematik Eēitim Anabilim Dalı yüksek lisans ērencisi Mustafa MOLLA tarafından Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK danıřmanlıēında yürütülen ortaokul ērencilerinin (6., 7. ve 8. Sınıf) etkileşimli simülasyon ortamındaki matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi amacıyla yapılması planlanan ‘‘Etkileşimli Simülasyon Ortamında Ortaokul ērencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi’’ isimli tez çalışmasında kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Gözlem ile elde edilecek veriler sadece bu çalışmada kullanacaktır.

ēRENCİDE GÖZLENECEK DAVRANIşLAR

1. ērenciler etkileşimli simülasyonları modeli oluşturma aşamasında nasıl kullanmaktadırlar?
2. ērenciler etkileşimli simülasyonları modeli test etme aşamasında nasıl kullanmaktadırlar?
3. ērenciler matematiksel modelleme probleminde etkileşimli simülasyonları problemi anlama ve problemin çözümü aşamasında nasıl kullanmaktadırlar?
4. Etkileşimli simülasyonlar ērencilere, matematiksel modelleme sürecinde ne tür katkılarda bulunmuştur?
5. ērenciler modeli oluşturma ve test etme aşamalarında nasıl bir bilişsel süreç geçiriyor?

EK-6. Modelleme Sürecine Yönelik Görüşme Soruları

KATILIMCI GÖRÜŞME FORMU

Değerli katılımcı,

Bu çalışma; Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik Eğitim Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Mustafa MOLLA tarafından Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK danışmanlığında yürütülen ortaokul öğrencilerinin (6., 7. ve 8. Sınıf) etkileşimli simülasyon ortamındaki matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi amacıyla yapılması planlanan “Etkileşimli Simülasyon Ortamında Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi” isimli tez çalışmasında kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu görüşmeden elde edilecek veriler sadece bu çalışmada kullanacaktır.

GÖRÜŞME SORULARI

MODELLEME SÜRECİNE YÖNELİK GÖRÜŞME SORULARI

1. Problemden ne anladığınızı açıklayabilir misiniz?
2. Problemi nasıl çözmeye karar verdiniz? Bu süreçte simülasyonu nasıl kullandınız?
3. Elde ettiğiniz sonucun anlamlı bir sonuç-doğru olduğunu düşünüyor musunuz? Simülasyon sonucu doğrulamada sana yardımcı oldu mu? Nasıl?

EK-7. Etkileşimli Simülasyona Yönelik Görüşme Soruları

KATILIMCI GÖRÜŞME FORMU

Değerli katılımcı,

Bu çalışma; Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik Eğitim Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Mustafa MOLLA tarafından Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK danışmanlığında yürütülen ortaokul öğrencilerinin (6., 7. ve 8. Sınıf) etkileşimli simülasyon ortamındaki matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi amacıyla yapılması planlanan “Etkileşimli Simülasyon Ortamında Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi” isimli tez çalışmasında kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu görüşmeden elde edilecek veriler sadece bu çalışmada kullanacaktır.

GÖRÜŞME SORULARI

ETKİLEŞİMLİ SİMÜLASYONA YÖNELİK GÖRÜŞME SORULARI

1. Matematiksel modelleme etkinliklerinde etkileşimli simülasyonları kullanmanın olumlu-olumsuz etkileri hakkındaki görüşleriniz nelerdir?
2. Matematiksel modelleme etkinliklerine derslerde daha çok yer verilmesi hakkındaki görüşleriniz nelerdir?

EK-8. Bilecik Valiliği İl Millî Eğitim Müdürlüğü Onay Yazısı



T.C.
BİLECİK VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-21174680-604.01.01-65716803
Konu : Makale/Araştırma Çalışması
(Mustafa MOLLA)

13/12/2022

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : MEB-Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü'nün 21.01.2020 tarihli ve 81576613-10.06.02-E.1563890 sayılı 2020/2 Nolu Genelgesi.

İlgi Genelge gereği, Anadolu Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi Bölümü Tezli Yüksek Lisans öğrencisi Mustafa Molla'nın "Etkileşimli Simülasyon Ortamında Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi" konulu yüksek lisans tezinin araştırma çalışmasını İlimiz Bozüyük İlçesindeki Saffet Şeker Ortaokulu, Mehmet Akif Ersoy Ortaokulu, Meliha Ercan Ortaokulu, Necatibey Ortaokulu ve Onbir Kişisel Gelişim Kursunda öğrenim gören 7.Sınıf öğrencileri ile yapmak istemektedir.

Genelge gereği Anketlerin Müdürlüğümüzce onaylanmış ve mühürlenmiş nüshalarının Kurum Müdürlüğünün sorumluluğunda uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde Olurlarınıza arz ederim.

Mustafa Sami AKYOL
Millî Eğitim Müdürü

EK-9. Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Kararı

Evrak Kayıt Tarihi: 13.06.2022 Protokol No: 328964

Tarih: 24.06.2022



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERÎ BİLİMLER BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARAR BELGESİ

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	Yüksek Lisans Tez Çalışması
KONU:	Eğitim Bilimleri
BAŞLIK:	Etkileşimli Simülasyon Ortamında Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi
PROJE/TEZ YÜRÜTÜCÜSÜ:	Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK
TEZ YAZARI:	Mustafa MOLLA
ALT KOMİSYON GÖRÜŞÜ:	-
KARAR:	Olumlu

EK-10. PhET Simülasyonlarının Kullanım İzinleri

Öğrencilerin veya eğitimcilerin herhangi bir izin almaya gerek kalmadan simülasyonları ücretsiz olarak kullanabilmektedir ancak bir PhET simülasyonunu paylaşılırken veya yeniden dağıtırken “Simulation by PhET Interactive Simulations, University Colorado Boulder, licensed under CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>)” şeklinde bir atıfta bulunulması gerekmektedir.

Using PhET Simulations in Teaching

Any students or educators (K-12, university, or continuing education) can use the simulations for free. You do not need to seek any further permissions from us.

All simulations available at <https://phet.colorado.edu> are open educational resources and provided under the Creative Commons Attribution 4.0 license ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). The following attribution is required when sharing or redistributing a PhET simulation:

Simulation by PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, licensed under [CC-BY-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://phet.colorado.edu>).

See these [best practices for attribution](#).

PhET Simülasyonlarını Eğitim Kullanma

Using PhET Simulations for Research

Education research guides the design and classroom use of PhET simulations. Not only does the PhET team engage in education research directly, but we love to see PhET simulations being used by researchers worldwide to advance knowledge about teaching, learning, and assessment.

Researchers are encouraged to use PhET simulations from <https://phet.colorado.edu> in their work. These sims are openly licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). No further permission is necessary to use the simulations in research provided two steps are followed:

1. Include proper attribution when a simulation, or any derivative work (e.g. screenshot or video), appears in any education materials, presentations, journal articles, websites, or other channels you may use to distribute your work. Example attribution:

Simulation by PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, licensed under [CC-BY-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (<https://phet.colorado.edu>).

Researchers interested in customizing simulations or collecting back-end data for use in learning engineering or learning analytics research may be interested in PhET's interoperable simulations, our PhET-iO simulations. [Learn more about PhET-iO](#).

PhET Simülasyonlarını Araştırmalarda Kullanma

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa MOLLA
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı :
E-posta :

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Yüksek Lisans: 2020-2023: Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı
- Lisans: 2016-2020, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği
- 2020-halen, Matematik Öğretmeni, Özel Onbir Kurs Merkezi

Yayınları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler:

- 2021, Tam Metin Bildiri, Etkileşimli Simülasyon Ortamında Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi, Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi (FGMTEK 2021)