



ISSN
2547-989X

Sinop Üniversitesi
Sosyal Bilimler Dergisi

Araştırma Makalesi

Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8
(Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Özel Sayısı), 423-456
Geliş Tarihi: 10.11.2024 Kabul Tarihi: 24.12.2024
Yayın: 2024 Yayın Tarihi: 31.12.2024
<https://doi.org/10.30561/sinopUSD.1582503>
<https://dergipark.org.tr/sinopUSD>

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA EĞİTİMİ KAPSAMINDA 7. SINIF ÖĞRENCİLERİNE SÜRDÜRÜLEBİLİR MATEMATİKSEL MODELLEME ETKİNLİĞİNİN UYGULANMASI*

Neslihan ŞAHİN*
Fatma Nur BEDİR*

Öz

Bu çalışmada sürdürülebilir matematiksel modelleme yaklaşımı çerçevesinde oluşturulan öğrenme ortamı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 7. Sınıf öğrencilerine sürdürülebilirlik bağlamında tasarlanmış model oluşturma etkinlikleri üzerinde çalışmaları sağlanmıştır. Çalışma 2023-2024 eğitim öğretim yılında Sinop ilinde bulunan bir devlet ortaokulunda öğrenim gören 7. Sınıftaki 9 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 3'erli üç odak gruba ayrılan öğrencilere önce sürdürülebilirlik kavramlarına yönelik daha sonra da matematiksel modelleme etkinliklerinin çözüm sürecine yönelik eğitimi verilmiştir. Seçilen bir gruba model oluşturma etkinliği olan Balayı Problemi verilmiştir. Çocukların modelleme süreci ses ve video kaydına alınmış, kayıtlar yazılı olarak çözümlenmiş ve Blum ve Ferri'nin (2009) modelleme döngüsü kullanılarak nitel olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları öğrencilerin sürdürülebilirlikle ilgili problemlerin çözümüne yönelik istekli oldukları, sürdürülebilir problemlerin çözümünde gerçek yaşam durumlarını ele alarak yorumladıkları, süreçte nitel veriyi nicelleştirebildikleri, doğayı koruma ve çevreye verilen zararın en az olması kriterlerine odaklanarak sistematik ancak genellenebilir olmayan bir model geliştirdiklerini ortaya koymuştur. Sürdürülebilir model oluşturma etkinlikleriyle hem matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişiminin desteklediği hem de çevresel sorunlara farkındalık ve sürdürülebilirlik sorunlarının çözümüne yönelik bilinç oluşturulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel Modelleme, Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi, Sürdürülebilir Model Oluşturma Etkinlikleri.

* Bu çalışma Uluslararası Karadeniz Eğitim Araştırmaları Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur.

* Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü, neslihansahin@sinop.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0558-2487>

* Yüksek Lisans Öğrencisi, Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Programları ve Öğretim Programı, 240155003@ogrenci.sinop.edu.tr, <https://orcid.org/0009-0005-8194-7275>

Implementation of Sustainable Mathematical Modelling Activities for 7th Grade Students within the Scope of Sustainable Development Education

Abstract

In this study, the learning environment created within the framework of sustainable mathematical modelling approach was carried out. For this purpose, 7th grade students were provided to work on model eliciting activities designed in the context of sustainability. The study was carried out with 9 7th grade students studying in a state secondary school in Sinop province in the 2023-2024 academic year. Firstly, the students, who were divided into three focus groups of 3, were first trained on the concepts of sustainability and then on the solution process of mathematical modelling activities. A selected group was given the Honeymoon Problem, which is a modelling activity. The modelling process of the children was audio and video recorded, the recordings were transcribed and analysed qualitatively using Blum and Ferri's (2009) modelling cycle. The results of the study revealed that the students were enthusiastic about solving problems related to sustainability, interpreted real life situations in solving sustainable problems, quantified qualitative data in the process, and developed a systematic but not generalisable model by focusing on the criteria of protecting nature and minimising the damage to the environment. It was concluded that both the development of mathematical modelling competencies was supported and awareness of environmental problems and the solution of sustainability problems were created through sustainable model eliciting activities.

Keywords: Mathematical Modelling, Sustainable Development Education, Sustainable Mathematical Modelling Activities

Giriş

İnsan, teknoloji ve doğanın bir arada var olması, insan ihtiyaçları ile doğanın korunması arasında bir denge kurulmasını gerektirmekte ve bu da insanlığın sürdürülebilir kalkınmasını kapsamaktadır (Suh ve Han, 2019). Sürdürülebilir kalkınma, ekonomilerin ve toplumların insani kalkınma hedeflerine ulaşmalarına izin verirken doğal sistemlerin korunmasına da olanak tanır (Robert, Parris ve Leiserowitz, 2005). Sürdürülebilir kalkınma, mevcut eylemlerin gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetine zarar vermemesi gerektiği anlamına gelir (Chen, Bouferguene, Shen ve Al-Hussein, 2019). Sürdürülebilir kalkınma için iyi tasarlanmış eğitim, öğrencilerin doğayla uyumlu bir şekilde gelişmelerine, sorumlu kararlar almalarına ve gelecekte toplumun sürdürülebilir kalkınmasını desteklemelerine olanak tanıyacak temel yeterlikleri şekillendirir (Leicht, Heiss, ve

Byun, 2018; Lozano vd., 2019; Suh ve Han; 2019). Sürdürülebilir kalkınma eğitimi (SKE), “sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarına dengeli ve entegre bir yaklaşım kullanarak şimdiki ve gelecek nesilleri ihtiyaçlarını karşılama için güçlendirmeyi ve donatmayı” amaçlamaktadır (Leicht, Heiss, ve Byun, 2018; s. 7). Başka bir deyişle, SKE öğrencilerin gerçek dünyadaki değişiklikleri anlamalarına, geleceği tahmin etmelerine hem mevcut hem de gelecekteki toplumlarda mevcut sorun durumlarını belirlemelerine ve işbirliği içinde karar vererek çözümler oluşturmalarına olanak sunmayı amaçlamaktadır. Geleceğin toplumlarını inşa edecek ve yaşayacak olan öğrencilerin sadece bilgiye ulaşmaları değil, aynı zamanda sorunları teşhis etmek ve çözmek için bilgiyi kullanmayı öğrenmeleri ve nihayetinde insanlığın, toplumun ve doğanın işbirliği yapabileceği yolları bulmaları gerekmektedir (Bellanca ve Brandt; 2010; Trilling, ve Fadel; 2009).

Sürdürülebilir eğitim, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri bütünleştiren kapsamlı bir yaklaşımı kapsadığından eğitimde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu disiplinler arası alan, eğitim, sosyoloji ve çevre çalışmaları unsurlarını bir araya getirerek öğrencilere hızla değişen dünyada yollarını bulabilmeleri için ihtiyaç duydukları araçları sağlamaktadır (Karjanto, 2023). Bireylerin, toplumların ve gezegenin birbirine bağlılığını kabul eden sürdürülebilir eğitim, uzun vadeli ve sürekli öğrenmeyi sağlayan bir denge kurmaya amaçlamaktadır (Karjanto, 2023; Sipos, Battisti ve Grimm; 2008). Sürdürülebilir öğrenmenin ve doğal olarak sürdürülebilir eğitimin amacı, öğrenenleri sürdürülebilir bir yaşam sürmek için gerekli bilgi, beceri ve tutumlarla donatmaktır. Bilinçli karar verme, aktif katılım ve sorumlu vatandaşlığın önemini vurgulayarak geleneksel eğitimin ötesine geçmeyi hedefler. Sürdürülebilir eğitim sayesinde bireyler değişim için katalizör haline gelir, daha sürdürülebilir bir toplumun ve daha iyi bir geleceğin yaratılmasına katkıda bulunur (Redman ve Larson; 2011). Sürdürülebilirlik ilkelerini eğitim uygulamalarına entegre ederek, sadece akademik olarak yetkin bireyler değil, aynı zamanda dünyamızın karşı karşıya olduğu karmaşık zorlukları ele almak için donanımlı bir öğrenci nesli yetiştirmek amaçlanmaktadır (Karjanto, 2023).

Sürdürülebilir eğitim, Birleşmiş Milletler (BM) tarafından belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) ile uyumlu olup herkes için yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik ederek kapsayıcı ve eşitlikçi kaliteli eğitim sağlamayı amaçlamaktadır (SDG4 [Sustainable Development Goals 4]; 2005). Sürdürülebilir eğitim, sosyoekonomik engelleri ve coğrafi sınırları aşan erişilebilir eğitimi savunarak bu hedefi somutlaştırmaktadır. Öğrenenlerin kişisel ve mesleki yaşamlarında uygulayabilecekleri bilgi ve esnek becerilerle donatılmasının önemini vurgular (Karjanto, 2023). Sürdürülebilir ilke ve değerleri eğitim sistemlerine entegre ederek, öğrencileri bu karmaşık sorunları ele alabilecekleri araçlarla donatarak daha sürdürülebilir ve adil bir dünya inşa edilmesine katkıda bulunmaktadır (Elfert, 2019; Rieckmann; 2017). Matematik eğitimi, bireyleri hayatın çeşitli alanlarında başarı için gerekli olan eleştirel düşünme becerileri, analitik beceriler ve problem çözme yetkinliği ile donattığı için bu hedefe ulaşmada çok önemli bir rol oynamaktadır. Matematikte uzmanlaşmak yalnızca kişisel gelişimi teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir ekonomik ve sosyal kalkınmaya da katkıda bulunur ve bireyleri toplumlarına ve genel olarak topluma anlamlı katkılarda bulunmaları için güçlendirir (Karjanto, 2023). Bireylere, sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek için hayati önem taşıyan karmaşık meselelerin üstesinden gelmek için gerekli olan niceliksel bilgi ve eleştirel düşünme becerilerini sağlar (Rieckmann; 2017). Matematiksel yeterlilik, çevresel sürdürülebilirliği ve ekonomik kalkınmayı teşvik etmek amacıyla küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ele alınmasında hayati bir rol oynamaktadır. Derin bir matematik anlayışını besleyerek, öğrenciler bu çok yönlü zorlukları etkili bir şekilde analiz etmek ve bunlarla yüzleşmek için donanımlı hale getirmektedir. Matematik eğitiminde sürdürülebilirliği sağlamada matematiksel modelleme yaklaşımı kullanılabilir (Karjanto, 2023; Lozada, Guerrero-Ortiz, Coronel ve Medina, 2023; Suh ve Han; 2019). Matematiksel modelleme, gerçek hayattaki problem durumlarını matematiksel modellere dönüştürmek, matematiksel sonuçlar çıkarmak ve bu sonuçları gerçek dünyaya uygulamak için kullanılan bir dizi kapsamlı süreci

içermektedir (Eraslan, 2012; Eraslan ve Kant; 2015; Eraslan ve Şahin; 2023). Matematiksel modelleme yaklaşımı kapsamında geliştirilecek model oluşturma etkinlikleri (MOE), öğrencilerin gelecekteki toplumlarda karşılaştıkları sürdürülebilirlik kapsamındaki görevleri yerine getirmek için SKE hedefleri kapsamındaki hedeflere ulaşmada etkili birer araçtır (Karjanto, 2023; Lozada, vd. 2023; Suh ve Han; 2019). Matematiksel modelleme yaklaşımında gerçek dünya durumlarını içeren bağlamsal problemlere matematiksel çözümler geliştirmek amacıyla model oluşturmayı gerektirdiğinden, matematiksel yeterliklerin gelişimini destekleyerek aynı zamanda SKE kapsamında matematik eğitiminin sürdürülebilir olmasında kullanılabilir etkili bir yaklaşımdır. Maaß ve diğerleri (2018), okullarda uygulanabilir matematik eğitimi sunmanın, matematiği neden öğrenmeleri gerektiğini merak eden öğrencileri ikna edip motive etmekle kalmayıp, aynı zamanda onlara problem çözme, eleştirel düşünme ve analitik akıl yürütme gibi yolda faydalı olacak aktarılabılır beceriler kazandıracaklarını savunmuşlardır; bu da matematik eğitiminde sürdürülebilir öğrenimi teşvik etmek için uygun hale getirmektedir (Maaß, O'Meara, Johnson ve O'Donoghue; 2018).

Alan yazın incelendiğinde sürdürülebilir eğitim ile matematik eğitiminin ilişkilendirildiği çalışmaların az sayıda olduğu ancak son yıllarda artış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde çalışmaların ağırlıklı olarak matematiksel modelleme yaklaşımı çerçevesinde sürdürülebilirlikle ilgili konuların ele alındığı matematiksel modelleme etkinliklerinin, ortaokuldan öğretmen adayına kadar farklı yaş düzeylerinde uygulanması ve kitaplardaki soruların incelenmesine yönelik olduğu belirlenmiştir (Çelikkol ve Soylu, 2024; Karjanto, 2023; Lozada vd., 2023; Steffensen, 2023; Suh ve Han, 2019). Görüldüğü üzere sürdürülebilir matematik eğitimi yeni bir araştırma konusu olup, matematiksel modelleme yaklaşımı ile sürdürülebilir matematik eğitiminin entegrasyonuna yönelik araştırmaların gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu çalışmada, etkinlik bağlamının sürdürülebilir kalkınma eğitimi kapsamında çevresel sorunlar ve daha temiz çevre için enerji kaynaklarının ve çevrenin korunması bağlamında tasarlanmış ve

uygulama sürecindeki eğitim tasarısının alan yazındaki çalışmalardan farklı olarak tasarlanması çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Bu araştırmada matematiksel modelleme yaklaşımı çerçevesinde tasarlanan öğrenme ortamında, sürdürülebilirlik bağlamında tasarlanmış MOE ile çalışan 7. Sınıf öğrencilerinin modelleme süreçlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla ele alınan araştırma soruları şu şekildedir:

1. Sürdürülebilir model oluşturma etkinlikleri ile çalışan 7. Sınıf öğrencileri, sürdürülebilirlik kavramlarını modelleme sürecinde nasıl kullanmaktadır?
2. Modelleme sürecinde eğer varsa öğrencilerin yaşadıkları güçlükler nelerdir?

1. Matematiksel Modelleme Yaklaşımı Nedir?

Matematiksel modelleme yaklaşımı (MMY), matematiksel kavramların geliştirilmesinden çok problem çözmeye odaklanarak, ders kitaplarında ve standartlaştırılmış testlerde vurgulanan problem türlerinin çözümünden öte, karmaşık gerçek yaşam durumlarına çözüm üretmeye yönelik bir problem çözme anlayışı üzerine odaklanmaktadır (Lesh ve English, 2005). MMY matematiğin anlamlı öğretimi için uygun öğrenme ortamlarının tasarlanmasında modelleme problemlerini (MOE) birer araç olarak kullanılabileceği konusunda eğitmenlere ve araştırmacılara rehberlik etmektedir (Erbaş vd., 2014). Lesh ve Doerr (2003) ise matematiksel modellemeyi, MOE sırasında gerçekleşen bir süreç olduğunu ifade etmişlerdir. MOE modelleme sürecinde öğrencilerin kendi temsillerini oluşturmaları ve geliştirmeleri açısından önemli birer araçtır (Lesh ve Doerr, 2003).

Matematiksel modelleme, bir olguyu gözlemlemeyi, ilişkileri tahmin etmeyi, matematiksel analizler (denklemler, sembolik yapılar vb.) yapmayı, matematiksel sonuçlar elde etmeyi ve modeli yeniden yorumlamayı içeren lineer olmayan, döngüsel bir süreç olarak tanımlanabilir (Swetz ve Hartzler, 1991; Lingefjärd, 2006; aktaran Şahin, 2019). Gerçek bir durumun ya da bir problemin, bir nesnenin ya da bir sistemin özellikle matematiksel dil kullanılarak temsil edilmesi

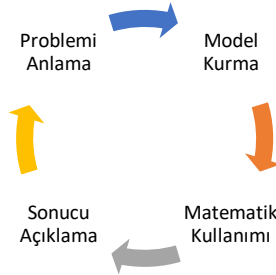
matematiksel model olarak tanımlanmaktadır (Şahin, 2019). Öğrencilerin geliştirdikleri matematiksel modeller, kavramsal temsilleri anlamlandırarak gerçek dünya problemini yorumlamak ve çözmek için matematiksel fikirler geliştirmekte ve matematiksel dili kullanarak matematikselleştirme yapmaktadır (Chan, Ng, Widjaja, ve Seto, 2012). Tanımdan da anlaşılacağı üzere modelleme bir süreci, model ise modelleme süreci sonucunda elde edilen ürünü ifade etmektedir (Şahin, 2019).

MOE, sonunda bir rakam ya da bir kelime ile yanıtlanan geleneksel problemlerden farklıdır. MOE rutin olmayan-karmaşık gerçek yaşamdan durumları ele alarak karmaşık problem durumlarının oluşturulduğu ve çözümünde çoklu çözüm yollarını içeren problem durumlarıdır (Mousoulides, 2007; Lesh ve Zawojewsky, 2007; Eraslan, 2011b). MOE’de, kişilerden gerçek yaşam durumlarını matematiksel birer probleme dönüştürerek onları matematiksel olarak yorumlamasını ve bu durumdan yararlanacak bireylerin karar vermesine yardım etmek amacıyla süreci veya yöntemi matematiksel olarak açıklaması ya da formüle etmesini ister (Mousoulides, 2007; Lesh ve Zawojewsky, 2007; Eraslan, 2011a). Lesh ve Doerr (2003) MOE ile öğrencilerin, gerçek yaşam probleminin bir matematik problemine dönüştürmesini, problemleri nasıl çözdüğünü, fikirlerini nasıl geliştirdiğini, fikirlerinin planlama, revizyona veya daha kapsamlısına ihtiyacı olup olmadığını, varsayımlarının problemde verilen şartları ve varsayımları karşılayıp karşılamadığı sonuçlarıyla ilgili karar vermeyi içeren, öğrencilerin araştırma ve keşfetme becerilerini geliştiren etkinlikler olarak tanımlamıştır. Öğrenciler zamanlarının çoğunu MOE’nin çözümü için tartışır ve ilgili olan ilişkiler, yapılar, sistemler ve bilgi hakkında düşünmek için çeşitli yollar geliştirerek harcarlar. Bu durumda aktivite sırasında değiştirdikleri veya dönüştürdükleri şey kendi karakteristik düşünme şekilleridir (Şahin ve Eraslan, 2016). MOE öğrencilere grup çalışmaları şeklinde uygulanmaktadır. MOE uygulandığında, modelleme sürecinde her bir öğrenci kendi kavramsal sistemini grup içinde ortaya koymakta ve aynı zamanda gruptaki diğer üyelerle fikir alışverişinde bulunmakta, bireysellikten

uzaklaşıp grupça bir model geliştirmektedir (Şahin ve Eraslan, 2016). Bu karakteristik düşünme şekilleri, öğrencilerin modelleme aktiviteleri sırasında prosedürler hakkında biliş üstü düşünerek prosedürlerle düşünmenin ötesine geçtiklerini göstermektedir (Şahin, 2019). Sonuç olarak MOE ile öğrenciler, birbirlerinin düşüncelerini etkileyerek farklı düşünme ortamlarında üst bilişsel düşünme süreçlerinin gerçekleştiği, tek yönlü olmayan, birden fazla denemenin ve döngülerin olduğu bir öğrenme süreci ile meşgul olurlar. Eleştirel yaklaşımların olduğu bu süreç, öğrencilere bir diğerinin oluşturduğu modele geri bildirim oluşturması açısından da olanak sağlamaktadır.

Modelleme etkinliklerinin hedefi öğrencilerin, matematiksel düşünceleri ve süreçleri kavramsallaştırmada yararlı olabilecek modelleri geliştirirken, aynı zamanda problem durumuyla ilgili anlayışlarını yansıtmalarına yardım etmektir. Lesh ve Doerr (2003) çocukların matematiksel tanımlamalarının, açıklamalarının, gerekçelendirmelerinin ve tartışmalarının gelişiminin MOE ile sağlandığını belirtmişlerdir. Bu etkinlikler sonucunda ulaşılabilecek modeller, önemli matematiksel yapılar, örüntüler, sistemler olan ürünler ve bu ürünlerin gelişiminin gerektirdiği yorumlamaların, tanımlamaların, varsayımların, açıklamaların ve çıkarımların çoklu döngüleri üzerine kurulurlar (Lesh ve Doerr, 2003). Bu döngülerden birini gösteren ve çalışmadaki verilerin analizinde kullanılan Blum ve Ferri'nin (2009) geliştirdiği modelleme döngüsü aşağıdaki gibidir:

Şekil 1: Blum ve Ferri'nin (2009) Modelleme Problemleri için Dört Aşamalı Çözüm Planı



Bu aşamaların her zaman lineer ve sırasıyla gerçekleşmek zorunda olmadığını vurgulayan Blum ve Ferri (2009), modelleme döngüsünün dört basamağını şu şekilde açıklamaktadırlar: Problemi anlama basamağında öğrencilerin günlük yaşam durumundan uyarlanmış bir problemi durumunu anlamak için okuma, hayalinde canlandırma, çizim yapma, tabloyu okuma gibi eylemlerini yaparak problemi basite indirme çalışmalarını içermektedir. Model kurmada ise öğrenciler ihtiyaç duyduğu veriyi oluşturur, ilişki ve kuralları tanır ve bulur, örüntüleri fark eder ve varsayımlarda bulunurlar. Matematik kullanma basamağında öğrencilerden uygun olan matematiksel kavramları belirlemeleri, uygun matematiksel işlemleri yapmaları ve bu işlemler sonucunda matematiksel sonuca ulaşmaları beklenmektedir. Öğrencilerin yaptıklarının doğruluğunun sorgulandığı, sonucun gerçek yaşamla ilişkilendirilerek modelin geçerliliğinin onaylandığı ve çözümün raporlaştırıldığı sonucu açıklama basamağı ile döngü sonlanmaktadır. Yukarıdaki sıralama doğrusal bir sıralama olmayıp (problemi anlama, model kurma, matematik kullanma, sonucu açıklama) çalışmada verilerin analizi öğrencilerin düşünce süreçleri gerçekleştiği sıraya göre analiz edilmiştir.

2. Sürdürülebilir Model Oluşturma Etkinlikleri

Sürdürülebilir kalkınma eğitim, eleştirel düşünme, analitik düşünme ve yaratıcı düşünme becerilerini kullanan, karmaşık problem durumlarının üstesinden gelebilecek esnek düşünen ve grupça çalışabilen bireylerin yetiştirilmesi hedefleri arasındadır. Bu amaçlar kapsamında MOE etkili birer araç olarak kullanılabilir. MOE bağlamsal problemlerden oluşmaktadır. MOE'nin bağlamının özellikle çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik sorunları ele alınması ve etkinlikte sunulan ya da oluşturulması amaçlanan veri setinin bu bağlamlarla ilişkili değişkenlerden oluşturulması ile oluşan etkinliğe sürdürülebilir MOE tanımı yapılmıştır. Çalışma içerisinde sürdürülebilir MOE kavramı, sürdürülebilirlik bağlamındaki durumları ele alan bir problem senaryosunu ve veri tablosundaki değişkenlerin sürdürülebilirlik kavramlarıyla ilişkilendirilmiş olduğunu gösteren MOE olarak kullanılmıştır. Alan yazında sürdürülebilir MOE ve sürdürülebilir

matematiksel modelleme kavramları bu araştırma içerisinde kullanılmış olup, MOE disiplinler arası yaklaşımla sürdürülebilir çevre, toplumsal ve ekonomi ile ilişkilendirilmiştir. Sürdürülebilir matematiksel modelleme uygulamaları ve sürdürülebilir MOE, STEM yaklaşımından açıkça ayrılmaktadır. MOE disiplinler arası yaklaşımla kullanıldığı alan yazında görülmekte ve ağırlıklı olarak STEM eğitimine yönelik araştırmalarda yer almaktadır (Doğan vd., 2019; English, 2023a; Gürbüz vd., 2018; Gürbüz ve Çalık, 2021). Eğitimciler, öğretmenler ve araştırmacılar uygulamada disiplinler arası yaklaşıma ulaşmak için yeni pedagojik alternatif yollara ihtiyaç duymaktadır (Gürbüz vd., 2018; Gürbüz ve Çalık, 2021). Bu alternatif yollardan biri olarak, matematiksel modellemenin yaklaşımının kullanılabilirliği. Özellikle sürdürülebilir sorunların çözümüne odaklanan MOE tasarlanması ve kullanılması bu araştırmanın ana çerçevesini oluşturmaktadır.

Yöntem

Araştırmanın deseni bir grup ya da bir olayı derinlemesine incelemek ve analiz etmek olan durum çalışmasıdır (Merriam, 2013; Yin, 2003). Bu çalışmada durum sürdürülebilir kalkınma eğitimi çerçevesinde modelleme etkinlikleri üzerinde çalışan seçilmiş öğrenci gruplarının sürdürülebilir matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesidir.

1. Çalışma Grubu

Bu araştırma Sinop ili merkez ilçesinde bulunan bir devlet orta okulunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu, amaçlı örnekleme türlerinden kolay ulaşılabilir örneklem yöntemine göre belirlenmiştir. Nitel araştırma türlerinde asıl amaç, araştırmacının araştırma problemine ve araştırma sorularına yanıt verecek ve en iyi şekilde bilgi toplayacağı katılımcıları ve çalışma yerlerini, amaca uygun olarak yani amaçlı örnekleme yoluyla seçmektir (Creswell, 2014). Amaçlı örneklemenin asıl önemi ve gücü, derinlemesine veri ve bilgi toplamak amacıyla zengin içerikli özel durumların seçimi üzerine yoğunlaşmaktır (Patton, 2014). Araştırmacının yakın ve erişilmesi kolay olan durumu seçerek, çalışmaya hız ve pratiklik kazandırılmasının sağlandığı kolay ulaşılabilir durum örnekleme (convenience sampling) amaçlı

örnekleme türlerinden biridir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Lisans programında yer alan öğretmenlik uygulaması dersi kapsamındaki staj okulundaki 7. sınıf öğrencileri, araştırmacıların bir arada kolaylıkla çalışabilmesine imkan vermesi nedeniyle çalışma grubu olarak belirlenmiştir. Çalışma grubu, gönüllü olarak katılım sağlayan 9 öğrenciden oluşmaktadır. Ayrıca çalışmaya katılan öğrencilerin velilerine de proje kapsamında gerçekleştirilecek uygulamalara yönelik bilgi verilmiş, öğrenci isimleri yerine farklı isimler kullanılacağı belirtilmiş ve bu konuda yazılı onayları alınmıştır.

Veri toplama yöntemi olarak, odak grup görüşmesi kullanılmıştır. Odak grup görüşmesi bir grup bireyin bir konu hakkında nasıl tartıştığını ve süreç içinde bireylerin çoklu bakış açılarının nasıl ortaya konulduğunu anlamak amacıyla kullanılmaktadır (Glesne, 2013). Birebir yapılan mülakatların tersine, odak grup görüşmelerindeki katılımcılar, grup içinde etkileşim ile kendine özgü yanıtların yanı sıra, birbirlerinin yanıtlarını dinleyerek, farklı bakış açısı kazanmakta ve ek yorumlamalarda bulunmaktadır (Patton, 2014). Asıl amaç, katılımcıların bir başkasının penceresinden de bakabileceği durumlarda yüksek ve kaliteli veri elde etmektedir (Patton, 2014). Amaçlı örneklemeğe göre belirlenen 9 öğrenci, sürdürülebilir MOE ile çalışarak model geliştirmesi 3'eri gruplara ayrılmıştır. Odak grup çalışmasındaki gruplar oluşturulurken bireylerin birbiriyle anlaşan ve uyum içinde çalışabilecek bireyler olmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmada üç odak gruptan grup içi tartışmalarının en zengin olduğu bir grubun durumu incelenmiştir.

2. Araştırma Süreci

Araştırma süreci üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada sürdürülebilirlik kavramlarının öğretimine yönelik etkinliklerin uygulanmasıdır. İkinci aşama ise matematiksel modelleme deneyimi olmayan çalışma grubundaki öğrencilere matematiksel modelleme deneyimi kazanmaları için bir dizi MOE uygulanmıştır. Bu iki eğitim aşamasından sonra öğrenci gruplarına sürdürülebilir MOE olan Balayı problemi uygulanmıştır.

Araştırma tasarısı aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir.

Şekil 2: Araştırma Tasarısı Akışı



2.1. Sürdürülebilirlik İle İlgili Kavramların Öğretimi

Sürdürülebilir MOE'nin öğrencilere uygulanmasından önce, ilk iki hafta çocukların sürdürülebilirlik eğitimi kapsamındaki kavramları ve bağlamları edinmeleri amaçlanmıştır. Öğrencilere sürdürülebilirlikle ilgili bilgilerin ölçülmesi amacıyla yazılı sorular sorulmuştur. Bu sorular, enerji kaynakları ve bunların tüketimi, atık türleri ve atık yönetimi, doğal kaynakların korunması ve biyoçeşitlilikle ilgili kavramsal bilgiye dayalı soruları içermektedir. Ayrıca sürdürülebilirlikle ilgili kavramların öğretiminde etkinlik uygulamaları tasarlanmış ve uygulanmıştır. Bu etkinlikler öğrencilerle beraber grup çalışması şeklinde gerçekleştirilmiş olup, atık türleri ve atık yönetimi bağlamında Kâğıt Atıkları Geri Dönüştürme Etkinliği uygulanmıştır. Sonrasında doğal kaynakların etkili kullanımına yönelik kavramların öğretimi ve bu içerikle ilgili Atık Yağlardan El Sabunu Elde Etme ve Su Arıtma Etkinliği uygulanmıştır. Bu etkinlikler sonucunda öğrencilere sürdürülebilirlikte biyoçeşitlilik ve enerji kaynaklarının doğru kullanımı ile ilgili bilgiler broşür aracılığıyla paylaşılmıştır. Etkinliklerin uygulanma süreci iki haftada tamamlanmıştır. Uygulamalar öğrencilerin fen bilgisi dersinde ve iki ders saatinde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Matematiksel Modelleme Eğitimi

Matematiksel modelleme deneyimi olmayan 7. Sınıf öğrencilerine sürdürülebilir MOE uygulanmadan önce matematiksel modelleme deneyimi kazanmaları amacıyla dört hafta süreyle farklı MOE grup çalışmaları şeklinde uygulanmıştır. Matematiksel modelleme eğitimi kapsamında sırasıyla Kuaför Salonu Etkinliği, Meşhur Bafra Dondurmacısı Etkinliği, Hangi Arabayı Alalım

Etkinliği ve Suç Problemi (Eraslan ve Şahin, 2023) etkinlikleri uygulanmıştır. Uygulamalar her hafta bir MOE şeklinde seçmeli matematik uygulamaları dersi kapsamında ve iki ders saatinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama aşamaları tanıtıcı makalenin sunulması ile başlanmış, MOE üzerinde çözüm sürecinin gerçekleşmesi, modelleme sürecinin raporlaştırılması ve grup sunumlarının gerçekleştirilmesiyle süreç tamamlanmıştır.

2.3. Sürdürülebilir MOE- Balayı Probleminin Uygulanması

Matematiksel modelleme eğitiminin ardından Balayı problemi verilmiştir. Bu etkinliğin bağlamı sürdürülebilir çevre dostu otellerin yer aldığı veriler arasından çevre dostu otelleri müşterilerin ihtiyaçları çerçevesinde derecelendirmelerini içermektedir. Etkinlik sürdürülebilir MOE olarak bu çalışma kapsamında tasarlanmış orijinal bir etkinliktir. Etkinlikte otellerin gerçek yaşamda çevre dostu olduğunu gösteren Leed Gold Sertifikasıyla ilgili bilgilendirme yer almaktadır. Etkinliğe ait veri setinde, otelin bulunduğu il, ildeki mesafe (km), otelin yıllık toplam enerji tasarrufu, son 3 yılda tercih edilme eğilimi, Leed Gold sertifikası almış olma durumu, plastik atık kullanımı, doğal besinleri kullanma ve kendi üretme durumu, temiz içerikli kişisel bakım ürünleri, havuz ve su ısıtma sistemleri, geri dönüşümsel malzeme kullanımı gibi enerji ve doğal kaynakların verimli kullanımı, atık yönetimini etkili kullanmaya yönelik nitel ve nicel veriler yer almaktadır. Öğrencilerin matematiksel modellerini oluştururken sürdürülebilirlik kavramlarını etkili ve doğru şekilde kullanarak, problem durumunu yalınlaştırmaları, veriyi analiz etmeleri, varsayım oluşturmaları, değişkenler arası ilişkilendirme yapmaları, nitel veriyi nicelleştirmeleri, modeller kurmaları, sürdürülebilirlik kavramlarını etkili şekilde matematik ile ilişkilendirmeleri, modelleri üzerinden matematiksel çözüm geliştirmeleri ve sonucun gerçek yaşamla ilişkili olup olmadığının sorgulama sürecini gerçekleştirmeleri amaçlanmaktadır.

Her bir odak grup, ayrı ayrı sınıflarda Balayı etkinliği üzerinde çalışmış ve matematiksel modelleme süreci video ve ses kaydına alınmıştır. Odak grup çalışmaları ortalama 80 dakika sürmüştür. Araştırmacılar çalışma sırasında

öğrencilere herhangi bir müdahalede bulunmadan ve yönlendirme yapmaksızın süreçte yer almıştır. Odak grup çalışması öncesinde öğrencilere çalışma ve süreç hakkında bilgilendirme yapılmış, bu uygulamadan herhangi bir not veya performans değerlendirmesi yapılmayacağı, video ve ses kayıtlarının çalışmanın tamamlanmasından sonra imha edileceği, gerçek isimlerinin ve görüntülerinin paylaşılmayacağı bilgisi verilmiştir.

3. Verilerin Çözümlemesi ve Analizi

Çalışmada yer alan odak gruptaki öğrencilerinin, Balayı Problemi'nin çözümü esnasında geliştirdikleri matematiksel düşünceler ve ortaya koydukları yazılı cevapları betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Betimsel analiz: (a) analiz için bir çerçeve oluşturma, (b) tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi, (c) bulguların tanımlanması ve (d) bulguların yorumlanması aşamalarını içermektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Betimsel analiz kapsamında tematik çerçeve Blum ve Ferri (2009) tarafından geliştirilen modelleme döngüsündeki aşamalardan oluşmaktadır. Blum ve Ferri'ye ait modelleme döngüsü çerçevesinde oluşturulan kodlar ve kategoriler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo: Blum ve Ferri'nin modelleme döngüsü çerçevesinde oluşturulan kodlar ve kategoriler

Kategoriler	Kodlar (Sergilenen Beceriler)
Problemi anlama	✓ Problemi okuma
	✓ Metinde önemli yerlerin altını çizme
	✓ Problem durumunda anahtar sözcükler belirleme
	✓ Problem durumunu yalınlaştırma: sözel veya yazılı ifadeler
	✓ Resim çizme
	✓ Veri tablosunu okuma, analiz etme
	✓ Veri tablosunda problemde istenilen duruma göre önemli görülen değişkenleri belirleme
Model Kurma	✓ Verilere değer atfetme
	✓ Veriler arasında ilişki arama
	✓ Verileri birbiri ile ilişkilendirme ve verileri yeniden düzenleme
	✓ Veri seti oluşturma
	✓ Verilerin kodlanması
✓ Problem durumuna uygun varsayımda	

	bulunma
	✓ Veri setinde örüntü arama
	✓ Veri setinin basitleştirilmesi, nitel verinin nicelleştirilmesi ve diğer veriler ile ilişkilendirilmesi
	✓ Veri seti üzerinde çalışacakları bir model için puanlama sistemi geliştirilmesi
	✓ Değişkenlerin ilişkilendirildiği bir formül, yöntem ya da algoritma oluşturulması
Matematik kullanımı	✓ Model kurma aşamasında geliştirilen sistem (model, yöntem, formül) üzerinde matematiksel olarak çalışma
	✓ Modelin çözümü aşamasında uygun matematiksel kavramları belirleme
	✓ Matematiksel kavramları kullanma
	✓ Matematiksel işlemler yapma
	✓ Matematiksel ispat yapma
	✓ Matematiksel dil kullanma
	✓ Matematiksel sonuca ulaşma
Sonucun açıklanması	✓ Matematiksel sonuç sonrası modelin açıklanması
	✓ Modelin problem durumuna uygun olup olmadığının sorgulanması
	✓ Modelin ve çözümün değerlendirilmesi
	✓ Model benzer durumlarda da kullanılabilir mi (genellenebilir mi) test edilmesi
	✓ Çözümün ve modelin gerçek hayatta anlamlı kullanışlı olması durumunun değerlendirilmesi
	✓ Model herkes tarafından anlaşılır ve kullanılabilir bir şekilde temsil edilmiş midir? Sorusunun denetlendiği
	✓ Matematiksel işlemlerin doğruluğunun sorgulanması

Yapılan çalışmanın iç güvenilirliğini (inandırıcılığını) arttırmak için çalışma grubu ile uzun süreli etkileşimde bulunulması amacıyla araştırmacının öğretmenlik uygulaması kapsamındaki staj okulundaki sınıflardan biri seçilmiştir. Bu durum, araştırmacıların uygulama öncesi öğrenciler ile etkileşim içinde bulunmasına ve çalışma grubu ile güven ortamı oluşmasını sağlamıştır. Süreç esnasındaki tutulan gözlem notları, öğrenci çalışma kâğıtları, video çözümlenmeleri ve sonuç raporları birlikte değerlendirilerek veri çeşitlemesi yolu kullanılmıştır. Ayrıca araştırmacının dışında farklı üniversitede görev yapan eğitim doktorasına sahip nitel araştırma

konusunda ve matematiksel modelleme eğitimi alanında deneyimli iki akademisyen tarafından veri analizleri incelenmiştir. Oluşturulan kategoriler üzerinde iki uzman arasında ortaya çıkan farklılıklar karşılıklı tartışılarak tam bir mutabakat sağlanmıştır. Diğer taraftan elde edilen sonuçların benzer ortamlara aktarılabilirliğini sağlamak amacıyla ayrıntılı betimlemeler kullanılmış ve amaçlı örneklem yönteminden faydalanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Ayrıntılı betimleme ile ortamın ve katılımcıların zengin ve yoğun tanımlanması kadar katılımcı görüşmelerinden, araştırma notlarından ve dokümanlardan yapılan alıntılar yoluyla desteklenen bulguların detaylı tanımlanması yapılmaktadır (Merriam, 2013).

Bulgular

Odak gruplardaki öğrencilere Nil, Gamze ve Beren kod isimleri verilerek isimlerinin baş harfleri grup içi diyaloglarda kullanılmıştır. Öğrencilere Balayı problemi sunulmuş ve öğrenci tartışmaları problemi anlama aşamasında, problem durumunu tanımlama ile aşağıdaki grup içi diyaloglar ile başlamıştır.

1. Problemi anlama /Model kurma aşaması

Bu aşamada öğrenciler problem durumunu okuduktan sonra veri tablosunu analiz etmişlerdir. Verilerin analizinde “veri tablosunda problemde istenilen duruma göre önemli görülen değişkenleri belirlemek” ve model kurma aşamasında “değişkenleri ilişkilendirme ve değer verme, puanlama sistemi geliştirmeye” yönelik ön beceriler sergilemişlerdir. Bu aşamalar arasında gerçekleşen grup tartışmaları aşağıda sunulmuştur.

G : “burada en öncelik otelin toplam yıllık enerji tasarrufu olur.”

B : “hepsinin aritmetik ortalamasına bakabiliriz.”

B : “ bunlar 8 tane ya bunları en düşükten yükseğe doğru sıralasak...yarısı 4 oluyor 4'ten yukarısını iyi kabul etsek aşağısını ise kötü kabul etsek .

G : “zaten onu yapacağız ki .”

B : “o ortalama zaten.”

G : “ bak şimdi bunların hepsinin bulacağız toplayıp ortalamalarını buluyoruz ya mesela ortalamann altındakiler iyi oluyor çünkü enerji tasarrufunu az gelmesini istedikleri için.”

N : “ o zaman biz ortalamayı bulalım ortalamann altındakiler iyi olacak üstündekiler kötü olacak. Bence şehirler arası saatleri de yazmalıyız”

B : “ eğer saat önemli olsaydı verirdi zaten.”

N : “ ama şimdi söyle bir şey de var bunlar memur ve buraya gidip gelebilmek için bu araba mazot yakacak hani bu ek bir masraf ek bir gider bu”

G : “tamam bunun için kilometresine bakacağız saati önemli değil.”

N : “bana göre önemli arkadaşlar bunlar memur hani bunların aldığı bir bütçe var ve o bütçe ile bunlar buraya gidiyorlar onun için.

B : “ tamam işte yol kilometresi ne kadarsa saati de o kadar olur.”

G : “ bak şimdi nehir sen bunların hepsini toplayacaksın aritmetik ortalamasını bulacaksın altında kalanlar bizim için iyi üstünde kalanlar ise bizim için kötü. Kaç artışı varsa onu seçeceğiz”

Yukarıdaki alıntılardan öğrencilerin veri tablosundaki değişkenleri problem durumunda istenilenlerle ilişkilendirmek ve değişkenleri nasıl değerlendirmeleri gerektiğini yani model kurmaya yönelik tartışmalar gerçekleştirdikleri görülmektedir. Grup içi diyaloglar incelendiğinde problemi anlama ve model kurma aşaması arasında geçişlerin olduğu, verilere değer atfetmeye çalıştıkları ve değişkenlere değer atfetmede “önceliğin otelin yıllık enerji tasarruf miktarı” olarak belirlenmiştir. Çocuklar “yıllık enerji tasarruf miktarı” hesaplamak için bir yöntem geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu hesaplama sırasında otellerin yıllık enerji tasarruf miktarı değişkenini yanlış değerlendirmeye aldıkları belirlenmiştir. Öğrenciler yıllık enerji tasarruf miktarına ait verilerin ortalama değerini hesaplamakta ve “ortalama değer altındakilerini almak” gerektiğini belirtmektedir. Ancak burada otellerin “enerji tasarrufu miktarının” yanlış değerlendirildiği, bu değişkene ait değerlerin enerji tüketim miktarı olarak değerlendirildiği belirlenmiştir. Bunun dışında öğrencilerin otellerin Ankara iline olan mesafe (km) değişkenini “harcanılacak mazot ve ek masraf” olarak bir başka değişle yakıt masrafı olarak değerlendirmeye

aldıkları görülmektedir. Öğrencilerin model kurma aşamasında değişkenleri nasıl değerlendireceklerine yönelik tartışmaları olması, problemi anlama aşamasında modeli de yapılandırmaya çalıştıklarını göstermektedir.

2. Model kurma /Matematik kullanımı Aşaması

Odak grubun tartışmaları incelendiğinde verilere değer atfetme, veriler arası ilişkileri arama, değişkenleri birbiri ile ilişkilendirme ve verileri kodlama, problem durumuna uygun varsayımda bulunma, veri setinin basitleştirilmesi, nitel verinin nicelleştirilmesi ve diğer veriler ile ilişkilendirilmesi, veri seti üzerinde çalışacakları bir model için puanlama sistemi geliştirilmesi gibi becerileri sergiledikleri belirlenmiştir. Model kurma aşaması ile matematik kullanımı aşaması iç içe geçmiş şekilde süreç devam etmektedir. Bu süreçte model kurma ve matematik kullanımına yönelik grup içi tartışmalar aşağıda şekilde sırasıyla gerçekleşmiştir.

G : “ bak şimdi biz bunların hepsini toplayacaksın aritmetik ortalamasını bulalım altında kalanlar bizim için iyi üstünde kalanlar ise bizim için kötü. Kaç artışı varsa onu seçeceğiz”

N : “ şimdi ben bunu kaçta böleceğim?”

B : “8'e böleceksin.”....

B : “ son 3 yılda tercih edilme oranları nasıl yapacağız.”

N : “ üstüneyse 1 artı verelim altında ise 1 eksi verelim.”

G : “ tamam da neye göre vereceğiz. ”

N : “ yükselmişse sonuçta artı vermemiz gerekir bu iyi bir şey. ”

Resim 1: Çocukların Çalışma Kağıdı

The image shows a student's handwritten work on a piece of paper. It is organized into three columns. The first column is titled 'Fiyat' (Price) and lists several numbers: 6545, 5500, 5700, 6350, 5824, 4480, 5220, 3475, and 46.094. The second column is titled 'Yol mesafesi' (Distance) and lists: 236, 286,2, 603, 286,2, 475, 603, 1445, and 3.521,2. The third column is titled 'Ortalama' (Average) and lists: 35,2, 40,5, 38,2, 42,8, 39,3, 41,5, 44,2, 48,5, 380,7, 530,12, and 41,35. There are some handwritten annotations and arrows between the columns, such as '6000' next to 6350 and '5000' next to 5824. A horizontal line is drawn under the first two columns, and another horizontal line is drawn under the third column.

Fiyat	Yol mesafesi	Ortalama
6545	236	35,2
5500	286,2	40,5
5700	603	38,2
6350	286,2	42,8
5824	475	39,3
4480	603	41,5
5220	1445	44,2
3475	3.521,2	48,5
46.094		380,7
		530,12
		41,35

Yukarıdaki tartışmalar ve çocukların çalışma kağıtları incelendiğinde grubun sistematik bir şekilde modellerini yapılandırma aşamasına geçtikleri görülmektedir. Değişkenleri birlikte değerlendirebilmek için öğrencilerin bir sistem geliştirmeye amaçlamaktadırlar. Bu sistemde “ortalama değer” alma ve değişkenin özelliğine göre “ortalamanın üstü ve altı” durumlarına göre puanlama sisteminde “artı (+)” alma durumlarının değerlendireceği ve bu süreçte yaptıkları matematiksel işlemlerde “otellerin ortalama fiyatı”, “otellerin ortalama uzaklığı”, “otellerin yıllık enerji tasarruf miktarlarının” hesaplandığı görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin otellerin son 3 yılda tercih edilme oranlarına ait nitel değişkenlerin nicelleştirilmesinde kullanılmak üzere “puan” verdikleri ve “yükselişte olanlara + puan” vererek nicel değişkene dönüştürmüşlerdir. Süreç devamında diğer değişkenlerin modelle ve puanlanan değişkenlerle nasıl ilişkilendireceğine yönelik tartışmalar aşağıdaki şekilde devam etmektedir.

G : “ biz bu leed gold sertifikasına 8 puan vermeliyiz. Sonra da çiftin isteklerine dikkat edeceğiz sevdiği aktiviteleri sıralayacağız hangileri daha iyi oluyor diye.

N : “ eğer burada istedikleri varsa artı veriyoruz yoksa ne yapacağız”

*G : “ leed gold sertifikası var ya o en başa gelecek çünkü o daha iyi”.
“ o zaman 8 tane (otel) olduğu için leed golda 8 tane artı vereceğiz”*

G : “ şimdi atık ayrıştırma hizmeti temiz içerikli kişisel bakım ürünleri bundan fazla bahsetmemiş o yüzden bunu o yüzden bunu sona alalım.”

N : “ çünkü önem verdiği bir şey değil ona bir artı verelim.”

B : “ ambalaj yerine doğadan elde edilen kağıt ürün kullanımı buna da artı 2 puan verelim”

G : “ neye göre artı 2 puan veriyoruz ki çok karıştı”

B : “ bence ne yapalım biliyor musun sertifikası olanlara 8 versek çift kişilik isteklerine 7 puan versek ek hizmetlerden de kalanlarda olumlu olanlara birer puan versek.”

G : “ olabilir”

N : “ bir dakika şimdi çift ne istiyor onları belirleyelim”

Grup içi tartışmalar incelendiğinde değişkenlerin her birini puanlama sistemi içerisinde puan vererek verileri basitleştirdikleri görülmektedir. Otellere en yüksek puan “Leed Gold sertifikası olma durumuna +8 puan” verilerek otellerin ilgili sertifikası olma durumunu öncelikli değişken olarak tanımlanmıştır. Sonrasında ise değişkenlere ait verinin puanlanmasında “çiftin istekleri” belirlendiği görülmektedir. Otellerin çevre dostu otel olarak sundukları ek hizmetlerde verilen hizmetin çevreye olan katkısı bağlamında değerlendirilmesi beklenirse de bağlamda geçen müşterilerin isteklerini karşılama durumunun öncelik verilerek değerlendirilmiştir.

Grup içi tartışmalarda, verileri basitleştirme aşamasında puanlama sisteminde, değişkenlere ait verilerin puan atfetmeyle devam ederken çocukların sürdürülebilirlik kavramlarına ait nitel değişkenleri puanlamaya çalışırken sık sık “model problem durumunda istenilenleri karşılıyor mu?” sorusuna yanıt aradıkları görülmektedir. Bu aşamada verileri gerçek yaşam durumu içerisinde yorumlamaları ve tartışmalarına örnek grup tartışmaları aşağıda sunulmuştur.

G : “ hem diyor ya otelin yapımında inşaat atıkları kullanılmıştır bu güvensiz oluyor”

B : “ ama sürdürülebilir bir otel olmasını sağlıyor”

G : “ tamam geri dönüşüm faydası olarak iyi ama bir yönden de kötü çünkü inşaatın yapımında olan inşaat atıkları kullanılmış daha güvensiz.”

N : “ şimdi biz bu ek hizmetleri sıralamaya göre yapamadık çiftin isteklerine artı puan versek istemediklerini de eksi puan mı versek”

B : “ ama burada hiç olumsuz bir şeyden bahsetmemiş ki hep güzel şeylerden bahsetmiş

G : “ aynen - verirsek aşağı çekmiş oluruz”

G : “ şimdi leed gold sertifikasına + 8 puan verelim çiftin isteklerini karşılıyorsa artı 2 puan verelim diğer olumlu olan özelliklere ise artı 1 puan verelim”

N : “ çünkü olumsuz diye bir şey yok her halükarda puan vermek durumundayız”

G : “ şimdi artık ayırıştırma hizmeti temiz içerikli kişisel bakım ürünlerini çift özellikle istememiş o yüzden buna + 1 puan veriyoruz ”

B : “ ambalaj yerine doğadan elde edilen kağıt ürün kullanımı istemiş +2 puan verelim

Grup içi tartışmalar incelendiğinde otellerin verdiği ek hizmetler nitel verilerinin puanlanmasında sürdürülebilir kavramların kullanımına yönelik “otelin yapımında inşaat atıklarının kullanımının” çocuklar tarafından “güvensiz” ancak “geri dönüşüme faydalı” bulunduğu görülmektedir. Verilerde özellikle “Leed Gold sertifikasına” odaklanan öğrenciler, verilen ek hizmetleri puanlama noktasında verileri “hep güzel şeylerden bahsetmiş” şeklinde tanımlayarak değerlendirme ölçütü belirlemede zorlandıkları ancak sürdürülebilirlik kavramlarını ilişkin verileri “güzel şeyler” olarak belirledikleri görülmektedir. Ayrıca ek hizmetlerden “ayırıştırma” ve “temiz içerikli kişisel bakım ürünleri” verilerini problem bağlamında geçen çiftin “özel isteklerini” karşılamadığı ancak problemde bahsi geçen “çevre dostu oteller” özelliğini dikkate alarak “+1 puan” ile puanlamaya dahil ettikleri görülürken, “doğadan elde edilen kağıt ürünleri kullanımının” çiftin özel isteklerini karşıladıkları için “+2 puan” verdikleri belirlenmiştir.

3. Model kurma

Problem bağlamında bahsi geçen turizm acentasını tercih eden müşterilerin genel profillerinin “otellerde doğal kaynaklar üzerindeki tahribatı en aza indiren otellerde konaklamak istemeleri” olduğu bilgisini göz ardı eden çocuklar, müşterinin özel isteklerini karşılayan otelleri yüksek puan vererek yalnızca tek müşteri tercihine göre sıralamaya yönelik puanlama sistemi geliştirmiştir. Bu puanlama sistemine ait grup tartışmaları ve yazılı doküman aşağıda sunulmuştur.

G : “ fiyatı da iyi olmalı yol mesafesi de iyi olmalı buna başka bir şey bulmalıyız. ”

N : “ evet otellere haksızlık yapmış oluruz. ”

B : “ leed gold sertifikası olan otellerin bazısında tercih edilme oranı fiyatı yol mesafesi falan kötü olsa bile öne geçiyor. Çiftin isteklerinde karşılamıyor veya enerjisini de karşılamıyor. ”

G: " bence fiyat yol mesafesi enerji tasarrufu bir de tercih edilme oranı arasında öncelik puanı belirleyelim."

N: " hangisi daha önemli?"

N: " yol ve fiyat daha önemli değil mi?"

N: " ama burada da otelin yıllık toplam enerji tasarrufuna çok önem veriyorlar."

G: " otelin yıllık enerjisi az olduğu için fiyatları da az gelecek."

B: " 4 madde olduğu için 4 üzerinden sıralayalım."

B: " tercih edilme oranı +1 olsun."

N: " en önemlisi yol mesafesi artı 4 olsun."

Resim 2: Grubun Puanlama Sistemini Gösteren Çalışma Kağıdı

Otel ismi	Bulunduğu şehir	Fiyat (günlük)	TL	Yol mesafesi (km)	Otelin toplam yıllık enerji tasarrufu	Son 3 yılda tercih edilme oranı	Verdiği ek hizmet-1	Verdiği ek hizmet-2
OLYMPUS	Ankara	6545 -	3+	236 +	4+	%35,2 +	Atık ayrıştırma hizmeti, temiz içerikli kişisel bakım ürünleri	Ambalaj yerine doğadan elde edilen kağıt ürün kullanımı
ARES	Nevşehir	5500 +	3	286,2 +	4	%40,5 +	Bisiklet kiralama ve civar yerleri gezme imkanı	Mevsimsel yiyecek kullanımına özen gösteriliyor.
DIYOJEN	Muğla	5700 +	3	603 -	4	%38,7 +	Menüde kendi çiftliğinde yetişirdikleri doğal ürünler kullanımı.	Köy tasarımı doğa ile iç içe manzaralı.
ARTEMIS	Nevşehir	6350 -	3	286,2 +	4	%42,8 -	Kapadokya, yer altı tünelleri, mağara gibi yapılar içindedir.	Yerel halkın kültür ve değerlerine uygun yemek seçimleri.
ROSA	Antalya	5824 -	3	475 -	4	%39,3 +	LEED Gold sertifikalıdır.	Atık buhar enerjisi ile ısıtılan yüzme havuzuna yer verir.
MANGA	Muğla	4980 +	3	603 -	4	%41,5 -	LEED Gold sertifikalıdır.	İklimine uygun bitki ve açık büfeye yer verilir.
VALERYA	İzmir	5220 +	3	587 +	4	%44,2 -	Yetiştirilen ürünler ve enerji bakımından organik köy tasarımlıdır.	Doğa ile iç içe temiz enerji odaklı tarım anlayışı hakimdir.
HERA GARDEN	İstanbul	5975 -	3	445 -	4	%48,5 -	LEED Gold sertifikalıdır.	Otelin yapımında inşaat atıkları kullanılmıştır.
		2.1500		5.761,5	440	41,33		

Yukarıdaki alıntılar ve çalışma kağıdı incelendiğinde çocukların puanlama sistemini tamamladıkları ve verilerin tamamının puanlanarak basitleştirildiği görülmektedir. Puanlama sisteminde değişkenleri önem sırasına göre sıralayarak, "1. Önem sırasından, 4. Önem sırasında" göre puanların "+4'ten +1'e" doğru puanlandığı bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistemde değişkenlere ait verilerin kendi

içinde ortalama değerleri alınmış, ortalama değer üstü ve altında kalan değerler artı ve eksi puan ile değerlendirilmiştir. En yüksek puanı Leed Gold sertifikası olan oteller (+8 puan) almış olsa da toplam puandan sıfır aldıklarında derecelendirmede alt sıralarda yer aldığı görülmektedir. Grup puanlama sistemini yeniden temsille göstermemiş, puanlamayı çalışma kağıdı üzerinde temsilleştirmiştir. Grubun puanlama sistemine ait yeni tablo aşağıda sunulmuştur.

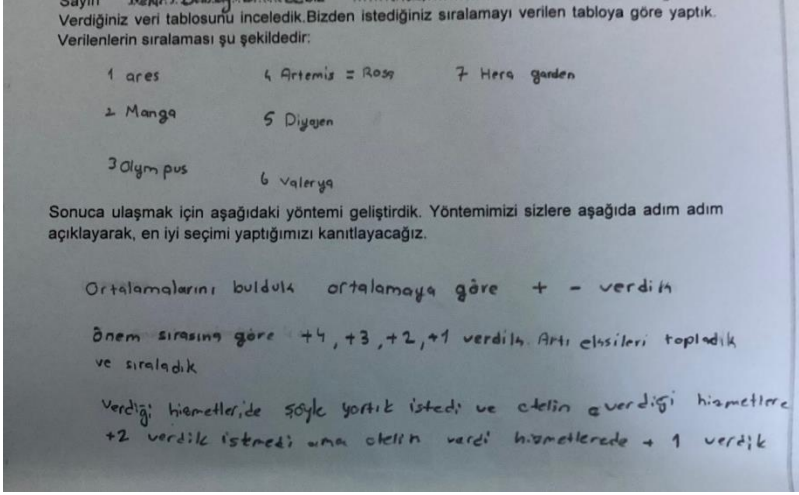
Tablo 2: Verilerin Puanlamasına Ait Temsil

Otel isimleri	Bulunduğu şehre araçla ulaşım süresi	Günlük konaklama ücreti puanı (2. önem sırasında) +3	Yol mesafesi puanı (1.önem sırasında) +4 puan	Yıllık enerji tasarrufu puanı (3. Önem sırasında) +2 puan	Son üç yılda tercih edilme oranı puanı (4. Önem sırasında)	Verdiği ek hizmetler-1 puanı	Verdiği ek hizmetler-2 puanı	Aldığı toplam puan
Olympus	2 saat 42 dk	-3	+4	+2	-1	+1	+2	5
Ares	2sa. 51 dk	+3	+4	+2	+1	+2	+2	14
Diyojen	1sa 15 dk	+3	-4	+2	-1	+2	+1	3
Artemis	2 sa 51 dk	-3	+4	-2	+1	+2	+2	4
Rosa	6 sa 4 dk	-3	-4	+2	-1	+8	+2	6
Manga	1 sa 51 dk	+3	-4	-2	+1	+8	+2	8
Valerya	7 sa 22 dk	+3	+4	-2	+1	+2	+1	1
Hera Garden	4 sa 57 dk	-3	-4	-2	-1	+8	+2	0
Ortalama	2 sa 15 dk	5761	440	41.33	Nitel veri (NV)	(NV)	(NV)	(NV)

4. Sonucun Açıklanması

Sürecin tamamlanmasından sonra öğrencilere mektup taslağı verilmiş ve modelleme sürecinin raporlaştırılmasında kullanılmıştır. Öğrencilerin sonuç raporları aşağıda sunulmuştur.

Resim 3: Modelleme Sonuç Raporu



Çocukların raporu incelendiğinde otellerin sıralamasının yer aldığı, sürece dair matematiksel işlemlere yer verilmeden “ortalamalarını bulduk” açıklamalarının yer aldığı görülmektedir. Modellerini puanlama sistemlerinde “önem sırasına” göre puan verdiklerini ve kaçar puan verdiklerini yazmış olsalar da hangi değişkenlerin hangi önem sırasında yer aldığı bilgisinin verilmediği görülmektedir. Sonuç raporunun tamamlanmasının ardından çocukların modelleme süreci tamamlanmıştır.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma 7. Sınıf öğrencilerinden oluşan odak grubun sürdürülebilir MOE olan Balayı problemi üzerinde çalışarak model oluşturma süreçlerini ve varsa yaşanan güçlükleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre sürdürülebilir MOE kullanılarak verilen sürdürülebilir matematik eğitimiyle, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik algılarında olumlu değişikliklere elde edilmiştir. Benzer sonuçlara vurgu yapan Suh ve Han (2019), sürdürülebilirlik eğitiminde modelleme

etkinlikleri kullanımıyla, gelecekteki toplumların ihtiyaçlarını tahmin etmeyi ve çevresel, ekonomik ve sosyal alanlar arasında uyumu teşvik eden sorumlu kararlar almayı öğretmek için etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Matematik eğitimi daha sürdürülebilir kılmak, eleştirel ve yansıtıcı düşünen ve güçlenmelerine olanak tanıyan gerekçeli ve bilinçli bir şekilde karar verebilen vatandaşlar yetiştirmeyi amacıyla matematik eğitimi çerçevesinde matematik okuryazarlığının doğal bir parçası olarak yansıtıcı bilginin geliştirilmesini teşvik ettiği belirlenmiştir (Moreno-Pino vd.2021).

Etkinlikte doğaya duyarlı müşterilerin tercih ettiği sürdürülebilir otellerin seçiminde bir derecelendirme sistemi geliştirilmesi istenmektedir. Bu etkinliğin çözüm sürecinde öğrenciler, problemi anlama aşamasında doğrudan model oluşturma aşamasına geçerek sonuca hızlıca ulaşmaya çalıştığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar farklı yaş düzeylerinde yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır (Blum ve Ferri, 2009; Şahin ve Eraslan, 2017). Bu durum süreç içinde model kurma aşaması ve matematik kullanımı aşamasında sık sık problemi anlama basamağına tekrar dönmüş ve veri tablosundaki değişkenleri analiz ederek problem bağlamıyla ilişkilendirmişlerdir. Öğrenciler, verilerin her biri gerçek yaşamla ve sürdürülebilirlikle ilişkilendirerek yorumlamışlardır. Sürdürülebilirlikle ilgili olarak değişkenler, doğaya verilen zararın en az olması ve doğal kaynakların korunmasında katkısı olan özellikler olarak tanımlamıştır. Ancak her bir değişkenin sürdürülebilirlik ve gerçek yaşam bağlamında değerlendirilip model kurulmasında öğrenciler zorluk yaşamışlardır. Bu zorlukların başında nitel olan verilerin sürdürülebilir bağlamda değerlendirilmesi ve bunların nicelleştirilmesi gelmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için puanlama sistemi oluşturulmuştur. Burada ise sürdürülebilir çevre ile ilişkili nitel verilerin sürdürülebilir doğaya olan etki değerlerinin puanlamasında yeni bir güçlük yaşanmıştır. Bunun nedeni verilen nitel verilerin her birinin sürdürülebilir çevre bağlamında doğaya katkısı olması ancak bu verilerin katkı düzeylerinin tartışılıp derecelendirilememesinden kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilir çevre ile ilişkili nitel verilerden otellerin Leed

Gold olması 7 farklı çevresel katkı içermesinden dolayı puanlamada en fazla puanın verilmiş, temiz içerikli kişisel bakım ürünleri ve bisiklet kiralarak çevre gezisi gerçekleştirilmesi gibi diğer nitel verilerin doğayı ve doğal kaynakların korumasına yönelik katkısı tartışmaya alınmamıştır. Bu sonucun ortaya çıkmasında problem durumunda geçen müşterinin özel isteklerine odaklanması bir başka deyişle genellenebilir bir model oluşturulmaması olarak belirlenmiştir. Geliştirilen model sistematik bir puanlama sistemine dayanmış ve ilgili müşterinin talepleri için geliştirilmiş bir sistem olsa da yalnızca problemde geçen müşterinin ihtiyacının karşılanmasında kullanılacak bir puanlama sistemine dayanmaktadır. Diğer önemli bir sonuç ise, otellerin bulunduğu il verisinin, ulaşım ile ilişkilendirilerek kilometreye dönüştürüldüğü, bunun da harcanan yakıt miktarı ile ilişkilendirildiğidir. Öğrencilerin harcanan yakıt miktarının doğaya verdiği zarar ve ekonomik olarak katkısını göz önünde bulundurmaları sürdürülebilirlik kavramlarının değerlendirilerek modelleme sürecine dahil edildiği sonucunu ortaya koymuştur. Bu süreçte öğrenciler yalnızca matematiksel işlemlere ve niceliklere odaklanmamış, harcanan yakıt miktarının doğal kaynakların kullanımı, ekonomi ve doğaya olan zararın aza indirgenmesi bağlamında çözüm geliştirmiştir. Bu sonuç model oluşturma süreci sırasında niceliklere yani sayısal verilere odaklanarak yalnızca matematiksel ilişkilere odaklanılmadığı, gerçek yaşamla ilişkilendirilerek niceliklere değer atfettiklerini ortaya koymuştur.

Modelleme süreci boyunca öğrencilerin biliş ve biliş üstü düşünme süreçlerini kullanarak sürdürülebilirlik kavramları ve matematik arasında ilişkilendirmeler gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. MOE bağlamsal ve gerçek yaşam durumlarına ait problemler durumlarını içermesi, sürdürülebilirlik çevre, sürdürülebilir ekonomi ve sosyal sürdürülebilirlik ile ilgili konulardaki problemlerin neler olduğuna yönelik farkındalık ve bu sorunlara matematiksel çözümler geliştirilmesi için MOE kullanımının etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer olarak Gürbüz ve Çalık (2021) 7. Sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdikleri çalışmada disiplinler arası matematiksel modellemenin bağlamsal öğrenmeyi (bağlam temelli

öğrenme) ve üst düzey düşünme becerilerini (örneğin, problem çözme, 21. yüzyıl becerileri, matematiksel düşünme, muhakeme yetenekleri, yaratıcı düşünme ve bilimsel okuryazarlık) destekleme eğiliminde olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca alan yazında sürdürülebilirlik eğitiminde ya da disiplinler arası yaklaşımla tasarlanan MOE bireyleri hem gerçek dünyadaki problemlerle başa çıkabilmek için hazırladığı hem de gerekli matematiksel becerilerle donatılmasında etkili olduğu ortaya konulduğunu belirtmektedir (Çelikkol ve Soylu, 2024; Gürbüz ve Çalık, 2021; Karjanto, 2023a; Renert ve Davis, 2012). Süreç esnasında problem bağlamının içeriği olan sürdürülebilir çevre ve ekonomiyle ilgili grup içi tartışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sürdürülebilir MOE uygulaması ile problemin belirlenmesi, matematiksel bir problem olarak tanımlanması ve çözüm geliştirilmesi amacıyla matematiksel kavramlarının sürdürülebilirlik kavramları ile ilişkilendirildiği zengin bir öğrenme ortamı sağlanmıştır. Alan yazın incelendiğinde matematiksel modelleme yaklaşımı çerçevesinde kullanılan MOE, farklı disiplinlerle ilişkilendirildiği, 21. Yüzyıl becerileri ile fen ve matematiksel okuryazarlık yeterliklerin gelişiminde önem arz eden STEM öğretiminde bir köprü görevi gördüğü vurgulanmıştır (English, 2023a; 2023b; Fry, English ve Makar, 2024; Suh ve Han, 2024). MOE'nin doğası gereği gerçek yaşamdan bağlamsal sorunları içermekte olup sürdürülebilirlik bağlamındaki problem durumlarının MOE'ne dönüştürülmesinde kolaylık tanımaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik eğitimi ve matematik disiplinin ilişkilendirilmesinde kullanılacak farklı MOE tasarlanması önerilmektedir. Öğrenciler sürdürülebilir yaşam için gerçek problem durumları ve matematiksel dünya arasındaki ilişkileri sürdürülebilir modelleme etkinliklerinin çözüm sürecinde deneyimlemiş ve aynı zamanda bu durumları matematikle ilişkilendirmeleri gerçekleştirmiştir.

MOE sürdürülebilirlik bağlamında oluşturulmuş ve bu bağlamda problem durumları tanımlanmıştır. Ancak çocukların sürdürülebilirlik kavramlarına ve bunların yaşamdaki önemine yönelik hazırbulunuşlukları modelleme sürecini etkilemektedir. Sürdürülebilirlikle ilgili algılar her ne kadar önemli olsa da

sürdürülebilirlik eğitimi kapsamındaki kavramların oluşturulması da bir o kadar gerekmektedir. Modelleme sürecinde sürdürülebilirlik kapsamındaki kavramlarla beraber, matematiksel kavramların kullanıldığı ve matematiksel işlem süreç becerilerinin bir arada yürütüldüğü karmaşık bir süreçtir. Sürdürülebilirlik kavramlarının öğretime yönelik etkinliklerin ön uygulama öncesi uygulanmış olması, sürdürülebilir MOE çözüm sürecinde öğrencilere büyük katkı sağlamıştır. Benzer durum Suh ve Han (2019) tarafından ortaya konulmuş olup, sürdürülebilirliğe yönelik eğitimlerin ve farkındalığın artırılmasında disiplinler arası yaklaşımla projelerin ve çalışmaların artırılması önerilmektedir. Sürdürülebilirlik eğitimi kapsamında disiplinler arası yaklaşımla ele alınan MOE uygulanmasının etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Gürbüz ve Çalık, 2021; Petocz ve Reid, 2003).

Sürdürülebilir MOE başlamadan önce verilen sürdürülebilirlik eğitiminin olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçla beraber sürdürülebilir matematik eğitimi kapsamında yapılacak olan çalışmalarda, öncelikle öğrencilerin sürdürülebilirliğe yönelik hazırbulunuşluklarının belirlenmesi önerilmektedir. Eğer öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri yeterli değilse, öncelikle sürdürülebilirlik kavramların öğretime yönelik eğitim tasarımlarının geliştirilmesi ve uygulanması önerilmektedir. Ayrıca farklı sürdürülebilir MOE geliştirilmesi ve farklı yaş düzeylerindeki öğrencilere uygulamaların yapılması önerilmektedir. Sürdürülebilir farkındalık ve bilinç küçük yaşlardan itibaren oluşturulması önemlidir. Özellikle küçük çocukları matematiksel modelleme yeterlikleri ve sürdürülebilir vatandaş olarak yetiştirmek amacıyla küçük yaşlardan itibaren başlanarak sürdürülebilirlik ve matematik ilişkisinin oluşturulduğu öğrenme ortamlarının tasarlanmasına yönelik çalışmalara odaklanılması önerilmektedir.

Sürdürülebilirliği matematik eğitime entegre ederek, öğrencileri karmaşık gerçek dünya sorunlarını sürdürülebilir ve niceliksel bir şekilde ele almak için gerekli beceri ve bilgilerle donatılması önem teşkil etmektedir (Karjanto, 2023). Yükseköğretimde sürdürülebilir matematik eğitime yönelik öğretmen ve öğretmen

adaylarının disiplinler arası yaklaşımla tasarlanan sürdürülebilir MOE inlikleri geliştirmesi, uygulaması ve etkinliklerle çalışmasını içeren çalışmaların yaygınlaştırılması bu kapsamda önerilmektedir.

Mali Destek Bildirimi (Funding)

Bu araştırma 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından 1919B012310865 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- Bellanca, J.A. & Brandt, R. (2010). *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn*. Solution Tree: Bloomington: USA.
- Blum, W. ve Ferri, B. R. (2009). Mathematical modeling: can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modeling and Applications*, 1(1), 45–58. Erişim adresi: <http://gorila.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/view/1620>
- Chan, C. M. E., Ng, K. E. D., Widjaja, W. ve Seto, C. (2012). Assessment of Primary 5 Students' Mathematical Modelling Competencies. *Journal Of Science And Mathematics Education In Southeast Asia*, 23 (2), 146-178. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/10497/16257>
- Chen, Y., Bouferguene, A., Shen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Assessing accessibility-based service effectiveness (ABSEV) and social equity for urban bus transit: A sustainability perspective. *Sustainable Cities and Society*, 44, 499-510. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.003>
- Creswell, J. W. (2014). *Araştırma Deseni: Nitel, Nicel Ve Karma Yöntem Yaklaşımları*, 4. Baskıdan Çeviri, Creswell, JW. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, Demir, S.B. (Ed), Ankara: Eğiten Kitap.
- Çelikkol, Ö. ve Soylu, Y. (2024). Sürdürülebilirlikle İlgili Sorunların Çözümünde Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Uygulama Süreçleri. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*, 17(100), 1 26.
- Doğan, M.F., Gürbüz, R., Çavuş-Erdem, Z. & Şahin, S. (2019). Using mathematical modeling for integrating stem disciplines: A theoretical framework. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10(3), 628-653. <https://doi.org/10.16949/turkbilm.502007>
- Elfert, M. (2019). Lifelong learning in Sustainable Development Goal 4: What does it mean for UNESCO's rights-based approach to adult learning and education?. *International Review of Education*, 65(4), 537–556. <https://doi.org/10.1007/s11159-019-09788-z>
- English, L. (2023a). Multidisciplinary modelling in a sixth-grade tsunami investigation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(Suppl 1), 41-65. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10303-4>
- English, L.D. (2023b). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM Mathematics Education* 55, 1219–1230. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7>

- Eraslan, A. ve Şahin, N. (2023). *İlkokul ve ortaokulda etkinlik örnekleriyle matematiksel modelleme*. Pegem Akademi: Ankara.
- Eraslan, A. (2011a). Bir matematiksel modelleme etkinliği: Büyük ayak problemi. *Eğitimci-Öğretmen Dergisi*, 6, 25-27.
- Eraslan, A. (2011b). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinlikleri ve bunların matematik öğrenimine etkisi hakkındaki görüşleri. *İlköğretim Online*, 10(1), 364-377. Erişim adresi: <http://ilkogretim-online.org.tr/index.php/io/article/view/1690/1527>
- Eraslan, A. (2012). Prospective Elementary Mathematics Teachers' Thought Processes on a Model Eliciting Activity. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 12 (4), 2953–2968.
- Eraslan, A. & Kant, S. (2015). Modeling Processes of 4th-Year Middle-School Students and the Difficulties Encountered. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(3), 809-824.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21. DOI: 10.12738/estp.2014.4.2039
- Fry, K., English, L., & Makar, K. (2024). Cognitive tuning in the STEM classroom: Communication processes supporting children's changing conceptions about data. *Mathematics Education Research Journal*, 36(Suppl 1), 67-89. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00465-x>
- Glesne, C. (2013). *Nitel Araştırmaya Giriş* (A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu, Çev.). Ankara : Anı. (orijinal çalışma basım tarihi 2011.)
- Gürbüz, R., & Çalık, M. (2021). Intertwining mathematical modeling with environmental issues. *Problems of Education in the 21st Century*, 79(3), 412-424. <https://doi.org/10.33225/pec/21.79.412>
- Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., Şahin, S., Temurtaş, A., Doğan, C., Doğan, M.F., Çalık, M. ve Çelik, D. (2018). Bir disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliğinden yansımalar [Reflections from an interdisciplinary mathematical modeling activity]. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, Special Issue, 1-22. <http://dx.doi.org/10.17984/adyuebd.463270>
- Karjanto, N. (2023). Mathematical Modeling for Sustainability: How Can It Promote Sustainable Learning in Mathematics Education? (arXiv:2307.13663). *arXiv*. <http://arxiv.org/abs/2307.13663>
- Leicht, A., Heiss, J., & Byun, W. J. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO Publishing: Paris, France.
- Lesh, R. A. & Doerr, H.M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching and learning. R. A. Lesh ve H. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*, (3–34) içinde. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lesh, R. A. ve Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. F. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: A Project of the National Council of Teachers of Mathematics* (s.763–804) içinde. Charlotte, NC: Information Age Publishing.

- Lesh, R. ve English, L.D. (2005). Trends in the evolution of the models-modeling perspective on mathematical learning and problem solving. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 37 (6), 487-489. doi.org/10.1007/BF02655857
- Lingefjärd, T. (2006). Faces of mathematical modeling. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), s. 96-112. doi.org/10.1007/BF02655884
- Lozada, E., Guerrero-Ortiz, C., Coronel, A., ve Medina, R. (2023). Proposal of a Mathematical Modelling Activity to Facilitate Students' Learning of Ordinary Differential Equation Concepts. *Sustainability*, 15(16), 12483. <https://doi.org/10.3390/su151612483>
- Lozano R, Barreiro-Gen M, Lozano FJ, Sammalisto K (2019). Teaching sustainability in European higher education institutions: assessing the connections between competences and pedagogical approaches. *Sustainability* 11(6):1602
- Maaß, J., O'Meara, N., Johnson, P. & O'Donoghue, J. (2018). *Mathematical Modelling for Teachers: A Practical Guide to Applicable Mathematics Education*. Cham, Switzerland: Springer Nature.
- Merriam S.B (2013). *Nitel Araştırma Desen ve Uygulama İçin Bir Rehber* (Selahattin Turan, Çev.). Ankara: Nobel. (Orijinal çalışma basım tarihi 2009.)
- Moreno-Pino, F.M.; Jiménez-Fontana, R.; Cardeñoso Domingo, J.M.; Azcárate Goded, P. (2021). Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education. *Sustainability*, 13, 5629. <https://doi.org/10.3390/su13105629>
- Mousoulides, N. (2007). *A modeling perspective in the teaching and learning of mathematical problem solving*. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Cyprus.
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel Araştırma ve Değerlendirme Yöntemleri*. 3. Baskıdan Çeviri, Patton, M. Q. Qualitative Research ve Evaluation Methods, Bütün, M. ve Demir, SB (Ed), Ankara: Pegem Akademi.
- Petocz, P., & Reid, A. (2003). What On Earth Is Sustainability in Mathematics? *New Zealand Journal of Mathematics*, 32, Supplementary issue, 135-144.
- Renert, M. (2011). Mathematics For Life: Sustainable Mathematics Education. *For the Learning of Mathematics*, 31(1), 20-26.
- Redman, E., & Larson, K. (2011). Educating for sustainability: Competencies & practices for transformative action. *Journal of Sustainability Education*, 2, 1–20.
- Renert, M., & Davis, B. (2012). Ecological sustainability and mathematics education: Integrally connected. *Journal of Integral Theory and Practice*, 7(1), 94.
- Rieckmann, M. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris, France: UN ESCO Publishing.
- Robert, K. W., Parris, T. M., & Leiserowitz, A. A. (2005). What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 47(3), 8–21. <https://doi.org/10.1080/00139157.2005.10524444>
- SDG4 [Sustainable Development Goals] (2005). *Department of Economic and Social Affairs, United Nations. Sustainable Development Goals*. Available online: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html> (accessed on November 01, 2024).
- Sipos, Y., Battisti, B., & Grimm, K. (2008). Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1), 68–86.

- Steffensen, L. (2023). Sustainability And Mathematical Modelling In 5th Grade. *Prometeica - Revista de Filosofia y Ciencias*, 27, 241-251. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2023.27.15290>
- Suh, H., & Han, S. (2019). Promoting sustainability in university classrooms using a STEM project with mathematical modeling. *Sustainability*, 11(11), 3080. <https://doi.org/10.3390/su11113080>
- Swetz, F. & Hartzler, J., S. (1991). *Mathematical modeling in the secondary school curriculum*. The National Council of Teachers of Mathematics: Reston, Virginia. Erişim adresi: <https://eric.ed.gov/?id=ED339601>
- Şahin, N. (2019). *İlkokul 4.sınıf öğrencilerinin Bilişsel modelleme yeterliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi*. Ondokuzmayıs üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Şahin, N. ve Eraslan, A. (2016). Modeling processes of primary school students: The crime problem. *Education ve Science*, 41(183), 47-67. DOI: 10.15390/EB.2016.6011.
- Şahin, N., ve Eraslan, A. (2017). Fourth-grade primary school students' thought processes and challenges encountered during the butter beans problem. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 17(1), 105–127. <http://dx.doi.org/10.12738/estp.2017.1.0038>
- Trilling, B.& Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. John Wiley & Sons: San Francisco, CA, USA.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Sage publications.

Extended Abstract

The aim of sustainable learning, and by extension sustainable education, is to equip learners with the knowledge, skills and attitudes necessary to lead a sustainable life. It aims to go beyond traditional education by emphasising the importance of informed decision-making, active participation and responsible citizenship. Through sustainable education, individuals become catalysts for change and contribute to the creation of a more sustainable society and a better future (Redman and Larson; 2011). By integrating sustainability principles into educational practices, the aim is to raise not only academically competent individuals, but also a generation of students equipped to address the complex challenges facing our world (Karjanto, 2023). Sustainable education is aligned with the Sustainable Development Goal (SDG) set by the United Nations (UN) and aims to provide inclusive and equitable quality education by promoting lifelong learning opportunities for all (SDG4 [Sustainable Development Goals 4]; 2005). Sustainable education embodies this goal by advocating accessible education that transcends socio-economic barriers and geographical boundaries. It emphasises the importance of equipping learners with knowledge and flexible skills that they can apply in their personal and professional lives (Karjanto, 2023). By integrating sustainable principles and values into education systems, it contributes to building a more sustainable and just world by equipping students with the tools to address these complex issues (Elfert, 2019; Rieckmann; 2017). Mathematics education plays a crucial role in achieving this goal

as it equips individuals with the critical thinking skills, analytical skills and problem-solving competence necessary for success in various areas of life. Mastering mathematics not only promotes personal development, but also contributes to sustainable economic and social development and empowers individuals to make meaningful contributions to their communities and society at large (Karjanto, 2023). It provides individuals with the quantitative knowledge and critical thinking skills necessary to tackle complex issues that are vital for building a sustainable future (Rieckmann; 2017). Mathematical competence plays a vital role in addressing global warming and climate change in order to promote environmental sustainability and economic development. By nurturing a deep understanding of mathematics, students are equipped to effectively analyse and confront these multifaceted challenges. A mathematical modelling approach can be used to achieve sustainability in mathematics education (Karjanto, 2023; Lozada, Guerrero-Ortiz, Coronel, ve Medina, 2023; Suh ve Han, 2019).

In this study, the fact that the activity context was designed in the context of environmental problems and protection of energy resources and environment for cleaner environment within the scope of sustainable development education and the educational design in the implementation process was designed differently from the studies in the literature reveals the originality of the study. This study aims to examine the model building processes of 7th grade students working with model building activities created in the context of sustainability in the learning environment designed by adopting the mathematical modelling approach in the creation of sustainable mathematics classes within the scope of sustainable mathematics education. The research questions addressed for this purpose are as follows:

1. Can sustainable model building activities be used in the creation of sustainable mathematics classes within the scope of sustainable development education?
2. How do 7th grade students working with sustainable model building activities use sustainability concepts in the modelling process and what kind of difficulties do they experience in the modelling process?

Method

This research is a qualitative study conducted to determine the mathematical modelling processes of 7th grade students using sustainable modelling activities. The research design is a case study, which is to examine and analyse a group or an event in depth (Yin, 2003). The case studied in this research is to examine the sustainable mathematical modelling processes of student groups working on modelling activities within the framework of sustainable development education.

This research was conducted in a state secondary school located in the central district of a province in the Black Sea region. The study group was determined according to the convenience sampling method and consisted of 7th grade students in the internship school within the scope of the teaching practice course in the final year undergraduate programme. The students in the study group consisted of 9 students who voluntarily participated in the study. In addition, the

parents of the students participating in the study were informed about the applications to be carried out within the scope of the project, it was stated that different names would be used instead of student names and their written consent was obtained. Sustainable model building activities were applied to the students in the form of focus group work. While forming three groups of three, care was taken to ensure that there were individuals who were in agreement with each other and could work in harmony. In this study, the situation of one of the three focus groups was analysed.

Conclusions

According to the findings of this study, positive changes were obtained in their perceptions of future societies and sustainable development through sustainable mathematics education using sustainable model building activities. Model eliciting activities were created in the context of sustainability and problem situations were defined in this context. However, children's readiness towards sustainability concepts and their importance in life affect the modelling process. Although perceptions about sustainability are important, it is also necessary to create concepts within the scope of sustainability education. It is a complex process in which the use of mathematical concepts and mathematical process skills are carried out together with the concepts within the scope of sustainability in the modelling process. The fact that the activities for teaching sustainability concepts were applied before the pre-application made a great contribution to the students in the solution process of sustainable model eliciting activities.

It is important to create sustainable awareness and consciousness from an early age. It is suggested that studies should focus on designing learning environments where the relationship between sustainability and mathematics is established starting from an early age in order to raise young children as mathematical modelling competencies and sustainable citizens.