

Ders İmecesı Yöntemiyle Yürütölen STEM Eğitım Sürecinin İncelenmesi: Bir Durum Çalışması

Elçin AYAZ^{1*}, Fatih YILMAZ¹

¹ Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Türkiye

Özet: Çağdaş eğitim yaklaşımlarından olan STEM eğitiminin ders imecesi (lesson study) yönteminden yararlanarak kullanılması ders içeriklerinin geliştirilme sürecinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilir. Ders imecesi ile öğretmenler, küçük gruplara yönelik gözlem ve analiz yaparak nitelikli ders planlamaları gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, gerçek sınıf ortamında uygulanan STEM eğitim yaklaşımı ile öğrencilerin karşılaştıkları yaşam problemlerini çözme sürecinde sergiledikleri performanslarının ortak bakış açısıyla değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu sebeple, ders imecesi yöntemi kullanılarak uygulanan STEM eğitim sürecinin incelenmesi için nitel araştırma kapsamında bütüncül tek durum deseni kullanılmıştır. Katılımcılar, bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Sınıf Eğitim Ana bilim Dalı'nda öğrenim gören sekiz dördüncü sınıf öğretmeni adaydır. Çalışma devlet okulunda Öğretmenlik Uygulaması- II dersi kapsamında yürütmüş olup gerekli etik ve uygulama izinleri alınmıştır. Öğretmen adaylarına süreç boyunca iki araştırmacı öğretim üyesi rehberlik etmiştir. Çalışmanın verileri, öğretmen adaylarının gözlem notları ve görüşmeleri neticesinde içerik analizi ile bütünleştirilerek raporlaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, öğrencilerin tasarım sürecinde problemleri çözmek için sınıf ortamında eş zamanlı iş birliği yaparak etkileşimlerinin arttığını ve bireysel olmaktan ziyade grupta birlikte farklı çözüm yolları üreterek çalışma alışkanlıkları geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, mühendislik tasarım temelli öğretim süreçlerinde (MTTÖS) ön plana çıkan prototip çizim aşamasının daha detaylı olarak ele alınması gerektiği açığa çıkmıştır.

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Gönderim Tarihi

02/09/2024

Kabul Tarihi

27/09/2025

Anahtar Sözcükler

STEM eğitim

yaklaşımı,

ders imecesi,

ilkokul fen bilimleri

dersi,

öğretmen adayları.

1. Giriş

Eğitim alanlarında, 21. yüzyılın getirisi olan ileri düzey teknolojik içeriklerin kullanılması, yaratıcı eğitim politikalarının uygulanmasını gerektirmektedir (Henriksen vd., 2016). Gelişen dijital çağda, bireylerin nitelikli teknoloji okuryazarı olmaları beklenmektedir. Benzer gereksinimlerle oluşan Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) teknik ve kişisel bilgiyle donanımlı nitelikli işgücü açığı, fen, matematik, mühendislik ve teknoloji disiplinlerinin entegre edildiği STEM eğitim yaklaşımını doğurmuştur (Bybee, 2010). Bu yaklaşımın, öğrencilerin rekabet içeren dünya pazarında nitelikli bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

STEM eğitim yaklaşımı; bilgi ve iletişim teknolojisi, sürdürülebilir inovasyon, medikal alan gibi birçok sektörle ilişki kurulmasına olanak tanımaktadır (Chesky ve Wolfmeyer, 2015). Bu

* Sorumlu Yazar: Elçin Ayaz E-mail: elcin.ayaz@dicle.edu.tr Adres: Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Diyarbakır, Türkiye

The copyright of the published article belongs to its author under CC BY 4.0 license. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ilişkiler, STEM'in disiplinler arası doğasını güçlendirmekte ve uygulama alanlarını genişletmektedir. STEM uygulamalarının okullarda yeni ve farklı yaklaşımlarla hayata geçirilmesi, öğrencilerin bu sektörlerle bağlantılı beceriler geliştirmelerini desteklemektedir.

STEM eğitimini sınıf ortamına taşıyacak olan öğretmenlerin, bu alanda bilgi ve deneyim sahibi olmaları büyük önem taşımaktadır. Özellikle mühendislik tasarım temelli öğretim (MTTÖ) yaklaşımlarının fen ve teknolojiyle entegre biçimde uygulanabilmesi için öğretmenlerin yenilikçi planlamalar yapabilmeleri ve bu süreçlerde tecrübe kazanmaları gerekmektedir (Schwartz vd., 2007). Bu noktada, öğretmenlerin iş birliği içinde çalışmasını teşvik eden *ders imecesi* yaklaşımı öne çıkmaktadır. Ders imecesi, STEM eğitim içeriklerinin bütünleştirilmesine yönelik anlamlı bir çerçeve sunarken; Japonya'da geliştirilen bu model, öğretmenlerin birlikte ders planları hazırlayıp gözlemlediği ve iyileştirdiği sistematik bir süreci ifade etmektedir (Armstrong, 2011). Ders imecesi, öğretmenlere ders içeriği, ünite ve hedefleri belirlemede rehberlik ederken onlara dikkatli düşünme fırsatı da sağlar (Lewis, 2002). Birden fazla öğretmenin istişare ettiği bu ortamda farklı yaklaşımlar deneyimlenerek öğrenme sonuçları analiz edilip revize edilebilir (Stigler ve Hiebert, 2009). Ayrıca, ders imecesinin üniversite öğretim üyelerinin de öğretim becerilerini geliştirmede etkili olması nedeniyle yükseköğretim kurumlarında uygulanması önerilmektedir. Böylece katılımcıların öğrenme ve öğretme süreçleri daha derinlemesine incelenebilir (Alvine vd., 2007). Stohlmann ve diğerleri (2012), öğretmenlerin mesleki gelişimlerine katkı sağlamak için üniversite ve okullar arasında iş birliği yapılmasının, öğretmenlerin planlama süreçlerine dâhil edilerek etkili iletişimin teşvik edilmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, öğretmen adaylarının pratik deneyim ve pedagojik bilgilerini artırmaları için üniversite danışmanları eşliğinde yürütülen okul temelli uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır (Cajkler ve Wood, 2016). Aykan ve Yıldırım da (2022), ders imecesinin STEM eğitimi ile bütünleştirilmesinin, daha nitelikli STEM ders planlarının hazırlanmasına ve öğretiminin geliştirilmesine katkı sağlayacağını ifade etmiştir.

Bu kapsamda, ders imecesi ile STEM eğitiminin saha uygulamalarının kapsamlı şekilde incelenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada da ilgili literatür incelemeleri doğrultusunda alana katkı sağlayacağı düşünülen, ders imecesi ile STEM eğitiminin bütünleştirilerek gerçek sınıf ortamlarında uygulanma süreçlerinin ayrıntılı olarak incelenmesi ve karşılaşılan durumların belirlenmesi amaçlanmaktadır, bu bakımdan elde edilen sonuçların alana değerli bir katkı sunacağı düşünülmektedir. Araştırma sürecinin gerçekleşmesi için öğretmen adaylarının ilkökul dördüncü sınıf düzeyindeki öğrencilere yönelik STEM uygulamalarını ders imecesi çerçevesinde nasıl planladığını, uyguladığını ve değerlendirdiğini detaylı biçimde incelenecektir. Milli Eğitim Bakanlığının (MEB, 2018) Fen Bilimleri dersi öğretim programında yer alan “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” ile ilgili içeriklerin ilkökul 4. sınıfta işlenmeye başlanması nedeniyle, bu düzeyde yapılan uygulamaların dikkate değer olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, STEM eğitim yaklaşım süreci, ders imecesi ve STEM eğitimi bağlamında ders imecesine ilişkin literatür incelemesinin gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

1.1. Teorik Çerçeve

Çalışma amacına yönelik ilgili literatür için öncelikle STEM eğitiminin temel bileşenleri ele alınacaktır.

1.1.1. STEM Eğitimi

STEM eğitiminin yapı taşı olarak görülen tasarım temelli öğrenme yaklaşımı, özellikle problem çözme süreçlerini destekleyerek öğrencilerin aktif katılımını teşvik eder. Bilişsel ve sosyal öğrenmenin birleştiği yapılandırıcı öğrenme yaklaşımlarının benimsendiği tasarım yoluyla öğrenme yaklaşımı, Kolodner ve diğerleri (1998) tarafından ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımda eğitimcilere, etkili öğretim programları ve sınıf ortamı sağlayabilmek için kavramsal bir

çerçeve sunulmaktadır. Yaklaşımın temel bağlamı olan probleme uygun tasarım üretme anlayışı öğrencilerin yaşam problemlerine çözüm bulmak için üst düzey becerilerin gelişmesine katkı sağlamaktadır (ITEA, 2000). Öğrencilerin tasarım odaklı düşüncelerinde sürecin içinde devamlı olarak yer almaları, arkadaşları ile iş birliği içinde olmaları ve çözüm önerilerine yönelik prototip çizimi oluşturmaları gerekmektedir (Uflacker vd., 2011). Bu yaklaşımlar eğitim sistemlerinde yeni bakış açılarını geliştirmektedir. Özellikle ilerici 21. yüzyıl eğitiminde oldukça dikkat çeken eğilim, K-12 eğitiminde mühendislik bağlamında ele alınan problem durumlarının fen, matematik ve teknoloji ile bütünleştirilmesidir (National Academy of Engineering [NAE] and National Research Council [NRC], 2009; NRC, 2012). MTTÖS’de problem alanlarının tanımlanarak çözümlerin bulunmaya çalışıldığı süreçler yaşanmaktadır (Hynes vd., 2011). STEM içerikleri; problem merkezli, tasarım odaklı ve işbirliğine dayalı öğrenme anlayışlarını bir araya getirir (McLure vd., 2022). Dolayısıyla STEM içeriklerinin öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini çözme becerilerini geliştirmeye yardımcı olacağı düşünülmektedir. STEM eğitim sürecinde de öğrenciler bu problemleri çözebilmek için bağımsız bireyler olarak öğrenmenin merkezinde yer alıp yeni bilgilerini inşa ederler (Hsu ve Yeh, 2019; Stehle ve Peters-Burton, 2019). Bilgilerin inşa edildiği süreçte STEM disiplinlerinden nasıl yararlanılacağı oldukça önemlidir. Disiplinlerin her birini ayrı olarak derinlemesine incelemektense öğrencilerin öğrenmelerini sağlayacak ortak özelliklerde bütünlük sağlanması gerekir (Moore vd., 2016). Bunu sağlayacak olan entegre STEM kavramı, iki ya da daha çok STEM disiplininin yaşam problemleriyle ilişki olarak ortak bir bağlamda buluşması olarak tanımlanır (Kelley ve Knowles, 2016; Moore vd., 2014; Stohlmann vd., 2012). Entegre STEM yaklaşımında multidisipliner, interdisipliner ve transdisipliner entegrasyondan bahsedilebilir (Hacıoğlu, 2017). Multidisipliner entegrasyonda her disipline ait kazananımlar ayrı öğretilir daha sonra ortak bir temada birleştirilir. İnterdisipliner entegrasyonda, öğrencilerin kavram ya da bilgileri iki veya daha fazla disiplinden yararlanarak bütünleştirilir (Vasquez vd., 2013). Transdisipliner entegrasyonda ise problemlerin çözümüne ulaşma için bütün disiplinlerin bütünleştirilmesi esas alınır (Tress vd., 2007). STEM eğitiminin yaygınlaştırılmasında fen ve matematik disiplini dışındaki alanlarda genişletilmesi ve tüm seviyedeki okullara uygulanması gereklidir (Nurwidodo vd., 2023).

STEM eğitimi, disiplinler arası bir yaklaşım ile öğrencilere, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve problem çözme gibi beceriler kazandırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Ancak bu sürecin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ders planlama ve uygulama süreçlerinde de etkili bir model kullanmaları gerekmektedir. STEM eğitiminin sınıf içi uygulamalarında başarı sağlanabilmesi, yalnızca kuramsal bilgiyle değil, öğretmenlerin birlikte planladığı, gözlemlediği ve iyileştirdiği süreçlerin varlığıyla mümkün olabilir. Bu kapsamda, öğretmenlerin mesleki gelişiminde etkili bir yöntem olan 'ders imecesi' üzerinde durulacaktır.

1.1.2. Ders İmecesi (Lesson Study)

Ders İmecesi (jugyou-kenkyu) Japonya’da 130 yıl önce geliştirilmiş, küçük gruptan oluşan öğretmenlerin sınıf derslerini planlaması, gözlem ve analiz yapması ve bunun sonucunda ders içeriklerini iyileştirmesi için oluşturulan bir süreç olarak tanınmaya başlanmıştır (Armstrong, 2011; Shimizu, 2006; Taylor vd., 2005). Dünyada yaygınlaşan ve özellikle matematik öğretiminin profesyonel olarak gelişiminde kullanılan bir tekniktir (Isoda vd., 2007; Inprasitha ve Loipha, 2008; Shimizu, 2006). Öğrenme ve öğretmeyi geliştirmeyi hedefleyen ders imecesi, birçok ülkede kullanılmasına rağmen henüz bazı kısımları tam olarak anlaşılamamıştır (Takahashi, 2014).

Ders imecesi sürekli ve uygulamaya bağlı olarak nitelikli profesyonel öğrenme ile ilişkilidir (Stigler ve Hiebert, 2009). Ders imecesi dört temel basmaktan oluşur. Birinci araştırma

basamağında, öğretim programı incelenerek öğrencilerin öğrenimi ve gelişimi için uzun vadeli hedeflerin dikkate alınması beklenir. İkinci planlama basamağında, belirlenen araştırma dersinin içeriğine uygun ders planları hazırlanır. Bu ders planları hazırlanırken uzun vadeli amaçlara yönelik olmasına, öğrencilerden beklenen düşünceleri içermesine, veri toplama planının yer almasına ve karar verilen yaklaşımın gerekçelerini içermesine dikkat edilmelidir. Üçüncü öğretim basamağında, hazırlanan ders planları bir ekip üyesi tarafından uygulanır, diğerleri ise gözlem yapar ve veri toplar. Son basamak olan yansıtmada ise elde edilen gözlemler ve veriler paylaşılarak bu konu ile ilgili görüşler açığa çıkarılır. Elde edilen veriler, öğrencilerin öğrenimini zenginleştirmek ve daha geniş konularla ilgili derinlik kazandırmak için tartışılır. Öğrenilenleri pekiştirmek ve ileri seviyeye aktarmak için döngünün sonraki aşaması için yeni sorular belirlenir (Lewis vd., 2006). Bu süreçte öğretmenlerin birlikte ortak bir ders planı hazırladığı ve içlerinden birinin bunu uyguladığı, gruptaki diğer öğretmenlerin de gözlem yaparak not aldıkları ve bir araya gelerek ders planını tekrar gözden geçirdikleri bir süreç uygulanır (Alvine vd., 2007; Lewis, 2009). Böylece öğrenme durumları hakkında bilgi elde edilir, ders tasarımının öğrenmeyi geliştiren ve engellenen durumlarının anlaşılması sağlanır (Lewis vd., 2012). Yani ders imecesi, belirlenen araştırma dersi kapsamında hazırlanan ders planları test edilerek paylaşılan ve öğrenmeyi geliştirmeyi amaçlayan sürekli bir süreçtir ve karmaşık eğitim durumlarında nitelikli öğretim programı geliştirmek için kullanılabilir (Elliott, 2019).

Özetle, ders imecesi, STEM eğitiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin bu süreçte nasıl bir yol izlediğinin anlaşılmasında önemli bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, STEM eğitimi bağlamında ders imecesinin nasıl bir rol oynadığına odaklanmak gerekmektedir.

1.1.3. STEM Eğitimi Bağlamında Ders İmecesi

STEM eğitim süreçlerinde STEM okuryazarlığı ön plana çıkmaktadır. Hsu ve Yeh'e (2019) göre, STEM okuryazarlığı geliştirmek için öğrencilerin yaratıcı düşünme, iş birliği, iletişim ve eleştirel düşünme becerilerinin desteklendiği öğrenme ortamlarının oluşturulması oldukça önemlidir. Bu öğrenme ortamlarının hazırlanmasında STEM ile ilgilenen öğretmenlerin birlikte çalışarak bilgi ve deneyim paylaşımlarını sağlayan modeller gereklidir. Bu hususta, öğretmenlerin iş birliğine yönelik bir yapı sunan ders imecesi modeli öne çıkmaktadır (Aykan ve Yıldırım, 2022).

Ders imecesi, öğretmenlerin nitelikli ders planları yapmaları, öğretimi yönlendirilme becerilerini geliştirmesine ve meslektaşları ile iş birliği yaparak mesleki yeterliklerini artırmasına fırsat sunar. Özellikle fen ve matematik öğretiminde başarıyı sağlayan etkili bir model olarak görülmektedir. Ders imecesi öğretmenler aşçısından belirli konuların öğretiminde organizasyonun nasıl sağlanacağı, dersin öğrencilerin ilgi ve yeteneklerine göre nasıl uyarlanacağı ve öğretim süreçlerinde nasıl kullanılacağının anlaşılmasını kolaylaştıracaktır (Kim vd., 2019).

Bu doğrultuda, STEM tabanlı öğrenmelerin ders imecesi ile entegre edilmesinin öğretmenlerin pedagojik yaklaşımlarını şekillendirmede ve öğrencilerin ihtiyaçlarına nasıl cevap vereceğinin anlaşılmasında önemli bir konu olacaktır. Bunu sağlamak için STEM uygulamalarının gerçekleşmesinde öğretmenlerin alan ve pedagoji bilgilerini harmanlayarak öğretim yapması beklenmektedir. Onların öğrenci yeterliklerini geliştirmek için ihtiyaç duyulan olan etkinliklere de odaklanmaları gerekmektedir (Srikoom vd., 2018). Bu duruma katkı sağlamak için öğretim elemanlarının araştırma yaptığı hedeflerle uyumlu sınıf içi uygulamaların ve öğretimi güçlendirecek içeriklerin neler olduğu ile ilgili konular incelenebilir ve konu ile ilgili derinleştirilmiş mesleki gelişim programlarına veya araştırmalara öncelik verilebilir. Çünkü reform temelli eğitimin nasıl planlanacağının incelenmesini ve açıklanmasını gerektirecek

çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Capobianco vd., 2014). İlgili alanda hissedilen eksiklik bu çalışmanın yürütülmesinin temel sebeplerindendir. Bu açıdan reform temelli eğitim süreçlerinde planlamaların nasıl uygulanması gerektiği ile ilgili yapılan çalışmaların, öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik bilgilerini derinleştirerek uygulama aşamalarını daha iyi anlamalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma sürecinde karşılaşılan problemlerin tespiti ve çözümler için yapılacak olan önerilerin sahadaki STEM eğitim uygulamalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Mühendislik doğal bir bütünleştirici olduğu için STEM entegrasyonunda fen, matematik ve teknoloji içeriklerinin öğrenilmesinde mühendislik ve mühendislik tasarımı itici bir güç olarak kullanılabilir (Moore vd., 2013). MTTÖS’nde öğrenciler, bir bilim insanı ya da mühendis gibi problemleri çözmek için inşa etme, test etme, veri kaydetme ve çıkan sonuçları analiz etme gibi öğrenme döngülerini tamamlamaktadır (Brunsell, 2012). Bu süreçte problemler tanımlanır, çözümle ilgili fikirler ifade edilir, prototip çizilir, tasarlanır, teste edilir ve değerlendirmeler yapılır (Hynes vd., 2011). Dolayısıyla öğrencilerin farklı çözüm yolları üretebilmek, yaratıcı düşünmek, takım çalışması kurabilmek ve iş birliği ile hareket edebilmek gibi becerilerini de geliştirebilir (Akarsu vd., 2020). Bu kapsamda çalışmanın amacı, ilkökul dördüncü sınıf fen bilimleri dersinde, ders imecesi yöntemi kullanılarak yürütülen MTTÖS uygun şekilde tasarlanan STEM eğitim yaklaşım süreçlerinin bu yöntemden yararlanarak ayrıntılı olarak incelenmektedir. Çalışma, STEM yaklaşımının uygulama sürecini ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi, STEM etkinliklerinin tasarım ve uygulama süreçlerindeki güçlü ve zayıf yönleri belirlemeyi ve bu etkinliklerin eğitimde daha etkili bir şekilde kullanılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ders imecesi yöntemi de STEM eğitiminde mühendislik tasarım süreci ile çözüm bulma gibi temel unsurları öğrenme sürecine entegre eden yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Elliott’a (2019) göre, ders imecesi ile belirlenen ders kapsamına uygun hazırlanan ders planları değerlendirilerek nitelikli öğretim programlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ancak bu yöntemin etkili bir şekilde uygulanabilmesi ve öğrenciler üzerinde nasıl bir etki bıraktığının anlaşılabilmesi için süreç ve sonuç odaklı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu açığa çıkmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada ele alınan araştırma soruları, ders imecesi yöntemiyle yürütülen STEM etkinliklerinin farklı boyutlarını anlamaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır.

Buna yönelik olarak aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

Araştırma sorusu: Araştırmada ele alınan üç probleme yönelik ders imecesi yönteminden yararlanılarak uygulanan STEM etkinliklerine ilişkin mühendislik tasarım süreci döngüsü aşamaları (Problem/İhtiyacın tanımlanması, problem için araştırma yapmak, çözüm önerileri geliştirmek, en iyi çözümü seçmek, prototip çizimi yapmak ve prototipi inşa etmek, çözümleri test etmek ve değerlendirmek, çözüm iletişimi, yeniden tasarlamak/revize etmek, kararın tamamlanması) nasıldır?

Bu araştırma sorusuna bağlı alt sorular şu şekildedir:

Ders imecesi ile yürütülen MTTÖS problemlere yönelik öğrencilerin;

- Ortak karar verme süreci nasıldır?
- Prototip çizim süreci nasıldır?
- Tasarımın uygulanması ve test etme süreci nasıldır?
- Karşılaşılan sorunlar nelerdir?
- Süreç ile ilgili öneriler nelerdir?

2. Yöntem

Sınıf öğretmeni adaylarının ilkökul dördüncü sınıflarda ders imecesi yöntemi kullanarak uyguladığı STEM eğitim sürecinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışma, nitel araştırma süreci bağlamında bütüncül tek durum desenine uygun olarak yürütülmüştür. Çalışma

kapsamında MTTÖS STEM eğitimi uygulanmıştır. Bu uygulamalar ders imecesi yönteminden yararlanılarak yapılmıştır. Toplam üç tasarım döngüsü şeklinde yürütülen süreçte öğrencilerden üç farklı problem durumuna uygun çözümler üretilmesi istenmiştir.

2.1. Araştırma Modeli

Çalışmada, nitel araştırma süreci bağlamında bütüncül tek durum desenine uygun olarak yürütülmüştür. Durum çalışmalarında bireysel, grupla, sosyal ve politik birçok durumla ilgili bilgi edinilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan durum; “ilkokul dördüncü sınıf fen bilimleri dersinde ders imecesi yöntemiyle yürütülen, MTTÖS’ne uygun olarak tasarlanan STEM eğitim yaklaşımının uygulama sürecidir”. Bu durum, STEM eğitim yaklaşımının sınıf içi uygulama boyutunun tüm aşamalarıyla, yani etkinliklerin tasarımı, uygulanması, güçlü ve zayıf yönleriyle birlikte ayrıntılı bir biçimde incelenmesi gerektiğinden bütüncül olarak ele alınmaktadır. Ayrıca bu çalışmalar küçük grup davranışlarının anlamlı ve bütüncül özelliklerini koruyarak anlaşılmasını da sağlamaktadır (Yin, 2014). Bütüncül tek durum desenleri ise bir olguyu, evreni ya da genel durumu araştırmak (Stake, 2005), bir birim ve alt birimleri detaylı incelemek için kullanılmaktadır (Yin, 2014). Bu çalışmada MTTÖS’ne STEM eğitim yaklaşımının ilkokullarda uygulanabilirliğinin anlaşılması durumunu daha detaylı incelemek için sahada araştırma yapılacak şekilde planlamalar yapılmıştır. Durum çalışmaları saha çalışmaları ile temellendirildiği için saha bilgisinin gelişmesine katkı sağlayacaktır (Merriam, 2009). Bununla birlikte sahada kullanılan çeşitli veri toplama araçları ve kaynaklarla bu durumun açıklanmasına önemli kanıtlar elde edilebilmektedir (Gillham, 2000).

2.2. Çalışma Grubu

Çalışma, bir devlet üniversitesi Eğitim Fakültesi Temel Eğitim Bölümü Sınıf Eğitimi Anabilim Dalında, "Öğretmenlik Uygulaması-II" dersini alan sekiz öğretmen adayı ve onların dersine giren iki öğretim elemanının katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Uygulama, orta sosyoekonomik düzeydeki bir semtte yer alan 29 derslikli bir ilkokulda yürütülmüştür. Çalışmaya katılan öğretmen adayları gönüllülük esasına göre seçilmiş onlara öğretim elemanları rehberlik etmiştir. Ayrıca, çalışma için ilgili etik kurul ve MEB izinleri alınmıştır. Uygulamalar, sınıf ortamında yapılmış ve öğretmen adayları dönüşümlü olarak dersleri yürütmüştür. [Tablo 1](#)’de katılımcılar hakkındaki bilgiler özetlenmiştir. Katılımcılar raporlaştırma aşamasında kısaca *ÖA1, ÖA2...* şeklinde kodlanarak onlarla yansıtıcı günlük, gözlem ve görüşmelerden doğrudan alıntılara yer verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcı Bilgisi

Katılımcı Grubu	Sayı	Cinsiyet	Yaş Aralığı
Öğretmen Adayları	8	6 Kadın 2 Erkek	19-21
İlkokul 4. Sınıf Öğrencileri	38	20 Kadın 18 Erkek	9-10

2.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları

Çalışmanın veri toplama sürecinde birden fazla nitel veri toplama aracından yararlanılmıştır. Bunlar; öğretmen adaylarının yansıtıcı günlükleri, gözlem notları ve görüşleri şeklindedir. Öncelikle, araştırmacıların sınıf içi uygulamaları ve grup içi çalışmaları sistematik olarak gözlemlemesi için yapılandırılmış gözlem formları kullanılmıştır; bu formlar, gözlemlenecek davranış ve etkileşimleri açıkça tanımlayan, gözlem sürecinin tutarlılığını sağlayan ve ilk tasarımlarının ardından pilot uygulamalar, araştırmacı gözlemleri ve alan uzmanlarının geri bildirimleri doğrultusunda geliştirilerek güncellenen araçlardır. Öğretmen adayları da her hafta

uygulamalara yönelik tespit ettikleri durumları kaydettikleri yansıtıcı günlükler tutmuştur; bu günlükler, bireysel deneyimlerini ve gözlemlerini detaylı biçimde yansıtmalarına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmış, ilk denemeler sırasında belirlenen eksiklikler ve araştırmacı geri bildirimleri doğrultusunda geliştirilmiş ve süreç boyunca ihtiyaçlara göre güncellenmiştir. Bu güncellemelerde onlarla gözlem notları hakkında görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, her hafta yapılan grup toplantıları ile sürecin değerlendirilmesi yapılmış, öğretmen adayları ile sürece yönelik görüşmeler yapılmış ve ders planları sürekli olarak gözden geçirilip, toplantılardan elde edilen öneriler ve gözlem sonuçları doğrultusunda revize edilmiştir; bu süreç, veri toplama ve öğretim uygulamalarının etkililiğini artıracak biçimde yapılandırılmıştır. Veri toplama süreci araştırmanın uygulama süreci başlığında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Öğretmen adaylarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşme soruları ile süreç hakkındaki düşünceler, uygulama etkililiği ve öğrenme kazanımlarına yönelik algıları incelenmeye çalışılmıştır. Bu görüşme soruları her hafta alan uzmanları ve araştırmacılar tarafından değerlendirilerek revize edilmiştir. Görüşmelerde öğretmen adaylarına, tasarım sürecinin (ortak çözüme karar verme, prototip çizimi, uygulama ve test etme aşamaları) nasıl olduğuna dair sorular yönlendirilerek ayrıntılı bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır.

2.4. Uygulama Süreci

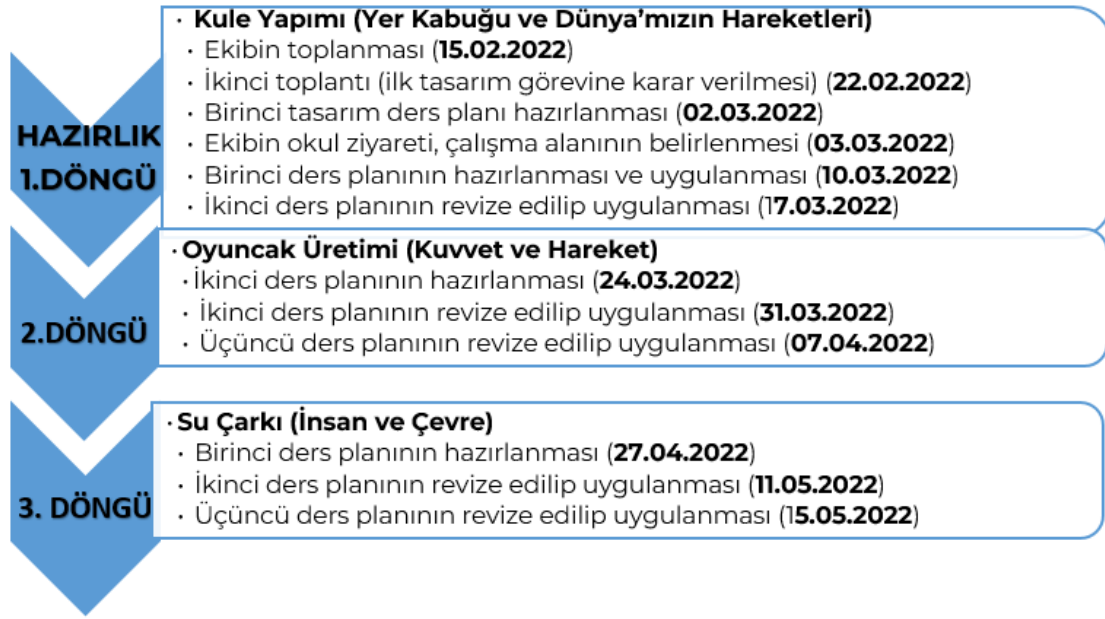
Bu çalışmada, MTTÖS'ne uygun yapılandırılan ders planlarının ders imecesi yöntemi aşamalarına (Lewis vd., 2006) göre aşamalarına uygun olarak sınıf ortamında uygulanmış ve detaylı şekilde incelenmiştir. [Şekil 1](#)'de bazı görseller sunulmuştur. Bu görseller öğrencilerin bireysel ya da grup çizimlerini, tasarladıkları ürünleri sınıfa sundukları, çizimler ile tasarlanan ürünlerin uyumunun karşılaştırıldığı anlatımları ve tasarımların denenmesi faaliyetlerinden kesitler sunmaktadır.

Şekil 1. *Uygulama Sürecinden Görseller*



Çalışmanın uygulanması ile ilgili ayrıntılı süreç [Şekil 2](#)'de gösterilmiştir.

Şekil 2. Araştırma Süreç Döngüsü



Şekil 2 incelendiğinde;

• **Hazırlık ve 1. Döngü Aşaması Kule Yapımı (Yer Kabuğu ve Dünya'mızın Hareketleri)**

Çalışma kapsamlı bir hazırlık süreci gerektirdiği için öncelikle 15.02.2022 tarihinde araştırmacılar (öğretim elamanları) ve sekiz öğretmen adayının katılımıyla bir toplantı gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıda dersin öğretim elemanları tarafından çalışmanın amacı aktarılmıştır. Öğretmen adayları gönüllü onam formu doldurarak çalışmaya katılma konusunda istekli olduklarını beyan etmiştir. Süreç boyunca çalışmanın yapılacağı okulun fiziki şartlar ele alınmış, uygulamalar sırasında aynı ortamda sekiz öğretmen adayının ve bir öğretim elemanının bulunması gerektiği kararlaştırılmıştır. Çalışmanın üç tasarım döngüsü şeklinde ders imecesi yöntemiyle uygulanacağı fikri benimsenmiştir. Derslerin ders imecesi yöntemine uygun olarak her hafta başka bir öğretmen adayı tarafından revize edilen ders planına uygun olarak yürütülmesi gerektiği ifade edilmiştir. Her hafta grupça hazırlanan ders planı tasarım döngülerini tamamlayana kadar devam etmiştir. Örneğin birinci tasarım döngüsünde ilk hazırlanan ders planını bir öğretmen adayı tarafından yürütülmüştür. Bu ders planında tasarım sürecini başlatan problem durumu ile ilgili teorik ders anlatılarak problem durumu sunulmuş ve öğrencilerden araştırma yapmaları istenmiştir. Ardından ders süresine uygun olarak ortak karar verme, prototip çizme aşamaları gerçekleştirilmiştir. Diğer ders için hazırlanan ders planında ilk derste dönütlere göre revizyon yapıp başka bir öğretmen adayı tarafından kalınan yerden devam edilmiş, tasarımın yapılması, sunulması ve değerlendirilmesi sağlanmıştır. Böylece bir tasarım döngüsünü iki farklı öğretmen adayı ile aynı ders ve kazanımlarla ilgili revize edilen ders planına göre yürütülüp tamamlanmıştır. Her dersten önce grup toplantıları gerçekleştirilerek ders imecesinin aşamalarına uygun değişiklikler yapılmıştır. Diğer iki tasarım döngüsü de benzer şekilde her biri üç hafta sürecek şekilde altı farklı öğretmenden adayı ile tamamlanmıştır.

22 Şubat 2022 tarihinde yapılan ikinci toplantıda, ilk tasarım görevine karar verilmiştir. Bu görev mühendislik tasarım sürecinin anlaşılmasını kolaylaştıracağı düşünülen bir kule yapımı görevidir. Burada öğrencilerin belirli malzemelerle (5 adet uzun çubuk, 10 adet lastik, 20 cm ip, 10 adet kürdan) belirli kriterlerde (sağlam, çok katlı, estetik) bir kule yapmalarıdır. Ayrıca, öğretmen adaylarının ders planının bir bölümünü oluşturarak üzerinde tartışmaları sağlanmış

ve planın farklı bölümlerinin farklı kişiler tarafından tamamlanması kararlaştırılmıştır. 02.03.2022 tarihinde öğretmen adayları tarafından tamamlanan ders planları grupça incelenmiştir. Eksiklikler tespit edilip düzeltilmeye çalışılmıştır. Öncelikle ders içeriği ve bilgi edinme kısmında eksiklikler tamamlanmıştır. 03.03.2022 tarihinde bütün çalışma ekibi ile gerekli izinlerin (etik kurul ve milli eğitimden) alındığı ve okul idaresini onayıyla çalışmanın yapılması uygun bulunan uygulama okuluna gidilmiştir Okula gidildiğinde süreçten haberdar olan müdür yardımcısı ile uygulamanın yapılacağı sınıf belirlenmiştir. Uygulama günü dört kişilik gruplardan oluşan öğretmen adayları ayrı iki sınıfta uygulamalarını yapacak şekilde ayrılmıştır. Uygulama esnasında uygulama sınıfında kalacakları daha sonra kendi sınıflarında normal stajlarına devam etmeleri gerektiği kararlaştırılmıştır. Uygulama sınıfının önce kütüphane olması kararlaştırılmasına rağmen burada fiziki olarak yeterli masa ve sandalye olmaması ve mekânın çok küçük olmasından dolayı sınıf ortamında yapılmasına karar verilmiştir. Her uygulama saatinden önceki teneffüste sıra düzeni öğretmen adayları tarafından grup çalışmasına uygun şekilde küme şeklinde düzenlenecek ve daha sonra eski haline getirilecek şekilde planlanmıştır. Aynı gün öğretmen adaylarıyla üniversiteye gidilerek tekrar bir toplantı yapılmıştır. Bu toplantıda öğretmen adaylarının hep birlikte oluşturdukları ilk tasarım görevi ile ilgili ders planı düzenlenerek son şekli verilmiştir. Sekiz öğretmen adayının her biri bir kere olacak şekilde dersleri yürütecektir ardından bu ders süreci ve ders planı bütün grupla incelenerek revizyon ihtiyacı olursa güncellenerek bir sonraki hafta başka bir öğretmen adayı tarafından mühendislik tasarım süreç döngüsü tamamlanana kadar uygulanacaktır. Bu toplantı da ilk hafta dersi anlatacak olan öğretmen adayı belirlenmiştir. 10.03.2022 tarihinde kule tasarımı görevi için öğretmen adayı dersin başında “Yer Kabuğu ve Dünya’mızın Hareketleri” ilgili teorik bilgiyi vererek mühendislik tasarım sürecini başlatmıştır. Daha önce planlandığı gibi toplam mevcudu 38 olan sınıftaki öğrenciler on farklı heterojen gruba ayrılarak onlara görevleri tanıtılmıştır. Öğrencilerin gruplarında bireysel ve grupla farklı çözüm önererek karar almaları sağlanarak prototip çizimi aşamasına gelmeleri sağlandıktan sonra ders sonlandırılmıştır. Bu dersin ardından yapılan toplantıda diğer öğretmen adaylarının gözlem ve görüşlerine dayanarak ders planının revize edilmesi gereken yerler belirlenerek tasarım sürecinin tamamlanması sağlamak için başka bir öğretmen adayı belirlenmiştir. 17.03.2020 tarihinde bu yeni kişi tasarım sürecindeki karar verme ve izim süreçlerini düzenleyerek, ürün tasarlama, sunma ve değerlendirme aşamalarını gerçekleştirerek bu tasarım döngüsünü tamamlamıştır.

• *Döngü Aşaması Oyuncak Üretimi (Kuvvet ve Hareket)*

24.03.2022 tarihinde ikinci tasarım döngüsünde de benzer bir uygulama süreci yürütülmüştür. Hazırlanan ders planları “Kuvvet ve Hareket” ünitesindeki “Kuvvetin Cisimler Üzerindeki Etkileri” konusunda bir öğretmen adayı ders planına uygun öğretim sürecini yürüterek dersin sonunda öğrencilerden bu konu ile ilgili verilen problem durumuna uygun (bir köy okuluna oyuncak yapacakları ve bunun malzemelerini kendilerinin belirleyeceği bildirilir. “Oyuncağın; sağlam, estetik, az maliyetli ve hareket ediyor olması gerekmektedir.”) çizim yapmalarını istenmiştir. Öğrencilerin dersin sonunda tasarımlarına karar vererek bir sonraki derste kendi seçtikleri malzemelerini getirip tasarımı gerçekleştirmeleri gerektiği belirtilmiştir. 31.03.2022 tarihinde grupça revize edilen ders planı ders imcesine uygun olarak yeniden planlanarak revize edilmiştir. Başka bir öğretmen adayı önceki ders yapılanları kontrol ederek çizimlerin eksik ya da hataları yerlerini değiştirerek öğrencilere tasarım döngüsünün ürün tasarlama kısmını gerçekleştirmiştir. 07.04.2022 tarihinde farklı bir öğretmen adayı tarafından revize edilen ders planı doğrultusunda diğer derslerin eksik ya da değiştirilmesi gereken kısımları düzenlenerek tasalanan ürünlerin sunulması ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

• *Döngü Su Çarkı İnsan ve Çevre)*

27.04.2022 tarihinde başlanan üçüncü tasarım döngüsünde “İnsan ve Çevre” ünitesi “Canlılar ve Yaşam” konu alanı ile ilgili tıpkı ikinci döngüdekine benzer bir süreç yürütülmüştür. Bu konu ile ilgili ders imecesi yöntemine uygun olarak hazırlanan ders planı farklı bir öğretmen adayı tarafından uygulanmıştır. Burada verilen problem durumuna (sizler geleceğin mucitleri olarak kendinizi düşünün ve bir mühendis gibi düşünüp tasarımlarınızı bu yönde geliştirin; suyun gücünden yararlanarak hareket elde edebileceğiniz, motorsuz enerji üreteceğiniz, az maliyetli, dayanıklı bir su çarkı yapmanızı istiyoruz.) uygun gerekli öğretim süreci tamamlandıktan sonra dersin sonunda öğretmenlerin verdiği malzemeler doğrultusunda tasarım prototipi çizimleri istenmiştir. Malzemelerini getirerek tasarımı gerçekleştirmeleri belirtilmiştir. 11.05.2022 tarihinde grupça revize edilen ders planı ders imecesine uygun olarak benzer şekilde yeniden planlanarak revize edilmiştir. Farklı bir öğretmen adayı tarafından kontrol edilerek ürün tasarlama kısmını tamamlanmıştır. 15.05.2022 tarihinde ise tasarım döngüsünün son aşaması son öğretmen adayı tarafından uygulanmıştır. Grupça revize edilen ders planı doğrultusunda önceki derslerin geliştirilmesi gereken bölümleri düzenlenerek ürünlerin tasarlanması tamamlanarak sunulması ve değerlendirilmesi sağlanmıştır.

2.5. Veri Analizi

Öğretmen adayları, öğrencilerin bu süreçte nasıl öğrendiğini incelemek için günlükler ve gözlem notları tutmuştur, ayrıca onlarla görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler içerik analiz ile analiz edilmiştir. Nitel araştırmalarda içerik analizi verilerin kodlama çerçevesinde ele alındığı betimsel bir araştırma yöntemidir (Snelson, 2016). İçerik analizinde araştırmacılar belirli fenomenler için yeni kavrayışlar sağlayarak bunlar hakkındaki anlayışlarını artırır (Krippendorff, 2013). Bu kapsamda analizin yapılması için öncelikle veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı okunarak kod listesi elde edilmiştir. Kodlayıcılar arası güvenilirlik hesaplaması için araştırmacılar aynı veri setinin bir bölümünü bağımsız kodlayarak karşılaştırma yapmıştır ve Uyum değeri .84 olarak hesaplanmıştır. Bu katsayı için Miles ve Huberman’a (1994) göre 0.80 ve üzeri olduğu için istenen düzeydedir. Bu aşamadan sonra araştırmacılar kod listesi oluşturmaya devam etmiştir ve benzer olan kodları birleştirilerek kategori ve temalarda anlaşılmıştır. Gözlem ve görüşmelerden elde edilen veriler incelen durumu betimlemek için bütüncül bir bakış açısıyla analiz edilerek raporlaştırılmıştır. Bu kapsamda, verilerin analizi aşamalı ve sistematik olarak yürütülmüştür: Öncelikle veri seti iki araştırmacı tarafından bağımsız şekilde okunmuş ve anlamlı ifadeler işaretlenerek ilk kodlar çıkarılmıştır. Kodlama süreci, alan yazında önerildiği üzere tekrarlamalı ve aşamalı bir biçimde yürütülmüş; belirlenen anlam birimleri kodlanmış ve benzer kodlar birleştirilerek kategori ve temalar oluşturulmuştur. Kodlayıcılar arası güvenilirlik için veri setinin yaklaşık %20’sini kapsayan bir bölüm bağımsız olarak kodlanmıştır. Bu bölüm, farklı ders haftalarına ait yansıtıcı günlükler, gözlem notları ve görüşme transkriptlerinden seçilen örnekleri içermekte olup, veri setinin çeşitliliğini temsil edecek şekilde düzenlenmiştir. Toplamda 64 yansıtıcı günlük ve gözlem kaydı ve 8 görüşme transkripti bu bölümde yer almış, bu görüşme transkriptleri her bir öğretmen adayı için süreç boyunca belirli aralıklarla elde edilen görüşmelerin birleştirildiği dokümanlardır. Örneğin ÖA1 için haftalık yansıtıcı günlük ve gözlem notları incelendikten sonra bunlarla ve genel süreçle ilgili ayrıntılı bilgi almak ve ifade ettiklerini daha iyi anlayabilmek için yapılan bütün görüşmeler ÖA1 kişinin görüşme dokümanında depolanarak hem öğrencilerin farklı öğrenme süreçlerini hem de öğretim uygulamalarındaki değişkenlikleri yansıtacak kapsamda seçilmiş ve analiz edilmiştir. Kodlayıcılar arası karşılaştırma sonucunda uyum değeri 0.84 olarak hesaplanmış ve Miles ve Huberman’ın (1994) önerdiği 0.80’in üzerinde olduğu için güvenilir bulunmuştur. Bu aşamadan sonra kod listesi tamamlanmış, benzer kodlar birleştirilerek kategori ve temalar belirlenmiş ve gözlem ile görüşme verileri bütüncül bir bakış açısıyla analiz edilerek raporlaştırılmıştır.

2.6. Geçerlik ve Güvenirlik

Çalışmanın geçerli ve güvenilir olması için sahip olması gereken birtakım özellikleri barındırması gerekmektedir. Yin (2014) durum çalışmalarının niteliğinin artırılması için yapı geçerliği, iç geçerliği, dış geçerliği yüksek ve güvenilir olması gerektiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada yapı ve iç geçerliği artırmak için çeşitleme kullanılmıştır. Merriam (2009) dört çeşit çeşitlemeden bahsetmektedir. Çoklu veri kaynağından yararlanmak, veri toplarken çoklu yöntem kullanmak, birden çok araştırmacının katılması ve çalışmada birden çok kuram kullanılması. Bu çalışmada da araştırma sürecine iki araştırmacı dâhil olmuştur. Çoklu veri kaynağından yararlanılmıştır. Gözlem notları, günlükler ve görüşmeler kullanılmıştır. Merriam'a (2009) göre iç geçerlikte doğrulanabilirlik, inanırılık güvenirliliğin oldukça önemli olduğunu belirtmiştir. Dış geçerlik için de ayrıntılı betimlemeler, durumun belirgin özellikleri belirtme, birden çok araştırma alanı kullanmak gerektiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada elde edilen verilerin kaynağı birçok kez doğrulanmıştır. Araştırmacı ve öğretmen adayı gözlem notları bu kişilerce teyit ettirilmiştir. Veri analiz sürecinde etkileşim kurulmuştur. Öğretmen adaylarının gözlem notları ve görüşleri ortamda bulunan araştırmacılar tarafından da onaylandıktan sonra analize dâhil edilmiştir. Bu durum çalışmanın inandırıcılığını da artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca incelenen durum araştırma sürecinde ayrıntılı şekilde betimlenmiştir.

Güvenirlik için durum çalışmalarında betimlenen durumlarla ilgili elde edilmiş olan sonuçlar başka araştırmacıların benzer yolları kullandıklarında benzer sonuçlara ulaşmalarını sağlamalıdır (Yin, 2014). Bu çalışmada araştırma süreci, veri toplama ve analiz süreci ayrıntılı şekilde betimlenmiştir. Verilerde analiz edilen kodlar verileri etiketlemekte ve analizi güçlendirmektedir. Bunun niteliğini artırmak için kodlayıcıların görüş birliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada (Miles ve Huberman, 1994) önerdiği şekliyle verilerin bir kısmı araştırmacılar tarafından ayrı kodlanmış ve daha sonra bir araya gelerek ortak görüş elde edilinceye kadar kod listesine devam edilmiştir. Sonunda ortak kodla bir araya getirilerek birleştirilmiştir.

3. Bulgular

Çalışmanın bulgularında çalışma boyunca uygulanan üç tasarım döngü süreci ile ilgili katılımcı gözlemleri ve görüşmelerinden elde edilen veriler analiz edilmiştir. Her tasarım döngü sürecinde karşılaşılan durumlar, ders imecesi yönteminden yararlanılarak öğretmen adaylarınca değerlendirilmiş ve revize edilmiştir. Bu kapsamda, mühendislik tasarım döngüsünde verilen problem ile ilgili yapılan araştırmalardan sonra; ortak çözüme karar verme, prototip çizimi, uygulama ve test etme aşamaları ile birlikte karşılaşılan sorunlar ve öneriler kodlanarak kategorize edilmiş ve belirli temalar altında birleştirilmiştir. Bütün bulgular; öğretmen adaylarının yansıtıcı günlükler, gözlem notu ve görüşmeler birlikte değerlendirilerek analiz edilmiştir, elde edilen doğrudan alıntılarının kaynağı açıklamalarda belirtilmiştir.

3.1. Ortak Çözüme Karar Verme Süreci İle İlgili Bulgular

Bu bölümde ilkökul öğrencilerinin, mühendislik tasarım döngüsünde verilen problem durumuna yönelik mühendislik tasarım süreç döngüsünün başında yer alan; problemin/ihtiyacın tanımlanması, problem için araştırma yapmak, çözüm önerileri geliştirmek ve en iyi çözümü seçmek için gerekli olan ortak karar verme süreçleri ile ilgili bulgular üç tasarım süresince [Tablo 2](#)'de değerlendirilmiştir.

Tablo 2. *Ortak Karar Verme Süreci*

Tema: Ortak Karar Verme Sürecinde Grup Etkileşimi ve Karara Ulaşma		
Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 1	Ortak çözüm süreci Grup kararı	Baskın öğrenci Pasif öğrenci İşbirliği Fikir ayrılıkları Ortak çözüm Grup tartışmaları
Tasarım 2	Ortak karar verme farkındalığı Karar kriter uyumu Güçlenen Grup dinamiği En uygun çözüm önerisi	Kriter Etkileşim Grup tartışmaları Aktif öğrenci Farklı fikirler Ortak karar fikri Benimsenen fikir Aykırı fikir
Tasarım 3	Grup kararı etkisi Grup iş birliği Grup oylaması	Söz hakkı Oy çokluğu İşbirliği Fikir belirtme Tartışma Açıklama Karara Ulaşma

Tablo 2’de yer alan “Ortak Karar Verme Sürecinde Grup Etkileşimi ve Karara Ulaşma” temasındaki bulgular incelendiğinde; öğrencilerin problem durumuna uygun çözüm önerilerinde ortak karar verebilmeleri ile ilgili birinci tasarım döngüsünün ortak çözüm aşamasında; öğrencilerin gruplarda genellikle fikir ayrılıkları yaşandığı buna rağmen öğrencilerin ortak karar alma ve ortak çözüm önerileri bulmaya çalıştıkları ifade edilmiştir. Bununla birlikte bazı gruplarda baskın öğrencilerin kendi fikirlerini zorla kabul ettirmeye çalıştığına dair dikkat çekici bir bulgu bulunmaktadır. Bu, grup içindeki etkileşim dinamiklerinin nasıl şekillendiğini gösteren önemli bir ipucudur. Çünkü gruplardaki belirli öğrencilerin ön plana çıkmaya çalıştığı gözlenmiştir. Genel olarak gruptaki öğrencilerin kendi aralarında çözümün nasıl olması gerektiği hakkında etkileşim kurmaya çalıştıkları da belirtilmiştir. Pedagojik açıdan incelendiğinde öğrencilerin grup etkileşiminde baskın ya da pasif olması grup dinamiklerini etkilemektedir. Baskın öğrenciler liderlik özellikleri ile diğer öğrencilerin düşüncelerini engelleyebilir, katkı sağlamalarını sınırlandırabilir; pasif öğrenciler gruptaki etkileşimde geri planda kalırsa iş birliği sürecine dâhil olma tutumları olumsuz etkilenebilir ve öğrenme süreçlerini sınırlandırabilir. Sosyolojik olarak kendilerini de diğer öğrencilerden soyutlayarak dışlanmışlık hissi oluşabilir. Bu durum sınıfın sosyolojik yapısına da zarar verebilir. Dolayısıyla açığa çıkan bu bulgular uygulamalarda düzenlenmesi gereken süreçleri açığa çıkarmıştır. Bu durumu bazı öğretmen adayları yapılan görüşmelerde;

ÖA1 “Bazı gruplar ortak bir karara varmaya çalışırken bazıları da ortak bir karara varamadı.”

ÖA3 “Grup içinde özellikle kendi fikrini kabul ettirmeye çalışan ön plana çıkan öğrenciler vardır.” şeklinde belirtmiştir.

Birinci tasarım döngüsünde, grup içindeki dinamiklerin genellikle baskın öğrenci ve fikir ayrılıkları ile şekillendiği görülmüştür. Grup tartışmalarının ve iş birliğinin de fikir ayrılıklarının aşılması için gösterilen çabalardan olduğu gözlenmiştir. Ancak her bir grup için bu süreçler farklı işlediğini de belirtmek gerekir.

İkinci tasarım döngüsünde, öğrencilerin ortak karar alma sürecinin önemini daha net bir şekilde ifade edebildikleri ve grup dinamiklerinde belirgin bir gelişim gözlemlenmiştir. Öğrenciler bu süreçte birbirleriyle daha fazla etkileşimde bulunmuş, farklı fikirler üzerinde tartışmış ve ortak kararlar almaya yönelik daha fazla farkındalık geliştirmişlerdir. Ancak, öğrencilerin problemin içeriğindeki kriterleri göz ardı etmeleri ve en iyi çözüm önerisine karar verme konusunda zorlanmaları, tasarım sürecinde karşılaşılan önemli zorluklardan birini oluşturan dikkat çekici bulgulardandır. Bu süreçte, öğrencilerin belirtilen hangi faktörlere dikkat etmedikleri ve bu durumun oluşma nedenleri onlarla paylaşılma ihtiyacı doğmuştur.

Son tasarım döngüsünde öğretmen adayları, öğrenci gruplarının genel olarak etkili bir ortak çözüm süreci ve prototip çizimi gerçekleştirememiş olmasına rağmen gruplarda sürecin başından beri en iyi etkileşim ortamı sağlandığı açıklamıştır. Bu döngüdeki ilerleme, grup içi etkileşimin ve iş birliğinin bu süreçte nasıl geliştiğiyle doğrudan bağlantılıdır. Ayrıca, gruptakilerin birbirlerinin fikirlerini ılımlı bir şekilde dinleyerek oy çokluğu ile ortak kararlar alma ve işbirlikçi çalışma konusunda etkili bir süreç yaşadıkları ifade edilmiştir. Grup içindeki pasif öğrencilerin projeye katılmama ve sessiz kalma eğilimleri özellikle projeyi tamamlama sürecini önemli şekilde etkilemektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında araştırmacıların genel kanaati, bazı gruplardaki baskın karakterdeki öğrencilerin gruba hâkimiyet kurma isteği, sınıfın var olan dinamiğinde alışılmış bir dinamizmin olması en önemli neden olarak gösterilebilir. Bunun dışında, bazı öğrencilerin etkinliklere ve çizimlere olan ilgisizliği, bazılarının fikirlerinin görmezden gelinmesi ve öğretmen adaylarının projenin gerçekleştirilmesinde daha çok dikkat edip bu faktörleri gözden kaçırmış olmaları neden olarak gösterilebilir. Üç tasarım döngüsünde açığa çıkan durum, bu MTTÖS’nde esas önemli olanın grup içi ve bireysel görev ve sorumluluk dağılımlarının dengeli olmasını sağlamak, iş birliği içinde ortak hareket etme gibi eylemler olması gerektiğidir. Tasarım süreçlerinde bu farkındalığın geliştiği söylenebilir. Bu karşılaştırmalar ile birinci döngüden üçüncü döngüye geçişteki evrimsel süreç, grup içindeki etkileşimlerin, liderlik dinamiklerinin ve öğrencilerin problem çözme becerilerinin nasıl geliştiğinin daha net bir anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Özetle, tasarım döngüleri arasındaki gelişimde özellikle öğrencilerin grup içi etkileşimleri ve problem çözme becerileri giderek daha etkili hale gelmiştir, işbirlikçi çalışmada önemli bir ilerleme kaydedilmiştir; ancak bazı gruplarda hala zorluklar yaşandığı da gözlenmiştir.

ÖA5’nin bununla ilgili şöyle bir gözlem notu bulunmaktadır. “*Gruplar içerisinde projeye dâhil olmak istemeyenlerin olması, aynı projeyi yapmaya yeltenmeler biraz zorluk çıkarttı. Çocuklar içerisinde dışlanmalar yoktu ancak sessiz kalmak isteyenler grubun da pasifleşmesine neden oluyordu. Bu durum üzerine öğretmen arkadaşlarla gruplar üzerinde durulmaya çalışıldı. Projenin tamamlanabilmesi için yardımcı olundu.*”

Öğrencinin ifade ettiği gibi projeye katılmak istemeyen öğrencilerin motivasyonunu artırmak ve grup dinamiğini güçlendirmek için çeşitli stratejiler kullanmışlardır. Bunlar arasında motive edici konuşmalar, gruplar arası sunumlarda öne geçebilme fırsatları ve öğrencilerin daha aktif roller alması bulunmaktadır. Ayrıca, öğretmen adayları öğrencilere rehberlik ederek bireysel destek sağlamış, çeşitli materyaller kullanarak öğrencilerin ilgisini çekmiştir.

3.2. Prototip Çizimi ile İlgili Bulgular

Bu kısımda öğrencilerin, mühendislik tasarım süreci döngüsünde karar verdikleri çözümün gerçekleşmesi için çizdikleri prototip süreci [Tablo 3](#)’te değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Prototip Çizimi

Tema: Prototip Çizim Sürecinde Bireysel ve Ortak Yaklaşımlar		
Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 1	Bireysel çizimlerin tasarıma uygunluğu Çizimlerde bağımsız olma isteği Çizim aşamasında karar verme Grup prototipinin çizilmesi	Çizime uyma Bireysellik Grup etkileşimi
Tasarım 2	Ayrıntılı prototip çizimi Bireysel prototip çizimi Grup prototip çizimi Çizimlerde detay farkındalığı	Araştırma Çözüm önerisi Detaylı çizim Açıklama Bağımlı tasarım Uyum Grup kararı Grup çizimi
Tasarım 3	Bireysel prototip çizimi Grup prototip çizimi Benzer çizimler Fikir alışverişi Problem çizim bağlantısı Problemin çalışma mekanizması	Farklı çizimler Kopya Yetersiz çizim Düşünmemek Fikir alışverişi Bağlantısızlık Önemsizlik Başka fikirlere uyum

Tablo 3'te yer alan "Prototip Çizim Sürecinde Bireysel ve Ortak Yaklaşımlar" teması ile ilgili bulgulara bakıldığında birinci tasarım döngüsünün prototip çizim aşamasında öğretmen adayları, grupça karar verilen tasarımın geliştirilmesine uygun olan ve olmayan bireysel çizimlerinin olduğu belirtilerek, ortak grup kararı ile prototip çizimi sayısının az olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte bazı öğrencilerin grup çiziminden vazgeçerek tek başlarına ayrı çizimler yapmaya başladıkları için iş birliğinin bozulduğu durumlara rastlandığı gözlenmiştir.

Bu durumu ÖA2 yapılan görüşmede, "*Çizimlerde başarılı oldukları söylenemez fakat çizimi yapmaya gayret edenler kadar hemen pes edenlerde oldu. Bazıları gruptan bağımsız sadece tek başına çizim yapmaya çalışıyordu buda grupta iş birliğini bozuyordu.*" şeklinde ifade etmiştir.

İkinci tasarım döngüsünde, öğrenciler sınıf ortamında bireysel prototip çizimi gerçekleştirdikten sonra gruplarla ortak prototip çizimi gerçekleştirmiştir. Bunu yaparken çoğu grubun bireysel çizimlerden esinlendikleri onlardan birini seçme eğiliminde oldukları görülmüştür. Buna rağmen grup çizimi konusunda daha uyumlu oldukları ifade edilmiştir. Bu tasarım sürecinde önceki tasarıma göre prototipten bağımsız tasarım yapan grup sayısında azalma olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu problem durumunda öğrencilerin gruplardaki aktiflik oranı, projeye duyulan özen ve ilgilerinin arttığı gözlenmiştir. Öğrencilerin bir önceki çizim sürecine göre çizimlerinde detayların yer aldığı da vurgulanmıştır.

ÖA6 ile yapılan görüşmede, "*Başlarda herkes yaratıcılığı kullanarak bir çizim yaptı. Daha sonra gerekli açıklamalar yapıldıktan sonra her grup kendi fikirlerini ortaya koymaya çalıştı ve ortak bir grup çizimi yapıldı. Grup adı, kişilerin adı ve tarih atıldı prototip çizimine. Kim hangi fikri belirtmişse çizim konusunda çizimin yapıldığı kısımlara yazıldı.*" ifadesini açıklamıştır.

Üçüncü tasarım döngüsünde, öğrencilerin bireysel ve grup prototip çizimleri gerçekleştirilirken probleme uygun bir içerik hazırlamakta zorlandıkları belirtilmiştir. Gruptaki öğrencilerin birbirine benzer içerikte çizimler yaptığına vurgu yapılmıştır. Öğrencilerin su çarkının çalışma mekanizmasını anlamakta zorluk yaşadıkları için konu alan bilgileri eksik kalmış ve dolayısıyla

prototip çiziminde zorlandıkları gözlenmiştir. Özellikle motorsuz enerji üreten bir su çarkının nasıl yapılacağı konusunda bilgi eksikliği olduğunu ve bu çarkın somutlaştırılmadan yanlış çizimler ve ürünler oluşturdıkları tespit edilmiştir. Öğretmen adayları bu aşamada, öğrencilerin kazanımlarla ilgili hazırbulunuşluklarının dikkate alınarak daha detaylı ve açıklayıcı somut materyallerden yararlanılması fikrinin benzer sorunların önüne geçebileceğini ifade etmiştir.

Bu görüş ile ilgili öğretmen adaylarının ÖA2 benzer şekilde “*Bireysel olarak iyi tasarımlar yapan öğrencilerin yanında çoğunun konunun zorluğundan dolayı çok fazla anlayamadıklarını ve bunu somutlaştırmadıklarının farkına vardım ayrıca onların hazırbulunuşlukları çark yapma konusunda yeterli değildi ve konunun karmaşık olması anlamalarını zorlaştırdı.*” görüşünü açıklamıştır.

Birinci tasarım döngüsünde öğrencilerin çoğunluğu daha çok bireysel çizim yaparak grup etkileşimini göz ardı etmiştir. İkinci tasarım döngüsünde bireysel çizimlerle birlikte ortak çizim sürecinde gelişmeler gözlenmiştir. Ancak üçüncü tasarım sürecinde tasarlanacak ürün ile ilgili konunun anlaşılabilmesi ve somutlaştırılamaması gibi sebeplerden dolayı genel olarak zorlanmalar yaşanmıştır. Genel olarak bu tasarım döngüsünde bireysel ve grupla prototip çizimi pedagojik açıdan incelendiğinde, bireysel çizimler grup dinamiğini ve iş birliğini etkilemiştir. Bireysel çizimler öğrencilerin bireysel fikirlerini açıklamalarına fırsat tanımış ancak grup içi iş birliğini zayıflatabilmiştir. Grup çizimleri ise öğrencilerin birlikte ortak bir hedefe ulaşmak için çalışmalarını sağlamış ve iş birliği becerilerini geliştirmiştir.

3.3. Tasarımın Uygulanması ve Test Edilmesi

Bu bölümde öğrencilerin mühendislik tasarım döngü sürecindeki çizilen prototiplere uygun olarak tasarlanan ürünün oluşturulması, çözümleri test etmek ve değerlendirmek, çözüm iletişimi, yeniden tasarlamak/revize etmek, kararın tamamlanması ve test edilmesi süreci [Tablo 4](#)'te değerlendirilmiştir.

Tablo 4. *Tasarım Uygulama Süreci*

Tema: Tasarım Uygulama Sürecinde Öğrenci Deneyimleri ve Sorun Çözme Yaklaşımları		
Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 1	Uygulama süresi	Ek malzeme
	Malzeme Kullanımı	Kritere uygun olmayan kullanım
	Tasarımın sunumu	Hesaplama hata
		STEM disiplinlerine yer vermeme
Tasarım 2	Uygulama süresi	Uygun
	Malzeme Kullanımı	Tasarruf
	Tasarımın sunumu	Etkili
		Aşamalara uygunluk
		Kriterler
		Sunum
		Test etme
		Disiplinler arası yaklaşım
Tasarım 3	Uygulama süresi	Bilinçsiz kullanım
	Malzeme Kullanımı	Aksaklık
	Tasarımın sunumu	Çözüm odağı
		Hataları fark etme

[Tablo 4](#)'te yer alan “Tasarım Uygulama Sürecinde Öğrenci Deneyimleri ve Sorun Çözme Yaklaşımları” ile ilgili bulgulara, birinci tasarım döngüsünün uygulama aşamasında öğretmen adayları, kararlaştırılan ortak çözüm önerisi ve buna uygun hazırlanan prototiplerden sonra öğrencilere verilen malzemelerle tasarımlarını oluşturmalarının yaklaşık 40-50 dakika sürdüğü belirtmiştir. Öğrencilere malzemeler önceden verilmesine rağmen ek malzeme talep eden grup sayısının oldukça fazla olduğu ifade edilmiştir. Tasarım sunumlarında sınıftaki öğrencilerle

birlikte üretilen tasarımın problemin kriterlerine uygunluğunun test edildiği ve birçok tasarımın revize edilmesi gerektiğine karar verildiği belirtilmiştir. Bu döngüde, tasarım sunum sürecinde STEM disiplinlerine yeterince yer verilmemesi ve malzeme kullanımında yapılan hesaplama hataları gibi sorunla ön plandadır. Bu sorunların çözümü için öğrencilere, STEM disiplinlerinin tasarım sürecindeki rolü hakkında ek bilgiler verilerek rehberlik sağlanabilir. Tasarım kriterleri daha açık şekilde tanımlanarak nasıl uygulanacağına dair ayrıntılı bilgiler sunulabilir. Malzemelerin nasıl kullanılacağı konusunda daha fazla rehberlik edilerek bunu verimli kılacak stratejiler öğretilmelidir.

ÖA3 bir gözlem notunda; *“Bir ders saati içerisinde tamamladılar. Başta çizdikleri prototipe uygun hareket edilemedi.”* şeklinde açıklamada bulunmuştur. Öğretmen adayı gözlemi ile ilgili yaptığı açıklamada, *“38 kişilik sınıftaki öğrencilerin birinci tasarım döngüsünde, öğrencilerin %60'ı ek malzeme talep ettiği, %40'ının başta çizdikleri prototipe uymadığını belirtmiştir. Ayrıca öğrencilerin büyük bir kısmı, daha önce benzer projelerde yer almadığını ve malzeme yönetimi konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını”* ifade etmiştir.

İkinci tasarım döngüsünde, grupların tasarım döngüsü aşamalarına uyarak karar verilen prototipi üretmeye çalıştıkları belirtilmiştir. Ayrıca bu döngüde farklı olarak öğrencilerin kendi getirdikleri malzemelere göre çözüm önerileri düşünüp buna uygun prototip çizdikleri ifade edilmiştir. Öğrencilerin malzemeleri uygun ve tasarruflu bir şekilde kullandığı gözlenmiştir. Tasarımlar sunulurken problemin kriterlerine uygun üretilip üretilmediği vurgulanmıştır. Öğrencilerin sunum sırasında çizimlerini sınıfa göstererek kullanılan malzemelerin neler olduğu, nasıl kullanıldığından ve işlevinden bahsettikleri ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin tasarımın özelliklerinin konu ile bağlantısı üzerinde durdukları, geometriden, matematikten, fen bilgisinden nasıl yaralandıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Dikkat çeken bir açıklamada tasarım fikrinin geliştirilmesinde her öğrencinin hangi fikrinden yararlandığının belirtilmesi olmuştur.

ÖA4 *“Benim bugün gözlemlediğim dört kişiden oluşan gruptaki öğrenciler kendi aralarında tasarımı nasıl oluşturmaları gerektiğini tartıştı. Materyal yapılışı esnasında alınan bazı kararlardan vazgeçip başka karara vardıklarını gözlemledim. Genel olarak öğrenciler arasında iş birliği yapıldığını söyleyebilirim.”* şeklinde bir görüş belirtmiştir. Öğretmen adayı bu gözlemle ilgili yaptığı açıklamada yaklaşık on dakika boyunca öğrencilerin ortak karar verme konusunda aralarında tartıştığını belirtmiştir.

Bu döngüde önceki süreçte karşılaşılan sorunları gidermek için birinci döngü sonunda öneriler dikkate alınarak ders süreci revize edilmiştir. Özellikle öğrencilerin kendi belirledikleri ve getirdikleri malzemelerle çizdikleri prototiplerin ve ürün sürecinin daha etkili olduğu görülmüştür. Öğrenciler malzemeleri tasarruflu ve uygun şekilde kullanmış, tasarımlarını sunarken STEM disiplinlerine vurgu yapmıştır. Yani öğrencilerin iş birliği içinde daha etkili ve aşamalara uygun tasarımlar ürettikleri yorumunda bulunulabilir. Son tasarım döngüsünde, üretilen tasarımın uygulanması ve sunulması yaklaşık iki ders saatinde gerçekleşmiştir. Bu tasarımda öğrencilerin belirlenen problem durumuna uygun çözüm önerisi üretmekte zorlandıklarına dikkat çekilmiştir. Öğrencilerin bir çarkın çalışma prensibinin ne olduğu konusunda uzlaşıya varmaları epey zaman almıştır. Ayrıca malzeme kullanımında ölçüsüz davrandıkları görülmüştü. Bununla birlikte öğrencilerin tasarım sürecindeki eksiklikleri daha hızlı bir şekilde fark ederek çözüme odaklı konuşmalar gerçekleştirdikleri de ifade edilmiştir. Öğrencilerin tasarımlarını sunarken problemin içinde yer alan kriterleri dikkate aldıkları dikkat çeken durumlardan biri olmuştur.

ÖA2 bununla ilgili gözlem notunu: *“Tasarım sunumunda heyecanlıydılar. En doğru şekilde aktarmaya çalıştılar. Projelerinin ölçütlere uygun olduğu vurgulamaya çalışarak doğru adımlar attıklarını aktarmaya çalıştılar. Sunum konusunda pek hata gözlemlemedim sadece süre yetersizliğinden dolayı hızlı ilerlemek durumunda kaldık.”* şeklinde açıklayarak *“Bu gözlemden sonra öğretmen adayı sunum yaparken on farklı grup*

için bir ders süresinin yeterli süre kalmadığını, bazı grupların teneffüste de devam ettiğini ama bu konuda oldukça istekli olduklarını” ifade etmiştir.

Genel olarak üç tasarım döngüsü boyunca, öğrencilerin bireysel ve grup prototip çizimlerinde yaşadıkları zorluklar ve iş birliği süreçlerindeki değişimler olumlu yönde olmuştur. Üç tasarım döngüsü süresince öğrencilerin problem çözme ve iş birliği becerilerinde belirgin gelişmeler gözlenmiştir. İlk döngüde, öğrenciler malzeme kullanımı ve iş birliği konusunda bazı zorluklar yaşasalar da ikinci döngüde öğrenciler daha uyumlu çalışmış ve malzemeleri daha verimli kullandıkları görülmüştür. Üçüncü döngüde ise, öğrenciler su çarkının çalışma prensibini anlamakta zorlanmışlardır fakat eksiklikleri hızlı fark ederek çözüme odaklanmışlardır. Kısacası bu sürecin öğrencilerin grup dinamiği oluşturma, iş birliği ve problem çözme becerilerine katkı sağladığı yorumu yapılabilir. Ancak süreçte karşılaşılan sorunların oluşmasında tasarım kriterlerine uygun çalışmanın zorluğu (öğrenciler kriterleri dikkate almadan sonuca odaklandığı, kriterlerin ne anlama geldiğini ve neden önemli olduğu bilincine sahip olmadıkları görülmüştür), konu alan bilgisi eksikliği, öğretim materyallerinin eksikliği, yetersiz rehberlik, malzeme yönetimi ve planlama becerilerinin yetersizliği (malzeme seçiminde dikkatsizlik, kriterlere uygun olmayan tercihler, matematiksel hesaplamalara dikkat edilmeden kullanılan materyaller ve çizim için gerekli olan materyallerini kullanmama) gibi sebepler gösterilebilir. Bu sorunları gidermek için öğretmen adayları ders imcesi yöntemiyle revizyonlar gerçekleştirilmeye çalışmıştır.

3.4. Tasarımın Uygulanması ve Test Edilmesi

Bu bölümde öğrencilerin, mühendislik tasarım döngü süreçlerinde karşılaşılan sorunlar [Tablo 5](#)'te değerlendirilmiştir.

Tablo 5. Karşılaşılan Sorunlar

Tema: Tasarım Sürecinde Karşılaşılan Bireysel, Grup ve Çevresel Güçlükler		
Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 1	Prototipe uygunluk	Fikirlerde uzlaşamama
	Kriterlere uygunluk	Farklı fikirler
	Malzeme kullanımı	Ayrı kararlar
	Grup çalışmasına bağlılık	Bağımsızlık
		STEM disiplinlerine yer vermeme
		Matematiksel güçlük
Tasarım 2		Farklı görüşlerin varlığı
	Fikirlerin benzerlik durumu	Gürültü
	Çizim süreci	Sıraların yakınlığı
	Sınıf mevcudu	Çizimlerde zorluk
		Hayal kırıklığı
		Düzensiz sınıf
Tasarım 3		Kriterlere uygun
	Çizimlerin uygunluğu	Kriteri dikkate almama
	Tasarımın transferi	Zorlanma
	Etkili iletişim	Somitlaştırmama
	Fiziksel şartlar	Kalabalık
		Gürültü
		İletişim

[Tablo 5](#) incelendiğinde, “Tasarım Sürecinde Karşılaşılan Bireysel, Grup ve Çevresel Güçlükler” temasında birinci tasarım döngüsünde karşılaşılan sorunlarda öğretmen adayları, öğrencilerin ortak çözüme karar verilmesinde ve grup prototiplerinin oluşturulmasında fikir ayrılıklarının, bağımsız karar alma, STEM disiplinlerine yer verilmeden çözüm üretilme gibi sorunların sıklıkla yaşandığı belirtilerek üretilen tasarımların birçoğunun başta çizilen

prototiple uyumlu olmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin problemin çözümü için istenen kriterlerde verilen malzemeleri hesaplamada sorunlar yaşadığı ve matematiksel düşünme süreçlerinde sıkıntı yaşadıkları için ek malzeme istedikleri belirtilmiştir. Öğretmen adayları yaşanan bu sorunlarla ilgili yaptıkları toplantılarda sürecin yeni olması ve öğrencilerin tasarım döngü aşamalarına dikkat etmeden sonuç odaklı davranmalarının zamanla aşılabacağı kanaatine varmışlardır. Bu durumları değiştirmek için ders planı revize edilerek sürece devam edilmiştir.

İkinci tasarım döngüsünde önceki süreçte yaşanan sorunlar azalmakla birlikte en çok dikkat çeken sorunların grup içerisinde farklı fikirlerin mevcut olmasının asıl çözüm önerisine karar vermede zorluk yaşanmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Benzeri durumun öğrencilerin çizim aşamasında zorlanmasına ve sıkılmasına neden olduğu açıklanmıştır. Bu durumun yaşanmasında sınıf mevcudunun kalabalık ve sınıf fiziksel ortamının uygun olmamasından dolayı küme çalışması için hazırlanan sıra düzeninde öğrencilerin fikirler konusunda birbirinden esinlenebilmesini kolaylaştırdığı yorumunda bulunulabilir.

Bu durumla ilgili ÖA1 “*Bu süreçte karşılaşılan sorunlar, geçen hafta olduğu gibi sınıfın kalabalık olması ve dolayısıyla etkili iletişimin olamaması, yapılması istenilen tasarımın yeterince açıklanmaması veya öğrencilerin anlayamaması veya bu tür projelere yabancı olmaları.*” şeklinde görüşünü açıklamıştır.

Üçüncü tasarım döngüsünde, bu tasarım sürecinde de sınıfın fiziksel durumu ve sınıfların kalabalık olması sınıf yönetimi açısından olumsuzluklar barındırdığı ifade edilmiştir. Tasarım sürecinde özellikle çizim aşamasında bireysel çizimlerde çok çeşitlilik sağlanamamış öğrencilerin birbirinin fikirlerinden esinlendikleri görülmüştür. Öğrencilerin yapılan çizimlerin de uygulamada nasıl hayata geçirileceği kısmında zorlandıkları görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin prototip çizimi, ürün taslağını elde etme ve malzeme belirleme aşamalarında birtakım sıkıntılar yaşadığı belirtilmiştir. Özetle, konunun birçok öğrenci tarafından anlaşılmaması ve zor bulunması tasarımın somutlaştırılmasını güçleştirdiği düşünülmektedir. Genel olarak karşılaşılan sorunlar önceki süreçlerdeki tecrübelerden yararlanılarak aşılmaya çalışılmıştır. Ancak STEM eğitim sürecinin okullarımızda ve sınıflarımızda fiziki şartlar, sınıf mevcutları, sınıfın sıra düzeni, ayrılan zaman, öğrenci ve öğretmen hazırbulunuşluğu, öğrenci gelişim özellikleri, konunun içeriği, öğretmen ve öğrencinin konu ve alan bilgi düzeyi gibi birçok durumla bağlantısı bulunmaktadır. Özellikle 21. Yüzyıl eğitim yaklaşımına uygun olan bu yaklaşımın gerçek sınıflarda hayat bulabilmesi için karşılaşılan bu durumlar araştırmacılara yol gösterebilir.

3.5. Tasarımın Uygulanması ve Test Edilmesi

Bu bölümde öğrencilerin, mühendislik tasarım döngüsünde süreci ile ilgili öneriler [Tablo 6](#)’da değerlendirilmiştir.

Tablo 6. *Süreç ile ilgili Öneriler*

Tema: Süreç Yönetimi, Katılım ve Uygulanabilirlik Açısından Öneriler		
Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 1	MTTFÖ aşamalarının sırası	Tasarım aşamalarına uyumsuzluk
	Kritere uygun Malzeme seçimi	Bilgi eksikliği
	İşbirlikçi Katılım	İşbirliği
	Ortak Çözüm Süreci	Kritere uygunluk
	Tasarımın Biçim Algısı	Malzeme durumu
	Çizim Aşaması	Biçim kaygısı
		Amaç
		Uygunluk
		Katılım
		Çizim aşaması

Tablo 6. *Süreç ile ilgili Öneriler (devamı)*

Tasarım No	Kategori	Kod
Tasarım 2	Fiziksel durum STEM disiplinleri vurgusu Çizim süreci detayları Süreç kontrolü Sınıf yönetimi	Oturma düzeni Sınıf kontrolü STEM disiplinleri Çizime uyma Farklı fikirlere Saygı Yaratıcılık Özgünlük Bireysel aktiflik Grup dinamiği
Tasarım 3	Kazanım içeriği Problemin anlaşılması Mühendislik süreci Derslerle bağlantı	Pratiklik Uygulanabilirlik Amaç Çalışabilirlik Diğer derslerde aktarma Kapsamlı anlatım Ürün üretme

Tablo 6’da yer alan “Süreç Yönetimi, Katılım ve Uygulanabilirlik Açısından Öneriler” teması incelendiğinde, birinci tasarım döngüsü ile ilgili öğretmen adaylarının önerilerinde, ilkökul öğrencilerin MTTÖS aşamalarına dikkat etmesi gerektiği özellikle prototip çizimi aşamasından sonra tasarım uygulama aşamasına geçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bireysel fikirlerin ve çizimlerin ardından grup kararı ve grup çiziminin oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır. İşbirlikçi katılım sağlanarak problemlerin çözülmesi gerektiği belirtilmiştir. Öğrencilerin problemin kriterlerinde biçim kaygısı yaşadıkları özellikle birinci problem durumunda yapılacak olan kulelerin estetik olmasına dikkat ettikleri ancak dayanıklılık ve kulenin katsayısı gibi kriterlere dikkat etmedikleri gözlenmiştir. Bu sebeple problemin amacının anlaşılması gerektiği ifade edilmiştir. Çizim konusunda zorlanan öğrenciler için ek çizim ödevleri verilebileceği de önerilmiştir.

İkinci tasarım döngüsünde, sınıf yönetiminin sağlanmasında zorluk yaşadığı için sınıf mevcudu ve oturma düzenine yönelik bir düzenleme yapılabileceğini belirtilmiştir. STEM disiplinlilerinden yararlanma sürecinin daha çok ön plana çıkarılabileceği ifade edilmiştir. Bunun için öğrencilerin matematik, fen ve geometrinin hangi kısımlarda kullanıldığının farkında olmaları sağlanabileceği önerilmiştir. Özellikle grupların karar verdikleri prototip çizimine süreç sonuna kadar sadık kalmalarına özen göstermeleri ve farklı bakış açıları kazanmalarına destek verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çizim aşamasında ise daha özgün, yaratıcı olmalarını sağlamalı ve tüm bireylerin işin içine dâhil edilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin duygularını ve hayal gücünü kullanarak çizimini yaptıktan daha sonra buna uygun malzeme seçerek tasarımı gerçekleştirmeleri gerektiği de önerilmiştir.

Bu durumu ÖA1 yapılan görüşmede şu şekilde ifade etmiştir: “Ortak bir portatif çizimlerine, bu portatif doğrultusunda çalışmalarını yapmaları ve grup halinde işbirlikli olarak çalışmalarını gerektiği konusu üzerinde durulmalıdır.”

Üçüncü tasarım döngüsünde, bu ve benzeri uygulamaların daha anlaşılabilir olması için diğer derslerle bütünleştirilip uygulama sayılarının artırılması gerektiği ifade edilmiştir. Yapılacak olan proje içerikli derslerde konunun daha kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde öğrenciye aktarılması gerektiği belirtilmiştir. Tasarımların kriterlere uygun olarak üretilip çalışabilir

olmasına özellikle dikkat edilip buna göre süreç yönetimi belirlenmesi ve daha geniş içeriklerde daha geniş sürelerde ele alınması gerektiği ifade edilmiştir.

Genel olarak öğretmen adaylarının yansıtıcı günlükleri ve gözlem notlarından derlenen bazı ifadeler şu şekildedir:

ÖA1 “Öğrencilerin STEM uygulamalarına olan ilgileri aslında birçok derste bu uygulamalar kullanılarak öğrenciyi daha aktif kılarak, yaparak yaşayarak öğreneceği ortam oluşturarak kalıcı öğrenmelerin gerçekleşebileceği konusunda bilgi sahibi olduk. Derslerde STEM uygulamalarını kullanmak insanın ufkunu açıyor, ders anlatırken tek bir yöntemin olmadığını öğretmiş oluyor.”

ÖA3 “Bence STEM çok fayda sağlayan çok yönlü gelişmeyi sağlayan bir çalışma fakat bizim ilgilendiğimiz grup ilkökul dördüncü sınıf olduğu için bence yeterli beceriye sahip olmamak ve gelişimleri çok iyi olmadığı için onlar için zor olduğunu düşünüyorum. Ama gözlemlerimize göre önceden düşünme konusunda çok fazla fikirler üretemeyen, çizimler konusunda vasat olan, uygulama aşamasında hemen çabucak pes eden, işbirlikli çalışamayan sürekli benim dediğim olacak diyen bir sınıf grubuyla karşılaşmıştık bu zamanla çok değişti.”

ÖA6 “Öğrencilere ilk hafta STEM’in matematik, fen, mühendislik, geometri vb. çalışma alanlarının birlikte kullanan bir teknik olduğunu öğrendiklerinde şaşırdılar, nasıl yapılacağını merak ettiler. STEM çalışmalarına başladığında en çok zorlanılan süreç çizim aşamasında gerçekleşti. Öğrenciler bu süreçte sıkıldılar, çizim yapmak istemediler, kopya çektiler, bireysel çalışmalarını grup çalışması olarak seçtiler.”

ÖA2 “Her hafta farklı farklı arkadaşlar anlatımı gerçekleştirdi ve bizlerde her çalışma sonrası incelemenizi raporlaştırıp hocamıza yolladık bunları çok iyi gözlemleyebilme fırsatına sahip olduk nasıl mı; mesela çizimler ilk günden bu zamana değin çok iyi düzeye geldi artık çizimler üzerine ne yapmak istediğini yazan maliyetine kadar hesaplayan bir boyuta ulaşmıştı, hemen yapamayacağını anlayıp pes eden gruplara sağladığımız moral motive ve onların diğer arkadaşlarının çalışmalarını göre göre pes etmemek gerektiğini fark etmişim.”

Üçüncü tasarım döngüsünde, öğrencilerin verilen problem durumuna uygun çözüm önerisi üretirken zorlandıkları, özellikle su çarkının çalışma prensibini anlamakta güçlük çektikleri ve malzeme kullanımında matematiksel hesaplamaları dikkate almayarak ölçsüz davrandıkları görülmüştür. Ancak, öğrenciler tasarım sürecindeki eksiklikleri daha hızlı fark ettikleri, çözüme odaklanarak tasarımlarını sunarken problemin kriterlerine dikkat ettikleri gözlenmiştir. Bu döngüde, STEM eğitiminin diğer derslerle bütünleştirilip uygulama sayılarının artırılması gerektiği ve tasarımların kriterlere uygun olarak üretilip çalışabilir olmasına özellikle dikkat edilmesi gerektiği açığa çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında sürecin başında; öğrencilerin büyük çoğunluğunun mühendislik sürecine alışkın olmadığı, STEM disiplinlerinin ve kazanımlarını dikkate almayarak, çizim aşamasını atlayarak, bağımsız kararlar alarak grup dinamiğini önemsemeden bir an önce ürünü oluşturmaya çalıştıkları eğilimleri dikkat çekmekteydi. Ancak sürecin sonuna doğru bu eğilimler azalarak devam etse de öğrencilerde mühendislik tasarım süreci aşamalarının önemi konusunda farkındalığı arttığı söylemek mümkündür. Öğrencilerin STEM eğitim ve MTTÖS ile ilgili yeterlik ve farkındalıklarını artırmak için öğretmen/öğretmen adaylarının sürekli şekilde mesleki gelişim eğitimleriyle desteklenmesi gerekir. Diğer derslerle STEM disiplinlerinin bilinçli şekilde bütünleştirilmesi sağlanarak iş birlikçi öğrenme ortamları tasarlanmalıdır. Ayrıca, proje tabanlı öğrenme modelleri kullanılmalıdır.

4. Sonuç ve Tartışma

Dünya genelinde STEM eğitim yaklaşımına artan yoğun ilginin yanı sıra bu eğitim için gerekli olan öğretim programının nasıl olduğu ve öğrenciler için ne ifade ettiği belirsizdir. Eğitimcilerin STEM eğitimini gerçekleştirmek için nasıl destekleneceğine yönelik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Holmlund vd., 2018). STEM eğitim sürecinin önemli bir kısmını oluşturan

tasarım temelli öğrenme (Design-Based Learning [DBL]) etkinliklerinin öğrenci başarısını artırdığı bilinmektedir. Ancak öğrencilerin bu öğrenmeleri diğer disiplinlerdeki kazananımlar aktarmada neler yapabileceği ile ilgili çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Delen ve Sen, 2023). STEM eğitimi planlarken kolektif anlamlandırma ve profesyonel diyalogların olması önerilmektedir (Holmlund vd., 2018). Bu çalışmada da öğretmen adaylarınca ders imecesi yönteminden yararlanarak STEM eğitim süreçlerinin ilkökul dördüncü sınıf fen bilimleri dersinde öğrencilerle uygulanması sonucunda elde edilen gözlem ve görüşme bulguları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen bulgulara göre çalışma sonuçları şu şekilde açıklanabilir:

Mühendislik tasarım temelli öğrenmeler ile öğrenciler, günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemlere farklı çözümler üreterek mühendis gibi düşünerek çözüm üretmekte ve kriterlere uygun tasarım yapma arayışındadır. Bu araştırma sonuçları; problemin belirlenmesi, problemle ilgili araştırma yapılması, olası çözümler üretilmesi ve en iyi çözüme karar verilmesi süreçlerinde ilkökul öğrencilerinin işbirlikli çalışmasında önemli ilerleme kaydedilmiş olduğunu ayrıca öğrencilerin grup içi etkileşimleri ve problem çözme becerilerini giderek daha etkili kullanmaya başladıklarını kanıtlamıştır. Anwari ve diğerlerinin (2015) STEM eğitiminin öğrencilere üst bilişsel düşünceleri geliştirmek için fırsat sunduğunu belirtmesi bu sonucu destekle niteliktedir. Buna ek olarak STEM eğitimi ile sınıfta farklı disiplin entegrasyonlarının anlaşılmasını sağlayarak fen bilimlerine karşı olumlu tutum geliştirmelerine yardımcı olabileceğini belirtmiştir. Hynes ve diğerleri (2011), mühendislik tasarım sürecinin bir şey inşa etmekten ziyade sorunlara kaliteli çözümler üreterek ürün geliştirmelerini amaçlamak olduğunu belirtmiştir. Bu amacı gerçekleştirirken etkili karar verebilmek için düşüncelerin organize edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada da uygulamaların benzer şekilde öğrencilerde bilinçli üretkenlik anlayışını ve farklı fikirlere saygı duymayı geliştirdiği düşünülmektedir. Adair (2000) karar vermek için problem ile ilgili bilgilerin toplanması, alternatif seçeneklerin belirlenmesi bu seçenekler arasından en uygun olanının seçilmesi ve uygulanması gibi aşamalardan bahsetmektedir. Etkili karar verme süreci için etkinliklerin buna uygun tasarlanması gerektiğini belirtmiştir. Bu tasarım sürecinde de her aşamada olduğu gibi ders imecesi yönteminden yararlanılarak öğrencilerin karar verme süreçleri desteklenmiştir ve öğrencilerde olumlu yönde değişen bu durumlarda öğretim sürecini iyileştirmek ve geliştirmek için öğretmen adayları sürekli olarak ihtiyaç analizinde bulunmuştur. Takahashi ve McDougal (2016), ders imecesi ile işbirlikçi ders araştırmalarının öğretmen ihtiyaçlarına uygun olduğunu, okullarda matematik öğrenimini iyileştirmek için oldukça önemli bir mesleki gelişim yolu haline gelebileceğini açıklaması bu yöntemin etkililiğini güçlendiren bir ifade olarak ele alınabilir.

Araştırma sonuçlarında, öğrencilerin ortak karar verme aşamasından sonra ortak çözüm kararına uygun bireysel ve grup fikrine uygun prototip çizimleri gerçekleştirmeleri beklenmektedir. Buna uygun olarak üç döngü süreci incelendiğinde bu yaklaşımın ikinci tasarım sürecinden itibaren oluşmaya başladığı gözlenmiştir. Ortak çözümü belirlerken diğer fikirlere saygıyla yaklaşp grup dinamiğini kurmaya özen gösterdikleri gözlenmiştir. Bu duruma ders imecesi ile süreç değerlendirmenin katkı sağladığı düşünülmektedir. Ancak tasarım görevinde öğrenciler, konu bilgisinde karmaşa yaşadıkları ve üretecekleri tasarımın çalışma mekanizmasını anlayamadıkları için çizim aşamasında zorlandığı gözlenmiştir. Yani, prototip çizimlerinde süreç, teknik ve alan bilgisinin önemi açığa çıkmıştır. Özellikle sınıfın fiziksel durumu, sınıfların kalabalık olması ve materyal eksiklikleri sınıf yönetimi açısından olumsuzluklar barındırdığı ifade edilmiştir. Sütçü ve diğerleri (2023) de çalışmasında temel eğitim öğretmenleri, STEM eğitiminin sınıfların kalabalık olması, materyal eksikliği gibi sebeplerden dolayı sınıflarda uygulanmasının zor olduğunu belirtmiştir. Sınıfın fiziksel özellikleri (hareket alanının darlığı, mevcudun kalabalık olması) öğrencilerin rahat çalışmasına

engel olmuştur. Materyal eksiklikleri (ürünün çizimi için gerekli olan şablon, teknik çizim araçları, cetvel kullanılmaması) prototip çizimlerini sınırlamıştır. Araştırma boyunca öğretmen adayları ders imceesi yönteminden yararlanarak haftalık değerlendirmelerde açığa çıkan bu sorunları çözmek için bazı müdahalelerde bulunmuştur. Bunlar; öğrencilere belirli bir zaman ve alan verilerek daha kontrollü bir ortam oluşturmak, küçük grup çalışmalarını teşvik etmek, materyal eksikliklerini gidermek için hali hazırda olan kaynakları daha etkili kullanmak gibi yönlendirmelerden oluşmaktadır.

Araştırmanın tasarımların uygulanması ve test edilmesi süreci ile ilgili sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin sürece uyumunda eksiklikler olduğuna dikkat çekilerek bazı öğrencilerin derslere önem vermediği ve plansız oldukları görülmüştür. Paskach ve diğerleri (2017), öğrencilerin mühendisliğin temel bileşenlerine aşina olmadıklarını ve bazı zorluklar yaşadıklarını belirtmiştir. Bu çalışmadaki zorlukların sebebi de benzer şekilde mühendislik temel bileşenlerinin bilinmemesinden kaynaklanabilir. Ayrıca bu çalışmada fiziki şartlar ve sınıf mevcutları uygulamaların gerçekleştirilmesinde sıkıntılara yol açmıştır. Bununla birlikte derslerin kazanımlarına uyum sağlama konusunda öğrencilerin zorlandığı özellikle fen ve matematik kazanımlarıyla problemi bütünleştirme kısmını göz ardı etmeye çalıştıkları görülmüştür. Disiplinler arası bağlantılardan istenilen düzeyde yararlanmadıkları düşünülmektedir. Örneğin, öğrencilerin problemin çözümü için istenen kriterlerde verilen malzemeleri hesaplamada sorunlar yaşadığı ve matematiksel düşünme süreçlerinde sıkıntı yaşadıkları için ek malzeme istedikleri belirtilmiştir. Syukri ve diğerleri (2018), disiplinler arası entegrasyonun uygulanmasında mühendislik sürecinin aşamalarının iyi bir rehber olacağını öne sürmektedir. Bunun için fen bilgisi öğretiminde; sorma, hayal etme, planlama, yaratma ve iyileştirme basamadıklarına uygun süreçte problemlerin çözümünü kolaylaştıracağını belirtmektedir. Dolayısıyla içerikler bu adımlara göre düzenlenebilir. Özellikle tasarımların kriterlere uygun olarak üretilme sürecine dikkat edilmelidir. Örneğin, tasarımlarda problem kriterlerinden olan motorsuz enerjiyle çalışan bir ürün kısmına odaklanmadıkları özellikle görülmüştür.

Süreçte karşılaşılan zorluklarla ilgili sonuçlarda, Bozkurt Altan ve Tan (2021) çalışmasında ortaokul öğrencileriyle tasarım odaklı etkinliklerin gerçekleştirildiği sınıflardaki öğrencilerin süreçte karşılaştıkları en zorlu aşamaların çözüm üretmek ve prototip çizmek olduğu ifade edilmiştir. Yapılan etkinlik sayısı arttıkça öğrencilerin prototip çiziminde üretilen çözüm sayısından ziyade probleme etkili olacak çözümü bulup çizim yaptıkları açıklanmıştır. Benzer şekilde Öztürk ve Korkut (2023) çalışmasında STEM etkinlikleri sırasında problemi tanımlayarak çözüm geliştirme ve bunu kâğıda aktarmada zorluklar yalandığı açıklanmıştır. Ayrıca bu çalışmada öğretmen adayları, tasarım sürecinde özellikle çizim aşamasında bireysel çizimlerde çok çeşitlilik sağlanamamış öğrencilerin birbirinin fikirlerinden esinlendikleri görülmüştür. NRC (2012) mühendislik tasarım sürecinde uygun prototip çizimleri için hayata aktarılacak ekonomik temellere dayalı uygulanabilir olması gerektiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada da prototip çizim süreci ve çizim ürün bağdaşımı konusundaki eksikliklerin bu zaman aralığında tamamlandığı belirtilmiştir. Sınıf yönetiminde karşılaşılan sorunlara yönelik öğretmen adaylarının haftalık değerlendirmeleri sonucunda yapılan müdahalelerle olumlu sınıf ortamı oluşturulmaya çalışılmıştır. Çünkü tasarımların başta çizilen prototiple uyumlu olmadığı gözlenmiştir ve bu durum düzeltilmek istenmiştir. MTTÖS süreçlerinin ön plana çıkan prototip çizim aşamasının daha detaylı olarak ele alınması ihtiyacı oldukça açıktır. Ayrıca son tasarım sürecinde seçilen konunun öğrenciler tarafından anlaşılmadığı düşünülmektedir. Öğrencilerin tasarlanacak ürün çiziminde ve üretmesinde bazı zorluklar yaşadıkları görülmüştür. Son tasarım döngüsünde aradan geçen zaman düşünüldüğünde öğrencilerin daha etkili bir ürün tasarlama süreci yapabilecekleri düşünülmesine rağmen öğrencilerin belirli konularda sıkıntı yaşamaları durumunun açığa çıkmasında seçilen konunun öğrenci seviyesine uygun olmadığı sonucuna

ulaşılabilir. Öğrencilerin çalışan bir çark sistemini çizme sürecinde özellikle bireysel çizimlerde oldukça zorlandıkları görülmüştür. Berland ve diğerleri (2014), öğrencilerin bir soruna birden fazla çözüm üretmesinde matematik ve fen disiplinlerinin niteliksel ve niceliksel yönleriyle de ilgili olacak içerikler geliştirilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Bu çalışmadaki son tasarım konusunun ve disiplinler arası ilişki kurulması durumlarının yetersiz olması öğrenmelerin yenilenmesi ile tekrar bir problem çözüm süreci oluşturmakla çözülebilir. Bu durum öğrencilerin mühendislik sürecine uyum sağlamada zorluklar yaşadığını gösterebilir. Genel olarak öğrencilerin probleme uygun olacak şekilde tasarım üretme sürecinde zamanla öğrencilerin mühendislik sürecine uyum sağladıkları, farklı bakış açılarına göre çözüm ürettikleri, takım çalışması yaptıkları, disiplinler arası bütünleştirmeyi etkili şekilde kullanmaya başladıkları görülmektedir.

Öğretmen adayları süreç ile ilgili önerilerinde özellikle bu uygulamaların kullanışlı ve sınıflarda uygulanabilir olduğu ancak öğrenci seviyeleri göz önüne alındığında ortaokul düzeyindeki öğrencilerle daha sağlıklı şekilde yürütülebileceği düşündüklerini belirtmiştir. Ancak ortaokul öğrencilerinin STEM eğitime yönelik tutumlarının incelendiği Demir ve diğerleri (2021), çalışmasında ortaokul üst sınıflarındaki öğrencilerin tutumunun daha olumsuz olduğu da görülmüştür. Dolayısıyla bu durumda dikkat edilmesi gereken öğrencilerin küçük yaşlardan itibaren düzeylerine uygun konularda ilgilerini çekecek içeriklere yer verilmesidir. Öğrenci seviyelerine uygunluk STEM etkinliklerinin uygulanabilirliğini etkileyen önemli bir faktördür. Sonuçlarda, öğrencilerin sürecin başında özellikle dört disiplini bir arada nasıl kullanacakları konusunda zorlandıkları ancak süreç sonuna doğru mühendislik tasarım aşamalarını daha etkili bir şekilde kullanabildikleri görülmüştür. Bu durumda ders imcesi ile STEM uygulamalarının bütünleştirilmesi disiplinler arası entegrasyon sayesinde öğrencilerin öğrenmeleri daha kolay kavramasına ve nitelikli öğrenme deneyimleri yaşamasına katkı sağlayabilir. Cheung ve Wong (2014) araştırmasında ders imcesinin öğrenci öğrenimini geliştirmeye ve öğretmen uygulamalarını incelemesine oldukça faydalı olduğu belirtilmiştir. Ortaokul öğrencilerinin üst sınıflarda STEM eğitime yönelik olumsuz tutumlarının olması, onların önceki öğrenim süreçlerinde STEM ile ne ölçüde karşılaştıkları ve ne kadar deneyime sahip oldukları ile ilgili olabilir. Dolayısıyla, küçük yaşlardan itibaren STEM odaklı etkinliklerin öğrenme ortamlarında yer alması öğrencilerin buna yönelik tutumlarını değiştirebilir.

Uygulama süreci öğrenci gelişimleri açısından genel olarak değerlendirildiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır: Bu uygulamaların öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alanda gelişimine katkı sağlayan bir süreç olabileceğini düşünülmektedir. Öğrencilerin yaratıcı düşünme, ayrıntılı düşünebilme, girişimcilik, hesaplama, tasarlama ve mühendislik, iş birliği yapma ve yardımlaşma becerilerini de geliştireceği öne sürülmüştür. Öğrencilerin tasarım süreçleri ilerledikçe karar verme sürecindeki grup dinamiğinin artması ve işbirlikli çalışmaya özen göstermeleri dikkat çekmiştir. Süreç sonuna doğru öğrencilerin işbirlikçi davranma ve grup etkileşimine dikkat etme gibi eylemlerinde gelişmeler gözlenmiştir. Dym ve diğerleri (2005), tasarım sürecinde sorgulamanın karmaşık durumların aydınlatılmasında iş birliğinin oldukça önemli olduğunu vurgulamaktadır. Meyrick (2011) STEM eğitim sürecinin, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, iş birliği gibi 21. yy becerilerine katkı sağlayacağını belirtmiştir. Ayrıca, Özkul ve Özden (2025) STEM eğitime entegre mühendislik eğitiminin öğrencilerin takım halinde iş birliği içinde çalışma imkanı sağlayarak onların süreç içinde özgür ve aktif olabileceğini belirtmiştir. Bu durumda araştırma sürecinde öğretmen adaylarının STEM etkinlikleri yapılırken öğrencilerde mühendislik becerileri, işbirliği ve fiziksel gibi yönlerini daha fazla gözlemlediği ancak eleştirel düşünme becerilerine daha az odaklandığı çıkarımında bulunulabilir. Bununla birlikte öğretmen adaylarının sahip oldukları pedagojik bilgi ve deneyimlerinin de öğrencileri eleştirel düşünmeye yönlendirmede etkisinin olduğu düşünülmektedir. Literatürde de dikkat çeken bir husus Yu ve diğerleri (2020) tarafından

mühendislik tasarım sürecinde bilimsel bilginin anlamlı öğrenmeler şekline dönüşmesinde eleştirel düşünmenin kullanılmasının önerilmesidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde benzer içeriklerde eleştirel düşünmenin öneminin göz ardı edilmemesi oldukça önemli olacaktır. Ders imcesi yöntemi, iş birlikli öğrenme sürecinde yapılandırılmış fırsatlar sunarak, teori ile uygulama, stajyerler ile de deneyimli öğretmenler arasında denge kurmaya yardımcı olur (Cajkler vd., 2013). Bu çalışmada da öğretmen adaylarının öğrencilerin belirli beceri alanlarındaki gelişmelere odaklandığı görülmüştür. Ancak incelenen beceri alanlarında da revizyonlar yaparak bu becerilerin gelişmesine katkı sağladıkları yorumunda bulunabilir.

Sonuç olarak günümüzde ihtiyaç duyulan küresel rekabet durumu ve STEM okuryazarlığının eksikliği K-12 düzeyinde tasarım öğreniminin önemini açığa çıkarmıştır (Hsu vd., 2012) Mühendislik tasarım yoluyla öğrenme sürecinde STEM disiplinlerinden yararlanarak Mumba ve diğerlerine (2023) göre oluşturulan içeriklerin gerçek uygulama alanları olan sınıflarda nasıl karşılık bulduğu ve bu süreçte nelerle karşılaşılacağı merak konusuydu. Bu çalışmada da ders imcesi ile düzenli olarak iş birliği halinde öğretmen adaylarınca süreç gözlenerek ve çeşitli görüşmeler yapılarak revize edilmiş tasarım döngüleri incelenmiş olup açığa çıkan sonuçlardan bahsedilmiştir. Buna göre, öğretmen eğitimlerinde öğretmenlere entegre STEM bilgi ve beceri geliştirme imkânı sağlanarak en iyi pedagojik yöntemlerin aktarılması gerekmektedir (DeCoito, 2023). Yapılan bir araştırmada, az sayıda öğretmenin mühendislik tasarımının fen bilimlerine nasıl entegre edileceği ile ilgili eğitim aldığı belirtilmiştir. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım süreci ile yeni nesil bilim standartlarına uygun olarak üniteleri tasarlamak gerektiği ifade edilmiştir (Mumba vd., 2023). Özellikle geleceğin öğretmenleri olacak olan öğretmen adayları ile 21. Yy. becerilerini içeren yenilikçi uygulamaların varlığı STEM eğitime yönelik olumlu tutumların gelişmesini sağlayacaktır (Buldur ve Sarı, 2022). Benzer nitelikte çalışmaların sayı ve niteliklerinin artırılması gerekmektedir. Bu açıdan elde edilen sonuçların alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5. Öneriler

Bu araştırma, mühendislik tasarım temelli öğrenme sürecinin ilkökul düzeyinde uygulanabilirliğini ortaya koyarken, sürecin doğasına bağlı olarak karşılaşılan bazı sınırlılıkları da açığa çıkarmıştır. Öğrencilerin tasarım görevinde konu bilgisini uygulamaya aktarma sürecinde zaman zaman zorlandıkları, özellikle çizim aşamasında teknik detayları kavramakta güçlük yaşadıkları gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin teknik bilgiye daha kolay erişebileceği ön öğrenme etkinliklerinin ve görsel desteklerin sürece entegre edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Araştırma sürecinde öğrencilerin teknik bilgi eksikliği nedeniyle çizim aşamasında zorlandıkları, konu bilgisini uygulamaya aktarmakta güçlük yaşadıkları gözlemlenmiştir. Tasarım sürecinin her aşamasının öğrenciye açık ve anlaşılır biçimde aktarılması, özellikle çizim aşamasına yeterli zaman ayrılması önerilmektedir. Öğrencilerle süreç boyunca fikir alışverişi yapılması, alternatif malzemelerin sunulması ve çizim araçlarının tanıtılması süreci destekleyebilir. Bu tür uygulamaların erken yaşlardan itibaren yapılandırılması, öğrencilerin tasarım odaklı düşünme becerilerini geliştirmeye katkı sağlayacaktır. Ayrıca disiplinler arası bağlantıların kurulmasında yaşanan güçlükler, fen ve matematik kazanımlarının tasarıma entegrasyonunda rehberliğe ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu nedenle, öğretmen adaylarının bu bağlantıları kurma becerilerinin geliştirilmesi ve içeriklerin sadeleştirilerek uygulanabilir hâle getirilmesi önemlidir.

Uygulama sürecinde sınıf ortamının fiziksel koşulları (kalabalık sınıflar, dar alanlar, materyal eksiklikleri) zaman zaman sınıf yönetimini zorlaştırmıştır. Bu durum, öğretim ortamlarının önceden planlanması ve mevcut kaynakların daha verimli kullanılmasıyla aşılabılır. Küçük grup çalışmaları ve alan düzenlemeleri bu süreci destekleyebilir. Tasarım sürecinde öğrencilerin birbirinin fikirlerinden etkilenmesi, işbirliğinin güçlü olduğunu gösterirken

bireysel yaratıcılığı teşvik edecek yönlendirmelere de ihtiyaç duyulmuştur. Bazı öğrencilerin mühendislik sürecine aşinalık düzeylerinin farklılık göstermesi, sürece katılımda dalgalanmalara neden olmuştur. Bu çeşitlilik, sürecin öğrenci düzeyine uygun biçimde yapılandırılması ve rehberlik araçlarının kullanılmasıyla daha dengeli bir öğrenme ortamına dönüşebilir. Uygulama süresinin sınırlı olması, öğrencilerin tasarım döngüsünü tam anlamıyla deneyimlemelerini kısıtlamıştır. Gelecek araştırmalarda daha uzun süreli uygulamalara yer verilmesi, dijital içeriklerle desteklenen etkinliklerin planlanması ve öğrenci görüşlerine dayalı değerlendirme yapılması önerilmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma, "ZGEF.22.004 nolu araştırma" kapsamında Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın bir kısmı "International Education Congress 2023" Kongresinde "Ders İmecesi Yöntemiyle Uygulanan STEM Eğitim Süreci" başlığı altında özet bildiri olarak sunulmuştur.

Etik Kurul İzin Bilgisi

Bu araştırma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Sosyal ve Beşeri Bilimler kurulunun 06/03/2020 tarihli 29559 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi

Yazarların beyan edeceği bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkısı

Tüm yazarlar, çalışmanın tasarımı, yürütülmesi ve yazım süreçlerine eşit düzeyde katkı sağlamıştır.

Orcid

Elçin Ayaz  <https://orcid.org/0000-0003-2488-6777>

Fatih Yılmaz  <https://orcid.org/0000-0002-8935-423X>

KAYNAKÇA

- Adair, J. (2000). "Karar verme ve problem çözme" (Kalaycı, N. Çev). Gazi Kitabevi.
- Akarsu, M., Akçay, N. O. ve Elmas, R. (2020). STEM eğitimi yaklaşımının özellikleri ve değerlendirilmesi. *Bogazici University Journal of Education*, 37, 155-175.
- Alvine, A., Judson, T. W., Schein, M., & Yoshida, T. (2007). What graduate students (and the rest of us) can learn from lesson study. *College Teaching*, 55(3), 109-113. <https://doi.org/10.3200/CTCH.55.3.109-113>
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suvarma, I., Mutakinati, L., & Kumano, Y. (2015). Implementation of authentic learning and assessment through STEM education approach to improve students' metacognitive skills. *K-12 STEM Education*, 1(3), 123-136.
- Armstrong, A. (2011). Lesson study puts a collaborative lens on student learning. *Tools for schools*, 14(4), 2-7.
- Aykan, A. ve Yıldırım, B. (2022). The Integration of a lesson study model into distance STEM education during the covid-19 pandemic: Teachers' views and practice. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(2), 609-637. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09564-9>
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 705-720. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9498-4>

- Bozkurt Altan, E. ve Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503-529. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09569-y>
- Brunsell, E. (2012) The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) *Integrating engineering + science in your classroom* (3-5). National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Buldur, A. ve Sarı, N. (2022). Öğretmen adaylarının 21. yy yeterlik algıları ile STEM eğitimi tutumları arasındaki kanonik ilişki. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-28.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Cajkler, W., & Wood, P. (2016). Adapting ‘lesson study’ to investigate classroom pedagogy in initial teacher education: What student-teachers think. *Cambridge Journal of Education*, 46(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2015.1009363>
- Cajkler, W., Wood, P., Norton, J., & Pedder, D. (2013). Lesson study: towards a collaborative approach to learning in initial teacher education? *Cambridge Journal of Education*, 43(4), 537-554. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.834037>
- Capobianco, B. M., & Rupp, M. (2014). STEM teachers' planned and enacted attempts at implementing engineering design-based instruction. *School Science and Mathematics*, 114(6), 258-270. <https://doi.org/10.1111/ssm.12078>
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM education: A critical investigation*. Palgrave Macmillan.
- Cheung, W. M., & Wong, W. Y. (2014). Does Lesson Study work?: A systematic review on the effects of lesson study and learning study on teachers and students. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 3(2), 137-149. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-05-2013-0024>
- DeCoito, I. (2023). STEMifying teacher education: A Canadian context. In *Reforming science teacher education programs in the STEM era: International and Comparative Perspectives* (pp. 35-52). Springer International Publishing.
- Delen, I. ve Sen, S. (2023). Effect of design-based learning on achievement in K-12 education: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(2), 330-356. <https://doi.org/10.1002/tea.21800>
- Demir, C. G., Önal, N. T. ve Önal, N. (2021). Investigation of middle school students' attitudes towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education and determination of the predictors. *Journal of Science Learning*, 4(2), 101-112.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Elliott, J. (2019). What is lesson study? *European Journal of Education*, 54(2), 175-188. <https://doi.org/10.1111/ejed.12339>
- Gillham, B. (2000). *Case study research methods*. Continuum.
- Hacıoğlu, Y. (2017). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimi temelli etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Henriksen, D., Mishra, P., & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 27-37.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International journal of STEM education*, 5, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>

- Hsu, M. C., Cardella, M. E., & Purzer, S. (2012). Elementary students' engineering design process knowledge: Instrument development and pilot test. In *2012 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 25-512).
- Hsu, Y. S., & Yeh, Y. F. (2019). *Asia-Pacific STEM teaching practices*. Springer.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Publications, 1-7.
- Inprasitha, M., & Loipha, S. (2008, July). Thailand's experience in lesson study for enhancing quality in education. In *First International Conference in Lesson Study, Bandung, Indonesia*.
- Isoda, M., Stephens, M., Ohara, Y., & Miyakawa, T. (2007). *Japanese lesson study in mathematics: its impact, diversity and potential for educational improvement*. World Scientific.
- ITEA. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. International Technology Education Association.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kim, V., Douch, M., Thy, S., Yuenyong, C., & Thinwiangthong, S. (2019, October). *Challenges of implementing lesson study in Cambodia: Mathematics and science teaching by using lesson study at Happy Chandara School*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1340, No. 1, p. 012071). IOP Publishing.
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J., & Puntambekar, S. (1998, December). *Learning by design from theory to practice*. In *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences* (Vol. 98, pp. 16-22).
- Krippendorff, K. (2013). *Content analysis: An introduction to its methodology* (3rd ed.). Sage.
- Lewis, C. (2002). Does lesson study have a future in the United States? *Nagoya Journal of Education and Human Development*, 1, 1-23.
- Lewis, C. (2009). What is the nature of knowledge development in lesson study? *Educational Action Research*, 17(1), 95-110. <https://doi.org/10.1080/09650790802667477>
- Lewis, C. C., Perry, R. R., Friedkin, S., & Roth, J. R. (2012). Improving teaching does improve teachers: Evidence from lesson study. *Journal of Teacher Education*, 63(5), 368-375. <https://doi.org/10.1177/00224871124466>
- Lewis, C., Perry, R., & Murata, A. (2006). How should research contribute to instructional improvement? The case of lesson study. *Educational Researcher*, 35(3), 3-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X035003003>
- McLure, F. I., Tang, K. S., & Williams, P. J. (2022). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (2. bs.). Jossey-Bass.
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM education improves student learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal*, 14(1), 1-6.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Sage Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, ilköğretim Fen Bilimleri Dersi (4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) öğretim programı*. Devlet Kitapları Müdürlüğü.

- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (JPEER)*, 4(1), 2.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D., & Smith, K. A. (2013). *A framework for implementing quality K-12 engineering education*. In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, 23-46.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2016). The need for a STEM road map. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton & T. J. Moore (Eds.), *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315753157>
- Mumba, F., Rutt, A., & Chabalengula, V. M. (2023). Representation of science and engineering practices and design skills in engineering design-integrated science units developed by pre-service teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(2), 439-461. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10266-6>
- National Academy of Engineering & National Research Council, (2009). *Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects (eds.)*, Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. The National Academies.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practicescrosscutting concepts, and core ideas*. The National Academic
- Nurwidodo, N., Wahyuni, S., & Hindun, I. (2023). Teacher assistance to strengthen STEM learning based on lesson study at MTs Muhammadiyah 1 Malang. *Journal of Community Service and Empowerment*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.22219/jcse.v4i1.24555>
- Özkul, H. ve Özden, M. (2025). STEM eğitimi uygulamaları ile ilkokul öğrencilerinin fen kariyer bilinçlerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (64), 51-91.
- Öztürk, A. ve Korkut, F. (2023). Design thinking customized to support STEM teachers: Co-developing and implementing STEM activities for fifth graders in Turkey. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1409-1447. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09790-x>
- Paskach, D., Wilkins, G., Angstead, L., Miskowiec, K., Ooi, H., & Ahn, B. (2017, October). Challenges encountered by elementary education major students when learning engineering. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Schwartz, R. S., Akom, G., Skjold, B., Hong, H. H., Kagumba, R., & Huang, F. (2007, April). A change in perspective: Science education graduate students' reflections on learning about NOS. In *International meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans, LA.
- Shimizu, Y. (2006). *How do you conclude today's lesson? The form and functions of 'Matome' in mathematics lessons*. In: D. Klarke, E. Jonas, E. Jablonka, & I. Mok (eds.), *Making connections: Comparing mathematics classrooms around the world*, (pp. 127–145). Sense Publishers.
- Snelson, C. L. (2016). Qualitative and mixed methods social media research: A review of the literature. *International Journal of Qualitative Methods*, 15(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/160940691562457>
- Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 stem Education*, 4(2), 313-330.
- Stake, R. E. 2005. Qualitative case studies. Pages 433-466 in N. K. Denzin and Y. S. Lincoln, editors. *The SAGE handbook of qualitative research. Third edition*. SAGE, Thousand Oaks, California, USA.
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>

- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (2009). Closing the teaching gap. *Phi Delta Kappan*, 91(3), 32-37. <https://doi.org/10.1177/003172170909100>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehring, H.G., (2012). Considerations for teaching integrated STEM. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Sütçü, N. D., Uçak, B. B. ve Toprak, Y. (2023). STEM Temel Seviye Eğitiminin Öğretmenlerin STEM Uygulamaları Öz-Yeterliklerine Etkisi. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(239), 1845-1874. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1134278>
- Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L. E., & Soewarno, S. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66-75 <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12297>
- Takahashi, A. (2014). The role of the knowledgeable other in lesson study: examining the final comments of experienced lesson study practitioners. *Mathematics Teacher Education and Development*, 16(1), n1.
- Takahashi, A., & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research: Maximizing the impact of lesson study. *Zdm*, 48, 513-526. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0752-x>
- Taylor, A. R., Anderson, S., Meyer, K., Wagner, M. K., & West, C. (2005). Lesson study: A professional development model for mathematics reform. *Rural Educator*, 26(2), 17-22.
- Tress, G., Tress, B., & Fry, G. (2007). Analysis of the barriers to integration in landscaperesearch projects. *Land Use Policy*, 24(2), 374-385. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.05.001>
- Uflacker, M., Kowark, T., & Zeier, A. (2011). An instrument for real-time design interaction capture and analysis. *Design Thinking: Understand–Improve–Apply*, 131-145.
- Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5. bs.). Sage Publications.
- Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural relationships among high school students' scientific knowledge, critical thinking, engineering design process, and design product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 1001-1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>

Examining the STEM Education Process Conducted through Lesson Study: A Case Study

Elçin Ayaz^{*1}, Fatih Yılmaz¹

¹ Dicle University, Ziya Gökalp Faculty of Education, Department of Elementary Education, Türkiye

Abstract: The use of STEM education, one of the modern educational approaches, by using the lesson study method, can contribute to improving the development process of course content. Thanks to the lesson study, teachers can make qualified lesson planning by making observations and analysis for small groups. The use of STEM education, which is one of the modern educational approaches, by using the lesson study method, can contribute to improving the development process of course content. This study aims to evaluate the performance of pupils in the process of solving the life problems they face with the STEM education approach applied in the real classroom environment from a common point of view. For this reason, a holistic single-case design was used within the scope of qualitative research to examine the STEM education process applied using the course instruction method. For this reason, a holistic single-case design was used within the scope of qualitative research to examine the STEM education process applied using the course instruction method. The participants were eight fourth-grade pre-service teachers studying at the Faculty of Education, Department of Classroom Education of a state university. The study was carried out within the scope of the Teaching Practice- II course in a public school, and the necessary ethical and practical permits were obtained. The pre-service teachers were guided by two research faculty members throughout the process. The data were integrated with content analysis and reported as a result of observation notes and interviews of pre-service teachers. The findings obtained revealed that pupils' ' interactions increased by cooperating simultaneously in the classroom environment to solve problems in the design process, and they developed working habits by creating different solutions together with the group rather than individually. However, It was evident that the prototype drawing phase, which was a pivotal component in engineering design-based teaching processes (EDBTP), necessitated a more thorough examination.

Article Details

Review Article

Received

02/09/2024

Accepted

27/09/2025

Keywords

STEM education
approach,
lesson study,
primary school
science course,
pre-service teachers.

1. Introduction

The use of advanced technological content in education, a product of the 21st century, requires the implementation of creative educational policies (Henriksen et al., 2016). In the evolving digital age, individuals are expected to be technologically literate. In the United States (US), a similarly challenging environment, the shortage of a skilled workforce equipped with technical and personal knowledge has led to the STEM education approach, which integrates science,

^{*} *Corresponding Author:* Elçin Ayaz *E-mail:* elcin.ayaz@dicle.edu.tr *Address:* Dicle University Ziya Gökalp Faculty of Education, Diyarbakır, Türkiye

The copyright of the published article belongs to its author under CC BY 4.0 license. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

mathematics, engineering, and technology disciplines (Bybee, 2010). This approach is believed to contribute to the development of students as qualified individuals in the competitive global marketplace.

The STEM education approach facilitates connections with numerous sectors, including information and communication technology, sustainable innovation, and the medical field (Chesky & Wolfmeyer, 2015). These relationships strengthen the interdisciplinary nature of STEM and expand its application areas. Implementing STEM applications in schools with new and diverse approaches supports students in developing skills relevant to these sectors.

It is crucial that teachers who will bring STEM education to the classroom must have knowledge and experience in this field. In particular, for engineering design-based teaching (EDT) approaches to be integrated with science and technology, teachers need to be able to make innovative plans and gain experience in these processes (Schwartz et al., 2007). In this regard, the lesson study approach, which encourages teachers to work collaboratively, stands out. While lesson study offers a meaningful framework for integrating STEM education content, this model, developed in Japan, refers to a systematic process in which teachers collaboratively prepare, observe, and improve lesson plans (Armstrong, 2011). Lesson study guides teachers in determining course content, units, and objectives, while also providing them with an opportunity for careful reflection (Lewis, 2002). In this environment, where multiple teachers consult, different approaches can be tried, and learning outcomes can be analyzed and revised (Stigler & Hiebert, 2009). Furthermore, due to the effectiveness of lesson study in developing the teaching skills of university faculty, its implementation in higher education institutions is recommended. This allows for a more in-depth examination of participants' learning and teaching processes (Alvine et al., 2007). Stohlmann et al. (2012) have stated that collaboration between universities and schools is crucial for contributing to teachers' professional development, and that effective communication should be encouraged by including teachers in planning processes. Furthermore, school-based practices conducted with university advisors are needed to enhance preservice teachers' practical experience and pedagogical knowledge (Cajkler & Wood, 2016). Aykan and Yıldırım (2022) have also pointed out that integrating lesson study with STEM education will contribute to the preparation of more qualified STEM lesson plans and the improvement of teaching.

In this context, a comprehensive examination of field applications of lesson study and STEM education is crucial. This study aimed to examine in detail the implementation processes of integrating lesson study and STEM education in real classroom settings, and to identify the encountered situations. Therefore, the results were expected to make a valuable contribution to the field. To facilitate the research process, a detailed examination was conducted of how preservice teachers plan, implement, and evaluate STEM practices for fourth-grade primary school pupils within the framework of lesson study. Because the content related to "Science, Engineering, and Entrepreneurship Practices" included in the Ministry of National Education's (MEB, 2018) Science curriculum, begins to be taught in the fourth grade of primary school, the practices implemented at this level are considered noteworthy. In this context, a literature review on the STEM education approach process, lesson study, and lesson study within the context of STEM education was deemed necessary.

1.1. Theoretical Framework

For the relevant literature regarding the purpose of the study, the basic components of STEM education were first discussed.

1.1.1. STEM Education

The design-based learning approach, considered a cornerstone of STEM education, encourages active student participation by specifically supporting problem-solving processes. The design-based learning approach, which embraces constructivist learning approaches that combine cognitive and social learning, was developed by Kolodner et al. (1998). This approach provides educators with a conceptual framework for providing effective teaching programs and classroom environments. The fundamental concept of problem-oriented design contributes to developing high-level skills in students to find solutions to life's challenges (ITEA, 2000). Students must be continuously involved in the design-focused thinking process, collaborate with their peers, and create prototype drawings for proposed solutions (Uflacker et al., 2011). These approaches foster new perspectives in education systems. A particularly notable trend in progressive 21st-century education is the integration of problem situations addressed in the context of engineering in K-12 education with science, mathematics, and technology (National Academy of Engineering [NAE] and National Research Council [NRC], 2009; NRC, 2012). In EDBTP, processes are experienced in which problem areas are defined and solutions are sought (Hynes et al., 2011). STEM content combines problem-centered, design-oriented, collaborative learning approaches (McLure et al., 2022). Therefore, it is thought that STEM content will help develop students' skills in solving real-life problems. In the STEM education process, students are at the center of learning as independent individuals and construct new knowledge to solve these problems (Hsu & Yeh, 2019; Stehle & Peters-Burton, 2019). Utilizing STEM disciplines in the process of knowledge construction is very important. Rather than examining each discipline in depth separately, the common characteristics that will enable students to learn must be integrated (Moore et al., 2016). The concept of integrated STEM, which will achieve this, is meeting two or more STEM disciplines in an everyday context related to life problems (Kelley & Knowles, 2016; Moore et al., 2014; Stohlmann et al., 2012). Multidisciplinary, interdisciplinary, and transdisciplinary integration can be discussed within the integrated STEM approach (Hacıoğlu, 2017). In multidisciplinary integration, the outcomes of each discipline are taught separately and then combined around a common theme. In interdisciplinary integration, students' concepts or knowledge are integrated by utilizing two or more disciplines (Vasquez et al., 2013). Transdisciplinary integration, on the other hand, is based on the integration of all disciplines to reach problem solutions (Tress, Tress, & Fry, 2007). To expand STEM education, it is necessary to include areas beyond science and mathematics and implement it in all levels of schooling (Nurwidodo et al., 2023).

STEM education is an interdisciplinary approach that aims to equip students with critical thinking, creativity, and problem-solving skills. However, for this process to be implemented effectively, teachers and preservice teachers must also utilize an effective model in their lesson planning and implementation processes. Successful implementation of STEM education in the classroom depends not only on theoretical knowledge but also on the processes through which teachers plan, observe, and improve collaboratively. In this context, we focused on 'lesson study,' an effective method for teacher professional development.

1.1.2. Lesson Study

Lesson study (jugyou-kenkyu), developed in Japan 130 years ago, is now recognized as a process for teachers to plan, observe, and analyze classroom lessons in small groups, ultimately improving course content (Armstrong, 2011; Shimizu, 2006; Taylor et al., 2005). It is a technique that has become widespread worldwide and is particularly used in the professional development of mathematics teaching (Isoda et al., 2007; Inprasitha & Loipha, 2008; Shimizu, 2006). Although lesson study, which aims to improve learning and teaching, is used in many countries, some aspects are not yet fully understood (Takahashi, 2014).

Lesson study involves ongoing, practice-based professional learning (Stigler & Hiebert, 2009). Lesson study consists of four primary steps. The curriculum is examined in the first research step, and long-term goals for student learning and development are considered. In the second planning step, lesson plans are prepared to align with the content of the designated research course. Care should be taken to ensure that these plans address long-term goals, include student reflection, a data collection plan, and justify the chosen approach. In the third instructional step, one team member implements the prepared lesson plans, while others observe and collect data. In the final step, reflection, the observations and data are shared to reveal relevant insights. The data obtained are discussed to enrich student learning and provide depth on broader topics. New questions are identified for the next stage of the cycle to reinforce and transfer learning to the next level (Lewis et al., 2006). This process involves teachers developing a collaborative lesson plan, one of whom implements it. Other group teachers observe, take notes, and then gather to review the lesson plan (Alvine et al., 2007; Lewis, 2009). This provides information about learning situations and enables an understanding of the aspects of lesson design that enhance and hinder learning (Lewis et al., 2012). In other words, lesson study is a continuous process to improve learning by testing and sharing lesson plans prepared within a designated research course. It can be used to develop quality curriculum in complex educational situations (Elliott, 2019). In summary, lesson study is an important area of research for understanding how teachers navigate this process to implement STEM education effectively. Therefore, it is necessary to focus on the role lesson study plays in the context of STEM education.

1.1.3. Lesson Study in the Context of STEM Education

STEM literacy is at the forefront of STEM education processes. According to Hsu and Yeh (2019), creating learning environments that support students' creative thinking, collaboration, communication, and critical thinking skills is crucial for developing STEM literacy. Models that allow teachers interested in STEM to collaborate and share knowledge and experience are essential for creating these learning environments. In this regard, the lesson study model, which offers a collaborative structure for teachers, stands out (Aykan & Yıldırım, 2022).

Lesson study allows teachers to create quality lesson plans, develop their instructional management skills, and enhance their professional competencies by collaborating with colleagues. It is an effective model ensuring success, particularly in science and mathematics teaching. Lesson study will facilitate teachers' understanding of how to organize the teaching of specific subjects, adapt the lesson to students' interests and abilities, and use it in teaching processes (Kim et al., 2019).

Accordingly, integrating STEM-based learning with lesson study will be crucial in shaping teachers' pedagogical approaches and understanding how to meet students' needs. To achieve this, teachers must blend their content and pedagogical knowledge in implementing STEM practices. They should also focus on activities needed to develop student competencies (Srikoom et al., 2018). To contribute to this, issues related to classroom practices aligned with faculty members' research objectives and content that will strengthen teaching can be examined, and in-depth professional development programs or research on the subject can be prioritized. Studies that examine and explain how to plan reform-based education are needed (Capobianco et al., 2014). A perceived lack of knowledge in this field is a primary reason for conducting this study. Therefore, it is believed that studies on implementing plans in reform-based education processes will contribute to preservice teachers deepening their knowledge of STEM education and better understanding the implementation stages. Additionally, it is believed that the problems encountered during the study and the proposed solutions will contribute to STEM education practices. Because engineering is a natural integrator, engineering and engineering design can be used as a driving force in learning science, mathematics, and technology content

in STEM integration (Moore et al., 2013). In the EDBTP, students complete learning cycles such as building, testing, recording data, and analyzing results to solve problems like a scientist or engineer (Brunsell, 2012). During this process, problems are defined, ideas for solutions are expressed, prototypes are drawn, designed, tested, and evaluated (Hynes et al., 2011). Therefore, it can also develop students' skills such as generating different solutions, thinking creatively, establishing teamwork, and acting collaboratively (Akarsu et al., 2020). In this context, the study aims to examine in detail the STEM education approach processes designed in accordance with the EDBTP, conducted using the lesson study method in a fourth-grade primary school science course. The study aims to analyze the STEM approach's implementation process in detail, identify the strengths and weaknesses in the design and implementation processes of STEM activities, and contribute to the more effective use of these activities in education. The lesson study method offers an innovative approach that integrates fundamental elements such as the engineering design process and solution finding in STEM education into the learning process. According to Elliott (2019), lesson plans prepared per the course scope determined through lesson study contribute to the development of quality curricula. However, it is clear that process- and outcome-oriented research is needed to implement this method and understand its impact on students effectively. In this context, the research questions addressed in this study provide a framework for understanding the different dimensions of STEM activities carried out through the lesson study method.

To this end, the following research questions were addressed:

Research question: How are the engineering design process cycle stages related to STEM activities implemented using the course design method for the three problems addressed in the research (Defining the Problem/Need, conducting research for the problem, developing solution proposals, choosing the best solution, drawing a prototype and building a prototype, testing and evaluating solutions, solution communication, redesigning/revising, completing the decision)? Sub-questions related to this research question are as follows:

Regarding the EDBTP problems implemented through lesson study;

1. *How is the joint decision-making process for pupils?*
2. *How is the prototype drawing process for pupils?*
3. *How is the implementation and testing process of that design by the pupils?*
4. *What are the problems encountered by pupils?*
5. *What are the pupils' suggestions regarding the process?*

2. Method

This study, which aimed to examine the STEM education process implemented by prospective classroom teachers in fourth-grade primary school using the lesson study method, was conducted through the holistic single-case design within the context of the qualitative research process. Within the scope of the study, EDBTP STEM education was implemented. These practices were conducted using the lesson study method. In the process, which was conducted in three design cycles, pupils were asked to produce appropriate solutions to three different problem situations.

2.1. Research Model

The study was conducted using a holistic single-case design within the context of the qualitative research process. Case studies aim to obtain information about various individual, group, social, and political situations. The case studied within the scope of the study was "the implementation process of the STEM education approach designed in accordance with the EDBTP (Ministry of National Education Exam) and was implemented through lesson study in a fourth-grade primary school science class." This case was addressed holistically because it required a detailed

examination of all stages of the classroom implementation dimension of the STEM education approach, namely, the design and implementation of activities and their strengths and weaknesses. Furthermore, these studies enable understanding small group behaviors while preserving their meaningful and holistic characteristics (Yin, 2014). Holistic single-case designs are used to investigate a phenomenon, universe, or general situation (Stake, 2005) and to examine a unit and its subunits in detail (Yin, 2014). In this study, plans were made to conduct field research to further examine the applicability of the STEM education approach to the EDBTP in primary schools. Because case studies are grounded in fieldwork, they will contribute to the development of field knowledge (Merriam, 2009). Furthermore, various data collection tools and resources used in the field can provide significant evidence to explain this situation (Gillham, 2000).

2.2. Participants

The study was conducted with the participation of eight pre-service teachers taking the "Teaching Practice-II" course in the Classroom Education Department, Faculty of Education of a state university, and two instructors teaching their course. The study was conducted in a primary school with 29 classrooms located in a middle socioeconomic level neighborhood. The pre-service teachers who participated in the study were selected on a voluntary basis, and they were guided by their instructors. In addition, the relevant ethics committee and Ministry of National Education (MEB) permissions were obtained for the study. The practices were conducted in the classroom, and the pre-service teachers taught the lessons in turns. Information about the participants is summarized in Table 1. Participants were briefly coded as ÖA1, ÖA2, and direct quotes from their reflective diaries, observations, and interviews were included.

Table 1. *Participant Information*

Participant Group	Number	Gender	Age Range
Pre-service teachers	8	6 Female 2 Male	19-21
Primary School 4th Grade Pupils	38	20 Female 18 Male	9-10

2.3. Data Collection Process and Tools

Multiple qualitative data collection tools were utilized during the data collection process. These included preservice teachers' reflective journals, observation notes, and reflections. First, structured observation forms were used to allow the researchers to observe classroom practices and group work systematically. These forms clearly defined the behaviors and interactions to be observed, ensured the consistency of the observation process, and were subsequently developed and updated based on pilot implementations, researcher observations, and feedback from field experts. Preservice teachers also kept reflective journals each week to record their observations. These journals were designed to allow them to reflect on their individual experiences and observations in detail. They were developed based on deficiencies identified during initial testing and researcher feedback, and updated as needed throughout the process. These updates included discussions with preservice teachers about their observation notes.

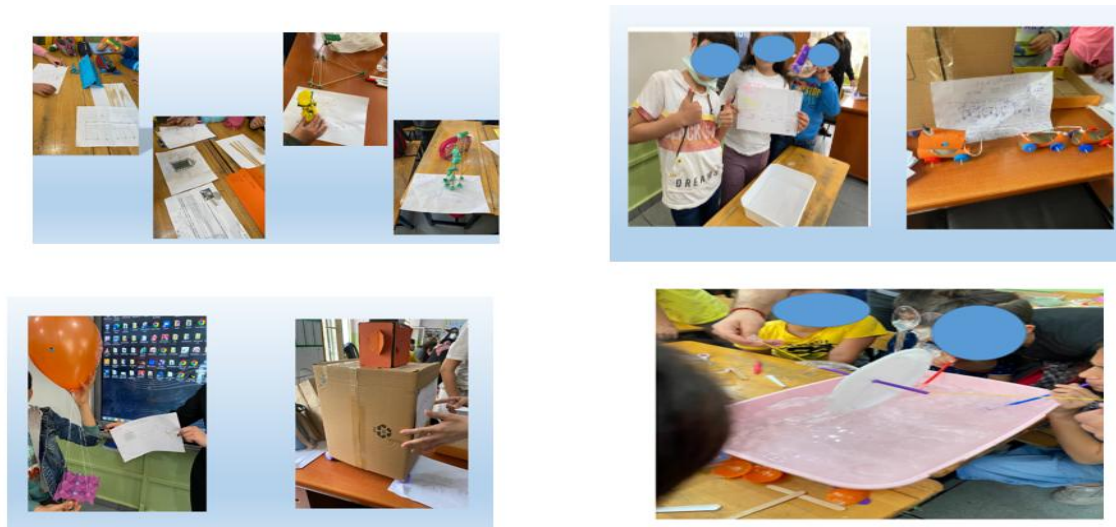
Furthermore, weekly group meetings were held to evaluate the process, and preservice teachers were interviewed. Lesson plans were continuously reviewed and revised based on meeting suggestions and observation results. This process was structured to increase the effectiveness of data collection and instructional practices. The data collection process is discussed in detail under the heading "implementation process" of the study. Semi-structured interview questions were conducted with preservice teachers to examine their thoughts about the process,

perceptions of implementation effectiveness, and learning outcomes. These interview questions were evaluated and revised weekly by field experts and researchers. During the interviews, preservice teachers were asked about the design process (deciding on a standard solution, prototype drawing, implementation, and testing stages) to obtain detailed information.

2.4. Application Process

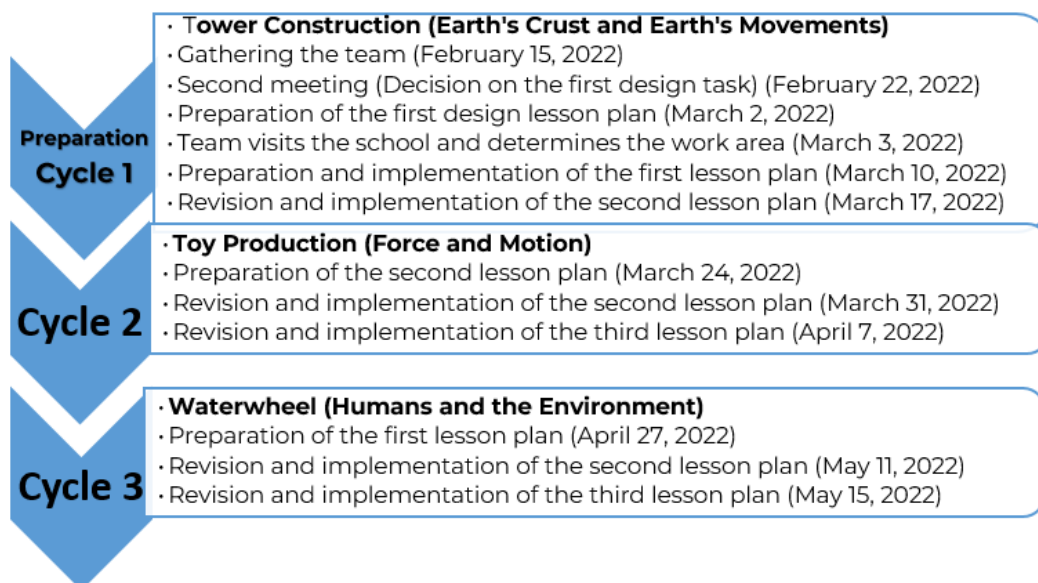
In this study, lesson plans structured in accordance with the EDBTP (Lesson Study Method) were implemented in a classroom environment and examined in detail, following the stages of the lesson study method (Lewis et al., 2006). [Figure 1](#) shows some visuals showing pupils presenting their individual or group drawings and designed products to the class, comparing the compatibility of the drawings with the designed products, and sections from design testing activities.

Figure 1. *Images from the Implementation Process*



The detailed process for implementing the study is shown in [Figure 2](#).

Figure 2. *Research Process Cycle*



When [Figure 2](#) is examined:

• **Preparation and Tower Construction in the 1st Cycle (Earth Crust and Earth's Movements)**

Because the study required a comprehensive preparation process, a meeting was held on February 15, 2022, with the participation of the researchers (instructors) and eight preservice teachers. In the course of the meeting, the course instructors explained the purpose of the study. The pros declared their willingness to participate in the study by filling out a voluntary consent form. Throughout the process, the physical conditions of the school where the study would be conducted were discussed, and it was decided that eight preservice teachers and one preservice teacher would be present in the same environment during the implementation. The idea was adopted to implement the study using the lesson study method in three design cycles. According to the revised lesson plan, the lessons should be conducted per the lesson study method each week by a different preservice teacher. The lesson plan prepared by the groups continued each week until the design cycles were completed. For example, in the first design cycle, the first lesson plan was prepared by one preservice teacher. In this lesson plan, the theoretical lesson on the problem situation that initiated the design process was explained, the problem situation was presented, and the pupils were asked to conduct research. Then, joint decision-making and prototype drawing stages were carried out in accordance with the lesson duration. The lesson plan prepared for the second lesson was revised based on feedback from the first lesson, and another preservice teacher continued where they left off. The design was designed, presented, and evaluated. Thus, a design cycle was completed with two different preservice teachers based on the revised lesson plan for the same lesson and objectives. Group meetings were held before each lesson, and changes were made according to the stages of the lesson study. The other two design cycles were completed similarly, each lasting three weeks, with six different preservice teachers.

At the second meeting held on February 22, 2022, the first design task was decided upon. This task was a tower-building task, and it facilitated understanding the engineering design process. The pupils were to build a tower using specific materials (5 long sticks, 10 elastic bands, 20 cm of rope, and 10 toothpicks) and meet specific criteria (sturdy, multi-story, and aesthetically pleasing). Furthermore, the preservice teachers created and discussed a section of the lesson plan, and it was decided that different sections of the plan would be completed by different individuals. On March 2, 2022, the lesson plans completed by the preservice teachers were reviewed as a group. Deficiencies were identified and addressed. Initially, deficiencies were addressed in the course content and information gathering sections. On March 3, 2022, the entire study team visited the practice school, where the necessary permissions (from the ethics committee and the Ministry of National Education) had been obtained and the study was approved by the school administration. Upon arrival, the classroom where the practice would be conducted was determined by the vice principal, who was informed of the process. On the day of the practice, the preservice teachers were divided into four groups to conduct their practice in two separate classrooms. It was decided that they would remain in the practice classroom during the practice and then continue their regular internships in their own classrooms. Although the practice classroom was initially planned to be a library, it was decided to hold the classroom due to the lack of sufficient tables and chairs and the limited space. During the break before each practice, the desk arrangement was planned to be arranged in clusters by the preservice teachers to accommodate group work and then restored to its previous state. The same day, the preservice teachers traveled to the university for a meeting. At this meeting, the lesson plan for the first design task developed by the preservice teachers was finalized. According to the plan each of the eight preservice teachers would conduct the lessons once. Afterward, the lesson plan and process would be reviewed with the entire group and updated if necessary. Another preservice teachers would implement the lesson the following week until

the engineering design process cycle was completed. The pre-service teachers who would teach the first week's course were determined at this meeting. On March 10, 2022, the pre-service teachers for the tower design assignment initiated the engineering design process by providing theoretical information on "Earth's Crust and Earth's Movements" at the beginning of the course. As previously planned, the pupils in the class, totaling 38, were divided into ten heterogeneous groups and introduced to their tasks. The course concluded after the pupils proposed different solutions individually and in groups, leading to the prototype drawing phase. At a meeting following this course, another pre-service teacher was selected to complete the design process by identifying areas requiring revisions to the lesson plan based on the observations and opinions of the other pre-service teachers. On March 17, 2020, this new person completed the design cycle by organizing the decision-making and drafting processes in the design process and carrying out the product design, presentation, and evaluation phases.

- ***Toy Production Cycle Stage (Force and Motion)***

A similar implementation process was carried out in the second design cycle on March 24, 2022. A preservice teachers conducted the instructional process on "Effects of Force on Objects" within the "Force and Motion" unit. At the end of the lesson, the pupils were asked to create drawings appropriate to the given problem situation (they were informed that they would be making a toy for a village school and would choose the materials themselves. "The toy should be durable, aesthetically pleasing, cost-effective, and movable. At the end of the lesson, they were informed that they should decide on their designs and bring their own materials to the next lesson to realize the design. On March 31, 2022, the revised lesson plan was replanned and revised in accordance with the group's lesson work. Another preservice teachers reviewed the previous lesson's work, corrected any missing or incorrect drawings, and implemented the product design portion of the design cycle with the pupils. In line with the lesson plan revised by a different pre-service teacher on 07.04.2022, the missing or changed parts of other lessons were edited, and the designed products were presented and evaluated.

- ***Cycle Water Wheel Human and Environment)***

In the third design cycle, which began on April 27, 2022, a similar process was implemented in the "Human and Environment" unit, "Living Things and Life," regarding the subject area. A lesson plan prepared in accordance with the lesson study method for this topic was implemented by a different pre-service teacher, after completing the necessary instructional process appropriate to the given problem situation (think of yourself as future inventors, think like engineers, and develop your designs accordingly; please build a low-cost, durable waterwheel that can generate motion by harnessing the power of water and generate energy without a motor). At the end of the lesson, the pupils were asked to draw a design prototype using the materials provided by the teachers. They were instructed to bring their materials and implement the design. On May 11, 2022, the group revised the lesson plan similarly to the lesson study. A different pre-service teacher reviewed and completed the product design phase. The last pre-service teacher implemented the final phase of the design cycle on May 15, 2022. In line with the lesson plan revised by the group, the sections of the previous lessons that needed improvement were arranged, and the design of the products was completed, presented, and evaluated.

2.5. Data Analysis

Preservice teachers kept diaries and observation notes to examine how pupils learned during this process, and interviews were conducted with them. The data obtained were analyzed using content analysis. In qualitative research, content analysis is a descriptive research method in which data are examined within a coding framework (Snelson, 2016). In content analysis, researchers increase their understanding of specific phenomena by providing new insights

(Krippendorff, 2013). To conduct this analysis, two researchers first analyzed the data separately to obtain a list of codes. To calculate inter-coder reliability, the researchers independently coded a portion of the same data set and compared them, and the agreement value was calculated as .84. According to Miles and Huberman (1994), this coefficient is at the desired level because it is .80 or above. After this stage, the researchers continued to create a list of codes and combined similar codes to create categories and themes. The data obtained from the observations and interviews were analyzed and reported holistically to describe the situation under study. In this context, the data analysis was conducted in a phased and systematic manner: First, two researchers read the data set independently, and significant statements were marked to generate initial codes. The coding process was conducted iteratively and in stages, as recommended in the literature; identified semantic units were coded, and similar codes were combined to form categories and themes. A section encompassing approximately 20% of the data set was independently coded to ensure inter-coder reliability. This section included selected examples from reflective journals, observation notes, and interview transcripts from different course weeks and was organized to represent the diversity of the data set. A total of 64 reflective journals and observation records and eight interview transcripts were included in this section. These interview transcripts were combined with interviews collected at regular intervals throughout the process for each preservice teacher. For example, after reviewing the weekly reflective diary and observation notes for PT1, all interviews were stored in PT1's interview document to obtain detailed information about these and the overall process and to understand their statements better. All interviews were selected and analyzed to reflect the pupils' diverse learning processes and the variability in their teaching practices. As a result of the inter-coder comparison, the agreement value was calculated as 0.84, which was deemed reliable because it exceeded the 0.80 recommended by Miles and Huberman (1994). Following this stage, the code list was completed, similar codes were combined to identify categories and themes, and the observation and interview data were analyzed and reported holistically.

2.6. Validity and Reliability

For a study to be valid and reliable, it must possess specific characteristics. Yin (2014) states that to enhance case studies' quality, construct, internal, and external validity must be high and reliable. In this study, triangulation was used to increase construct and internal validity. Merriam (2009) describes four types of triangulation: utilizing multiple data sources, using multiple methods in data collection, involving multiple researchers, and using multiple theories in the study. Two researchers were involved in the research process for this study. Multiple data sources were utilized. Observation notes, diaries, and interviews were used. According to Merriam (2009), confirmability, credibility, and reliability are crucial for internal validity. He also stated that external validity requires detailed descriptions, identifying distinct characteristics of the situation, and using multiple research areas. The source of the data obtained in this study was verified multiple times. The researcher and the preservice teacher had their observation notes verified by these individuals. Interaction was established during the data analysis process. The preservice teachers' observation notes and opinions were included in the analysis after being approved by the researchers present in the study. This is believed to increase the credibility of the study. Furthermore, the situation being examined was described in detail throughout the research process.

For reliability, the results obtained regarding the situations described in the case studies should ensure that other researchers can reach similar conclusions when using similar methods (Yin, 2014). This study described the research process, data collection, and analysis processes in detail. The codes analyzed in the data label the data and strengthen the analysis. To improve its quality, consensus among the coders was necessary. In this study, as suggested by Miles and

Huberman (1994), some of the data were coded separately by the researchers and then continued until a consensus was reached. Finally, they were combined with a standard code.

3. Findings

The findings of the study were analyzed using participant observations and interviews related to the three design cycle processes implemented throughout the study. The preservice teachers evaluated and revised the situations encountered during each design cycle using the lesson study method. In this context, after researching the problem given in the engineering design cycle, the issues and suggestions encountered during the joint solution decision-making, prototype drawing, implementation, and testing stages were coded, categorized, and combined under specific themes. All findings were analyzed through a combined evaluation of the preservice teachers' reflective journals, observation notes, and interviews. The sources of the direct quotes obtained were indicated in the explanations.

3.1. Findings Regarding the Joint Solution Decision-Making Process

In this section, the findings regarding the joint decision-making processes required for defining the problem/need, conducting research for the problem, developing solution suggestions, and selecting the best solution, which were at the beginning of the engineering design process cycle for the problem situation given by primary school pupils in the engineering design cycle, are evaluated in [Table 2](#) over three design periods.

Table 2. *Shared Decision-Making Process*

Theme: Group Interaction and Decision-Making in the Shared Decision-Making Process		
Design Number	Category	Code
Design 1	Joint solution process Group decision	Dominant pupil
		Passive pupil
		Partnership
		Differences of opinion
		Common solution
		Group discussions
Design 2	Awareness of shared decision making Decision criteria compliance Strengthening group dynamics The most appropriate solution suggestion	Criterion
		Interaction
		Group discussions
		Active pupil
		Different ideas
		The idea of joint decision
		The adopted idea
		Dissenting opinion
Design 3	Group decision effect Group collaboration Group voting	Right to speak
		Majority vote
		Partnership
		Expressing an opinion
		Argument
		Explanation
		Reaching the Decision

The findings in the presentation "Group Interaction and Decision-Making in Shared Decision-Making" can be adjusted based on the findings in the first design, which focused on pupils' ability to reach joint decisions on appropriate problem-solving solutions. In the joint solution phase of the first design, disagreements often occurred within the groups, and joint decision-making and joint solution proposals were attempted everywhere. However, there was a striking

finding that some groups were dominant, striving to progress with their own efforts. This was an important clue showing how the dynamics of group interaction were shaped. Certain components within the groups were observed to come to the fore. It was also noted that in general, group members worked at an accelerated rate of solution-finding. Whether pedagogically active individuals were dominant or passive in group interaction affected group dynamics. Their dominant management skills could inhibit other components, limiting their contribution; their passive behavior within a passive group interaction could negatively impact learning processes. Sociologically, they were isolated from other resources, leading to a feeling of exclusion. This also disrupted the classroom structure. These practices revealed the fragments that were distributed within. This situation was revealed in the interviews conducted with some Pre-service teachers.

PST1 “While some groups tried to reach a common decision, some could not reach a common decision.”

PT3 stated, “There are pupils who stand out in the group, especially those who try to impose their own ideas.”

In the first design cycle, it was observed that the dominant pupil and the divergence of ideas generally shaped the dynamics within the group. Group discussions and collaboration were also observed as efforts to overcome these differences. However, it is essential to note that these processes differed for each group.

In the second design cycle, pupils could more clearly articulate the importance of collaborative decision-making, and a significant improvement in group dynamics was observed. During this process, pupils interacted more with each other, discussed different ideas, and developed a greater awareness of collaborative decision-making. However, a notable finding was that pupils disregarded the criteria inherent in the problem and struggled to decide on the best solution, a significant challenge encountered during the design process. During this process, it became necessary to share with pupils which factors they had overlooked and the reasons for this failure.

In the final design cycle, preservice teachers explained that although the pupil groups generally failed to implement an effective collaborative solution process and prototype drawing, the groups maintained the best possible interaction environment from the beginning. Progress in this cycle is directly linked to how interaction and collaboration within the group developed during this process. Furthermore, it was stated that the group members experienced an effective process of listening to each other's ideas respectfully, reaching joint decisions by majority vote, and working collaboratively. The tendency of passive pupils within the group to remain silent and not participate significantly impacted the project completion process. The researchers' general opinion suggests that this situation stems from the desire of dominant pupils in some groups to dominate the group and the inherent dynamism within the classroom. Furthermore, some pupils lacked interest in the activities and drawings, the fact that others' ideas were ignored, and the preservice teachers' greater attention to the project, and overlooked these factors during the project's implementation. What emerged across the three design cycles is that the key to this EDBST is ensuring a balanced distribution of tasks and responsibilities within the group and among individuals, and engaging in collaborative activities. It can be argued that this awareness developed throughout the design processes. These comparisons and the evolutionary process from the first to the third cycle contribute to a clearer understanding of how group interactions, leadership dynamics, and pupils' ' problem-solving skills developed. In summary, pupils' interactions and problem-solving skills, particularly within the group, became increasingly effective during the development between design cycles, and significant progress was made in collaborative work; however, challenges were still encountered in some groups.

PT5 made the following observation note: “ *The fact that some in the groups did not want to participate in the project and that they tried to do the same project caused some difficulties. There was no exclusion among the children, but those who wanted to remain silent caused the group to become passive. We tried to focus on the groups with our teacher colleagues in response to this situation. We helped to complete the project.* ”

As the pupil stated, they used various strategies to increase the motivation of pupils who were reluctant to participate in the project and strengthen the group dynamic. These included motivating speeches, opportunities to lead intergroup presentations, and encouraging pupils to take more active roles. Furthermore, the preservice teachers provided individual support through guidance and engaged pupils using various materials to engage them.

3.2. Findings Regarding Prototype Drawing

Table 3 evaluates the prototype process that pupils drew to realize the solution they decided on in the engineering design process cycle.

Table 3. *Prototype Drawing*

Theme: Individual and Collaborative Approaches in the Prototype Drawing Process		
Design Number	Category	Code
Design 1	Suitability of individual drawings to the design	Follow the drawing
	Desire for independence in drawings	Individuality
	Decision-making at the drawing stage	Group interaction
	Drawing the group prototype	
Design 2	Detailed prototype drawing	Research
	Individual prototype drawing	Solution suggestion
	Group prototype drawing	Detailed drawing
	Detail awareness in drawings	Explanation
		Dependent design
		Rapport
		Group decision
		Group drawing
Design 3	Individual prototype drawing	Different drawings
	Group prototype drawing	Copy
	Similar drawings	Inadequate drawing
	Exchange of ideas	Not thinking
	Problem drawing a connection	Exchange of ideas
	The working mechanism of the problem	Disconnection
		Triviality
		Adapting to other ideas

When looking at the findings related to the theme of “Individual and Joint Approaches in the Prototype Drawing Process,” During the prototype drawing phase of the first design cycle, preservice teachers noted that individual drawings were suitable for developing the design agreed upon by the group, and that the number of prototype drawings was low, a consensus among the group. However, some pupils abandoned group drawings and began drawing individually, leading to instances where collaboration was disrupted.

PT2 expressed this situation in the interview: “*It cannot be said that they were successful in drawing, but there were those who tried to draw, as well as those who gave up immediately. Some were trying to draw alone, independent of the group, disrupting the cooperation with the group.* ”

In the second design cycle, pupils drew prototypes individually in class and then collaborated in groups to create a prototype. It was observed that most groups were inspired by the individual drawings and tended to choose one of them. Despite this, they were more consistent in group drawing. It was noted that the number of groups designing independently of the prototype decreased during this design process compared to the previous design. Furthermore, during this problem, pupils' activity levels in the groups, care, and interest in the project increased. It was also emphasized that the pupils' drawings included more details than the previous drawing process.

In the interview with PT6, he explained, *"Initially, everyone made a drawing using their creativity. Later, after the necessary explanations, each group tried to present its own ideas, and a joint group drawing was made. The group name, the names of the individuals, and the date were added to the prototype drawing. Whoever expressed the idea written in the drawing sections."*

In the third design cycle, pupils reported difficulty developing appropriate content for the problem when drawing individual and group prototypes. It was emphasized that pupils in the group produced drawings with similar content. It was observed that pupils had difficulty understanding the working mechanism of a water wheel, leaving them with incomplete knowledge of the subject matter and, consequently, struggling with prototype drawings. It was observed that they lacked knowledge, particularly regarding constructing a water wheel that generates energy without a motor, and that they created inaccurate drawings and products before the wheel could be fully realized. Preservice teachers stated that utilizing more detailed and explanatory concrete materials at this stage, considering pupils' 'readiness for the objectives, could prevent similar problems.

Regarding this view, PT2 of the preservice teachers similarly stated, *"I realized that most of the pupils who made good designs individually could not understand much due to the difficulty of the subject and could not concretize it. Also, their readiness was insufficient to make a wheel, and the complexity of the subject made it difficult for them to understand."*

Most pupils focused on individual drawings in the first design cycle, neglecting group interaction. In the second design cycle, improvements were observed in the collaborative drawing process, combined with individual drawings. However, difficulties in the third design cycle were generally experienced due to a lack of understanding and concreteness of the product-related subject matter. In general, individual drawings impact group dynamics and collaboration when this design cycle examines individual and group prototype drawings from a pedagogical perspective. Individual drawings allowed pupils to express their ideas, but could have weakened cooperation within the group. Group drawings, on the other hand, enabled pupils to work together toward a common goal and develop collaboration skills.

3.3. Implementing and Testing the Design

In this section, the process of pupils creating the product designed according to the prototypes drawn in the engineering design cycle, testing and evaluating the solutions, communicating the solution, redesigning/revising, finalizing the decision and testing it are evaluated in [Table 4](#).

Table 4. *Design Implementation Process*

Theme: Pupils' Experiences and Problem-Solving Approaches in the Design Implementation Process		
Design Number	Category	Code
Design 1	Application period	Additional material
	Material Use	Use not meeting criteria
	Presentation of the design	Error in calculation
		Not including STEM disciplines
Design 2	Application period	Suitable
	Material Use	Saving
	Presentation of the design	Effective
		Compliance with the stages
		Criteria
		Presentation
		Testing
Design 3	Application period	Unconscious use
	Material Use	Glitch
	Presentation of the design	Solution focus
		Noticing mistakes

In the findings related to “Pupils Experiences and Problem Solving Approaches in the Design Implementation Process”, in the implementation phase of the first design cycle, preservice teachers reported that it took approximately 40-50 minutes to create their designs using the materials provided to the pupils after a joint solution proposal was agreed upon and prototypes were prepared accordingly. It was noted that although the materials were provided to the pupils in advance, many groups requested additional materials. It was pointed out that during the design presentations, the designs developed jointly with the pupils in the class were tested for compliance with the problem criteria, and that many designs needed to be revised. In this cycle, problems such as insufficient inclusion of STEM disciplines in the design presentation process and calculation errors in material use were prominent. To address these issues, pupils could be guided by providing additional information about the role of STEM disciplines in the design process. Design criteria could be more clearly defined, and detailed information on implementing them could be provided. More guidance on using materials should be provided, along with teaching strategies that will make this process more efficient.

In an observation note, ÖA3 stated, *"They completed it in one class hour. The prototype they initially drew was not followed."* The pre-service teacher explained in his observation that in *"the first design cycle of the 38-person class, 60% of the pupils requested additional materials. He stated that 40% of them did not fit the prototype they initially drew. In addition, most pupils indicated that they had not taken part in similar projects before and had insufficient knowledge about material management."*

The groups attempted to produce the finalized prototype in the second design cycle by adhering to the design cycle stages. It was also noted that, unlike this cycle, the pupils considered solutions based on the materials they brought and drew prototypes accordingly. Pupils were observed to use materials appropriately and economically. When presenting the designs, it was emphasized whether they met the problem criteria. During the presentation, pupils showed their drawings to the class, explaining the materials used, how they were used, and their functions. Pupils also emphasized the connection between the design's features and the topic, describing how they utilized geometry, mathematics, and science. A noteworthy statement included a description of each pupils's ideas in developing the design idea.

PT4 stated, *"The pupils in the group of four I observed today discussed how they should create the design among themselves. I observed that they abandoned some decisions made during the material creation process and reached different conclusions. Generally, I can say that there was cooperation among the pupils."* In his statement regarding this observation, the pre-service teacher stated that the pupils debated among themselves for about ten minutes regarding the joint decision-making process.

In this cycle, the course process was revised, considering suggestions from the end of the first cycle to address issues encountered in the previous cycle. It was observed that the prototypes and product processes drawn using the materials pupils selected and brought were more effective. The pupils used materials sparingly and appropriately, emphasizing STEM disciplines when presenting their designs. In other words, the pupils collaboratively produced more effective and stage-appropriate designs. In the final design cycle, the implementation and presentation of the design took approximately two class hours. It was noted that the pupils struggled to produce solutions appropriate to the identified problem. It took considerable time for pupils to reach a consensus on the working principle of a wheel. Furthermore, they were observed to be inconsistent in their use of materials. However, it was also noted that the pupils more quickly recognized shortcomings in the design process and engaged in solution-focused conversations. One notable aspect was the pupils' consideration of the criteria inherent in the problem when presenting their designs.

PT2 noted the following observation: *"They were excited during the design presentation. They tried to convey it most accurately. They tried to emphasize that their projects met the criteria and conveyed that they were taking the right steps. I didn't observe many mistakes in the presentation; we just had to move quickly due to a lack of time."* He added, *"After this observation, the pre-service teacher stated that one lesson did not have enough time for ten different groups while making presentations, and some groups continued during recess, but they were quite enthusiastic about it."*

Overall, throughout the three design cycles, the challenges the pupils experienced in individual and group prototype drawings and the changes in collaboration processes were positive. Significant improvements were observed in the pupils' problem-solving and collaboration skills throughout the three design cycles. While the pupils experienced some difficulties with material use and collaboration in the first cycle, they were observed to work more harmoniously and use materials more efficiently in the second cycle. In the third cycle, the pupils struggled to understand the working principle of the water wheel but quickly recognized deficiencies and focused on solutions. In short, this process contributed to pupils' group dynamics, collaboration, and problem-solving skills. However, the problems encountered during the process were attributed to the difficulty of working within the design criteria (the pupils focused on the outcome without considering the requirements and lacked understanding of the criteria's meaning and why they were important), lack of subject matter knowledge, lack of instructional materials, inadequate guidance, and insufficient material management and planning skills (carelessness in material selection, choices that did not meet the criteria, materials used without attention to mathematical calculations, and failure to use materials necessary for drawing). To solve these problems, preservice teachers tried to make revisions through the lesson study method.

3.4. Implementing and Testing the Design

In this section, the problems encountered by pupils in the engineering design cycle processes are evaluated in [Table 5](#).

Table 5. *Problems Encountered*

Theme: Individual, Group, and Environmental Challenges Encountered in the Design Process		
Design Number	Category	Code
Design 1	Prototype compliance	Inability to agree on ideas
	Compliance with the criteria	Different ideas
	Material use	Separate decisions
	Commitment to group work	Independence
		Not including STEM disciplines
		Mathematical difficulty
Design 2	Existence of different opinions	Crowded class
	Similarity of ideas	Noisy
	Drawing process	Closeness of rows
	Class size	Difficulty in drawing
		Disappointment
		Irregular class
Design 3	Meets the criteria	Similar ideas
	Suitability of drawings	Ignoring the criterion
	Transfer of design	Strain
	Effective communication	Non-concretization
	Physical conditions	Busy
		Noisy
		Communication

In the theme "Individual, Group, and Environmental Challenges Encountered in the Design Process," regarding the problems encountered in the first design cycle, preservice teachers frequently encountered issues such as disagreements among the pupils in deciding on a standard solution and creating group prototypes, independent decision-making, and solutions produced without incorporating STEM disciplines. Many of the designs produced were reported to be incompatible with the initial prototype. Furthermore, it was noted that the pupils had difficulties calculating the materials provided according to the required criteria for solving the problem. It requested additional materials because they struggled with mathematical thinking processes. In meetings held regarding these problems, preservice teachers concluded that the novelty of the process and the pupils' lack of attention to the design cycle stages and their focus on results would be overcome over time. The lesson plan was revised to address these issues, and the process continued.

In the second design cycle, while the problems experienced in the previous phase diminished, the most striking problem was that differing ideas within the group made it difficult to decide on the final solution proposal. It was explained that a similar situation caused the pupils to struggle and become bored during the drawing phase. This situation can be attributed to the large class size and the inadequate physical environment, which facilitates pupils' inspiration for ideas through the desk arrangement designed for group work.

Regarding this situation, PT1 expressed his opinion as follows: "*The problems encountered in this process are that the class is crowded, as it was last week, and therefore there is no effective communication, the desired design is not explained sufficiently, or the pupils do not understand, or they are unfamiliar with such projects.*"

In the third design cycle, it was stated that the physical condition of the classroom and the crowded classrooms also presented challenges in terms of classroom management. It was

observed that individual drawings lacked much variety, especially during the design phase, and each other's ideas inspired the pupils. It was also observed that pupils struggled with how to implement their drawings in practice. Furthermore, the pupils reported experiencing some difficulties in prototype drawing, obtaining product sketches, and selecting materials. In summary, it is believed that the lack of understanding and the difficulty many pupils find in the subject make it difficult to implement the design. Generally, attempts have been made to overcome these problems by drawing on previous experiences. However, the STEM education process in our schools and classrooms is linked to many factors, including physical conditions, class sizes, classroom desk arrangement, allocated time, student and teacher readiness, student development characteristics, subject content, and the subject and field knowledge levels of both teachers and pupils. These situations can guide researchers in implementing this approach, which is particularly suited to a 21st-century educational approach, in real classrooms.

3.5. Implementing and Testing the Design

In this section, pupils' suggestions regarding the process in the engineering design cycle were evaluated in [Table 6](#).

Table 6. *Recommendations regarding the process*

Theme: Recommendations in Terms of Process Management, Participation, and Applicability		
Design Number	Category	Code
Design 1	Order of MTTFÖ stages	Non-compliance with design stages
	Material selection according to criteria	Lack of information
	Collaborative Participation	Partnership
	Joint Solution Process	Compliance with the criteria
	Perception of Design Form	Material status
	Drawing Stage	Form anxiety
		Aim
		Suitability
		Participation
		Drawing phase
Design 2	Physical condition	Seating arrangement
	Emphasis on STEM disciplines	Class control
	Drawing process details	STEM disciplines
	Process control	Follow the drawing
	Classroom management	Different ideas
		Respect
		Creativity
		Originality
		Individual activity
		Group dynamics
Design 3	Gain content	Practicality
	Understanding the problem	Applicability
	Engineering process	Aim
	Link to lessons	Workability
		Transfer to other courses
		Comprehensive explanation
		Product production

When examining the theme "Process Management, Participation, and Applicability," preservice teachers' suggestions for the first design cycle indicated that primary school pupils should pay attention to the EDBTP stages, particularly the need to move on to the design implementation

phase after the prototype drawing phase. The importance of group decision-making and group drawing, following individual ideas and drawings, was emphasized. Problems should be solved through collaborative participation. It was observed that the pupils expressed concerns about the form of the problem criteria. In the first problem, in particular, they focused on the aesthetics of the towers to be built, but they disregarded criteria such as durability and the tower's coefficient. Therefore, it was stated that the purpose of the problem needed to be understood. It was also suggested that additional drawing assignments could be assigned to pupils who struggle with drawing.

In the second design cycle, it was stated that classroom size and seating arrangements could be adjusted due to difficulties in classroom management. It was stated that the use of STEM disciplines could be emphasized more. It was suggested that the pupils be made aware of the areas where mathematics, science, and geometry are used. It was stated that groups should be particularly careful to adhere to the prototype drawing they decided on until the end of the process, and that they should be supported to gain different perspectives. It was also stated that during the drawing phase, they should be encouraged to be more original and creative, and all individuals should be included. It was also suggested that the pupils should draw using their emotions and imagination, then create the design by selecting appropriate materials.

PT1 expressed this situation in the interview as follows: *"Emphasis should be placed on having them draw a common portable, work on this portable, and work collaboratively as a group."*

It was stated that in the third design cycle, these and similar practices should be integrated with other courses to make them more understandable, and the number of applications should be increased. It was stated that the topic should be conveyed to the pupils in a more comprehensive and detailed manner in future project-based courses. Particular attention should be paid to ensuring that designs are produced and workable in accordance with the criteria, and that process management should be determined accordingly, and that broader content should be addressed over longer periods. Some statements compiled from the preservice teachers' reflective journals and observation notes are as follows:

PT1: "Pupils' interest in STEM applications is actually based on the fact that using these applications in many classes can make the pupils more active and create an environment where they learn by doing and experiencing, leading to lasting learning. Using STEM applications in classes broadens people's horizons and teaches them that there's no single method for teaching."

PT3: "I think STEM is a very beneficial approach that fosters multifaceted development, but since the group we're working with is in fourth grade, I think it's difficult for them because they don't have sufficient skills and their development isn't very good. However, based on our observations, we encountered a class group that didn't generate many ideas in advance, was mediocre at drawing, gave up quickly during the implementation phase, couldn't work collaboratively, and constantly said, 'I'll do what I say.' This has changed a lot over time."

PT6: "When the pupils learned in the first week that STEM is a technique that combines fields of study such as mathematics, science, engineering, geometry, etc., they were surprised and curious about how to do it. When they started STEM studies, the most challenging part was the drawing phase. The pupils got bored during this process, didn't want to draw, cheated, and chose their individual work as group work."

PT2: "Each week, different pupils explained the project, and after each project, we prepared a report of the analysis and sent it to our teacher. We had the opportunity to observe these very closely. For example, the drawings have improved significantly since the first day. Now, they're writing down what they want to do on their drawings, down to the cost. The morale and motivation we provided to groups that quickly realized they couldn't do it and gave up, and by seeing their peers' work, I realized that they shouldn't give up."

In the third design cycle, the pupils struggled to generate solutions appropriate to the given problem, particularly in understanding the working principle of a water wheel, and were disregarding mathematical calculations in the use of materials, acting excessively. However,

the pupils were observed to more quickly recognize deficiencies in the design process, focusing on the solution and paying attention to the problem criteria when presenting their designs. In this cycle, it became clear that STEM education should be integrated with other courses, the number of practical applications should be increased, and special attention should be paid to ensuring that designs meet the criteria and are workable. At the beginning of this study, it was noted that the majority of the pupils were unfamiliar with the engineering process, tended to disregard STEM disciplines and their learning outcomes, skipped the drawing phase, made independent decisions, and attempted to create the product as quickly as possible without considering group dynamics. While these tendencies diminished towards the end of the cycle, it is possible to say that pupils' awareness of the importance of the engineering design process increased. To increase pupils' competence and awareness regarding STEM education and the EDBTP (Ministry of National Education Exam), teachers/preservice teachers should be supported with ongoing professional development training. Collaborative learning environments should be designed by consciously integrating STEM disciplines with other subjects. Furthermore, project-based learning models should be utilized.

4. Conclusion and Discussion

Despite the increasing interest in the STEM education approach worldwide, the necessary curriculum for this education and its meaning for the pupils are unclear. Studies are needed to support educators in implementing STEM education (Holmlund et al., 2018). Design-Based Learning (DBL) activities, which constitute an important part of the STEM education process, are known to increase student achievement. However, studies are needed on how pupils can transfer this learning to achievements in other disciplines (Delen & Sen, 2023). Collective meaning-making and professional dialogues are recommended when planning STEM education (Holmlund et al., 2018). In this study, observation and interview findings obtained from the implementation of STEM education processes with pupils in a fourth-grade primary school science class using the lesson study method by preservice teachers were evaluated. According to the findings obtained in this context, the study results can be explained as follows:

Thanks to the engineering design-based learning, pupils think like engineers by generating different solutions to problems they encounter daily and seeking to design according to criteria. These research results demonstrate significant progress in primary school pupils' collaborative work in problem identification, problem-related research, generating possible solutions, and deciding on the best solution. Furthermore, pupils are increasingly using their in-group interactions and problem-solving skills more effectively. Anwari et al. (2015) stated that STEM education allows pupils to develop metacognitive thinking, supporting this conclusion. They also stated that STEM education can help pupils develop positive attitudes toward science by fostering an understanding of the integration of different disciplines in the classroom. Hynes et al. (2011) stated that the engineering design process aims to develop products by producing high-quality solutions to problems rather than simply building something. They emphasized that organizing thoughts is essential for effective decision-making in achieving this goal. In this study, the practices are similarly believed to foster pupils' understanding of conscious productivity and respect for diverse ideas. Adair (2000) discusses the stages of gathering problem-related information for decision-making, identifying alternative options, selecting the most appropriate one, and implementing it. He stated that activities must be designed accordingly for an effective decision-making process. As in every stage of this design process, the student decision-making process was supported by the lesson study method, and in these positively changing student situations, preservice teachers engaged in continuous needs

assessments to improve and develop the teaching process. Takahashi and McDougal (2016) stated that lesson study and collaborative lesson research are suitable for teachers' needs and can become a significant professional development tool for improving mathematics learning in schools. This statement reinforces the effectiveness of this method.

The research results indicated that after the collaborative decision-making phase, pupils were expected to create prototype drawings based on individual and group ideas consistent with the collaborative solution. Accordingly, when examining the three-cycle process, it was observed that this approach began to emerge from the second design phase. It was observed that they respected other ideas and took care to establish group dynamics when determining the collaborative solution. It is believed that the lesson study and process evaluation contributed to this. However, during the design task, the pupils struggled during the drawing phase because they experienced confusion in their subject matter knowledge and could not understand the working mechanisms of the design they would produce. In other words, the importance of process, technical, and content knowledge was highlighted in the prototype drawings. In particular, the physical condition of the classroom, crowded classrooms, and a lack of materials were noted to have negative consequences for classroom management. In a study by Sütçü et al. (2023), basic education teachers stated that implementing STEM education in classrooms was difficult due to crowded classrooms and a lack of materials. The physical characteristics of the classroom (limited movement space and large numbers of pupils) prevented pupils from working comfortably. Material deficiencies (not using templates, technical drawing tools, and rulers required for product drawing) limited prototype drawings. Preservice teachers implemented interventions throughout the study to address these issues, which emerged during weekly assessments, using the lesson study method. These included creating a more controlled environment by allocating pupils specific time and space, encouraging small group work, and using existing resources more effectively to address material deficiencies.

When the study's results related to the design implementation and testing process were examined, it was noted that there were deficiencies in student compliance with the process, and some pupils were observed to disregard the lessons and lacked planning. Paskach et al. (2017) noted that pupils were unfamiliar with the fundamental components of engineering and experienced some difficulties. The difficulties in this study stem from a lack of familiarity with the fundamental components of engineering. Furthermore, in this study, physical conditions and class sizes posed challenges in implementing the applications. Furthermore, it was observed that pupils struggled to adapt to course objectives, particularly when integrating the problem with science and mathematics objectives. Pupils are believed to be not utilizing interdisciplinary connections to the desired extent. For example, it has been noted that pupils have difficulties calculating the materials given for problem solving according to the required criteria and that they request additional materials because they have difficulties with mathematical thinking processes. Syukri et al. (2018) suggest that the stages of the engineering process will be a good guide in implementing interdisciplinary integration. Therefore, they state that the stages of asking, imagining, planning, creating, and improving in science teaching will facilitate problem-solving in the appropriate process. Therefore, content can be organized according to these steps. Particular attention should be paid to the process of producing designs per the criteria. For example, it was observed that the designs did not specifically focus on a product that operates on non-motorized energy, which was one of the problem criteria.

In the results regarding the challenges encountered during the process, Bozkurt Altan and Tan (2021) reported that the most challenging stages encountered by the pupils in classes where design-focused activities were implemented with middle school pupils were generating solutions and drawing prototypes. It was explained that as the number of activities increased, the pupils focused more on finding and drawing effective solutions to the problem than on the

number of solutions generated in the prototype drawings. Similarly, Öztürk and Korkut (2023) reported difficulties in defining the problem, developing solutions, and transferring these ideas to paper during STEM activities. Furthermore, in this study, preservice teachers observed that individual drawings lacked considerable diversity, particularly during the drawing phase, and that each other's ideas inspired pupils. NRC (2012) states that appropriate prototype drawings in the engineering design process must be feasible and based on economic principles that can be implemented in practice. This study also noted that deficiencies in the prototype drawing process and the compatibility of drawings with products were addressed within this timeframe. Interventions were implemented based on weekly evaluations of preservice teachers to address classroom management challenges, and efforts were made to create a positive classroom environment. This was because it was observed that the designs were not compatible with the initial prototype, and this was addressed. The need for a more detailed examination of the prototype drawing phase, a prominent feature of the EDBTP (Educational Design and Design Exam) processes, is quite evident. Furthermore, it is believed that the pupils did not understand the selected topic during the final design phase. It was observed that the pupils experienced some difficulties in drawing and producing the designed product. Considering the time that has passed since the final design cycle, it is thought that the pupils could have implemented a more effective product design process. However, the emergence of difficulties in certain areas suggests that the chosen topic was not appropriate for the pupils' level. It was observed that the pupils had considerable difficulty drawing a working gear system, especially with individual drawings. Berland et al. (2014) suggested that content should be developed that also addresses the qualitative and quantitative aspects of mathematics and science disciplines, allowing the pupils to generate multiple solutions to a problem. The inadequacy of the final design topic and the establishment of interdisciplinary connections in this study could be addressed by renewing their learning and re-creating a problem-solving process. This may indicate that pupils are experiencing difficulties adapting to the engineering process. In general, it is observed that over time, pupils adapt to the engineering process, produce solutions from different perspectives, work in teams, and begin to use interdisciplinary integration effectively while producing designs appropriate to the problem.

In their suggestions regarding the process, preservice teachers stated that these practices are beneficial and applicable in classrooms. However, given their student levels, they could be implemented more effectively with middle school pupils. However, a study by Demir et al. (2021), which examined middle school pupils' attitudes toward STEM education, also found that the attitudes of upper-middle school pupils were more negative. Therefore, it is crucial to include engaging content in topics appropriate to pupils' levels from an early age. Student-level appropriateness is a key factor affecting the applicability of STEM activities. The results showed that pupils struggled at the beginning of the process, particularly with integrating the four disciplines. However, towards the end, they were able to use the engineering design stages more effectively.

In this case, integrating lesson study with STEM practices can contribute to pupils' easier comprehension of learning and quality learning experiences through interdisciplinary integration. Cheung and Wong (2014) stated that lesson study improves student learning and examines teacher practices. The negative attitudes of middle school pupils toward STEM education in upper grades may be related to the extent to which they have encountered STEM in their previous learning processes and experiences. Therefore, incorporating STEM-focused activities into learning environments from an early age may change pupils' attitudes toward STEM. A general evaluation of the implementation process in terms of pupils' development yielded the following results: These implementations can contribute to pupils' cognitive, affective, and psychomotor development. These implementations will also enhance pupils'

creative thinking, detailed reasoning, entrepreneurship, computation, design and engineering, collaboration, and cooperation skills. As the pupils' design processes progressed, the increase in group dynamics in the decision-making process and their emphasis on collaborative work were notable. Towards the end of the process, improvements were observed in pupils' collaborative behavior and attention to group interaction. Dym et al. (2005) emphasized the crucial role of inquiry and collaboration in clarifying complex situations in the design process. Meyrick (2011) stated that the STEM education process will contribute to pupils' developing 21st-century skills such as critical thinking, problem solving, and collaboration. Preservice teachers did not emphasize the importance of critical thinking in pupils during this process. Özkul and Özden (2025) stated that engineering education integrated with STEM education provides pupils with the opportunity to work collaboratively as a team, allowing them to be free and active in the process. Therefore, it can be inferred that during the research, preservice teachers observed more aspects of engineering skills, collaboration, and physicality in pupils during STEM activities, but focused less on critical thinking skills. Furthermore, it is believed that preservice teachers' pedagogical knowledge and experience also have an impact on guiding pupils toward critical thinking. Another noteworthy point in the literature is that Yu et al. (2020) recommend using critical thinking to transform scientific knowledge into meaningful learning in the engineering design process. From this perspective, it is crucial not to overlook the importance of critical thinking in similar contexts. The lesson study method helps establish a balance between theory and practice, and between trainees and experienced teachers, by providing structured opportunities in the collaborative learning process (Cajkler et al., 2013). In this study, preservice teachers were observed to focus on pupils' development in specific skill areas. However, it can be commented that they contributed to developing these skills by making revisions in the skill areas examined.

Consequently, the current global competitive landscape and the lack of STEM literacy have highlighted the importance of design learning at the K-12 level (Hsu et al., 2012). It was a matter of curiosity how the content created by Mumba et al. (2023), utilizing STEM disciplines in learning through engineering design, would be reflected in real-world classrooms, and what challenges might be encountered during this process. This study examined revised design cycles by observing the process and conducting various interviews with preservice teachers in regular collaboration through lesson study. The findings are discussed. Accordingly, teacher education programs should provide teachers with opportunities to develop integrated STEM knowledge and skills, and the best pedagogical methods should be conveyed (DeCoito, 2023). A study indicated that few teachers received training on integrating engineering design into science. It was stated that preservice teachers should design units in accordance with next-generation science standards through the engineering design process (Mumba et al., 2023). Especially for preservice teachers who will be the teachers of the future, the existence of innovative practices that include 21st century skills will enable the development of positive attitudes towards STEM education (Buldur and Sarı, 2022). The number and quality of similar studies should be increased. In this respect, it is thought that the results obtained will contribute to the field.

5. Suggestions

While this research demonstrates the applicability of the engineering design-based learning process at the primary school level, it also revealed some limitations inherent to the process. It was observed that the pupils occasionally struggled to apply subject knowledge to design tasks, particularly during the drawing phase, and had difficulty grasping technical details. This highlights the need to integrate pre-learning activities and visual aids that allow the pupils to access technical information more easily. During the research, it was observed that the pupils struggled during the drawing phase due to their lack of technical knowledge and had difficulty transferring subject knowledge to practice. It is recommended that each stage of the design

process be clearly and comprehensibly explained to the pupils, particularly allocating sufficient time to the drawing phase. Exchanging ideas with the pupils throughout the process, presenting alternative materials, and introducing drawing tools can support the process. Incorporating such practices from an early age will contribute to the development of pupils' design-focused thinking skills. Furthermore, difficulties in establishing interdisciplinary connections indicate the need for guidance in integrating science and mathematics learning into design. Therefore, it is important to develop pre-service teachers' skills in making these connections and simplifying and making the content applicable. During the implementation process, the physical conditions of the classroom environment (crowded classrooms, cramped spaces, and material shortages) sometimes made classroom management challenging. This can be overcome by planning learning environments and using available resources more efficiently. Small group work and space arrangements can support this process. While pupils' influence on each other's ideas during the design process demonstrated strong collaboration, guidance was also needed to encourage individual creativity. Some students' varying levels of familiarity with the engineering process led to fluctuations in participation. This diversity can be transformed into a more balanced learning environment by structuring the process appropriately for the pupils and using guidance tools. The limited implementation time restricted pupils' ability to experience the design cycle fully. Future research should include longer implementations, plan activities supported by digital content, and conduct evaluations based on student feedback.

Acknowledgments:

This study was supported by Dicle University Scientific Research Project Unit under the "research number ZGEF.22.004". A part of this study was presented as a summary paper under the title of "STEM education process implemented with lesson study method" at the "International Education Congress 2023."

Ethics Committee Approval:

This research was carried out with the permission received from Dicle University Social Sciences Ethics Committee with the decision numbered 29559 dated 06.03.2020.

Conflict of Interest:

The authors declare that there is no conflict of interest regarding this study.

Author Contribution:

All authors contributed equally to the design, implementation, and writing of the study.

Orcid

Elçin Ayaz  <https://orcid.org/0000-0003-2488-6777>

Fatih Yılmaz  <https://orcid.org/0000-0002-8935-423X>

REFERENCES

- Adair, J. (2000). “*Karar verme ve problem çözme*” (Kalaycı, N. Çev). Gazi Kitabevi.
- Akarsu, M., Akçay, N. O., & Elmas, R. (2020). STEM eğitimi yaklaşımının özellikleri ve değerlendirilmesi. *Bogazici University Journal of Education*, 37, 155-175.
- Alvine, A., Judson, T. W., Schein, M., & Yoshida, T. (2007). What graduate students (and the rest of us) can learn from lesson study. *College Teaching*, 55(3), 109-113. <https://doi.org/10.3200/CTCH.55.3.109-113>
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I., Mutakinati, L., & Kumano, Y. (2015). Implementation of authentic learning and assessment through STEM education approach to improve students' metacognitive skills. *K-12 STEM Education*, 1(3), 123-136.
- Armstrong, A. (2011). Lesson study puts a collaborative lens on student learning. *Tools for schools*, 14(4), 2-7.
- Aykan, A., & Yıldırım, B. (2022). The Integration of a lesson study model into distance STEM education during the covid-19 pandemic: Teachers' views and practice. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(2), 609-637. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09564-9>
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 705-720. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9498-4>
- Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503-529. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09569-y>
- Brunsell, E. (2012) The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) *Integrating engineering + science in your classroom* (3-5). National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Buldur, A., & Sarı, N. (2022). Öğretmen adaylarının 21. yy yeterlik algıları ile STEM eğitimi tutumları arasındaki kanonik ilişki. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-28.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Cajkler, W., & Wood, P. (2016). Adapting ‘lesson study’ to investigate classroom pedagogy in initial teacher education: What student-teachers think. *Cambridge Journal of Education*, 46(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2015.1009363>
- Cajkler, W., Wood, P., Norton, J., & Pedder, D. (2013). Lesson study: towards a collaborative approach to learning in initial teacher education? *Cambridge Journal of Education*, 43(4), 537-554. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.834037>
- Capobianco, B. M., & Rupp, M. (2014). STEM teachers' planned and enacted attempts at implementing engineering design-based instruction. *School Science and Mathematics*, 114(6), 258-270. <https://doi.org/10.1111/ssm.12078>
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM education: A critical investigation*. Palgrave Macmillan.
- Cheung, W. M., & Wong, W. Y. (2014). Does Lesson Study work?: A systematic review on the effects of lesson study and learning study on teachers and students. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 3(2), 137-149. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-05-2013-0024>
- DeCoito, I. (2023). STEMifying teacher education: A Canadian context. In *Reforming science teacher education programs in the STEM era: International and Comparative Perspectives* (pp. 35-52). Springer International Publishing.

- Delen, I. ve Sen, S. (2023). Effect of design-based learning on achievement in K-12 education: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(2), 330-356. <https://doi.org/10.1002/tea.21800>
- Demir, C. G., Önal, N. T., & Önal, N. (2021). Investigation of middle school students' attitudes towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education and determination of the predictors. *Journal of Science Learning*, 4(2), 101-112.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Elliott, J. (2019). What is lesson study? *European Journal of Education*, 54(2), 175-188. <https://doi.org/10.1111/ejed.12339>
- Gillham, B. (2000). *Case study research methods*. Continuum.
- Hacıoğlu, Y. (2017). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimi temelli etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Henriksen, D., Mishra, P., & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 27-37.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International journal of STEM education*, 5, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Hsu, M. C., Cardella, M. E., & Purzer, S. (2012). Elementary students' engineering design process knowledge: Instrument development and pilot test. In *2012 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 25-512).
- Hsu, Y. S., & Yeh, Y. F. (2019). *Asia-Pacific STEM teaching practices*. Springer.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Publications, 1-7.
- Inprasitha, M., & Loipha, S. (2008, July). Thailand's experience in lesson study for enhancing quality in education. In *First International Conference in Lesson Study, Bandung, Indonesia*.
- Isoda, M., Stephens, M., Ohara, Y., & Miyakawa, T. (2007). *Japanese lesson study in mathematics: its impact, diversity and potential for educational improvement*. World Scientific.
- ITEA. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. International Technology Education Association.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kim, V., Douch, M., Thy, S., Yuenyong, C., & Thinwiangthong, S. (2019, October). *Challenges of implementing lesson study in Cambodia: Mathematics and science teaching by using lesson study at Happy Chandara School*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1340, No. 1, p. 012071). IOP Publishing.
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J., & Puntambekar, S. (1998, December). *Learning by design from theory to practice*. In *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences* (Vol. 98, pp. 16-22).
- Krippendorff, K. (2013). *Content analysis: An introduction to its methodology* (3rd ed.). Sage.
- Lewis, C. (2002). Does lesson study have a future in the United States? *Nagoya Journal of Education and Human Development*, 1, 1-23.

- Lewis, C. (2009). What is the nature of knowledge development in lesson study? *Educational Action Research*, 17(1), 95-110. <https://doi.org/10.1080/09650790802667477>
- Lewis, C. C., Perry, R. R., Friedkin, S., & Roth, J. R. (2012). Improving teaching does improve teachers: Evidence from lesson study. *Journal of Teacher Education*, 63(5), 368-375. <https://doi.org/10.1177/002248711244466>
- Lewis, C., Perry, R., & Murata, A. (2006). How should research contribute to instructional improvement? The case of lesson study. *Educational Researcher*, 35(3), 3-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X035003003>
- McLure, F. I., Tang, K. S., & Williams, P. J. (2022). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (2. bs.). Jossey-Bass.
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM education improves student learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal*, 14(1), 1-6.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Sage Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, ilköğretim Fen Bilimleri Dersi (4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) öğretim programı*. Devlet Kitapları Müdürlüğü.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (JPEER)*, 4(1), 2.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D., & Smith, K. A. (2013). *A framework for implementing quality K-12 engineering education*. In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, 23-46.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2016). The need for a STEM road map. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton & T. J. Moore (Eds.), *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315753157>
- Mumba, F., Rutt, A., & Chabalengula, V. M. (2023). Representation of science and engineering practices and design skills in engineering design-integrated science units developed by pre-service teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(2), 439-461. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10266-6>
- National Academy of Engineering & National Research Council, (2009). *Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects (eds.)*, Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. The National Academies.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practicescrosscutting concepts, and core ideas*. The National Academic
- Nurwidodo, N., Wahyuni, S., & Hindun, I. (2023). Teacher assistance to strengthen STEM learning based on lesson study at MTs Muhammadiyah 1 Malang. *Journal of Community Service and Empowerment*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.22219/jcse.v4i1.24555>
- Özkul, H., & Özden, M. (2025). STEM eğitimi uygulamaları ile ilkököl öğrencilerinin fen kariyer bilinçlerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (64), 51-91.
- Öztürk, A., & Korkut, F. (2023). Design thinking customized to support STEM teachers: Co-developing and implementing STEM activities for fifth graders in Turkey. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1409-1447. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09790-x>

- Paskach, D., Wilkins, G., Angstead, L., Miskowiec, K., Ooi, H., & Ahn, B. (2017, October). Challenges encountered by elementary education major students when learning engineering. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Schwartz, R. S., Akom, G., Skjold, B., Hong, H. H., Kagumba, R., & Huang, F. (2007, April). A change in perspective: Science education graduate students' reflections on learning about NOS. In *International meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans, LA.
- Shimizu, Y. (2006). *How do you conclude today's lesson? The form and functions of 'Matome' in mathematics lessons*. In: D. Klarke, E. Jonas, E. Jablonka, & I. Mok (eds.), *Making connections: Comparing mathematics classrooms around the world*, (pp. 127–145). Sense Publishers.
- Snelson, C. L. (2016). Qualitative and mixed methods social media research: A review of the literature. *International Journal of Qualitative Methods*, 15(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/160940691562457>
- Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 stem Education*, 4(2), 313-330.
- Stake, R. E. 2005. Qualitative case studies. Pages 433-466 in N. K. Denzin and Y. S. Lincoln, editors. *The SAGE handbook of qualitative research. Third edition*. SAGE, Thousand Oaks, California, USA.
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (2009). Closing the teaching gap. *Phi Delta Kappan*, 91(3), 32-37. <https://doi.org/10.1177/003172170909100>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehring, H.G., (2012). Considerations for teaching integrated STEM. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Sütçü, N. D., Uçak, B. B., & Toprak, Y. (2023). STEM Temel Seviye Eğitiminin Öğretmenlerin STEM Uygulamaları Öz-Yeterliklerine Etkisi. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(239), 1845-1874. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1134278>
- Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L. E., & Soewarno, S. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66-75 <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12297>
- Takahashi, A. (2014). The role of the knowledgeable other in lesson study: examining the final comments of experienced lesson study practitioners. *Mathematics Teacher Education and Development*, 16(1), n1.
- Takahashi, A., & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research: Maximizing the impact of lesson study. *Zdm*, 48, 513-526. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0752-x>
- Taylor, A. R., Anderson, S., Meyer, K., Wagner, M. K., & West, C. (2005). Lesson study: A professional development model for mathematics reform. *Rural Educator*, 26(2), 17-22.
- Tress, G., Tress, B., & Fry, G. (2007). Analysis of the barriers to integration in landscaperesearch projects. *Land Use Policy*, 24(2), 374-385. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.05.001>
- Uflacker, M., Kowark, T., & Zeier, A. (2011). An instrument for real-time design interaction capture and analysis. *Design Thinking: Understand–Improve–Apply*, 131-145.
- Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5. bs.). Sage Publications.

Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural relationships among high school students' scientific knowledge, critical thinking, engineering design process, and design product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 1001-1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>