



EĞİTİMİ DERGİSİ

STEM $\equiv$ ED

STEM PD
Community of Practice

dergi.stempd.net

UYGULAMA ÖRNEĞİ ANALİZİ

STEM Eğitimi Uygulamalarının Bilişsel Değişkenlere Etkisi: Öyküleyici Alanyazın İncelemesi

Ramazan AVCU¹ 

Aksaray Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada, 2014-2020 yılları arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanan ve STEM eğitimi uygulamalarının bilişsel değişkenlere etkisini test eden deneysel araştırma makaleleri incelenmiştir. Çalışmada öyküleyici alanyazın inceleme türlerinden güncel inceleme yöntemi kullanılmıştır. Deneysel makalelere ulaşabilmek için TR Dizin ve DergiPark veri tabanları kullanılmıştır. Bu veri tabanlarından 37 farklı ulusal hakemli dergide yayımlanmış 43 deneysel STEM eğitimi makalesine ulaşılmıştır. Araştırmanın sonunda (i) deneysel makalelerin bilişsel öğrenme alanından başarı, beceri, kavramsal anlama ve kavrayış değişkenlerine odaklandığı, (ii) STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin bilişsel öğrenmelerine çoğunlukla anlamlı etkide bulunduğu, (iii) bu uygulamaların çoğunlukla fen konularının öğretimine odaklandığı ve matematik konularının öğretimine yeterince odaklanmadığı ve (iv) öğretmenlerin hiçbir araştırmada katılımcı olarak yer almadığı görülmüştür. Çalışmanın bulguları, STEM eğitimi alanyazınındaki araştırmalar yardımıyla tartışılmıştır. Son olarak, çalışmada STEM eğitimi uygulayıcılarına ve araştırmacılara birtakım önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: STEM eğitimi; deneysel araştırmalar; ulusal hakemli dergiler; bilişsel değişkenler; öyküleyici alanyazın inceleme; güncel inceleme

Giriş

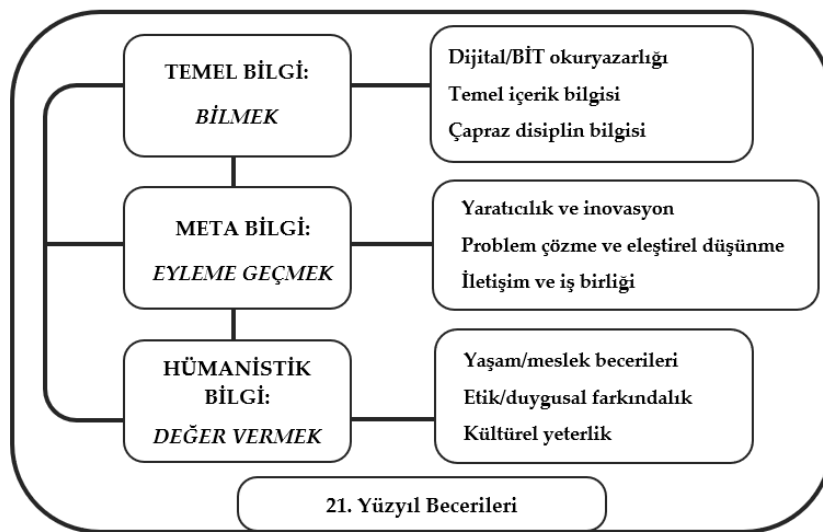
STEM ilk olarak 2001 yılında Judith Aitken Ramaley tarafından fen, teknoloji, mühendislik ve matematik müfredatını ifade etmek için ortaya atılmış bir akronimdir (Sanders, 2009). Judith Aitken Ramaley 2001–2005 yılları arasında ABD’de Ulusal Bilim Vakfı’nda (National Science

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, ramazanavcu@aksaray.edu.tr

Foundation) Eğitim ve İnsan Kaynakları Direktörlüğü'nde müdür yardımcılığı yapmıştır. STEM kavramı, Ramaley tarafından ortaya atıldıktan sonra birçok programda ve bilim camiasında ABD'nin eğitim reformu ve küresel rekabet gücü için önemli bir odak noktası olarak görülmüştür (Breiner ve diğerleri, 2012).

Amerika Birleşik Devletleri Eğitim Bakanlığı (DoEd, 2020), hızla gelişmekte olan mesleklerin yaklaşık %75'inin önemli ölçüde bilim ve matematik hazırlığı gerektirdiğine ve bu mesleklerin ihtiyaçlarını karşılamada STEM eğitiminin çok önemli bir rol oynadığına dikkat çekmiştir. Özcan ve Koca (2019) ise giderek değişen bilim ve teknolojiye ayak uydurmada, günümüzün rekabet koşullarıyla başa çıkmada, okulda öğrenilen bilgilerin gelecekte iş yerlerine aktarılmasında geleneksel okul uygulamalarının terk edilmesi ve STEM eğitimi gibi disiplinlerarası yaklaşımların tercih edilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Benzer şekilde, Becker ve Park (2011) öğrencilerin STEM eğitimiyle ilgili yeterli deneyime sahip olmalarının onları 21. yüzyılın küresel ekonomisine hazır hale getirebileceğine dikkat çekmiştir.

STEM eğitimi, günümüz dünyası için neden bu kadar önemlidir? Kısaca cevap vermek gerekirse, STEM eğitimi öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirmede çok büyük fırsatlar sunduğu için önemli görülmektedir (Gravemeijer ve diğerleri, 2017). Yirmi birinci yüzyıl becerileri bireylerin bir vatandaş ve çalışan olarak başarılı olabilmeleri için sahip olması gereken becerilerdir (Trilling ve Fadel, 2009). Dolayısıyla, bu beceriler günümüzde giderek küreselleşen ekonomi çevrelerinde üretken olabilmenin olmazsa olmazıdır (Beswick ve Fraser, 2019). Peki, 21. yüzyıl becerileri nelerdir? Kereluik ve diğerleri (2013) bu soruya cevap verebilmek için 21. yüzyıl becerileriyle ilgili alanyazının en önde gelen teorik çerçevelerini sentezlemişlerdir. Kereluik ve diğerlerinin (2013) sentezlediği bu beceriler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yirmi Birinci Yüzyıl Becerileri (Kereluik ve diğerleri, 2013, s. 130'dan uyarlanmıştır)

Ülkemizdeki okullarda yapılan öğretim faaliyetleri dikkate alındığında matematik ve benzeri sayısal derslerde daha çok lise veya üniversiteye giriş sınavlarından yüksek başarı elde etmenin amaçlandığı görülmektedir (Taştan Aktaş ve Güneş, 2017). Dolayısıyla, öğrencilerin gerçek dünya sorunlarını çözebilmelerinde ve gelecekte mesleklerini sürdürebilmelerinde okullarda hâlihazırda kullanılmakta olan geleneksel eğitim uygulamaları yeterli görülmemektedir (Akgündüz ve diğerleri, 2015). Bu nedenle, Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından son beş yılda STEM eğitimi ile ilgili şu çalışmalar yapılmıştır: STEM eğitimi öğretmen el kitabının yayımlanması (MEB, 2017), fen bilimleri dersi öğretim programına STEM eğitimiyle ilişkili kazanımların eklenmesi (MEB, 2018a) ve ilkökul ve ortaokul öğrencilerine yönelik kazanım merkezli STEM etkinliklerinin geliştirilmesi (MEB, 2019). Ayrıca MEB (2018b), STEM eğitimi reformunun öğretim programlarına yakın gelecekte entegre edileceğini fakat bu entegrasyona yönelik herhangi bir eylem planının henüz hazırlanmadığını beyan etmiştir.

MEB (2018b), geleneksel eğitimden STEM eğitimine geçişte, eğitim alanındaki tüm paydaşların sağduyusunu dikkate alarak iyi bir eylem planı hazırlamayı ve uygulamayı çok önemli bulmaktadır ve ilgili eylem planının geliştirilmesinde ilk adım olarak STEM eğitimi ile ilgili bilimsel araştırmaların bulgularına odaklanılmasına çağrıda bulunmuştur. Dolayısıyla, STEM eğitimi alanında yapılmış araştırmalar, MEB'in bünyesinde görev yapmakta olan politika yapımcılarına ve müfredat geliştiricilerine yeni öğretim programlarının geliştirilmesine yönelik net bir yol haritası çizebilir. Özel olarak, bu araştırmaların bulguları, müfredat geliştiricilerinin çeşitli STEM eğitim materyallerini geliştirmelerine, öğrenciler için en uygun STEM öğrenme ortamlarını tasarlamalarına ve STEM eğitimini öğretim programlarına mümkün olan en iyi şekilde entegre etmelerine yardımcı olabilir.

Bu araştırmada, 2014–2020 yılları arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış olan deneysel STEM eğitimi makaleleriyle ilgili bir alanyazın incelemesi yapılmıştır. Alanyazın incelemesinde, yalnızca deneysel araştırma makalelerine odaklanılmasının birtakım gerekçeleri vardır. Öncelikle, akademik başarı gibi önemli öğrenci çıktıları üzerinde gözlemlenen etkilerin yalnızca öğrencilerin almış olduğu eğitimden kaynaklandığını ve diğer dışsal değişkenlerden kaynaklanmadığını söyleyebilmek için deneysel araştırmaların yapılması zorunludur (Fraenkel ve diğerleri, 2012). Bununla birlikte, deneysel araştırmalar, politika yapımcıların kendi ülkelerinde benimsenmesi gereken eğitim uygulamaları hakkında aldıkları kararlarda önemli etkiye sahiptir (Borman ve diğerleri, 2005; Slavin, 2008). Örneğin, Finn ve Achilles (1999) sınıf büyüklüğünün ilkökul öğrencilerinin akademik başarılarına etkisini araştırmış ve küçük sınıflardaki öğrencilerin (13-17 öğrenci) normal sınıflardaki öğrencilere (22-26 öğrenci) göre daha üstün başarı sergilediklerini ortaya koymuştur. Finn ve Achilles'in (1999) bulguları, Amerika Birleşik Devletleri'nde sınıf büyüklüğünün azaltılması (class size reduction) adı verilen eğitim reformunu başlatmıştır ve birçok eyalet öğrencilerin öğrenmesini iyileştirmek amacıyla sınıflardaki öğrenci

sayısını azaltmıştır. Başka bir deneysel araştırmada, Schweinhart ve diğerleri (1993) okul öncesi programların yoksulluk içinde yaşayan ve okulda başarısız olma riski altında olan çocuklara etkilerine odaklanmışlardır. Çalışma sonunda, araştırmacılar, okul öncesi eğitim programını alan öğrencilerin almayan öğrencilere kıyasla daha yüksek başarı puanlarına ulaştıklarını, liseden mezun olma oranlarının yüksek olduğunu, daha az suç işlediklerini ve refah düzeylerinin daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu bulgular, yasa koyucularını ABD'deki birçok eyalet ve bölgede kamu tarafından finanse edilen okul öncesi eğitim programları açmaya teşvik etmiştir.

Araştırmada, deneysel araştırma makalelerinin tercih edilmesinin bir diğer nedeni de deneysel araştırmaların diğer araştırmalara göre daha doğru ve kesin sonuçlar vermesi ve bu türden araştırmaların bilimsel araştırma kuruluşları tarafından daha önemli görülmesidir. Örneğin, ABD'de öğrencilere yüksek niteliğe sahip STEM eğitimi verebilmek için yaklaşık 1,5 milyar dolar yatırım yapılmıştır (ABD Eğitim Bakanlığı, 2020). Bu yatırımların karşılığında, ABD'deki araştırmacılardan tam deneysel desen kullanarak çalışmalar yapmaları beklenmektedir ve hibe desteklerinde yalnızca bu türden yöntemsel tasarımların titizlikte kullanıldığı araştırmalara öncelik verilmektedir (Hedges ve Schauer, 2018). Bilimsel araştırmalarda yanlış ve kesin olmayan bulguların elde edilmesi şunlara yol açabilir: alanyazına yanlış veya yanlış bulguların katılması, bu yanlış bulgulardan hareketle başka araştırmacıların teoriler geliştirmesi veya farklı araştırmalar yürütmesi ve sonuç olarak zaman, para ve emek gibi çok sayıda kaynağın israf edilmesi (Gravetter ve diğerleri, 2021). Dolayısıyla, araştırmadan elde edilecek bulguların MEB yetkililerini öğretim programlarını güncelleme konusunda daha doğru bir şekilde yönlendireceği düşünülmektedir. Ayrıca, araştırma bulgularının ülkemizde STEM eğitime yönelik yapılacak yatırımların daha isabetli ve verimli olmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Önemi ve Araştırma Soruları

Bu araştırma, STEM eğitimi uygulamalarıyla ilgili bir belgesel (doküman) araştırmasıdır. Alanyazında STEM eğitimiyle ilgili içerik analizi çalışmaları (Aydın Günbatır ve Tabar, 2019; Brown, 2012; Çavaş ve diğerleri, 2020; Çevik, 2017; Daşdemir ve diğerleri, 2018; Elmalı ve Balkan Kıyıcı, 2017; Kaya ve Ayar, 2020; Mizell ve Brown, 2016), bibliyometrik analizler (Assefa ve Rorissa, 2013; Özkaya, 2019), teorik tartışmalar (Heybach ve Pickup, 2017; Kertil ve Gürel, 2016), meta-analiz çalışmaları (Becker ve Park, 2011; Belland ve diğerleri, 2017) ve meta-sentez çalışmaları (Banning ve Folkestad, 2012; Herdem ve Ünal, 2018) gibi çok sayıda belgesel araştırma yürütülmüştür. Buna rağmen, STEM eğitimi alanında yakın zamanda yürütülmüş araştırmaları özetleyen, bu araştırmalardaki eğilimleri belirleyen ve bu araştırmalarda öncelikli olarak ele alınan kavramları ortaya çıkaran çalışmalar oldukça az sayıdadır (Tezel ve Yaman, 2017; Vinberg ve diğerleri, 2019).

Yukarıda bahsi geçen boşluktan yola çıkılarak bu araştırmada STEM eğitimiyle ilgili 2014–2020 yılları arasında ortaya çıkan ulusal alanyazının eleştirel incelemesini yapmak ve bu alandaki bulguların sentezini sağlamak amaçlanmaktadır. Yapılan alanyazın incelemesinin STEM eğitimi hakkında ileriki araştırmacılara yeni perspektifler sunabileceği ve STEM eğitimi alanında henüz yeterince araştırılmamış konulara işaret edebileceği düşünülmektedir. Alanyazın çalışmasının başka bir önemi daha bulunmaktadır. Çalışma, ülkemizdeki araştırmacıların STEM eğitime yönelik anlayışlarındaki çeşitlilik ve çoğulluğu kavramamıza, STEM eğitimindeki ilerlemelerle ilgili ülkemizin konumunu belirlememize, STEM eğitimi alanındaki olgularla ilgili ortak bir anlayış geliştirmemize ve son olarak STEM eğitimi alanındaki bulguları pratiğe dökmemize yardımcı olabilir.

Deneyisel araştırmaların ülkemizin eğitim uygulamalarına ve politikalarına yön verebilme gücünden hareketle ve STEM eğitimiyle ilgili alanyazın çalışmalarına olan ihtiyaçtan dolayı bu çalışmada 2014–2020 yılları arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış STEM eğitimiyle ilgili deneyisel araştırma makalelerine odaklanılmıştır. Özel olarak, yalnızca STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin/öğretmen adaylarının bilişsel gelişimlerine etkisinin test edildiği makaleler araştırma kapsamına alınmıştır. Bu kapsamda, bu çalışmada, aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. STEM eğitimiyle ilgili ulusal alanyazında yer alan deneyisel makalelerde nelere odaklanılmıştır?
 - a. Makalelerdeki katılımcılar hangi eğitim kademelerinde öğrenim görmektedir?
 - b. Makalelerde hangi STEM etkinlikleri/uygulamaları kullanılmıştır?
 - c. Makalelerde STEM etkinlikleri/uygulamaları ne kadar süreyle kullanılmıştır?
 - d. Makalelerde STEM eğitimi etkinliklerinin/uygulamalarının merkezinde hangi disiplinler bulunmaktadır?
 - e. Makalelerde hangi bulgulara ulaşılmıştır?
 - f. Makalelerde deneyisel işlemlerin istatistiksel ve pratik olarak etkisi var mıdır?
2. Ulusal alanyazındaki deneyisel STEM eğitimi makalelerinde eğilimler hangi yöndedir ve bu alanda hangi konuların çalışılmasına ihtiyaç bulunmaktadır?

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Bu çalışmada, ulusal hakemli dergilerde yer alan STEM eğitimiyle ilgili deneyisel araştırma makaleleri değerlendirilirken öyküleyici alanyazın incelemesinden (narrative literature review) (Efron ve Ravid, 2019; Jesson ve diğerleri, 2011) yararlanılmıştır. Efron ve Ravid (2019) öyküleyici

alanyazın incelemesini bir konuyla ilgili mevcut bilgileri önceden belirlenmiş bir yöntem kullanmadan yazılı olarak değerlendirme şeklinde tanımlamıştır. Efron ve Ravid (2019) alanyazın inceleme yaklaşımlarının bir süreklilik belirttiğini ve bu sürekliliğin bir ucunda öyküleyici alanyazın incelemelerinin diğer ucunda sistematik alanyazın incelemelerinin yer aldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, öyküleyici alanyazın incelemelerinde yapılandırılmış yaklaşımların tercih edilmediğini dolayısıyla farklı yaklaşımların kullanılabileceğini, öncesinde tanımlanmış yöntemlerin ve herhangi bir özel analiz yönteminin kullanılmadığını vurgulamışlardır.

Öyküleyici alanyazın incelemelerinin geleneksel inceleme, kavramsal inceleme, güncel inceleme, uzman incelemesi ve kapsam incelemesi şeklinde farklı türleri bulunmaktadır (Jesson ve diğerleri, 2011). Bu çalışmada öyküleyici alanyazın inceleme türlerinden güncel inceleme (a state-of the-art review) kullanılmıştır çünkü güncel incelemeler okuyucuları konuyla ilgili yapılan en son araştırmalar hakkında bilgilendiren incelemelerdir. Bu çalışmada, güncel inceleme kullanılarak STEM eğitimiyle ilgili ulusal alanyazına yakın zamanda eklenmiş olan deneysel araştırma makaleleri incelenmiş, bu makalelerde öne çıkan kavramlar belirlenmiş ve dolayısıyla STEM eğitimi alandaki boşluklar ve bu alana yönelik araştırmacıların eğilimleri açığa çıkarılmıştır.

Veri Tabanlarına Girilen Anahtar Kelimeler

Bu çalışmada, ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış olan STEM eğitimi makalelerine erişebilmek için ilk olarak aşağıdaki anahtar kelimeler (arama terimleri veya tanımlayıcılar) kullanılarak veri tabanlarına giriş yapılmıştır: “STEM”, “STEM eğitimi”, “entegre STEM eğitimi”, “bütünleşik STEM eğitimi”, “STEM etkinlikleri”, “STEM uygulamaları”, “FeTeMM”, “FTMM”, “FeTeMM eğitimi”, “FTMM eğitimi”, “entegre FeTeMM eğitimi”, “entegre FTMM eğitimi”, “FTMM etkinlikleri”, “FeTeMM etkinlikleri”, “FTMM uygulamaları” ve “FeTeMM uygulamaları”. Ulusal hakemli dergilerde yer alan makalelerin bir kısmının dili İngilizce olduğu için veri tabanlarına az önce bahsi geçen anahtar kelimelerin İngilizce karşılıklarıyla da giriş yapılmıştır. Giriş yapılan İngilizce kelimeler şunlardır: “STEM education”, integrated STEM education”, STEM activities” ve “STEM practices”.

Bu anahtar kelimeler tek başlarına çok genel olmalarına rağmen ve arama sonuçlarında STEM eğitimiyle ilgili olmayan çok sayıda makalenin görüntülenebileceği önceden tahmin edilmiş olsa da yine de bu kelimeler tercih edilmiştir çünkü aramayı çok fazla daraltmak bu çalışmada analiz kapsamına alınabilecek makalelerin arama sonuçlarında görüntülenememesine neden olabilir. Dolayısıyla, bu riski ortadan kaldırmak için genel terimler kullanılmış ve çok sayıdaki makaleden yalnızca bu çalışmayla ilgili olanlar manuel arama yardımıyla belirlenmiştir.

Anahtar Kelimelerin Giriş Yapıldığı Veri Tabanları

Yukarıdaki anahtar kelimeler öncelikle TR Dizin (<https://trdizin.gov.tr/>) ve DergiPark (<https://dergipark.org.tr/tr/>) isimli veri tabanlarına girilmiştir. Bu veri tabanları ülkemizde yaygın olarak kullanılan veri tabanlarıdır ve ulusal hakemli makaleler bu veri tabanlarında dizinlenmektedirler. Bu çalışmada, TR Dizin ve DergiPark veri tabanlarındaki aramalara ek olarak Google Akademik'te (<https://scholar.google.com.tr/>) aramalar yapılmıştır. Google Akademik, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir arama motorudur. Google Akademik'in bu araştırmada tercih edilme sebebi "hakemli bildiriler, tezler, kitaplar, özetler ve makaleler dâhil olmak üzere akademik alanyazın için geniş kapsamlı bir arama yapmanın basit bir yolunu sağlamasıdır" (Fraenkel ve diğerleri, 2012, s. 55). Buna ilaveten, Google Akademik internetteki tüm sayfaları aramaktadır. Bu sayede, bu araştırmayla ilgili olup da TR Dizin ve DergiPark veri tabanlarında görüntülenmeyen makaleler de tespit edilebilmiştir. Google Akademik'te ulusal hakemli dergilerde yer alan makalelere ulaşabilmek için arama seçenekleri "Türkçe sayfalar" ile sınırlandırılmıştır. Fakat, şunu önemle belirtmek gerekir ki Google Akademik sonuçları sadece TR Dizin ve DergiPark sonuçlarını tamamlamak maksadıyla kullanılmıştır. Yani, kesinlikle bu veri tabanlarının yerine geçecek şekilde kullanılmamıştır.

STEM eğitimi ile ilgili araştırmalar ülkemizde ilk olarak 2014 yılında yayımlanmıştır (Aydın Günbatır ve Tabar, 2019; Daşdemir ve diğerleri, 2018; Elmalı ve Balkan Kıyıcı, 2017). Bu bilgi göz önünde bulundurularak arama için 2014-2020 yılları arasındaki 7 yıllık döneme odaklanılmıştır. Daha net bir ifadeyle, veri tabanlarındaki aramalar 01 Ocak 2014 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasında yayımlanmış makaleleri görüntüleyecek şekilde sınırlandırılmıştır. TR Dizin, DergiPark ve Google Akademik'te yapılan aramalar sonucunda STEM eğitimiyle ilgili 200'ün üzerinde makaleye ulaşılmıştır. Bu makalelerin arasında deneysel araştırmalara ek olarak tarama araştırmalarının, korelasyonel araştırmaların, teorik araştırmaların, meta-analiz ve meta-sentez çalışmalarının, içerik analizi çalışmalarının ve nitel araştırmaların olduğu görülmüştür. Bu makalelerden yalnızca 44 tanesinin deneysel araştırma desenine sahip olduğu 24 tanesinin ise deneysel araştırma yöntemleriyle nitel araştırma yöntemlerinin birleştirildiği karma yöntem araştırması desenine sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, STEM eğitimiyle ilgili deneysel desen kullanan toplam 68 ulusal hakemli makaleye erişilmiştir. Bu makalelerde STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin/öğretmen adaylarının hem bilişsel gelişimlerine hem de duyuşsal gelişimlerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, STEM eğitimi uygulamalarının yalnızca katılımcıların bilişsel gelişimlere etkisini araştırıldığı için analiz kapsamına alınacak makale sayısı 43'e düşürülmüştür. Bu makalelerden 32 tanesi deneysel araştırma desenine ve 11 tanesi karma araştırma desenine sahiptir. Çalışma kapsamında analiz edilen tüm makalelerin listesi için Ek 1'e bakınız.

Makalelerin Alanyazın İncelemesine Dâhil Edilme Ölçütleri

Bu çalışmaya dâhil edilecek makalelerin belirlenmesinde kullanılan ölçütler şunlardır:

1. Çalışmanın ulusal hakemli dergi makalesi olması
2. Çalışmanın 01 Ocak 2014 ve 31 Aralık 2020 tarihleri arasında yayımlanmış olması
3. Çalışmanın tam metninin erişilebilir olması
4. Çalışmanın dilinin Türkçe veya İngilizce olması
5. Çalışmada deneysel araştırma deseninin kullanılmış olması
6. Çalışmada STEM eğitiminin bilişsel değişkenlere (başarı, beceri, kavramsal anlama ve kavrayış) etkisinin test edilmesi

Verilerin Analizi

Ek 1’de belirtilen makaleler içerik analizi yöntemlerinden tümevarımsal analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yöntemde, kod, kategori ve temalar araştırmacıların verilerle uzun süreli etkileşime girmeleri neticesinde ortaya çıkar (Patton, 2014). Verilerin kodlanması sürecinde kullanılan kavramlar (kodlar) araştırmacının kendisinden, okuduğu alanyazından ya da toplanan veri seti içerisinde gelebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu alanyazın çalışmasında, kodlayıcıların verileri kategorize edebileceği önceden oluşturulmuş bir kodlama şeması (coding sheet) olmadığından kullanılan kavramlar veri setinin içerisinde gelmiştir. Kısaca, bu araştırmada “verilere dayalı bir yaklaşım” (Namey ve diğerleri, 2008, s. 138) tercih edilmiştir.

Kodlama işlemleri bu araştırmanın yazarı ile nitel veri analizi konusunda yeterli bilgi sahibi olan doktora derecesine sahip bir akademisyen tarafından yapılmıştır. Kodlama işlemlerine geçilmeden önce makaleler birkaç defa iki kodlayıcı tarafından okunmuştur. Makalelerden elde edilen veriler “sürekli karşılaştırma stratejisi” (Corbin ve Strauss, 2015, s. 111) kullanılarak kodlanmıştır. Bu stratejide, verilerin bir bölümü ele alınır ve bu veriler aynı doküman içerisindeki veya farklı dokümanlardaki diğer verilerle karşılaştırılır. Burada, karşılaştırma yapmaktaki amaç farklı verilerin kavramsal olarak birbirleriyle aynı olup olmadığını ortaya çıkarmaktır çünkü bir sonraki aşamada kavramsal olarak birbirine benzeyen veriler aynı kavramsal isimlendirme altında bir araya getirilecektir yani gruplanacaktır (Glaser ve Strauss, 1967).

Makalelerdeki bağımlı ve bağımsız değişkenler kod, kategori ve temaların oluşmasına büyük oranda yardımcı olmuştur. Örneğin, makalelerde STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin başarı, beceri, kavramsal anlama, kavrayış, tutum, inanç, motivasyon, farkındalık ve ilgileri üzerindeki etkilerine odaklanıldığı görülmüştür. Dolayısıyla, makaleler öncelikle “STEM uygulamalarının bilişsel değişkenlere etkisi” ve “STEM uygulamalarının duyuşsal değişkenlere etkisi” şeklinde iki ana tema altında toplanmıştır. Bilişsel gelişime odaklanan makaleler ise

“başarı”, “beceri”, “kavramsal anlama” ve “kavrayış” kategorileri altında sınıflandırılmıştır. “Başarı” kategorisinin diğer kategorilerden neden ayrı ele alındığını belirtmekte fayda vardır. Öncelikle, bazı makalelerde bu yapıların ayrı ayrı ele alındığı görülmektedir. Örneğin, “M-32: Kavram karikatürü destekli probleme dayalı fen, teknoloji, mühendislik ve matematik etkinliklerinin akademik başarı ve kavramsal anlama üzerindeki etkisi” isimli makalede “başarı” ile “kavramsal anlama” birbirlerinden farklı yapılar olarak alınmış ve bu yapılarla ilgili veriler farklı veri toplama araçları yardımıyla elde edilmiştir. Benzer şekilde, “M-8: İlköğretim öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir eğitim modülü uygulaması” isimli çalışmada da “başarı” yapısı “kavrayış” yapısından ayrı olarak ele alınmış ve katılımcıların teknolojiye ve mühendisliğe yönelik kavrayışları Boston Üniversitesi Bilim Müzesi tarafından geliştirilen kavrayış testleri aracılığıyla ölçülmüştür. Ayrıca, test geliştirmeye ilgili kaynaklarda “başarı”, “beceri”, “yetenek”, ve “bilgi” gibi yapıların birbirinden farklı olduğu belirtilmektedir. Örneğin, Haladyna (1997) başarının çok kolay değişebilen bir bilişsel davranış olduğunu; bu davranışın bir ders, ünite veya dönem gibi kısa bir sürede kazanılabileceğini belirtmiştir. Buna ek olarak, Haladyna (1997) yetenek (ability) ile başarı (achievement) ve bilgi (knowledge) ile beceri (skill) arasındaki farka da vurgu yapmıştır. Matematik eğitimi alanyazınında da kavramsal anlayış diğer bilişsel yapılardan ayrı olarak ele alınmıştır (Rittle-Johnson ve diğerleri, 2001; Skemp, 1976).

“Başarı” kategorisi altındaki makaleler birbirleriyle karşılaştırıldığında bu makalelerden bazılarında özel bir öğrenme/öğretme yaklaşımının kullanıldığı ve bazılarında ise kullanılmadığı görülmüştür. Bu öğrenme/öğretme yaklaşımlarının her biri birer kod olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla, “beceri kategorisi” altında yer alan makaleler şu şekilde kodlanmıştır: “mühendislik tasarım temelli öğrenme”, “5E/7E öğrenme modeli”, “proje tabanlı öğrenme”, “tersine mühendislik temelli öğrenme”, “yapılandırmacı öğrenme”, “probleme dayalı öğrenme”, “Arduino tabanlı öğrenme”, “elektronik portfolyo destekli öğrenme”, “sanat entegrasyonlu öğrenme” ve “tam öğrenme”. Aynı şekilde, “beceri” kategorisinin altında yer alan makaleler birbirleriyle karşılaştırıldığında bu makalelerde farklı beceri türlerinin kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, “beceri” kategorisinin altında yer alan makaleler şu şekilde kodlanmıştır: “bilimsel süreç becerileri”, “problem çözme becerisi”, “yansıtıcı düşünme becerisi”, “bilgi işlemsel düşünme becerisi”, “yaratıcı düşünme becerisi”, “yirmi birinci yüzyıl becerileri” ve “karar verme becerileri”.

Araştırmanın Güvenduyulabilirliği

Bu araştırmanın güvenduyulabilirliğini (trustworthiness) artırabilmek için Lincoln ve Guba (1985) tarafından önerilen şu ölçütler kullanılmıştır: güvenilebilirlik (credibility), aktarılabirlik (transferability), inandırıcılık (dependability) ve onaylanabilirlik (confirmability). Araştırmanın

güvenilebilirliğini artırabilmek için şunlar yapılmıştır: (i) Öyküleyici alanyazın incelemesi yönteminin gerekçesi ayrıntılı olarak açıklanmıştır. (ii) Analizlerde kullanılan kod, kategori ve temalar ve bunların kullanılma gerekçeleri yeterince açıklanmıştır. (iii) Araştırma bulguları, geçmiş araştırma bulgularıyla karşılaştırılmıştır. (iv) Veri çeşitlemesi (data triangulation) ve araştırmacı çeşitlemesi (investigator triangulation) yapılmıştır. (v) Makalelerin okunmasına yaklaşık 4 ay gibi uzun bir süre harcanarak verilerle aşına olunmuş ve analizler içi zengin veri elde edilmeye çalışılmıştır. (vi) Uzman incelemesine (peer debriefing) başvurulmuştur. Yani, deneysel araştırma deseniyle ve içerik analizi yöntemiyle ilgili oldukça deneyimli bir öğretim üyesi çalışmanın kod, kategori ve temalarını inceleme altına almıştır ve yapıcı dönütler vermiştir.

Araştırmanın aktarılabilirliğini artırabilmek için makalelerin alanyazın incelemesine dâhil edilme ölçütleri açıkça ifade edilmiştir. Ek 1’de bu makalelerin kaynakçalarına yer verilmiştir. Böylece, farklı araştırmacılar bu çalışmanın bulgularının diğer bağlamlara uyarlanıp uyarlanamayacağı konusunda değerlendirmeler yapabileceklerdir.

Araştırmanın inandırıcılığını artırabilmek için çalışmanın başından sonuna tüm süreçte tutarlı olunmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda, araştırmanın tüm aşamaları şeffaf bir şekilde açıklanmıştır. Ek olarak, veri analiz süreci mümkün olduğunca net bir şekilde açıklanmış ve verilerin rapor edilmesinde tablolardan yararlanılmıştır.

Son olarak, çalışmanın onaylanabilirliğini sağlamak adına tüm süreçte araştırmacı yanlılığı (researcher bias) sürekli kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Daha açık bir ifadeyle, bulguların yalnızca araştırmanın verileri doğrultusunda şekillendirilmesine büyük hassasiyet gösterilmiştir. Araştırmacı yanlılığını engelleyebilmek için Ahern’in (1999) önerdiği taktikler de dikkate alınmıştır.

Bulgular

2014-2020 yılları arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış olan deneysel araştırma makaleleri incelendiğinde bu çalışmalarda temel olarak STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin/öğretmen adaylarının başarılarına ($n=29$), becerilerine ($n=18$), kavramsal anlamalarına ($n=2$) ve kavrayışlarına ($n=1$) olan etkisine odaklanılmıştır. Öğrencilerin/öğretmen adaylarının başarılarının artırılmasına odaklanan STEM eğitimi makaleleri aşağıdaki kısımda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Başarı (Achievement)

Başarı bileşenine odaklanan makalelerin kullandıkları öğrenme yaklaşımları, numaraları ve sayıları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Başarı Bileşenine Odaklanan Makaleler

Başarı	Makalelerin numaraları	n
Özel bir öğrenme yaklaşımı kullanılmayan STEM eğitimi uygulamaları	M-4, M-6, M-11, M-13, M-15, M-16, M-19, M-22, M-24, M-31, M-36, M-37, M-42	13
Mühendislik tasarım temelli STEM eğitimi uygulamaları	M-3, M-5, M-29, M-38	4
5E/7E modeli temelli STEM eğitimi uygulamaları	M-10, M-26,	2
Probleme dayalı STEM eğitimi uygulamaları	M-20, M-32	2
Proje tabanlı STEM eğitimi uygulamaları	M-2, M-17	2
Tam öğrenme destekli STEM eğitimi uygulamaları	M-7	1
Sanat ile bütünleştirilmiş STEM eğitimi uygulamaları	M-12	1
Tersine mühendislik temelli STEM eğitimi uygulamaları	M-27	1
Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı destekli STEM eğitimi uygulamaları	M-28	1
Arduino tabanlı STEM eğitimi uygulamaları	M-34	1
Elektronik portfolyo destekli STEM eğitimi uygulamaları	M-40	1
Toplam		29

Tablo 1 incelendiğinde, STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin başarılarına etkisi belirlenirken özel bir öğrenme yaklaşımının kullanılmadığı makalelerin daha çok ön plana çıktığı görülmektedir ($n=13$). Öte yandan, mühendislik tasarımının ($n=4$), 5E/7E öğrenme modellerinin ($n=2$), probleme dayalı öğrenme yaklaşımının ($n=2$) ve proje tabanlı öğrenme yaklaşımının ($n=2$) nadir olarak kullanıldığı görülmektedir. Benzer şekilde, tam öğrenme destekli, sanat ile bütünleştirilmiş, tersine mühendislik temelli, yapılandırmacı, Arduino tabanlı ve elektronik portfolyo destekli STEM eğitimi uygulamalarının yalnızca birer makalede kullanıldığı görülmektedir. Bu makaleler, aşağıdaki kısımlarda daha detaylı olarak açıklanmıştır.

Özel Bir Öğrenme Yaklaşımının Kullanılmadığı STEM Eğitimi Uygulamaları

Bu kategoride yer alan makalelerin çoğunluğunda ortaokul öğrencileri katılımcı olarak yer almışlardır (M-13, M-16, M-19, M-22, M-24, M-31, M-37). Öte yandan, nadiren de olsa okul öncesi öğrencileri (M-42), ilkokul öğrencileri (M-11), lise öğrencileri (M-4, M-6, M-36) ve öğretmen adayları (M-15) bu çalışmalarda katılımcı olarak yer almışlardır. M-16 hariç tüm çalışmalarda deney ve kontrol grupları yer almaktadır. Çalışmalarda çoğunlukla STEM eğitimi uygulamalarının katılımcıların fen konularıyla ilgili başarılarına etkileri araştırılmıştır (M-13, M-15, M-16, M-22, M-24, M-31, M-37). M-13 “yer kabuğunun gizemi” konusuna, M-15 “itme ve momentum konusuna”, M-16 “yenilenebilir enerji kaynakları” konusuna, M-22 “güneş sistemi ve ötesi” konusuna, M-24 basınç konusuna, M-31 “canlılar dünyasını gezelim ve tanıyalım”

konusuna ve M-37 “kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme” konusuna odaklanmıştır. Bu çalışmalardan biri dışında (M-37) tamamında STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin başarısına anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

M-37’de STEM eğitimi uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin kuvvetin ölçülmesiyle ilgili başarısına etkisi, öntest-sontest kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılarak test edilmiştir. Çalışmada “Kuvveti Ölçelim”, “Doğrultu mu, Yön mü?”, “Newton Beşiği”, “Kim Daha Süratli?” ve “Fatih’in Gemileri” isimli beş farklı STEM etkinliği 4 hafta boyunca toplamda 16 ders saati olacak şekilde deney grubu öğrencilerine uygulanmıştır. Uygulamalar sonrasında deney ve kontrol gruplarının başarı puanları arasında anlamlı bir farklılığın oluşmadığı görülmüştür. M-37’nin yazarları, anlamlı farklılığın oluşmama sebebini öğrencilerin geçmişten getirdiği bazı kavram yanlışlarının giderilememiş olabileceğine bağlamışlardır. Ayrıca, yazarlar, STEM eğitiminin mühendislik ve tasarım boyutlarında öğrencilerin derse odaklanmaktan çok eğlenceye ağırlık vermelerinin öğrencilerin konuyla ilgili kavram yanlışlarını giderememesine neden olduğunu belirtmiştir.

STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin *matematik* başarılarına etkisini araştıran az sayıda çalışma yer almaktadır (M-6, M-19, M-36). M-6’da Amerika’nın Texas eyaletindeki liselerde öğrenim gören 9., 10. ve 11. sınıf öğrencileri katılımcı olarak yer almıştır. Bu çalışmada, Texas’taki STEM okullarının geleneksel okullarla kıyaslandığında öğrencilerin matematik başarılarına etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, öğrencilerin geleceğini büyük oranda belirleyen ve her yıl düzenli olarak yapılan Texas Assessment of Knowledge and Skills (TAKS) Sınavı’nın matematik testinden alınan puanlar veri seti olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada ikincil veriler analiz edilmiştir. Çalışmada, öğrencilerin matematik başarılarını boylamsal olarak inceleyebilmek için hiyerarşik lineer modelleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları, STEM okullarının yalnızca Hispanik öğrencilerin matematik başarılarının artmasında etkili olduğunu göstermiştir. Öte yandan, bu okulların Asyalıların, Beyaz Amerikalıların ve Afrika kökenli Amerikalıların matematik başarılarının artmasında etkili olmadığı görülmüştür.

M-6’dan farklı olarak, M-19’da STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin çember ve daire konusuyla ilgili başarılarına etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında çember ve daire ile ilgili şu dört etkinliğe yer verilmiştir: “Kendi Saatimizi Yapalım”, “Daireden Araba Yarış Pisti Modeli”, “Isı Yalıtımlı Geometrik Ev Modeli Tasarlama” ve “Prizmalar Yardımıyla Basıncı Keşfedelim”. Etkinlikler her hafta 2 ders saati olacak şekilde toplam 4 hafta boyunca uygulanmıştır. Uygulamanın bitiminde deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puanları karşılaştırılmış ve deney grubu öğrencilerinin çember ve daireyle ilgili başarılarının kontrol grubundakilere göre anlamlı derecede yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Diğer taraftan, M-36'da STEM etkinlikleri ile işlenen derslerin 9. sınıf öğrencilerinin üçgenler konusuna yönelik başarılarına etkisi incelenmiştir. Çalışmanın katılımcıları, ülkemizin kuzeydoğusundaki bir ilde bulunan devlet lisesinden seçilmişlerdir. Bu okulun öğrencilerinin sosyoekonomik düzeyleri ve başarıları düşük seviyededir. Çalışmada, STEM eğitimi etkinlikleri deney grubu öğrencilerine 5 hafta boyunca uygulanmıştır. STEM etkinliklerinin uygulamalarının bitiminde deney ve kontrol grubu öğrencilerinin üçgenler konusuyla ilgili başarıları karşılaştırılmış ve gruplar arasında başarı açısından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Buna rağmen, uygulamanın bitiminden 5 hafta sonra yapılan kalıcılık testinde deney grubu öğrencilerinin üçgenlerle ilgili başarıları kontrol grubunu öğrencilerinin başarılarına göre anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır. Çalışmanın yazarları, deney grubu öğrencilerinin STEM etkinlikleri sırasında üçgenler konusunu yaparak yaşayarak ve aktif olarak öğrenmelerinin konuya yönelik başarılarının daha kalıcı olmasını sağladığını vurgulamışlardır.

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak, matematik ile diğer disiplinlerin bir arada ele alındığı çalışmalara da rastlanmıştır. Fakat, STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin *birden fazla disiplin* ile ilgili başarılarına etkisini araştıran az sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir (M-4, M-11). M-4'te, M-6'ya benzer şekilde, Amerika'nın Texas eyaletindeki 11. sınıf lise öğrencileri katılımcı olarak yer almıştır ve veri seti olarak bu öğrencilerin Texas Assessment of Knowledge and Skills (TAKS) Sınavı'ndan matematik, fen ve okuma disiplinleriyle ilgili elde ettikleri puanlar kullanılmıştır. Çalışmada, STEM okullarının öğrencilerin matematik, fen ve okuma başarılarına etkisi geleneksel okullarla kıyaslanmıştır. Wald istatistiği sonuçları, geleneksel okullardaki öğrencilerle STEM okullarındaki öğrenciler arasında okuma, matematik ve fen başarı puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermiştir. Çalışmanın yazarları bu bulguyla ilgili olarak şu açıklamaları yapmışlardır: (i) Test edilen model iki okul türü arasındaki farklılıkları açıklayamamış olabilir. (ii) Okul etkilerinin büyük bir kısmı, öğrencilerin yüksek riskli testlerle ilgili puanlarındaki genel artıştan ziyade öğrencilerin STEM konularına olan ilgisiyle ilişkili olabilir.

M-11'de STEM eğitimi uygulamalarının 4. sınıf öğrencilerinin matematik ve fen başarılarına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, öğrencilerin hem fen hem de matematik başarı puanlarının deney grubu lehine anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Son olarak, bu kategoride, yalnızca M-42 okul öncesi öğrencileriyle yürütülmüştür. Bu çalışmada STEM ile zenginleştirilmiş okul öncesi eğitim uygulamalarının 5-6 yaşları arasındaki çocukların okula hazırbulunuşluklarına ve kavram kazanımlarına etkisi incelenmiştir. Öğrencilerin bu iki alandaki başarıları Bracken Temel Kavram Ölçeği-Gözden Geçirilmiş Formu kullanılarak belirlenmiştir. Bu form çocukların kavram gelişimleriyle ilgili şunları ölçmektedir: renk bilgisi, harf bilgisi, sayma becerisi, boyut bilgisi, karşılaştırma becerisi, şekil bilgisi, yön bilgisi, bireysel

ve sosyal farkındalık bilgisi, yapı ve materyal bilgisi, miktar bilgisi, zaman ve sıralama bilgisi. STEM uygulamalarının sonunda hem hazırbulunuşluk hem de kavram kazanımı açısından deney grubu öğrencilerinin lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu ortaya çıkmıştır.

Mühendislik Tasarım Temelli STEM Eğitimi Uygulamaları

Bu başlık altındaki çalışmalar incelendiğinde, katılımcılarının ortaokul öğrencileri (M-5, M-29) ve öğretmen adayları (M-3, M-38) olduğu görülmektedir. M-5 ve M-38’de tek grup, M-3 ve M-29’da hem deney hem kontrol grubu oluşturulmuştur. Tüm çalışmalarda STEM eğitimi uygulamalarının katılımcıların *fen* başarılarına etkisi araştırılmıştır. Çalışmaların tamamında STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin *fen* başarılarını anlamlı bir şekilde etkilediği görülmüştür.

M-3’te STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının 3. sınıf *fen* bilgisi öğretmeni adaylarının *Fen Bilgisi Laboratuvar Uygulamaları* dersinde yer alan konulara yönelik başarılarına etkisi test edilmiştir. Çalışma kapsamında, öğretmen adaylarından FischerTechnik, Lego, rüzgâr gülü, lamba ve devre elemanları gibi materyaller kullanarak güneş enerjisi ile çalışan bir helikopter yapmaları istenmiştir. Bu sayede, öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynakları konusunda bilinçlenmeleri ve mühendislik tasarım süreçlerini kullanmaları sağlanmıştır. Diğer taraftan, M-3’ün yazarları, STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının yürütülebilmesinde fakültelerde bu uygulamalar için gerekli alt yapı ve süreçlerin sağlanması gerektiğine dikkat çekmişlerdir.

M-5’te tasarım temelli STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuyla ilgili başarılarına etkisi araştırılmıştır. Yazarlar, STEM etkinliklerini geliştirirken Wendell ve diğerlerinin (2010) tasarım temelli öğretim programı geliştirme adımlarını kullanmışlardır. Bu doğrultuda sarmal yaylarla; kuvvet, iş ve enerjiyle ve basit makinelerle ilgili üç farklı modül geliştirilmiştir. Yazarlar, tasarım temelli STEM eğitimi uygulamalarının başarı üzerindeki anlamlı etkisini öğrencilerin geliştirdikleri prototipleri deneyebilmelerine ve bu prototipleri daha iyi hale getirebilmelerine atfetmiştir.

M-29’da 6. sınıf öğrencilerine ses konusunun öğretimiyle ilgili dokuz farklı STEM etkinliği yaptırılmıştır. Etkinlikler, dokuz ders saatinde iki hafta boyunca uygulanmıştır. Etkinliklerde LEGO Mindstorms, NXT Eğitim Seti ve sünger ve köpük gibi farklı materyaller kullanılmıştır. Deney grubu öğrencilerine yaptırılan etkinliklerde şu sorulara yanıt aranmıştır: (i) Ses nasıl yayılır? (ii) Ses yansır mı? Nasıl? (iii) Yankı nasıl oluşur? (iv) Sesin yansımından faydalanılarak hangi teknolojiler üretilmektedir? (v) Sesin yayılabilmesi için en önemli koşul nedir? (vi) Bir

engelin önündeki ve arkasındaki sesin şiddeti neden farklıdır? (vii) Ses yalıtımı malzemelerinin özellikleri nelerdir? (viii) Farklı mekânlarda kullanılan akustik uygulamalar nelerdir? (ix) Kapalı alanlarda sesin yankısı nasıl engellenir? M-29'un yazarları, mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerine katılan öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere göre daha başarılı olmalarını öğrencilerin her ders sonunda bilimsel fikirlere ulaşmasına, projeler geliştirmesine ve derslerde çoğunlukla aktif deneme ve tasarımlar yapmasına bağlamışlardır.

M-38'de tasarım temelli STEM eğitimi uygulamalarının 3. sınıf fen bilgisi öğretmeni adaylarının STEM alanları bilgisine etkisi araştırılmıştır. STEM eğitimi uygulamaları her hafta 2 saat olacak şekilde 5 haftalık bir sürede gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar sırasında her hafta bir tasarım problemi kullanılmıştır. Bu problemlerle şunlar amaçlanmıştır: (i) yenilenebilir enerji kaynakları vasıtasıyla enerji üretmek ve bu enerjinin evlerde kullanılabileceği şekilde bir sistem tasarlamak, (ii) evsel atıkların geri dönüştürülebileceği bir depolama sistemi tasarlamak, (iii) evlerdeki veya bahçelerdeki yüklerin taşınmasına yarayan bir asansör tasarlamak, (iv) süs havuzunda suyun istenilen yüksekliğe çıkabilmesi için bir sistem tasarlamak, (v) su kaydıraklarının rahat kullanılmasını sağlayan bir sistem tasarlamak.

5E/7E Modeli Temelli STEM Eğitimi Uygulamaları

M-10'da 7E modeli temelli STEM etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin kuvvetin ölçülmesi konusuyla ilgili başarılarına etkisi test edilmiştir. STEM etkinlikleri deney grubu öğrencilerine 8 hafta boyunca uygulanmıştır. Fen bilimleri dersi ana disiplin olarak, matematik dersi yan disiplin olarak belirlenmiştir. Uygulama sürecinde, ana disiplinle ilgili olarak "Kuvvetin büyüklüğünü dinamometre ile ölçer" ve "Basit araç gereç kullanarak bir termometre modeli tasarlar" kazanımları; yan disiplinle ilgili olarak "Doğal sayılarla toplama ve çıkarma işlemlerinin sonuçlarını tahmin eder" kazanımını işlenmiştir. M-10'da 7E modeli temelli STEM etkinliklerinin uygulandığı öğrenciler ile kontrol grubundaki öğrencilerin sınav başarı puanları arasında manidar bir farklılık bulunamamıştır. M-10'un yazarları, iki grubun başarı puanları arasında anlamlı bir farklılığın bulunamamasını öğrenme yaklaşımı olarak her iki grupta da 7E modelinin kullanılmasına bağlamışlardır.

Benzer şekilde, M-26'da 5E modeli temelli STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin elektrik enerjisinin dönüşümü konusundaki başarılarına etkisi incelenmiştir. Uygulamalar sırasında öğrencilere grup çalışması yaptırılmış ve uygulama süreci 6 hafta sürmüştür. Bu süreçte deney grubu öğrencilerine "Rüzgârdan Elektriğe" ve "Güç Santralleri Yatırım Planı" isimli STEM etkinlikleri yaptırılmıştır. Fakat M-10'dan farklı olarak çalışma sonunda, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sınav başarı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu

görülmüştür. Ayrıca, deney grubuna uygulanan STEM uygulamalarının etki büyüklüğünün çok yüksek düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır ($d=1,27$).

Probleme Dayalı STEM Eğitimi Uygulamaları

M-20’de probleme dayalı STEM eğitimi uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik başarılarına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada tek grup kullanılmıştır. Probleme dayalı öğrenme senaryolarında öğrencilerin hava direncinin varlığını ve ne olduğunu keşfetmeleri ve hava direncinden yararlanarak yapılan araçların farkına varmaları amaçlanmıştır. Yapılan uygulamada öğrenciler sadece paraşüt tasarladıkları için bu uygulamaya 5 ders saati ayrılmıştır. Paraşüt etkinliği aracıyla öğrenciler paraşütlerin çalışma prensibini ve paraşüt yapımında kullanılan malzemelerin özellikleri arasındaki ilişkileri keşfetmeye çalışmışlardır. Çalışmada öğrencilerin son test başarı puanları ön-test başarı puanlarından anlamlı şekilde yüksek çıkmıştır.

Benzer şekilde, M-32, kavram karikatürü destekli probleme dayalı STEM eğitimi uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik başarılarına etkisine odaklanmıştır. Araştırmada tek grup kullanılmıştır. STEM eğitimi uygulamaları 10 hafta boyunca her hafta iki ders saati olacak şekilde 20 ders saatinde tamamlanmıştır. Öğrenciler bu süreçte kavram karikatürü destekli probleme dayalı paraşüt ve araba tasarlama etkinlikleri yapmışlardır. Kavram karikatürleri hazırlanırken öğrencilerin kavram yanlışlarından faydalanılmıştır. Örneğin, paraşüt tasarlama etkinliği ile ilgili karikatürler hazırlanırken havada hareket eden cisimlere etki eden kuvvetin yönü ve büyüklüğüyle ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları kullanılmıştır. Benzer şekilde, araba tasarlama etkinliğiyle ilgili karikatürler hazırlanırken öğrencilerin mühendis, mühendislik ve teknoloji kavramlarıyla ilgili sahip oldukları kavram yanlışları kullanılmıştır. Çalışmada, karikatürü destekli probleme dayalı STEM eğitimi uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusuna yönelik başarılarını anlamlı olarak artırdığı ortaya çıkmıştır. Çalışmanın yazarları kavram karikatürü destekli STEM etkinliklerinin bütün sınıf düzeylerinde ve diğer branşlardaki öğretmenler ile uygulanabileceğini, bu süreçte öğrencilerin iş birliği yapmasının daha etkili sonuçlar doğuracağını ve ortaya çıkan ürünlerin öğrencileri teşvik edebileceğini belirtmişlerdir.

Proje Tabanlı STEM Eğitimi Uygulamaları

M-2’de, deneysel işlemin etkisi tek bir grupta test edilmiştir. Bu çalışmada proje tabanlı STEM eğitimi uygulamalarının 8. sınıf öğrencilerinin matematik ve fen kelime bilgilerine etkisi araştırılmıştır. Katılımcılar; Asyalı, Beyaz Amerikalı, Afrika kökenli Amerikalı ve Hispanik öğrencilerden oluşmaktadır. Çalışma, bir araştırma üniversitesinin bünyesinde yer alan STEM

merkezinin düzenlediği 2 haftalık bir yaz kampında yapılmıştır. Bu kampta öğrencilerin katıldıkları proje tabanlı STEM etkinliklerinden birisi “Yumurta Bırakma” etkinliğidir. Bu etkinlikte öğrencilerden bir yumurtayı güvenli bir şekilde yere indirebilecekleri özgün bir paraşüt tasarımları ve bu paraşütü test etmeleri istenmiştir. Paraşüt etkinliği için öğrenciler haftada 4 gün bir araya gelmişlerdir. Öğrenciler her buluşmada 15 dakika görüşmüşlerdir. Bununla birlikte, materyal toplama, hipotezler oluşturma, günlük yazma ve benzeri bağımsız çalışmalara öğrenciler her hafta 10 saat süre ayırmışlardır. Çalışmanın sonunda, proje tabanlı STEM eğitimi uygulamaları öğrencilerin matematik ve fen kelime bilgileri istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme sağlamıştır. Ayrıca, bu uygulamalar, öğrencilerin matematik kelime bilgileri için orta düzeyde ($d=0,62$), fen kelime bilgileri için yüksek düzeyde ($d=0,84$) bir etki büyüklüğü olduğunu göstermiştir.

Benzer şekilde, M-17’de, deneysel işlemin etkisi tek bir grupta test edilmiştir. Bu çalışmada proje tabanlı STEM eğitimi uygulamalarının meslek lisesi öğrencilerinin yenilenebilir enerji kaynaklarının sosyo-ekonomik önemine yönelik başarılarına etkisine odaklanılmıştır. Çalışmada, öğrencilere öncelikle yenilenebilir enerji kaynakları hakkında 2 haftalık bir eğitim verilmiştir. Daha sonra, onlardan rüzgâr enerjisinden elektrik üreten bir yel değirmeni tasarımları istenmiştir. Yel değirmenlerinin tasarlanması ve sunulması 2 hafta sürmüştür. Yel değirmenleri tasarlanırken öğrencilere çalışmanın yazarı ve öğretmen rehberlik etmiştir. Bu süreçte öğrencilere yel değirmeni teknolojisi, dinamo ve jeneratörün çalışma prensipleri anlatılmış, yenilenebilir enerji mühendisliği hakkında bilgi verilmiş ve öğrencilerden yel değirmeninin bir tam tur atması ile elde edilecek elektrik akımı miktarını hesaplamaları istenmiştir. Çalışmanın sonunda öğrencilerin öntest ve sontest puanları arasındaki farkın anlamlı ve sontest lehine olduğu görülmüştür. Ayrıca, proje tabanlı STEM eğitimi uygulamalarının orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir ($d=0,53$). Buna rağmen, çalışmanın yazarı, tek grup yerine deney ve kontrol gruplarının yer aldığı araştırmaların bilimsel açıdan daha güçlü olacağına dikkat çekmiştir.

Tam Öğrenme Destekli STEM Eğitimi Uygulamaları

M-7, tam öğrenme destekli STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusuna yönelik başarılarına etkisini test etmiştir. Çalışmada iki deney grubu yer almaktadır. Deney gruplarından birine tam öğrenme destekli STEM uygulamaları diğerine yalnızca STEM uygulamaları yaptırılmıştır. Her iki grupta, uygulamalar sırasında şu konulara odaklanılmıştır: kuvvet-iş-enerji arasındaki ilişki, potansiyel ve kinetik enerji, rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi, hidroelektrik enerjisinden elektrik üretimi, esneklik potansiyel enerjisi, güneş enerjisi, sürtünme kuvveti ve enerjinin korunumu. Çalışmanın bulguları, deney gruplarındaki öğrencilerin başarılarının kontrol grubundaki öğrencilerin başarılarından anlamlı derecede

yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bulgular, tam öğrenme destekli STEM uygulamalarının STEM uygulamalarının tek başına kullanılmasına oranla başarıyı arttırmada daha etkili olduğunu göstermektedir. Tam öğrenme destekli STEM uygulamalarının olduğu gruptaki öğrenciler analiz, sentez ve değerlendirme düzeyindeki soruların çözümünde yüksek başarı elde etmişlerdir. Çalışmanın yazarları, tam öğrenmenin öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini olumlu yönde geliştirdiğine dikkat çekmişlerdir.

Sanat ile Bütünleştirilmiş STEM Eğitimi Uygulamaları

M-12, sanat ile entegre edilmiş STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin aynalarda yansıma ve ışığın soğurulması konusuyla ilgili başarılarına etkisini incelemiştir. Uygulamalar her hafta 4 ders saati olacak şekilde yürütülmüş ve 5 haftada tamamlanmıştır. STEM eğitimi uygulamaları sırasında öğrenciler takımlar halinde çalışmışlardır. Mühendislik tasarım sürecinde Engineering is Elementary müfredatında (Boston Üniversitesi Bilim Müzesi, 2021) yer alan şu beş basamak takip edilmiştir: (i) sor, (ii) hayal et, (iii) planla, (iv) yarat, (v) geliştir. “Leonardo da Vinci ve optik çalışmaları” aynalarda yansıma ve ışığın soğurulması konusunun genel teması olarak belirlenmiştir. Uygulamalar sırasında öğrencilere Leonardo da Vinci tanıtılmış, sanatsal çalışmalarına ek olarak optikle ilgili çalışmalarının olduğu da vurgulanmıştır. Ayrıca, uygulamalar sırasında resim, edebiyat, müzik ve sinema gibi sanat dallarına değinilmiştir. Öğrenciler STEM uygulamaları aracılığıyla şunları tasarlamışlardır: kaleydoskop, yansıtıcı heykel, güneş fırını, spektroskop ve ışık gösterisi aracı. Çalışmanın bulguları, sanat ile entegre edilmiş STEM eğitimi uygulamalarına katılan öğrencilerin başarılarının kontrol grubundaki öğrencilerin başarılarından anlamlı şekilde fazla olduğunu göstermiştir. Deneysel işlemin etki büyüklüğünün ise orta düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır ($d=0,75$). Çalışmanın yazarları, okullarda genelde sınav odaklı çalışmaların yapıldığına, öğretmen ve öğrencilerin sanat ile bütünleştirilmiş STEM eğitimi uygulamalarını zaman kaybı olarak görebileceğine, dolayısıyla elde ettikleri bulguların öğretmen ve öğrencilerdeki olası ön yargıları yıkma konusunda önemli role sahip olacağının altını çizmişlerdir.

Tersine Mühendislik Temelli STEM Eğitimi Uygulamaları

M-27 tersine mühendislik uygulamalarının 8. sınıf öğrencilerinin karışımlar, ısı-sıcaklık ve basit makinelerle ilgili başarılarına etkisini ortaya çıkarmaya odaklanmıştır. Tersine mühendislik uygulamaları 10 hafta sürmüştür. Çalışmada, Thayer’ın (2017) ortaya attığı tersine mühendislik aşamaları kullanılmıştır. Bu aşamalar şunlardır: (i) tasarımın amacını belirleme, (ii) tasarımın nasıl çalıştığını gözlemleme, (iii) tasarımı parçalara ayırma ve bileşenlerini belirleme, (iv) analiz etme, (v) rapor etme ve yeniden tasarlama. Karışımlar, ısı- sıcaklık ve basit makinelerle ilgili etkinlikler uygulanırken mühendislik tasarım sürecinin şu bileşenlerine odaklanılmıştır: (i)

problem bulma, (ii) olası çözümleri geliştirme, (iii) çözümlerden en uygun olanına karar verme, (iv) prototip oluşturma, (v) oluşturulan prototipi test etme. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sontest puanlarının karşılaştırılması, tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin karışımlar, ısı-sıcaklık ve basit makinelerle ilgili başarılarını olumlu yönde ve anlamlı olarak etkilediğini göstermiştir.

Yapılandırmacı Öğrenme Yaklaşımı Destekli STEM Eğitimi Uygulamaları

M-28’de yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı kullanılarak uygulanan STEM etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin DNA ve genetik kod, kaldiraclar, eğik düzlem ve periyodik sistem konularıyla ilgili başarılarına etkisi incelenmiştir. STEM etkinlikleri 5 hafta boyunca her hafta bir etkinlik olacak şekilde uygulanmıştır. Uygulama süreci toplam 30 saat sürmüştür. Bu süreçte uygulanan STEM etkinlikleri şunlardır: (i) DNA modeli, (ii) vinç tasarımı, (iii) eğik düzlem, (iv) periyodik tablo yapımı, (v) asansör yapımı. Etkinlikler için 4’erli ve 5’erli öğrenci grupları oluşturulmuştur. Etkinlikler sırasında, her hafta öğrencilere bilgi temelli hayat problemleri yöneltilmiştir. Bu sayede öğrenciler bir problemle karşılaştıklarında bu problemi çözebilmek için nelerin yapılması ve nasıl bir yol izlenmesi gerektiğiyle ilgili karar verebilecek hale gelmişlerdir. İstatistiksel analiz sonuçları, deney ve kontrol grubu öğrencilerin sontest puanları arasında başarı açısından anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir. Ayrıca, deneysel işlemin düşük düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir ($d=0,20$). M-28’in yazarları, etkinliklerin laboratuvar ortamında uygulanmamasının, etkinliklerde birden fazla üniteye odaklanılmasının ve zaman kısıtlamasının gruplar arasındaki farkın anlamlı olmamasına yol açmış olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, yazarlar, tamamlayıcı ölçme-değerlendirme yöntemleri yerine geleneksel ölçme-değerlendirme araçlarını kullanılmış olmalarının, çalışmayı yürüttükleri okulun yeterli teknik özelliklere sahip olmamasının ve öğrencilerin başarı düzeylerinin düşük olmasının da farkın anlamlı olmamasına sebebiyet vermiş olabileceğini belirtmişlerdir.

Arduino Tabanlı STEM Eğitimi Uygulamaları

M-34’te Arduino tabanlı STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin fotosentezle ilgili başarılarına etkisi incelenmiştir. Öğrencilerin deney ortamındaki değişiklikleri yorumlayabilmeleri için ışık yoğunluğu ve toprağın nemi değişkenler olarak seçilmiştir. Öğrencilerin fotosentez miktarını yorumlayabilmeleri için hava kalite sensörü ortamdaki CO2 miktarının ölçülmesinde kullanılmıştır. Bu sensörü kontrol edebilmek için Arduino mikro denetleyici kullanılmıştır. Ayrıca, STEM eğitimi uygulamaları kapsamında şu malzemeler kullanılmıştır: Arduino Uno, toprak nem sensörü, LDR ışık yoğunluğu sensörü, MQ-135 hava kalitesi ölçüm sensörü ve Arduino mBlock düzenleyicisi. Araştırmanın bulguları, Arduino tabanlı STEM eğitimi etkinliklerini yapan deney grubu öğrencilerinin fotosentez konusuyla ilgili

başarılarının kontrol grubu öğrencilerinin başarılarından anlamlı düzeyde yüksek olduğunu göstermiştir. Çalışmanın yazarları farklı sınıf seviyelerindeki öğrencilerle ve farklı disiplinlere yönelik konularla ilgili Arduino tabanlı STEM eğitimi uygulamalarının yapılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, diğer araştırmacıların sensörlerden elde edilen verileri web tabanlı bir platformda toplayabileceğini ve bitkilerin büyüme sürecini uzaktan izleyerek gözlemleyebileceği belirtmişlerdir.

Elektronik Portfolyo Destekli STEM Eğitimi Uygulamaları

Elektronik portfolyo, öğrencilerin çalışmalarını, ürünleri ve ödevleri elektronik ortamda saklayabilecekleri ve bunlara istedikleri yerden ve istedikleri an ulaşabilecekleri bir çevrimiçi dosya yükleme portalıdır. M-40'ta elektronik portfolyo destekli STEM etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin basit makineler konusuna yönelik başarılarına etkisi test edilmiştir. Kontrol grubu öğrencilerine ise yalnızca STEM etkinlikleri uygulanmıştır. Uygulamalar 6 hafta sürmüştür. Deney grubu öğrencileri bilgisayar laboratuvarını kullanarak STEM etkinliklerini sanal ortamda doldurarak e-portfolyoya kaydetmişlerdir. Kontrol grubu öğrencileri ise STEM etkinliklerini sınıflarında yaptıktan sonra kendileri saklamışlardır. Çalışmanın sonunda, deney grubu öğrencilerinin basit makinelerle ilgili başarı puanlarının kontrol grubu öğrencilerinin başarı puanlarından anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın yazarları e-portfolyo kullanımının hem zamanın hem kırtasiye ürünlerinin kullanımı açısından tasarruf sağlayacağını ve etkinliklerin toplanmasını, muhafaza ve takip edilmesini kolaylaştıracağını belirtmişlerdir.

Beceri (Skill)

Bu araştırmada, başarıya gösterdikleri eğilim kadar olmasa da, STEM eğitimiyle ilgili deneysel makale yazarlarının öğrencilerin bilişsel becerilerini artırmaya da ilgi gösterdikleri belirlenmiştir ($n=18$). STEM eğitimiyle ilgili makalelerde incelenen beceri türleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Beceri Bileşenine Odaklanan Makaleler*

Beceriler	Makalelerin numaraları	<i>n</i>
Bilimsel süreç becerileri	M-1, M-9, M-21, M-26, M-28, M-33, M-35	7
Problem çözme becerisi	M-13, M-27, M-43	3
Yansıtıcı düşünme becerisi	M-19, M-39	2
Bilgi işlemsel düşünme becerisi	M-23, M-39	2
Yaratıcı düşünme becerisi	M-18, M-25	2
Karar verme becerisi	M-30	1
Yirmi birinci yüzyıl becerileri	M-41	1
Toplam		18

Tablo 2 incelendiğinde, bilişsel beceri türleri arasından en çok bilimsel süreç becerilerine odaklanıldığı görülmektedir ($n=7$). Ayrıca, problem çözme becerisi ($n=3$) ve yansıtıcı düşünme becerisi ($n=2$), bilgi işlemsel düşünme becerisi ($n=2$) ve yaratıcı düşünme becerisi ($n=2$) ile ilgili çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, 21. yüzyıl becerisi ve karar verme becerisi ile ilgili yalnızca birer makaleye ulaşılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bilimsel Süreç Becerileri

Bu kategorideki makalelerde ortaokul öğrencileri (M-1, M-21, M-26, M-28, M-35) ve öğretmen adayları (M-9, M-33) katılımcı olarak yer almışlardır. M-1 ve M-33'te tek grup yer alırken diğer makalelerde hem deney grubu hem de kontrol grubu kullanılmıştır. Tüm çalışmalarda *fen* konularına yönelik hazırlanmış STEM etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine olan etkisi incelenmiştir. Özel olarak, M-1'deki etkinlikler solar robot, kaleydoskop ve hareket dedektörü ile grafik oluşturma; M-9'daki etkinlikler canlılar, elektrik, kuvvet, enerji, hücre, ışık, ısı yalıtımı, güneş sistemiyle; M-21'deki etkinlikler kule, köprü, mancınık, basketbol, robotik el, bilye yolu, periskop, araba ve paraşüt yapımıyla; M-26'daki etkinlikler elektrik enerjisinin dönüşümüyle; M-28'deki etkinlikler DNA ve genetik kod, kaldırma, eğik düzlem ve periyodik sistemle; M-33'teki etkinlikler yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ve M-35'teki etkinlikler küresel ısınma, bitkilerin gelişimi, sürtünme, çözeltiler, çevre kirliliği ve Güneş-Dünya-Ay modeliyle ilgilidir. M-28 dışındaki tüm çalışmalarda STEM etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini anlamlı bir şekilde artırdığı görülmüştür.

M-28'de deney ve kontrol gruplarının son test puanları açısından bilimsel süreç becerileri arasındaki farka ilişkin etki büyüklüğünün sıfıra yakın olduğu ($d=0,07$) görülmüştür. Bu bulgu, gruplar arasındaki farkın pratikte herhangi bir etki değerine sahip olmadığını göstermektedir. M-28'de ortaya çıkan bulguların geçmiş araştırmalarla (Akın, 2019; Kavak, 2019) paralellik gösterdiği vurgulanmış olsa da bu çalışmada deney ve kontrol grupları arasında manidar bir farklılık görülemediğinin olası nedenlerine yer verilmemiştir.

Problem Çözme Becerisi

M-13'te başarıya ek olarak, STEM eğitimi uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, müdahale ve karşılaştırma gruplarında yer alan öğrencilerin problem çözme beceri puanları arasında müdahale grubunun lehine anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Çalışmanın yazarları, STEM eğitimi uygulamalarının yürürlükteki fen müfredatı uygulamalarına kıyasla öğrencilerin problem çözme becerilerini daha fazla geliştirdiğini vurgulamışlardır. Aynı şekilde, STEM eğitimi uygulamalarının yüksek düzeyde bir

etki büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir ($d=0,89$). Yazarlar, öğrencilerin karşılaştıkları yeni ve karmaşık problemlere yaratıcı çözümler üretmelerinin ülke ekonomisinin gelişmesinde anahtar role sahip olduğuna dikkat çekmişlerdir. Elde ettikleri bulgulardan hareketle, STEM eğitimi uygulamalarının ülkemizin gelişmesine doğrudan katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Benzer şekilde, M-27’de başarıya ek olarak, tersine mühendislik uygulamalarının öğrencilerin problem çözme becerilerine etkisi araştırılmıştır. Problem çözme becerisi şu üç bileşenden oluşmaktadır: güven, özdenetim ve kaçınma. Deney grubu öğrencilerinin problem çözmeye yönelik son test puanları kontrol grubunun puanlarına göre anlamlı ölçüde yüksek çıkmıştır. Çalışmanın yazarları, yalnızca derse ve öğretmene olan ilgi ve meraktan dolayı öğrencilerin problem çözme becerilerinin kısa sürede gelişemeyeceğini dolayısıyla deney grubu öğrencilerinin problem çözme becerilerinin yaklaşık %20 artış göstermesinin tersine mühendislik temelli STEM uygulamalarından kaynaklandığını vurgulamışlardır.

M-43’te, tasarım temelli STEM etkinliklerinin 3. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine etkisi test edilmiştir. Problem çözme becerisi şu alt boyutlardan oluşmaktadır: “problemin çözümünün etkilerini düşünme”, “modelleme yoluyla problem çözme”, “alternatif çözümleri araştırma”, “belirlenen çözümü uygulamadaki kararlılık” ve “karşılaşılan problemi analiz etme”. Araştırma, tek bir öğrenci grubu kullanılmıştır. Uygulamalar her hafta 4 ders saati (200 dakika) olacak şekilde 13 haftada tamamlanmıştır. STEM’in tanımı, tarihsel gelişimi, TÜSİAD ve MEB raporları, öğretim programları ve tasarım temelli STEM eğitimi ile ilgili bilgilendirmelere 3 hafta süre ayrılmıştır. “Mars’a Yolculuk”, “Kendi Filtremizi Yapalım”, “Tren Yapıyoruz” ve “Kendi Projeksiyonumuzu Tasarlayalım” isimli etkinliklere ikişer hafta süre ayrılmıştır. Bu etkinliklerin geliştirilmesi sırasında Hynes ve diğerlerinin (2011) ortaya attığı mühendislik tasarım sürecinin basamaklarından yararlanılmıştır. Bu basamaklar şunlardır: (i) problemin veya ihtiyacın tanımlanması, (ii) problem veya ihtiyaç için araştırma yapılması, (iii) olası çözüm yolları geliştirilmesi, (iv) en iyi çözümün belirlenmesi, (v) bir prototip yapılması, (vi) çözümün test edilmesi ve değerlendirilmesi, (vii) çözümün paylaşılması, (viii) tekrar tasarımı, (ix) karar verme. Çalışmada, katılımcı öğretmen adaylarının son testten elde ettikleri problem çözme beceri puanlarının ön-test puanlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu dolayısıyla tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğretmen adaylarının problem çözme becerilerini geliştirmede etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Yansıtıcı Düşünme Becerisi

M-19’da, başarıya ek olarak, STEM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin yansıtıcı düşünme becerilerine etkisi test edilmiştir. STEM eğitimi uygulamalarının sonunda deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten elde ettikleri yansıtıcı düşünme beceri puanları karşılaştırılmış ve deney

grubu öğrencilerinin yansıtıcı düşünme becerilerinin kontrol grubu öğrencilerinininkinden anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür. Bu bulgudan yola çıkarak, yazarlar, STEM etkinliklerinin öğrencilerin yansıtıcı düşünme becerilerinin gelişimine olumlu katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

M-39, oyunlaştırılmış eğitsel robot etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin yansıtıcı düşünme becerilerine etkisine odaklanmıştır. Çalışmada, yansıtıcı düşünme becerisinin sorgulama, nedenleme ve değerlendirme bileşenleri ele alınmıştır. Deney grubu öğrencilerine oyunlaştırılmış eğitsel robotlar yardımıyla Scratch programı öğretilmiştir. Uygulama kapsamında öğrencilere her hafta bir etkinlik ve toplamda beş etkinlik uygulanmıştır. Her bir etkinliğe 2 ders saati ayrılmıştır ve etkinlikler toplamda 10 ders saati sürmüştür. Uygulanan etkinlikler şunlardır: “Kesilince Bağırın Meyve ve Sebzeler”, “Meyvelerden Piyano Oyunu”, “Tel Oyunu”, “Zıplayan Balerin Oyunu” ve “Havuç Ezme Oyunu”. Çalışmanın bulguları, oyunlaştırılmış eğitsel robotlar ile yapılan kodlama derslerinin öğrencilerin problem çözmeye yönelik yansıtıcı düşünme beceri düzeylerine anlamlı düzeyde katkı sağladığını göstermiştir. Ayrıca, en yüksek farklılaşmanın sorgulama bileşeninde, en düşük farklılaşmanın ise nedenleme bileşeninde olduğu görülmüştür. Çalışmanın yazarları, öğrencilerin sorgulama, problem çözme, analiz ve sentez yapabilme ve değerlendirme gibi becerilerinin geliştirilmesini gerektiğini belirtmişlerdir. Yazarlar, bu becerileri öğrencilerin eğlenceli bir şekilde geliştirebilmelerinde en kolay yolun eğitsel robotların ve oyunlaştırmanın kullanıldığı kodlama eğitimi olduğuna dikkat çekmişlerdir. Son olarak, yazarlar çalışmalarında oyunlaştırma unsurlarından rozet verme, rol paylaşımı, hikâyeleştirme, iş birliği ve liderlik tablosunu kullandıklarını ve böylece öğrencilerin etkinliklerden daha çok zevk aldıklarını ve mutlu olduklarını belirtmiştir.

Bilgi İşlemsel Düşünme Becerisi

M-23’te, proje tabanlı Arduino eğitici robot uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme becerilerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada bilgi-işlemsel düşünme becerisinin şu bileşenlerine odaklanılmıştır: yaratıcılık, algoritmik düşünme, iş birliği, eleştirel düşünme ve problem çözme. STEM eğitimi uygulamaları 11 haftada tamamlanmıştır. Deney grubu öğrencilerine 2 hafta boyunca problem çözmeye ilgili kavramlar ve yaklaşımlar hakkında bilgi verilmiştir. Bu öğrencilere bir hafta boyunca Scratch programının kullanımıyla ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Öğrenciler, sonraki iki hafta boyunca Arduino eğitici robot setlerinin Scratch ile nasıl programlanabileceğine yönelik bilgilendirme yapılmıştır. Sonraki iki hafta ise öğrenciler şu etkinlikleri geliştirmişlerdir: “Meyvelerden Piyano Yapımı”, “Akıllı Ev”, “Orman Yangını Sistemi”, “Otomatik Bahçe Sulama Sistemi”, “Gören Çöp Kovası” ve “Seviyeli sokak lambası”. Çalışmada, proje tabanlı Arduino eğitici robot uygulamaları sonrasında deney grubu öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme becerilerinin kontrol grubundakilere göre anlamlı

derecede yüksek çıkmıştır. Öte yandan, bu farklılığın sadece problem çözme bileşenindeki anlamlı artıştan kaynaklandığı; diğer bileşenlerde anlamlı bir farklılaşmanın olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla, yazarlar öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerinin daha fazla artırılabilmesi için blok tabanlı programlama etkinlikleri yerine eğitici robotlara dayalı etkinliklerin tercih edilebileceğini belirtmişlerdir.

Benzer şekilde, M-39’da, yansıtıcı düşünme becerisine ek olarak, oyunlaştırılmış robot etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme becerilerine etkisine odaklanılmıştır. Çalışmada bilgi işlemsel becerinin yaratıcılık, algoritmik düşünme, işbirlikli öğrenme, eleştirel düşünme ve problem çözme bileşenlerine odaklanılmıştır. Çalışmada, oyunlaştırılmış eğitsel robotlar ile yapılan kodlama derslerinin öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme beceri düzeylerine anlamlı düzeyde katkı yaptığı ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan, çalışmanın yazarları eleştirel düşünme ve problem çözme bileşenlerinde yeterince gelişme sağlanamadığını ve dolayısıyla oyunlaştırılmış eğitsel robot uygulamaları tasarlanırken bu bileşenlerle ilgili daha fazla etkinliğe yer verilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Yaratıcı Düşünme Becerisi

M-18, STEM etkinliklerinin yaratıcı düşünme becerisine etkisini tek bir grup üzerinde (7. sınıf öğrencileri) test etmiştir. STEM eğitimi uygulamalarıyla ilgili her hafta 3 saat ders işlenecek şekilde 8 haftalık bir program hazırlanmıştır. STEM eğitimi programında şu etkinliklere yer verilmiştir: “İnsanları Köprülerle Birleştirelim”, “Temiz Bir Dünya ve Gelecek Nesiller İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Kullanalım”, “Depremlerin Yaşam Kaybına Neden Olmadığı Güçlü Evler İnşa Edelim”, “Hızlı Trenle Eğlenceli Saatler”, “Günlük Hayatımızı Kolaylaştıran Nesneler Üretelim”, “Topacı Kim Daha Hızlı Çevirecek?” ve “Karşı Kıyıya Hızlı Ulaşmamızı Sağlayan Bir Tekne İnşa Edelim”. Çalışmada, öğrencilerin sontestten elde ettikleri yaratıcı düşünme puanlarının öntest puanlarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, STEM eğitimi uygulamalarının etki büyüklüğünün oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır ($d=3,55$).

Aynı şekilde, M-25’te, Montessori yaklaşımına dayalı STEM etkinliklerinin 3. sınıf okul öncesi öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme becerilerine etkisi araştırılmıştır. Yaratıcı düşünme becerisi öğretmen adaylarının tutumlarını, özelliklerini, değerlerini, güdülerini ve ilgilerini belirlemektedir. Araştırmada tek bir grup kullanılmıştır. STEM eğitimi uygulamaları 14 hafta sürmüştür. Katılımcılar bu süreçte birincil kaynaklardan bilgi edinmeye, öğrenilen bilgileri günlük hayatla ilişkilendirmeye ve bu bilgilerle kendi ürünlerini tasarlamaya odaklanmışlardır. Katılımcılar, öncelikle atık malzemelerden yani hayatın her alanında bulunabilen basit malzemelerden etkinlik tasarlamışlardır. Etkinlikler daha sonra robotik-kodlama Legolarıyla ve

tiplerle yapılmıştır. Etkinliklerin bitiminde öğrenciler sunum yapmışlardır. Çalışmanın bulguları öğretmen adaylarının yaratıcılık becerileriyle ilgili son test puanlarının ön test puanlarından manidar bir şekilde yüksek olduğunu göstermiştir. Çalışmanın yazarları, okullarda görev yapmakta olan öğretmenlerin derslerini Montessori yaklaşımına dayalı STEM etkinlikleriyle zenginleştirebileceklerini ve böylece geleceğin bireylerinin daha nitelikli yetişmelerine katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Karar Verme Becerisi

M-30'da da tek gruba çalışılmıştır. M-30, bilim ve mühendislik uygulamalarının 5 yaş grubu anaokulu öğrencilerinin karar verme becerilerine etkisini araştırmıştır. Etkinlikler, mühendislik tasarım sürecinin aşamaları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Mühendislik tasarım süreci şu aşamalardan oluşmaktadır: (i) ihtiyaç ya da problemi tanımlama ve araştırma, (ii) olası çözümler geliştirme, (iii) en olası çözümü seçme, prototip oluşturma ve çözümleri test etme, (iv) çözümleri paylaşma. Araştırmada uygulanan etkinlikler şunlardır: (i) köprü yapımı, (ii) paraşüt yapımı, (iii) araba yapımı, (iv) salıncak yapımı. Çalışmanın bulguları, erken çocukluk döneminde bilim ve mühendislik uygulamalarının katılımcıların karar verme becerilerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığını göstermiştir. Çalışmanın yazarları, anlamlı farklılığın oluşmasına şu etkenlerin sebep olmuş olabileceğini belirtmişlerdir: öğrencilerin yaşlarının küçük olması, grup çalışmalarıyla ilgili deneyim sahibi olmamaları, hastalık ve benzeri durumlardan dolayı öğrenci gruplarının sürekli değişmesi, öğrencilerin grup çalışmalarında sorun çıkarması ve çalışmaya istekli olmaması.

Yirmi Birinci Yüzyıl Becerileri

M-41, STEM eğitimi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin 21. yüzyıl becerilerine etkisini incelemiştir. Çalışma, tek bir öğrenci grubu ile gerçekleştirilmiştir. STEM eğitimi uygulamaları "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinin öğretimi sırasında 6 haftada gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler 5 kişilik gruplar halinde şu etkinliklere katılmışlardır: (i) her ortama uyan bir kazak tasarlama, (ii) renk çemberi tasarlama, (iii) güneş paneli tasarlama, (iv) periskop tasarlama, (v) içi boş aynalı bir soba tasarlama, (vi) teleskop tasarlama. Yirmi birinci yüzyıl becerileri şu bileşenlerden oluşmaktadır: (i) bilgi ve teknoloji okuryazarlığı becerisi, (ii) eleştirel düşünme ve problem çözme becerisi, (iii) girişimcilik ve yenilik becerisi, (iv) sosyal sorumluluk ve liderlik becerisi. Araştırmanın bulguları, 21. yüzyıl becerilerinin tüm bileşenleri için öğrencilerin son test puanlarının ön test puanlarından anlamlı olarak yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın yazarları, STEM etkinliklerinin öğrencilerin araştırma yapma, teknoloji kullanma, gruba çalışma, ürünler ortaya çıkarma, sunumlar yapma gibi birçok beceriye sahip olmasını gerektirdiğini dolayısıyla öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan alanyazın incelemesinde, ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış olan deneysel araştırma makalelerinin başarı ve beceriye ek olarak nadiren de olsa öğrencilerin kavramsal anlama ($n=2$) ve kavrayışlarına ($n=1$) odaklandıkları da görülmüştür. Bu makaleler aşağıda açıklanmıştır.

Kavramsal Anlama (Conceptual Understanding)

M-14'te iş-enerji ve itme-momentum konularına yönelik STEM etkinliklerinin ilköğretim matematik öğretmenliği 2. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına etkisi araştırılmıştır. Etkinlikler, 4 hafta boyunca toplamda 16 ders saati olacak şekilde öğrencilere uygulanmıştır. STEM etkinlikleri kapsamında öğrenciler şu ürünleri tasarlamışlardır: havanın itme gücüyle ilerleyen araba, yük taşıma asansörü, hız treni düzeneği, kurmalı basit tekerlek modeli, enerji dönüşüm istasyonları. Çalışmanın bulguları, deney grubu öğrencilerinin kavramsal anlamaları ile kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal anlamaları arasında son test puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Çalışmanın yazarları, deney ve kontrol grup öğrencileri arasında kavramsal anlama açısından anlamlı bir fark bulunmasa da, deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve sonrasındaki kavramsal anlamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu, bu sebeple STEM eğitimi uygulamalarının etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Benzer şekilde, M-32'de başarıya ek olarak kavram karikatürü destekli probleme dayalı STEM eğitimi uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına etkisi test edilmiştir. STEM eğitimi uygulamalarını almadan önce öğrencilerin şu kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir: (i) Cisimlerin kütlesi dinamometre ile ölçülür. (ii) Dinamometreler kırılğan maddeler kullanılarak üretilebilir. (iii) Sürtünme sadece katı ortamlarda oluşur. (iv) Sürtünme artarsa cisimler daha kolay hareket eder. (v) Gemilerdeki sivri uç kısım sürtünmeyi artırır. STEM eğitimi uygulamalarını aldıktan sonra öğrencilerin bahsi geçen kavram yanlışlarının azaldığı ve kavramsal anlama düzeylerinin anlamlı bir şekilde arttığı ortaya çıkmıştır.

Kavrayış (Conception)

M-8'de STEM eğitim modülünün 4., 5. ve 6. sınıf öğrencilerinin teknoloji ve mühendislikle ilgili kavrayışlarına etkisi incelenmiştir. Çalışmada tek grup kullanılmıştır. STEM eğitim modülü 5 gün süreyle kullanılmıştır. Birinci gün, mühendislik ve tasarım süreci ile öğrencilerin ilgili ön bilgileri ve düşünceleri belirlenmiştir. İkinci gün, köprü çeşitleri, inşaat mühendisliği ve tasarım süreci ile ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Üçüncü gün, itme ve çekme kavramları üzerinde durulmuş, kuvvetle ilgili deneyler yapılmış, kuvvetlerin dengelenmesi ve inşaat mühendisliği ile ilgili konuşulmuştur. Dördüncü gün, üç farklı yapıda köprü yapılmış, en fazla ağırlığı hangi

köprünün taşıdığı test edilmiş ve ağırlığın köprülere etkisi gözlemlenmiştir. Beşinci gün, mühendislik tasarım süreci kullanılarak kâğıt ve basit malzemeler yardımıyla köprüler tasarlanmış ve tasarlanan köprüler geliştirilmiştir. Çalışmada, öğrencilerin teknoloji ve mühendislikle ilgili kavrayışlarını belirleyebilmek için Cunningham ve diğerlerinin (2005) geliştirdiği değerlendirme formları kullanılmıştır. Çalışmada, STEM eğitimi modülünü alan 4, 5 ve 6. sınıf öğrencilerinin teknoloji ile ilgili kavrayışlarının anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür. Benzer şekilde, STEM eğitimi modülü tüm öğrencilerin mühendislikle ilgili kavrayışlarını artırmıştır fakat bu artışın sadece 5 ve 6. sınıflarda anlamlı düzeyde olduğu görülmüştür. Yazarlar, çalışmalarında Boston Bilim Müzesi tarafından geliştirilen Engineering is Elementary eğitim modüllerinden yalnızca bir tanesini kullandıklarını dolayısıyla bu modülün ve benzerlerinin incelenerek STEM eğitimi mevcut öğretim programlarına entegre etmeye yönelik daha uzun soluklu çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, 2014-2020 yılları arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış STEM eğitimiyle ilgili deneysel makalelerin bilişsel değişkenlere etkisi öyküleyici alanyazın incelemesi kapsamında değerlendirilmiştir. Daha açık bir ifadeyle, çalışmada ulusal STEM eğitimi araştırmalarının eleştirel bir incelemesi yapılmıştır. Özel olarak, bu makalelerdeki STEM eğitimi uygulamalarının istatistiksel etkileri, katılımcı türleri, çalışılan konular ve deneysel işlemlerde kullanılan grup sayıları incelenerek elde edilen bulgular sentezlenmeye çalışılmıştır. Böylece, ulusal alanyazındaki deneysel makalelerin STEM eğitimiyle ilgili nasıl bir eğilim gösterdikleri belirlenmiş ve aynı zamanda bu alandaki boşluklar açığa çıkarılmıştır.

Bu çalışmanın en önemli bulgusu, incelenen makalelerin STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin bilişsel gelişimlerine etkisiyle ilgili oldukça iyimser bir tablo çizmesidir. Daha açık bir ifadeyle, başarıya odaklanan 29 makaleden 23'ü (%79), beceriye odaklanan 18 makaleden 16'sı (%89), kavramsal anlamaya odaklanan iki makaleden biri (50%) ve kavrayışa odaklanan makale (100%), STEM eğitiminin öğrenciler üzerinde anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, matematik ve fen konularının STEM eğitimi uygulamaları yardımıyla öğrenilmesinin öğrenciler için daha olumlu sonuçlar doğuracağına işaret etmektedir. Fakat, bu çalışmada, makaleler yöntemsel nitelikleri açısından incelenmediği için ortaya attıkları bulguların kesinlik dereceleri tam olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla, bu çalışmanın takibinde ilk olarak *yöntemsel inceleme çalışmalarının* (Dochy, 2006, s. 4) yapılması gerekmektedir. Yöntemsel inceleme çalışmalarından elde edilecek bulgular, STEM eğitiminin öğretim programlarına entegre edilip edilmemesi gerektiğiyle ilgili eğitim politikacılarına ve MEB'in bünyesindeki müfredat geliştiricilere büyük ölçüde yardımcı olacaktır.

Çalışmanın bir diğer bulgusu, STEM eğitimi uygulamalarında farklı öğrenme yaklaşımlarının oldukça yoğun bir şekilde kullanılmış olmasıdır. Bu yaklaşımlar şunlardır: tasarım temelli öğrenme, 5E/7E modeli temelli öğrenme, probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, tam öğrenme, sanat destekli öğrenme, tersine mühendislik temelli öğrenme, yapılandırmacı öğrenme, Arduino tabanlı öğrenme ve elektronik portfolyo destekli öğrenme. Bu bulgu, Özmen ve diğerlerinin (2020) bulgularını destekler niteliktedir. Özmen ve diğerleri (2020) doktora ve yüksek lisans tezlerindeki, akademik makalelerdeki, dijital kitap bölümlerindeki, web sitesi dokümanlarındaki ve diğer basılı yayınlardaki ulusal ve uluslararası 82 ders planını tematik içerik analizi yardımıyla incelemiş ve STEM eğitime yönelik ortak bir çerçeve üretmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar ders planlarında STEM eğitimiyle ilgili şu öğretim yaklaşımların kullanıldığını ortaya çıkarmışlardır: proje temelli öğrenme, sorgulama temelli öğrenme, problem temelli öğrenme, disiplinlerarası yaklaşımı ve 5E öğrenme modeli. Araştırmacılar, STEM odaklı öğretim programlarının hangi yaklaşım, strateji, yöntem ve teknikle hazırlanması gerektiğiyle ilgili alanyazında bir uzlaşma olmadığına ve bu meselenin hâlâ tartışma konusu olmaya devam ettiğine dikkat çekmişlerdir.

Ayrıca, bu çalışmada, makalelerin neredeyse yarıya yakınının (43%), öğrencilerin/öğretmen adaylarının çeşitli becerilerini geliştirmeye odaklandığı görülmüştür. Özel olarak, bu makalelerde, STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin/öğretmen adaylarının şu becerilerine etkisinin test edildiği görülmüştür: bilimsel süreç becerileri (%39), problem çözme becerisi (%17), yansıtıcı düşünme becerisi (%11), bilgi işlemsel düşünme becerisi (%11), yaratıcı düşünme becerisi (%11), karar verme becerisi (%6) ve 21. yüzyıl becerileri (%6). Çalışmanın bu bulgusu alanyazındaki diğer çalışmaların bulguları ile benzerlik göstermektedir (Herdem ve Ünal, 2018; Kaya ve Ayar, 2020; Yıldırım ve Gelmez-Burakgazi, 2020; Yıldırım, 2016). Örneğin, Kaya ve Ayar (2000) ulusal hakemli dergideki nitel araştırma desenine sahip STEM eğitimiyle ilgili makalelerin eğilimine odaklanmışlardır. Araştırmacılar, inceledikleri 50 makaleden 30'unun (%60) bilimsel süreç becerileriyle ve bu 30 makalenin 23'ünün 21. yüzyıl becerileriyle ilgili olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, Yıldırım (2016) STEM eğitiminin öğrencilerin başarı, problem çözme, yaratıcı düşünme ve bilimsel süreç becerilerine etkisine odaklanan görgül (ampirik) araştırmalardaki eğilimi belirlemeye çalışmıştır. Yıldırım (2016), incelediği çalışmaları makalelerle, raporlarla ve tezlerle sınırlandırmıştır ve araştırmasının sonunda başarıya odaklanan sekiz makaleye (%50) ve aynı şekilde beceriye odaklanan sekiz makaleye (%50) erişim sağlamıştır. Araştırmacı, özel olarak iki makalenin problem çözme becerisine (%25), üç makalenin yaratıcı düşünme becerisine (%37,5) ve yine aynı şekilde üç makalenin de (%37,5) bilimsel süreç becerilerine odaklandığını ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada incelenen makalelerin yalnızca altısı (%14) STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin matematik başarılarına etkisini inceleme altına almıştır. M-2'de STEM etkinliklerinin

8. sınıf öğrencilerinin matematik ile ilgili kelime bilgilerine etkisi incelenmiştir. Etkinlik kapsamında öğrencilere şu kelimeler öğretilmiştir: Pisagor teoremi, sabit, düzgün çokgen, çap, değişken, açı, altıgen, yüzey alan, çokgen, çember ve doğru parçası. M-4'te Texas'taki STEM okullarının 11. sınıf öğrencilerinin matematik başarısına etkisine odaklanılmıştır. Aynı şekilde, M-6'da Texas'taki STEM okullarının 9, 10 ve 11. sınıf öğrencilerinin matematik başarılarına etkisi araştırılmıştır. M-11'de 4. sınıf öğrencilerinin matematikteki genel başarılarına, M-19'da 7. sınıf öğrencilerinin çember ve daire konusuyla ilgili başarılarına ve M-36'da 9. sınıf öğrencilerinin üçgenlerle ilgili başarılarına odaklanılmıştır. Bu çalışmaların üçünde (M-2, M-11, M-19), STEM eğitiminin öğrencilerin matematik başarısına anlamlı bir etkide bulunduğu; diğer üçünde (M-4, M-6, M-36) ise anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Alanyazın incelendiğinde, Siregar ve arkadaşlarının (2020) STEM programlarının matematik başarısına etkisini incelediği meta-analiz çalışması göze çarpmaktadır. Araştırmacılar, PsycINFO, ProQuest Digital Dissertations and Theses Full text ve ERIC veri tabanlarında dizinlenen ve 1998–2017 yılları arasında yayımlanmış olan deneysel çalışmaları incelemişler ve inceleme sonunda yalnızca 17 deneysel STEM çalışmasına ulaşabilmişlerdir. Bu çalışmalardan sekizi doktora tezidir ve dokuzu hakemli makaledir. Doktora tezlerinin tamamı ve makalelerin sekizi ABD'de tamamlanmıştır. Yalnızca bir çalışma (makale) Malezya'da yürütülmüştür. Siregar ve arkadaşları (2020) STEM programlarının öğrencilerin matematik başarısı üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir genel etki sağladığını ve dolayısıyla çalışmalarının sonuçlarının umut verici olduğunu ifade etmişlerdir.

Çalışmanın bir diğer bulgusu, hiçbir makalede katılımcı olarak öğretmenlerin yer almamasıdır. Benzer şekilde, yalnızca iki makalede okul öncesi öğrencileriyle (M-30, M-42), diğer iki makalede ilkökul öğrencileriyle (M-8, M-11), dört makalede lise öğrencileriyle (M-4, M-6, M-17, M-36) ve sekiz makalede (M-3, M-9, M-14, M-15, M-25, M-33, M-38, M-43) öğretmen adaylarıyla çalışıldığı görülmüştür. Diğer taraftan, makalelerin %65'inde ortaokul öğrencileriyle çalışılmıştır. Bu bulgular, alanyazındaki bazı çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir (Çavaş ve diğerleri, 2020; Daşdemir ve diğerleri, 2018; Kaya ve Ayar, 2020). Çavaş ve diğerleri (2020) Türkiye'de yayımlanmış olan 97 STEM eğitimi çalışmasını (45 tez ve 52 hakemli makale) içerik analizi yaparak incelemiş ve bu çalışmalardan yalnızca birinde okul öncesi öğrencilerinin, sekizinde ilkökul öğrencilerinin, 32'sinde ortaokul öğrencilerinin ve sekizinde lise öğrencilerinin katılımcı olarak yer aldığı belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada, Daşdemir ve diğerleri (2018), Türkiye'deki STEM eğitimi araştırmalarının eğilimini belirlemek için 19 lisansüstü tezi ve 32 hakemli makaleyi inceleme altına almıştır. Bu çalışmalar 2012-2017 yılları arasında yayımlanmıştır. Araştırmacılar, bu çalışmalardan yalnızca üçünde ilkökul öğrencileriyle, altısında lise öğrencileriyle ve 21'inde ortaokul öğrencileriyle çalışıldığını belirtmişlerdir.

Son olarak, mevcut çalışmada incelenen 43 makalenin 16'sında (%37), STEM eğitimi uygulamalarının zayıf deneysel desenlerden tek grup öntest-sontest deseni kullanılarak gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu araştırmalarda iç geçerliği tehdit eden faktörler genelde kontrol edilemez ve dolayısıyla bu araştırmalarda bağımsız değişkenlerin etkililiğini değerlendirmek oldukça güçtür (Fraenkel ve diğerleri, 2012). Mills ve Gay (2019) zayıf deneysel desenlerden mümkün olduğunca kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bu desenlerin kullanıldığı çalışmalardan elde edilen bulguların çok şüpheli olduğunu ve bu nedenle “belki bir problemin ön araştırmasını sağlamak dışında çoğu amaç için yararlı olmadığını” (s. 310) vurgulamışlardır. Zayıf deneysel araştırmalarda rakip hipotezleri veya açıklamaları çürütmek neredeyse imkânsızdır (Ary ve diğerleri, 2014). Dolayısıyla, araştırmacılar ve diğer paydaşlar, bu çalışmada zayıf deneysel desen kullandığı belirlenen 16 STEM eğitimi makalesine ait bulguları yorumlarken ve genelleme yaparken son derece dikkatli olmalıdırlar.

STEM Eğitimi Uygulayıcılarına ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler

Elde edilen bulgulardan hareketle bu çalışmada STEM eğitimi uygulayıcılarına aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

1. STEM eğitimi uygulamalarının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için öncelikle uygulamaların yapılacağı okullarda gerekli alt yapı ve süreçlerin sağlanması gerekmektedir. Uygun ortam veya öğretim materyali bulunmayan okullarda STEM etkinliklerini uygulamak mümkün olmayabilir.
2. Öğrencilerin öğretilecek konularla ilgili geçmişten getirdikleri kavram yanılgıları STEM eğitimi uygulamalarının etkili sonuçlar vermesine engel olabilir. Dolayısıyla, STEM eğitimi uygulayıcıları, öğrenme-öğretme sürecinin başında öğretecekleri konuyla ilgili öğrencilerin ön koşul öğrenmelerini ve hazırbulunuşluk düzeylerini tanıma yerleştirme testleri (diagnostik testler) kullanarak belirleyebilirler ve ilgili kavram yanılgılarını giderebilirler.
3. STEM eğitimi uygulayıcılarının STEM etkinliklerini etkili bir şekilde uygulayabilmeleri için geleneksel öğretime kıyasla sınıf yönetiminde daha başarılı olmaları gerekmektedir. STEM etkinlikleri uygulanırken sınıf iyi bir şekilde kontrol edilemezse öğrenciler öğretilmek istenen konuları sağlıklı bir şekilde öğrenemeyebilirler. Özellikle, öğrenciler uygulamalar sırasında derse odaklanmaktan çok eğlenceye ağırlık verirlerse STEM eğitimi uygulamalarından verim alınamayabilir. Dolayısıyla, STEM eğitimi uygulayıcılarının etkinliklerin aşamalarını iyi bir şekilde planlayabilmeleri ve uygulama sürecinde öğrencileri mümkün olan en iyi şekilde yönlendirmeleri gerekmektedir.
4. STEM eğitimi uygulamalarında öğretilecek konuların kapsamının geniş tutulması öğrencilerin bu konularla ilgili derinlemesine bir anlayış geliştirmesine engel olabilir ve STEM eğitim uygulamalarına harcanan emeğin boşuna gitmesine yol açabilir. Dolayısıyla,

STEM eğitimi uygulayıcıları, etkinliklerin uygulanacağı öğrenci gruplarının özelliklerini dikkate alarak işleyecekleri konuların kapsamını iyi belirlemelidir.

5. STEM eğitimi uygulamalarına seçilecek grupların başarı açısından heterojen gruplar olmasına dikkat edilmelidir. Başarı düzeyi düşük olan gruplarda STEM eğitimi uygulamaları anlamlı sonuçlar vermeyebilir.
6. STEM eğitimi etkinliklerinin gerçekleştirilmesine makul düzeyde süre ayrılmalıdır. Etkinliklere gereğinden az süre ayrılması etkili sonuçlara ulaşmanın önüne geçebilir.
7. STEM eğitimi uygulayıcılarının uygulamaların etkililiğini daha sağlıklı bir şekilde belirleyebilmeleri için geleneksel ölçme ve değerlendirme araçlarına (açık uçlu testler, çoktan seçmeli testler ve kısa cevaplı testler gibi) ek olarak tamamlayıcı ölçme ve değerlendirme araçlarını (performans ödevleri, proje ödevleri ve ürün seçki dosyaları gibi) kullanmaları gerekebilir.

Bu çalışmanın STEM eğitimi araştırmacılarına da birtakım önerileri bulunmaktadır. Bu öneriler aşağıda belirtilmiştir.

1. Bu çalışmada, öyküleyici alanyazın incelemesi yöntemi kullanılarak ulusal hakemli dergilerdeki STEM eğitimiyle ilgili deneysel makaleler değerlendirilmiştir. İleriki araştırmalarda başta yöntemsel inceleme olmak üzere farklı yöntemlerin kullanıldığı alanyazın incelemeleri yapılabilir.
2. Makalelerde, STEM eğitimi uygulamaları yardımıyla çoğunlukla fen konularının öğretilmesine odaklanılmıştır. Öte yandan, çok az sayıda makalede matematik konularının öğretilmesi amaçlanmıştır. Dolayısıyla, ilerleyen dönemlerde tüm kademelerdeki öğrencilere (okul öncesi, ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite) STEM eğitimi uygulamalarıyla matematik konularının öğretildiği araştırmalar tasarlanabilir.
3. İncelenen makalelerinin hiçbirinde öğretmenlerin katılımcı olarak yer almadığı görülmüştür. Matematik, fen, mühendislik ve teknoloji konularının bütünleştirilerek öğretilmesi öğretmenlere oldukça fazla sorumluluklar yükleyecektir. Dolayısıyla, STEM yaklaşımını kullanarak öğretim yapacak öğretmenlerin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine yönelik alan bilgilerinin ve pedagojik alan bilgilerinin güçlü olması gerekmektedir. Buradan hareketle, ileriki araştırmalarda, katılımcıları öğretmenler olan STEM eğitimi araştırmaları yürütülebilir ve bu araştırmalarda öğretmenlerin STEM eğitimiyle ilgili alan bilgilerinin ve pedagojik alan bilgilerinin gelişimine odaklanılabilir. Ayrıca, geçmiş araştırmaların çok azında katılımcı olarak okul öncesi öğrencilerinin, ilkokul öğrencilerinin ve lise öğrencilerinin yer aldığı görülmüştür. Dolayısıyla, araştırmacılar bu örneklem gruplarının kullanıldığı deneysel araştırmalar tasarlayabilirler.
4. İncelenen makalelerin yarıya yakınında STEM eğitimi uygulamalarının zayıf deneysel desenlerden tek grup öntest-sontest deseni kullanılarak gerçekleştirildiği görülmüştür. STEM

eğitimi alanında daha geçerli ve daha güvenilir bulgular ortaya koyabilmek için ilerleyen zamanlarda tam deneysel desene sahip araştırmalar yürütülebilir. Başta TÜBİTAK ve MEB olmak üzere ilgili tüm kurumlar, hibe desteklerinde tam deneysel desenlerin kullanıldığı araştırmalara öncelik tanıyabilirler.

5. Bu çalışmada, yalnızca ulusal hakemli dergilerdeki makalelere odaklanılmıştır. İleriki araştırmalarda uluslararası hakemli dergilerdeki makalelere odaklanılabilir ve STEM eğitime yönelik ülkemizdeki araştırmaların eğilimi ile yurt dışındaki araştırmaların eğilimi karşılaştırılabilir. Ayrıca, makalelere ek olarak STEM eğitimiyle ilgili bildirilere, kitap bölümlerine ve lisansüstü tezlere odaklanılabilir.
6. Bu çalışmada, STEM eğitiminin katılımcıların yalnızca bilişsel alandaki gelişimlerine etkisine odaklanılmıştır. İleriki araştırmalarda, STEM eğitimi uygulamalarının katılımcıların duyuşsal ve psikomotor becerilerine etkileri incelenebilir.

Kaynakça

- Ahern, K. J. (1999). Ten tips for reflexive bracketing. *Qualitative Health Research*, 9, 407–411. <https://doi.org/10.1177/104973239900900309>
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* Scala Basım Yayım Tanıtım Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi.
- Akın, V. (2019). *FeTeMM uygulamalarının 7.sınıf öğrencilerinin FeTeMM'e yönelik tutumlarına, bilimsel süreç becerilerine ve meslek seçimlerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Ary, D., Jacobs, L. C., Sorensen, C. K., & Walker, D. (2014). *Introduction to research in education* (9th ed.). Wadsworth Cengage Learning.
- Assefa, S. G., & Rorissa, A. (2013). A bibliometric mapping of the structure of STEM education using co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(12), 2513–2536. <https://doi.org/10.1002/asi.22917>
- Aydın-Günbatar, S. ve Tabar, V. (2019). Türkiye’de gerçekleştirilen STEM araştırmalarının içerik analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1054–1083. <http://dx.doi.org/10.23891/efdyyu.2019.153>
- Banning, J., & Folkestad, J. E. (2012). STEM education related dissertation abstracts: A bounded qualitative meta-study. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 730–741. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9361-9>
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students’ learning: A preliminary meta-analysis. *The Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5&6), 23–37.

- Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., & Lefler, M. (2017). Synthesizing results from empirical research on computer-based scaffolding in STEM education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 87(2), 309–344. <https://doi.org/10.3102/0034654316670999>
- Beswick, K., & Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM Mathematics Education*, 51(6), 955–965. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01084-2>
- Borman, G. D., Slavin, R. E., Cheung, A., Chamberlain, A. M., Madden, N. A., & Chambers, B. (2005). Success for all: First-year results from the national randomized field trial. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 27(1), 1–22. <https://doi.org/10.3102/01623737027001001>
- Boston University Museum of Science. (2021). *Engineering is elementary curriculum*. Retrieved January 28, 2021, from <https://www.eie.org/stem-curricula/engineering-grades-prek-8/engineering-is-elementary>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5), 7–11.
- Çavaş, P., Ayar, A., Bula Turuplu, S. ve Gürçan, G. (2020). Türkiye’de STEM eğitimi üzerine yapılan araştırmaların durumu üzerine bir çalışma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 823–854. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.751853>
- Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 8(2), 281–306. <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2018.012>
- Corbin, J., & Straus, A. (2014). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (4th ed.). SAGE Publications, Inc.
- Cunningham, C.M., Lachapelle, C., & Lindgren-Streicher, A. (2005). *Assessing elementary school students' conceptions of engineering and technology*. Proceedings from the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, Portland, Oregon, USA.
- Daşdemir, İ., Cengiz, E. ve Aksoy, G. (2018). Türkiye’de FeTeMM (STEM) eğitimi eğilim araştırması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 1161–1183. <http://dx.doi.org/10.23891/efdyu.2018.100>
- Dochy, F. (2006). *A guide for writing scholarly articles or reviews for the Educational Research Review*. Retrieved March 15, 2021, from https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/edurevReviewPaperWriting.pdf
- DoEd. (2020). *U.S. Department of Education delivers on Trump administrations STEM strategy with historic investment*. Retrieved January 06, 2021, from <https://www.ed.gov/news/press->

[releases/us-department-education-delivers-trump-administrations-stem-strategy-historic-investment](#)

- Efron, S. E., & Ravid, R. (2019). *Writing the literature review: A practical guide*. The Guilford Press.
- Elmalı, Ş. ve Balkan Kıyıcı, F. (2017). Türkiye’de yayınlanmış FeTeMM eğitimi ile ilgili çalışmaların incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(3), 684–696. <https://doi.org/10.19126/suje.322791>
- Finn, J. D., & Achilles, C. M. (1999). Tennessee’s class size study: Findings, implications, misconceptions. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21, 97–109. <https://doi.org/10.3102/01623737021002097>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Aldine.
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(Suppl 1), S105–S123. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>
- Gravetter, F., Wallnau, L., Forzano, L., & Witnauer, J. (2021). *Essentials of statistics for the behavioral sciences* (10 ed.). Cengage Learning.
- Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. Allyn & Bacon.
- Hedges, L. V., & Schauer, J. (2018). Randomised trials in education in the USA. *Educational Research*, 60(3), 265–275. <https://doi.org/10.1080/00131881.2018.1493350>
- Herdem, K. ve Ünal, İ. (2018). STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 48(48), 145–163. <https://doi.org/10.15285/maruaebd.381417>
- Heybach, J., & Pickup, A. (2017). Whose STEM? Disrupting the gender crisis within STEM. *Educational Studies*, 53(6), 614–627. <https://doi.org/10.1080/00131946.2017.1369085>
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Retrieved March 15, 2021, from https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=ncete_publications
- Jesson, J., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). *Doing your literature review: Traditional and systematic techniques*. SAGE Publications Ltd.
- Kavak, T. (2019). *STEM uygulamalarının 4. sınıf öğrencilerinin fen ve teknolojiye yönelik tutumlarına, bilimsel süreç ve problem çözme becerilerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Fırat Üniversitesi.
- Kaya, A. ve Ayar, M. C. (2020). Türkiye örneğinde STEM eğitimi alanında yapılan çalışmaların içerik analizi *İstanbul Aydın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 275–306.

- Kereluik, K., Mishra, P., Fahnoe, C., & Terry, L. (2013). What knowledge is of most worth: Teacher knowledge for 21st century learning. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 29(4), 127–140. <https://doi.org/10.1080/21532974.2013.10784716>
- Kertil, M., & Gürel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 44–55. <https://doi.org/10.18404/ijemst.95761>
- MEB. (2017). *STEM eğitimi öğretmen el kitabı*. Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- MEB. (2018a). *Fen bilimleri dersi öğretim programı* (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MEB. (2018b). *Küresel bağlamda STEM yaklaşımları*. Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.
- MEB. (2019). *Kazanım merkezli STEM uygulamaları*. Özel Öğretim Kurumları Genel Müdürlüğü.
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (12th ed.). Pearson.
- Mizell, S., & Brown, S. (2016). The current status of STEM education research 2013-2015. *Journal of STEM Education*, 17(4), 52–56.
- Namey, E., Guest, G., Thairu, L., & Johnson, L. (2008). Data reduction techniques for large data sets. In G. Guest & K. M. MacQueen (Eds.), *Handbook for team-based qualitative research* (pp. 137–162). Altamira Press.
- Özcan, H. ve Koca, E. (2019). STEM yaklaşımı ile basınç konusu öğretiminin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 44(198), 201–227. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2019.7902>
- Özkaya, A. (2019). Bibliometric analysis of the publications made in STEM education area. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 8(2), 590–628. <https://doi.org/10.14686/buefad.450825>
- Özmen, N., Adıgüzel, T. ve Özel, S. (2020). FeTeMM odaklı olarak tanımlanan ders planları için bir çerçeve: Bir meta-sentez çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 123–154.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 346. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.346>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Schweinhart, L. J., Barnes, H. V., & Weikart, D. P. (1993). *Significant benefits: The High/Scope Perry Preschool Study through age 27*. High/Scope Press.
- Siregar, N. C., Rosli, R., Maat, S. M., & Capraro, M. M. (2019). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) program on students' achievement in mathematics: A

- meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(1), em0549. <https://doi.org/10.29333/iejme/5885>
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77(1), 20–26.
- Slavin, R. E. (2008). Perspectives on evidence-based research in education—What works? Issues in synthesizing educational program evaluations. *Educational Researcher*, 37(1), 5–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X08314117>
- Taştan Akdağ, F. ve Güneş, T. (2015). Enerji konusunda yapılan STEM uygulamaları ile ilgili fen lisesi öğrenci ve öğretmen görüşleri. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5), 1643–1656. <https://doi.org/10.24289/ijsser.337238>
- Tezel, Ö. ve Yaman, H. (2017). FeTeMM eğitime yönelik Türkiye’de yapılan çalışmalardan bir derleme. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 135–145.
- Thayer, K. (2017). *How does reverse engineering work?* Retrieved February 06, 2021, from <https://insights.globalspec.com/article/7367/how-does-reverse-engineering-work>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). *Incorporating engineering design into elementary school science curricula*. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Louisville, Kentucky, USA.
- Winberg, C., Adendorff, H., Bozalek, V., Conana, H., Pallitt, N., Wolff, K., ... Roxă, T. (2019). Learning to teach STEM disciplines in higher education: A critical review of the literature. *Teaching in Higher Education*, 24(8), 930–947. <https://doi.org/10.1080/13562517.2018.1517735>
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (6. bs.). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, B. (2016). An analyses and meta-synthesis of research on STEM education. *Journal of Education and Practice*, 7(34), 23–33.
- Yıldırım, H. ve Gelmez-Burakgazi, S. (2020). Türkiye’de STEM eğitimi konusunda yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma: Meta-sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50, 291–314. <https://doi.org/10.9779/pauefd.590319>

Ek 1. Analiz Kapsamına Dâhil Edilen Makaleler

Bu kısımda, öyküleyici alanyazın incelemesi kapsamında 2014-2020 tarihleri arasında ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış STEM eğitimiyle ilgili deneysel araştırmalar listelenmiştir.

M-1.	Yamak, H., Bulut, N. ve Dünder, S. (2014). 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. <i>Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 34(2), 249–265.
M-2.	Biçer, A., Boedeker, P., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2015). The effects of STEM PBL on students' mathematical and scientific vocabulary knowledge. <i>International Journal of Contemporary Educational Research</i> , 2(2), 69–75.
M-3.	Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. <i>El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi</i> , 2(2), 28–40.
M-4.	Erdoğan, N., & Stuessy, C. (2015). Examining the role of inclusive STEM schools in the college and career readiness of students in the United States: A multi-group analysis on the outcome of student achievement. <i>Educational Sciences: Theory & Practice</i> , 15(6), 1517–1529.
M-5.	Ercan, S., ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. <i>Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi</i> , 9(1), 128–164.
M-6.	Öner, A. T., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2016). The effect of T-STEM designation on charter schools: A longitudinal examination of students' mathematics achievement. <i>Sakarya University Journal of Education</i> , 6(2), 80–96.
M-7.	Yıldırım, B. ve Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. <i>Eğitimde Kuram ve Uygulama</i> , 13(2), 183–210.
M-8.	Pekmez, E., Yılmaz, H., Akşit, A.C.A. ve Güler, F. (2018). İlköğretim öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir eğitim modülü uygulaması. <i>Ege Eğitim Dergisi</i> , 19(1), 135–160.
M-9.	Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine etkisi. <i>Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi</i> , 8(2), 63–84.

M-10.	Güven, Ç., Selvi, M. ve Benzer, S. (2018). 7E öğrenme modeli merkezli STEM etkinliğine dayalı öğretim uygulamalarının akademik başarıya etkisi. <i>Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 6, 73–80.
M-11.	Acar, D., Tertemiz, N., & Taşdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on stem training teachers. <i>International Electronic Journal of Elementary Education</i> , 10(4), 505–513.
M-12.	Gülhan, F. ve Şahin, F. (2018). STEAM (STEM+ Sanat) etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, STEAM tutum ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. <i>Journal of Human Sciences</i> , 15(3), 1675–1699.
M-13.	İnce, K., Mısır, M. E., Küpeli, M. A. ve Fırat, A. (2018). 5. sınıf fen bilimleri dersi yer kabuğunun gizemi ünitesinin öğretiminde STEM temelli yaklaşımın öğrencilerin problem çözme becerisi ve akademik başarısına etkisinin incelenmesi. <i>Journal of STEAM Education</i> , 1(1), 64–78.
M-14.	Büyükdede, M. ve Tanel, R. (2018). İş-enerji ve itme-momentum konularına yönelik FeTeMM etkinliklerinin kavramsal anlama üzerine etkisi. <i>Diyalektolog Ulusal Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 19, 379–395.
M-15.	Büyükdede, M. ve Tanel, R. (2018). İtme-momentum konularına yönelik FeTeMM etkinliklerinin akademik başarı üzerine etkisi. <i>Turkish Studies: Educational Sciences</i> , 13(27), 327–340.
M-16.	Çevik, M. ve Abdioğlu, C. (2018). Bir bilim kampının 8. sınıf öğrencilerinin STEM başarılarına, fen motivasyonlarına ve üstbilişsel farkındalıklarına etkisinin incelenmesi. <i>İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi</i> , 7(5), 304–327.
M-17.	Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. <i>Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi</i> , 8(2), 281–306.
M-18.	Uğraş, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. <i>International Online Journal of Educational Sciences</i> , 10(5), 165–182.
M-19.	Çakır, R. ve Ozan, C. E. (2018). FeTeMM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, yansıtıcı düşünme becerileri ve motivasyonlarına etkisi. <i>Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 38(3), 1077–1100.
M-20.	Ergün, A. ve Balçın, M. D. (2019). Probleme dayalı FeTeMM uygulamalarının akademik başarıya etkisi. <i>Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi</i> , 4(1), 40–63.

M-21.	Şimşek, F. (2019). FeTeMM etkinliklerinin öğrencilerin fen tutum, ilgi, bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi ve öğrenci görüşleri. <i>Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi</i> , 10(3), 654–679.
M-22.	Gürbüz, F., Gökçe, Y., Töman, U., Gürbüz, S. ve Gökçe, F. (2019). Fen bilimleri dersi güneş sistemi ve ötesi ünitesinde STEM uygulamalarının akademik başarıya ve kalıcılığa etkisi. <i>Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Dergisi</i> , 8(2), 30–39.
M-23.	Karaahmetoğlu, K. (2019). The effect of project-based Arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of basic STEM skill levels. <i>Participatory Educational Research</i> , 6(2), 1–14.
M-24.	Özcan, H. ve Koca, E. (2019). STEM yaklaşımı ile basınç konusu öğretiminin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi. <i>Eğitim ve Bilim</i> , 44(198), 201–227.
M-25.	Çakır, Z., Yalçın, S. A. ve Yalçın, P. (2019). Montessori yaklaşımı temelli STEM etkinliklerinin okul öncesi öğretmen adaylarının yaratıcılık becerilerine etkisi. <i>Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi</i> , 4(2), 392–409.
M-26.	İzgi, S. ve Kalaycı, S. (2020). 5E modeli ile temellendirilmiş STEM yaklaşımının akademik başarı ve bilimsel süreç becerisine etkisi: Elektrik enerjisinin dönüşümü. <i>International Journal of Education Technology and Scientific Researches</i> , 5(13), 1578–1629.
M-27.	Taşçı, M. ve Şahin, F. (2020). Tersine mühendislik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarı ve problem çözme becerilerine etkisi. <i>Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi</i> , 14(1), 387–414.
M-28.	Bahşi, A. ve Fırat, E. A. (2020). STEM etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine, bilimsel epistemolojik inançlarına ve fen başarılarına etkisinin incelenmesi. <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 39(1), 1–22.
M-29.	Dedetürk, A., Kırmızıgül, A. S. ve Kaya, H. (2020). “Ses” konusunun STEM etkinlikleri ile öğretiminin başarıya etkisi. <i>Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 49, 134–161.
M-30.	Vurucu Şahin, C. ve Şahin, F. (2020). Erken çocukluk döneminde bilim ve mühendislik uygulamalarının öğrencilerin karar verme ve problem çözme becerilerine etkisi. <i>Journal of STEAM Education</i> , 3(1), 1–19.
M-31.	Parlakay, E. S., & Koç, Y. (2020). An investigation of the effectiveness of STEM practices on fifth grade students' academic achievement and motivations at the unit "exploring and knowing the world of living creatures. <i>International Journal of Progressive Education</i> , 16(1), 125–137.
M-32.	Ergün, A. ve Külekci, E. (2020). Kavram karikatürü destekli probleme dayalı fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) etkinliklerinin akademik başarı ve kavramsal anlama üzerindeki etkisi. <i>Journal of History School</i> , 48, 3127–3159.

M-33.	Uysal, E. ve Cebesoy, Ü. B. (2020). Tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine, tutumlarına ve bilgilerine etkisinin incelenmesi. <i>SDU International Journal of Educational Studies</i> , 7(1), 60–81.
M-34.	Öztürk, F. ve Özdemir, D. (2020). The effect of STEM education approach in science teaching: Photosynthesis experiment example. <i>Journal of Computer and Education Research</i> , 8(16), 821–841.
M-35.	Şimşek, F. ve Hamzaoglu, E. (2020). Okul dışı gerçekleştirilen proje tabanlı öğrenme yaklaşımının ortaokul öğrencilerine etkisinin araştırılması. <i>Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 18, 395–424.
M-36.	Gürbüz, F. ve Karadeniz, H. (2020). STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM farkındalıkları üzerine ve “üçgenler” ünitesindeki başarılarının kalıcılık düzeyine etkisi. <i>Journal of Human Sciences</i> , 17(2), 572–592.
M-37.	Ozan, F. ve Uluçınar Sağır, Ş. (2020). FeTeMM uygulamalarının kuvvetin ölçülmesi ünitesinde başarı ve FeTeMM’e yönelik tutuma etkisi. <i>Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 41, 260–275.
M-38.	Arslanhan, H. ve İnaltekin, T. (2019). Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmeye etkisi. <i>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 17(1), 231–265.
M-39.	Kaya, M., Korkmaz Ö. ve Çakır, R. (2020). Oyunlaştırılmış robot etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin problem çözme ve bilgi işlemsel düşünme becerilerine etkisi. <i>Ege Eğitim Dergisi</i> , 21(1), 54–70.
M-40.	Ayaz, M., Gülen, S. ve Gök, B. (2020). STEM etkinliklerinin uygulanması sürecinde elektronik portfolyo kullanımının sekizinci sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi akademik başarısına ve STEM tutumuna etkisinin incelenmesi. <i>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 17(1), 1153–1179.
M-41.	Yavuz, M., Hasançebi, M., & Yeşildağ Hasançebi, F. (2020). The effect of STEM application on 21st century skills of middle school students and student experiences. <i>Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence</i> , 1(1), 28–39.
M-42.	Toran, M., Aydın, E. ve Etgüer, D. (2019). Investigating the effects of STEM enriched implementations on school readiness and concept acquisition of children. <i>Elementary Education Online</i> , 19(1), 299–309.
M-43.	Özkızılcık, M. ve Betül Cebesoy, Ü. (2020). Tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine ve FeTeMM öğretimi

	yönelimlerine etkisinin incelenmesi. <i>Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 33(1), 177–204.
--	--



EĞİTİMİ DERGİSİ

STEM  ED

STEM PD

Community of Practice

dergi.stempd.net