GAZİ
EĞİTİM BİLİMLERİ DERGİSİ

GAZİ
JOURNAL OF EDUCATION SCIENCES

STEM Eğitimi Bağlamında Mesleki Gelişimin Desteklenmesinde Eğitici Eğitimlerinin Rolü: Cinsiyet ve Bilimsel Kimlik Açısından Kuramsal Bir Değerlendirme

Gül İrem ÖZEN[a], Mahmut SELVİ[b]

Yüklenme: 09.08.2025 **Kabul:** 20.11.2025

Yayınlanma: 30.11.2025

Anahtar Kelimeler:
STEM eğitimi,
Eğitici eğitimi,
Cinsiyet perspektifi,
Bilimsel kimlik

Keywords:
STEM education,
Educator training,
Gender lens,
Science identity

Yazar Bilgileri:
a. Manisa, Türkiye.
Orcid:
0000-0001-6146-3576
guliremozen@gmail.com
Sorumlu Yazar

b. Gazi Üniversitesi,
Gazi Eğitim Fakültesi
Ankara, Türkiye.
Orcid:
0000-0002-9704-1591
mselvi@gazi.edu.tr

ÖZET

STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) disiplinleri, sadece sürdürülebilir kalkınma ve teknolojik inovasyonun temel itici güçleri olarak değil, aynı zamanda problem çözme, yaratıcılık ve eleştirel düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek için gerekli platformlar olarak da giderek daha fazla kabul görmektedir. Dijitalleşmenin hızlanan etkisi, yapay zekanın artan rolü ve sürdürülebilirliğe yönelik küresel önceliklerin değişmesi, daha entegre, geleceğe yönelik ve kapsayıcı STEM eğitim sistemlerine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu gelişen ortamda, cinsiyet rolleri, sosyoekonomik koşullar ve kültürel dinamikler, öğrencilerin STEM ile ilgilenmelerini ve bilimsel kimliklerini oluşturma biçimlerini etkilemeye devam etmektedir. Bu nedenle, tüm öğrencilerin anlamlı bir şekilde katılımını sağlamak ve kendilerini bilime katkıda bulunabilecek yetenekli bireyler olarak görmelerini sağlamak için eğitici eğitiminde kapsayıcılığın artırılması önem arz etmektedir. Bu çalışma, STEM eğitimi içindeki mesleki gelişimi şekillendirmede eğitici eğitiminin rolünü teorik olarak değerlendirilmekte ve özellikle cinsiyet perspektifleri ve bilimsel kimliğin gelişimine vurgu yapmaktadır. Son zamanlardaki akademik çalışmaları temel alan bu çalışma, cinsiyete duyarlı pedagojik çerçevelerin, mesleki gelişim fırsatlarının ve çeşitli rol modellerine maruz kalmanın kapsayıcı öğretim uygulamalarını nasıl güçlendirebileceğini araştırmaktadır. Bu tür yaklaşımlar, eğiticileri sadece bilgi aktarıcıları olarak değil, aynı zamanda kimlik oluşumunun kolaylaştırıcıları ve kapsayıcı öğrenme ortamlarının savunucuları olarak konumlandırmaktadır. Çalışma, mevcut eğilimleri, zorlukları ve önerilen çözümleri sistematik olarak inceleyerek, kapsayıcı STEM eğitim politikaları ve uygulamalarının geliştirilmesi için hem teorik içgörüler hem de pratik öneriler sunmaktadır. Sonuç olarak, çalışma, eğitici eğitimlerinin, eğiticilerin pedagojik farkındalık ve öz yeterliklerini artırarak cinsiyete duyarlı ve kapsayıcı STEM öğrenme ortamlarının gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır.

Özen, G. İ., & Selvi, M. (2025). STEM eğitimi bağlamında mesleki gelişimin desteklenmesinde eğitici eğitimlerinin rolü: Cinsiyet ve bilimsel kimlik açısından kuramsal bir değerlendirme. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi, 11*(3), 618–639.
DOI: https://dx.doi.org/10.30855/gjes.2025.11.03.009

GAZİ
EĞİTİM BİLİMLERİ DERGİSİ

GAZİ
JOURNAL OF EDUCATION SCIENCES

The Role of Educator Training in Supporting Professional Development in the Context of STEM Education: A Theoretical Assessment from the Perspective of Gender and Scientific Identity

ABSTRACT

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) disciplines are increasingly recognized not only as the driving forces of sustainable development and technological innovation but also as essential platforms for developing 21st-century skills such as problem-solving, creativity, and critical thinking. The accelerating impact of digitalization, the rising role of artificial intelligence, and shifting global priorities toward sustainability highlight the need for more integrated, future-oriented, and inclusive STEM education systems. Within this evolving landscape, gender norms, socioeconomic conditions, and cultural dynamics continue to shape how learners engage with STEM and construct scientific identities. Therefore, strengthening inclusivity in educator training is essential to ensure that all learners can participate meaningfully and view themselves as capable contributors to science. This study provides a theoretical evaluation of the role of educator training in shaping professional development within STEM education, with a particular focus on gender-responsive perspectives and the development of scientific identity. Drawing on recent scholarly work, the study examines how gender-sensitive pedagogical frameworks, structured professional learning opportunities, and exposure to diverse role models can enhance inclusive teaching practices. Such approaches frame educators not merely as transmitters of knowledge but as facilitators of identity formation and advocates for equitable learning environments. By systematically reviewing current trends, challenges, and proposed solutions, the study provides both theoretical insights and practice-oriented recommendations for strengthening inclusive STEM education. Overall, the findings indicate that educator training enhances pedagogical awareness and self-efficacy, thereby supporting the development of gender-responsive and inclusive STEM learning environments.

Özen, G. İ., & Selvi, M. (2025). STEM eğitimi bağlamında mesleki gelişimin desteklenmesinde eğitici eğitimlerinin rolü: Cinsiyet ve bilimsel kimlik açısından kuramsal bir değerlendirme. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi, 11*(3), 618–639.
DOI: https://dx.doi.org/10.30855/gjes.2025.11.03.009

GİRİŞ

STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) disiplinleri yalnızca sürdürülebilir kalkınma ve teknolojik inovasyonun temel itici güçleri olarak değil, aynı zamanda problem çözme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek için temel platformlar olarak da giderek daha fazla kabul görmektedir (Bybee, 2010; National Research Council [NRC], 2012). Dijitalleşmenin küresel yükselişi, yapay zekânın artan etkisi ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik politika değişiklikleri, daha bütünleşik ve kapsayıcı STEM odaklı eğitim sistemlerine olan ihtiyacı belirginleştirmektedir (OECD, 2018; World Economic Forum, 2020). Bununla birlikte, cinsiyet rolleri, sosyoekonomik statü ve kültürel bağlam gibi değişkenler bireylerin STEM ile etkileşimini şekillendirmeye devam etmektedir (Archer, DeWitt ve Osborne, 2012; Avraamidou, 2020). Bu bağlamda, bu eşitsizlikleri ele almak ve ortadan kaldırmak için öğretmen ve eğitici eğitim programlarını yeniden çerçevelemek zorunlu hale gelmektedir (Carlone ve Johnson, 2007; UNESCO, 2017).

STEM eğitim uygulamalarının başarısı yalnızca müfredat tasarımıyla değil, aynı zamanda eğiticilerin pedagojik yeterlilikleri ve disiplinler arası bakış açılarıyla da yakından ilişkilidir (Bybee, 2010; Yıldırım, 2020). STEM eğiticilerinin sorgulama, tasarım tabanlı düşünme ve problem çözme becerilerini besleyerek öğrenmeyi kolaylaştırmaları beklenmektedir (Çınar ve Terzi, 2021; NRC, 2012). Literatür, STEM eğiticilerinin yalnızca bilgi aktarıcıları değil, aynı zamanda disiplinler arası düşünmeyi ve bilimsel kimlik gelişimini besleyen öğrenme deneyimlerinin mimarları olduklarını vurgulamaktadır (Avraamidou, 2020; Carlone ve Johnson, 2007). Buna rağmen araştırmalar, birçok öğretmenin özellikle mühendislik ve teknoloji olmak üzere STEM bileşenlerini etkili bir şekilde entegre etmekte zorlandığını ortaya koymaktadır (Atalay ve Armağan, 2023; Dokumacı Sütçü, Yıldız ve Baytekin, 2023). Bu nedenle, eğiticilerin STEM'i kapsayıcı ve sürdürülebilir bir şekilde öğretme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan iyi yapılandırılmış hizmet içi eğitim programlarına olan ihtiyaç artmaktadır (Turhan ve Kırındı, 2022; UNESCO, 2017).

STEM eğitimindeki cinsiyet rolleri, öğrencilerin tutumlarını, katılım düzeylerini, başarı algılarını ve kimlik gelişim süreçlerini önemli ölçüde etkilemektedir (Archer vd., 2012; Avraamidou, 2020; Carlone ve Johnson, 2007). Erken yaşlarda cinsiyete dayalı beklentilerle şekillenen sosyal normlar, bireylerin STEM'e yönelik öz yeterliliklerini, kariyer yönelimlerini ve bu alanlara aidiyet duygularını etkilemektedir (Avraamidou,

2022; Brickhouse, Lowery ve Schultz, 2000; Tan vd., 2013). Bu cinsiyet temelli roller, yalnızca bireysel tercihleri değil, aynı zamanda eğitim ortamlarında hangi bilgi ve becerilerin meşru ve değerli kabul edildiğini belirleyerek, STEM kültüründe kimin yer bulabileceği ve kimlerin başarılı olabileceğine ilişkin örtük söylemler üretmektedir. (Archer ve DeWitt, 2016; Avraamidou, 2020; Carlone ve Johnson, 2007). Bu bağlamda, kızlar genellikle erkeklere kıyasla STEM faaliyetlerine katılmaya daha az teşvik edilmektedir ve başarısızlık korkusu veya dışlanma endişesi nedeniyle bilimsel süreçlere aktif katılımdan uzaklaşabilmektedir (Archer vd., 2012; Brickhouse vd., 2000; Tan vd., 2013). Sonuç olarak, STEM alanındaki cinsiyet normları sadece bireysel düzeyde değil, aynı zamanda yapısal ve kurumsal bağlamlarda da kapsayıcılığı şekillendiren temel dinamikler olarak işlev görmektedir (Avraamidou, 2020; González-Pérez, Mateos de Cabo ve Sáinz, 2020; UNESCO, 2017). Bu nedenle, STEM eğitiminde cinsiyet rollerini dönüştürmek, cinsiyete dayalı stereotiplerin farkındalığını artıran ve aktif katılımı teşvik eden kapsayıcı öğrenme ortamları tasarlamak için oldukça önemlidir (Avraamidou, 2022; Friedman ve Rosen, 2020; UNESCO, 2017).

STEM'de kadınların yetersiz temsili sistemik bir sorun olarak devam etmektedir (UNESCO, 2017). Yaşamın erken dönemlerinde şekillenen cinsiyete dayalı beklentiler nedeniyle, kadınlar sıklıkla STEM içinde yetersizlik algıları geliştirir ve bu da bilimsel kimliğin oluşumunu engellemektedir (Archer vd., 2012; Carlone ve Johnson, 2007). Bilimsel kimlik, bireylerin kendilerini bilim odaklı kişiler olarak tanımaları, bilim ile ilgili tutum ve davranışları içselleştirmeleri ve bilimle uyumlu bir benlik kavramı geliştirmeleri yoluyla inşa edilmektedir (Avraamidou, 2020). Ancak bilimde kadın temsilinin eksikliği, özellikle marjinalleştirilmiş ve sosyoekonomik olarak dezavantajlı geçmişlere sahip kızların bilimi kimliklerinin bir parçası olarak talep etmelerini zorlaştırmaktadır (Brickhouse, Lowery ve Schultz, 2000; Tan vd., 2013). Buna göre, kültürel ve cinsiyete duyarlı yaklaşımlarla bilimsel kimliğin geliştirilmesi, kapsayıcı STEM eğitimi için elzemdir (Avraamidou, 2022).

Kadın rol modellerine maruz kalma, kızların kendilerini STEM alanlarında yetkin ve ait hissetmelerini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır (Friedman ve Rosen, 2020; González-Pérez vd., 2020). Son zamanlardaki STEM eğitim projeleri, genellikle farklı alanlardan profesyonelleri bir araya getirerek disiplinlerarası yöntemleri teşvik etmekte ve çeşitli öğrenme stillerine hitap etmektedir (Avraamidou, 2020; Tan vd., 2013). Sonuç olarak, STEM eğiticilerinin yalnızca içerik bilgisine değil, aynı zamanda öğrenci

çeşitliliğini kabul eden ve dışlayıcı normlara meydan okuyan bir pedagojik yaklaşıma da sahip olması gerekmektedir (Avraamidou, 2020; Tan vd., 2013).

STEM eğitiminde bireyler, farklı yetkinliklere sahip çeşitli öğretim rolleri üstlenmektedir. Bu nedenle, "öğretmen eğitimi" ile "eğitici eğitimi" arasındaki ayrımı yapmak önem taşımaktadır. Öğretmen eğitimi, hizmet öncesi öğretmenleri resmi eğitim sistemlerine hazırlamayı amaçlayan, pedagojik formasyon, öğretim yöntemleri ve liderlik becerilerine vurgu yapan, uzun vadeli, teori odaklı bir süreci ifade etmektedir (Caluyua Yambi, 2018). Buna karşılık, eğitici eğitimi, genellikle yetişkin öğrenme ilkeleri tarafından yönlendirilen, belirli temalara veya uzmanlık alanlarına odaklanan kısa vadeli, uygulamaya yönelik programları içermektedir (Kennedy, 2005; Knowles, Holton ve Swanson, 2015). Bu ayrımı anlamak, farklı STEM katılım düzeylerindeki profesyonellerin ihtiyaç duyduğu pedagojik sorumlulukları ve destek yapılarını analiz etmek için önem taşımaktadır.

Eğitici eğitimi, içerik sunumunun ötesine geçmeli ve yenilikçi, araştırmaya dayalı ve eğiticiler için duyarlı ortamlar oluşturmaya odaklanmalıdır (Desimone ve Garet, 2015; Guskey, 2002). Etkili modeller, eğiticilerin belirli içerik alanlarında uzmanlaşmasını ve akran ağları içinde mentor olarak hareket etmesini sağlayarak sürdürülebilir mesleki gelişimi teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Avalos, 2011; Kennedy, 2005). Bu modeller, STEM, dijital yeterlilikler ve eğitimsel yapay zekâ gibi alanlarda eğitim almış öğretmenlerin, akranlarını kurumsal veya ilçe düzeyinde eğitmesinin beklendiği Türkiye Cumhuriyeti Millî Eğitim Bakanlığı tarafından benimsenen yaklaşımlarla da tutarlıdır (Millî Eğitim Bakanlığı Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü [MEB ÖYGM], 2021). STEM bağlamında, bu programların eğiticileri bilimsel kimlik gelişimini teşvik etmek ve cinsiyete duyarlı pedagojik araçlarla donatması beklenmektedir (Archer vd., 2012; Carlone ve Johnson, 2007). STEM alanında kadınların düşük temsiliyeti göz önüne alındığında, eğiticilerin kapsayıcılığa vurgu yapan ve onları potansiyel rol modeller olarak konumlandıran bir çerçevede eğitilmeleri gerekmektedir (Friedman ve Rosen, 2020; UNESCO, 2017).

STEM eğitiminin gerçekten etkili olabilmesi için, eğiticilerin disiplinler arası, pedagojik ve pratik yeterliliklerini geliştiren yapılandırılmış mesleki gelişim programlarıyla desteklenmesi gerekmektedir (Shernoff vd., 2017). Yıldırım (2020), özellikle ders planlama ve bileşen entegrasyonunda öğretmenlerin yaşadığı hazırlık boşluklarını gidermek amacıyla sekiz aşamalı "STEM Öğretmen Enstitüleri Eğitim

Modeli"ni önermektedir. Çınar ve Terzi (2021), çalışmalarında STEM eğitimi alan öğretmenlerin mühendislik tasarımı ve problem tabanlı öğrenmeyi sınıflarına nasıl dahil ettiklerini ve bu süreçlerin öğrencilerin yaratıcılık ile problem çözme becerilerini nasıl geliştirdiğini vurgulamaktadır. Ancak bu çalışmalar aynı zamanda materyal eksikliği, zaman kısıtlamaları ve içerik bilgisindeki boşluklar konusunda öğretmenlerin yaşadığı kaygılara da dikkat çekmektedir.

Atalay ve Armağan (2023), proje tabanlı STEM etkinliklerine katılan fen öğretmenlerinin özgüven kazandıklarını ve anlamlı öğrenme gerçekleştirdiklerini gözlemlemiştir. Bununla birlikte, kaynak sınırlamaları ve öğrencilerin düşük hazır bulunuşluk düzeyleri gibi engellerle karşılaştıkları belirtilmiştir. Dokumacı Sütçü vd. (2023), branş öğretmenlerinin disiplinler arası entegrasyonda zorluk çektiğini, ilkokul öğretmenlerinin ise aşırı kalabalık sınıflar ve yetersiz kaynaklar nedeniyle STEM uygulamalarında güçlük yaşadığını tespit etmiştir. Turhan ve Kırındı (2022), deneyimli öğretmenlerin genellikle STEM konusunda sağlam bir anlayışa sahip olmadığını ve bunun eksik veya hatalı uygulamalara yol açtığını ortaya koymuştur. Buna rağmen, söz konusu çalışmada STEM'e yönelik öz yeterlik algısında cinsiyetler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır; bu da erkek ve kadın eğiticiler arasında genel olarak benzer bir bakış açısı olduğunu göstermektedir. Bu bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde, STEM eğitimini ve bilimsel kimlik oluşumunu desteklemek amacıyla yapılandırılmış ve kapsayıcı hizmet içi eğitim programlarının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

STEM'in 21. yüzyıl becerilerini şekillendirmedeki artan önemi, yetenekli ve iyi hazırlanmış eğiticilere olan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır. STEM eğiticilerinin pedagojik, disiplinlerarası ve pratik yeterlilikleri yalnızca öğrenci başarısını değil, aynı zamanda bilimsel kimlik, öz yeterlilik ve STEM'e yönelik tutumların gelişimini de doğrudan etkilemektedir (Avraamidou, 2020; Bybee, 2010; Carlone ve Johnson, 2007). Cinsiyete duyarlı olmayan bakış açıları, sosyoekonomik farklılıklar ve entegrasyon zorluklarının yarattığı sürekli sorunlar göz önüne alındığında, eğitici eğitiminin stratejik olarak tasarlanması daha da önemli hale gelmektedir (Atalay ve Armağan, 2023; Çınar ve Terzi, 2021; Turhan ve Kırındı, 2022). Bu doğrultuda, bu çalışma, STEM alanlarında mesleki gelişimin şekillenmesinde eğitici eğitiminin rolünü ve bunun cinsiyet duyarlı bir bakış açısıyla bilimsel kimlik oluşumuna etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, çağdaş eğilimleri, zorlukları ve çözüm önerilerini sistematik biçimde analiz ederek, STEM alanında eğitici eğitimine hem kuramsal içgörü hem de pratik katkılar sunmayı; böylece

daha kapsayıcı bir eğitim ortamına yönelik politika ve program geliştirmeyi desteklemeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma aşağıdaki temel araştırma sorularını ele almayı amaçlamaktadır:

1. STEM alanlarında mesleki gelişimin şekillenmesinde eğitici eğitiminin teorik rolü nedir?
2. Cinsiyete duyarlı yaklaşımlar, eğiticilerin bilimsel kimliklerinin gelişimini nasıl etkilemektedir?
3. Literatürde önerilen modeller, kapsayıcı STEM öğretiminin teşvik edilmesi için ne gibi katkılar sunmaktadır?

Eğitici Eğitiminin Teorik Temelleri

Yetişkin eğitimi alanında en yaygın kabul gören yaklaşımlardan biri andragojidir (Knowles, Holton ve Swanson, 2015). Bu model, yetişkinlerin öğrenme sürecine aktif katılımını ve öğrenmeyi gerçek yaşam bağlamlarıyla ilişkilendirmenin önemini vurgular (Knowles, 1980). Yetişkinlerin farklı motivasyonları göz önüne alındığında, andragoji, öğrencilerin ihtiyaçlarıyla uyumlu uyarlanabilir pedagojik yöntemler gerektirmektedir (Merriam ve Bierema, 2014). Benzer şekilde, Mezirow'un Dönüştürücü Öğrenme Teorisi, bireylerin mevcut inanç ve varsayımlarını eleştirel biçimde sorgulamalarını teşvik ederek anlamlı öğrenme ve kişisel dönüşümün gerçekleşmesini sağlamaktadır (Mezirow, 1991; Taylor, 2008). STEM eğitici eğitimi bağlamında, dönüştürücü öğrenme, eğiticilerin geleneksel öğretim anlayışlarını sorgulamalarını ve daha yenilikçi, öğrenci merkezli uygulamaları benimsemelerini sağlamaktadır. Örneğin, mühendislik tasarım süreci gibi alışılmadık uygulamalara katılmak, eğiticilerin kendi pedagojik bakış açılarını yansıtmalarına ve dönüştürmelerine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşımlar, eğiticilerin yalnızca bilgi aktarıcıları olarak değil, aynı zamanda öğrencilerin sosyal ve kültürel bağlamlarını dikkate alan kapsayıcı eğitimin kolaylaştırıcıları olarak konumlandırmaktadır (Brookfield, 2013).

Mesleki gelişim alanında, Guskey'nin (2002) modeli, öğretmen öğrenmesini sınıf deneyimleri, öğretim değişiklikleri, öğrenci çıktıları ve öğretmen tutumları tarafından şekillendirilen çok aşamalı ve karşılıklı bir süreç olarak kavramsallaştırmaktadır. Mesleki gelişimin etkinliğinin sınıf içi uygulamalar ve öğrenci başarısı üzerindeki etkisiyle değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Buna karşılık, Desimone (2009), etkili öğretmen eğitiminin temel özelliklerini içerik odaklılık, aktif katılım, tutarlılık ve iş birlikçi

öğrenme toplulukları olarak özetlemektedir. Onun modeli, eğiticilerin bilişsel süreçlerini ve uzun vadeli pedagojik ilerleme ihtiyacını vurgulamaktadır. Her iki çerçeve de STEM'de eğitici eğitimi için değerli bakış açıları sunmaktadır. Guskey'nin modeli, eğitimin gözlemlenebilir çıktılar ve geri bildirim döngüleri aracılığıyla değerlendirilmesini desteken, ancak içerik temelli ve bireysel öğrenme ihtiyaçlarını karşılamada derinlikten yoksun olabilmektedir. İçerik odaklı, katılımcı ve disiplinlerarası öğrenmeye vurgu yapan Desimone'nin modeli, STEM eğitiminin uygulamalı doğasıyla daha yakından uyumludur. Ancak, öğrenci etkisini yalnızca dolaylı olarak ele almaktadır. Bu nedenle, STEM eğiticilerinin gelişimi için kapsamlı bir yapı sağlamak amacıyla her iki modelin tamamlayıcı bir şekilde kullanılması önerilmektedir (Borko, 2004; Darling-Hammond ve McLaughlin, 1995).

Pedagojik dönüşüm, eğiticilerin geleneksel öğretimin ötesine geçme ve öğrencilerin ihtiyaçlarına yanıt veren öğrenme deneyimleri tasarlama kapasitesini ifade etmektedir (Korthagen, 2010). Bu süreç, etkili STEM eğitiminin temel bileşenleri olan eleştirel düşünme, yansıtıcı uygulama ve yaşam boyu öğrenmeyi içermektedir (Brookfield, 2013; Mezirow, 1991). STEM'in disiplinlerarası ve yenilikçi yapısı göz önüne alındığında, eğiticilerin içerik bilgisinin yanı sıra öğrenci merkezli öğretim stratejileri uygulamada da yetkin olmaları gerekmektedir (Borko, 2004; Darling-Hammond ve McLaughlin, 1995). Bu tür pedagojik dönüşümü teşvik eden hizmet içi programlar, pasif bilgi aktarımı yerine uygulamalı etkinliklere, iş birliğine ve yansıtıcı öğrenmeye öncelik vermelidir (Desimone, 2009; Guskey, 2002). Bu yaklaşımlar içselleştirildiğinde, STEM'de kapsayıcı, etkileşimli ve sorgulamaya dayalı öğrenme ortamlarının gelişimine katkı sağlanabilir.

STEM Eğitici Eğitiminde Özel Gereksinimler ve Zorluklar

Disiplinlerarası bir yaklaşım, eğiticilerin bilimsel alanlardaki bilgileri bütünleştirmesini ve öğrencilerin karmaşık gerçek dünya zorluklarını anlamalarına destek olmasını gerektiren STEM eğitiminin temelini oluşturmaktadır (Newell, 2007). Eğiticiler yalnızca kendi alanlarında uzmanlaşmakla kalmamalı, aynı zamanda bitişik disiplinler ve pedagojiler hakkında da çalışma anlayışına sahip olmalıdır (Beane, 1997; Jacobs, 1989). Bu çalışmada, "STEM eğiticileri" terimi, bilim merkezleri, müzeler ve toplum temelli kamplar gibi resmi veya gayri resmi öğrenme ortamlarında faaliyet gösteren hem resmi eğiticileri hem de profesyonelleri kapsamaktadır. Bu gruplar kurumsal ortam ve hedef kitle açısından farklılık gösterse de disiplinlerarası öğrenmeyi kolaylaştırma, öğrencileri STEM araştırmalarında yönlendirme ve bilimsel kimlik gelişimini destekleme

gibi pedagojik sorumlulukları paylaşmaktadır. Bu yaklaşım, uyum sağlama, yaratıcılık ve iş birliği (Drake ve Burns, 2004) gibi temel yeterlilikleri geliştirirken, pedagojik yenilikçiliği ve öğrenci merkezli tasarımı (Klein, 2010; Repko, 2012) teşvik etmektedir. Bu nedenle disiplinlerarası eğitim, STEM alanında zengin, çok boyutlu öğrenme ortamları tasarlama kapasitesinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Lattuca, Voigt ve Fath, 2004).

STEM'deki temel öğretim unsurları -teknoloji kullanımı, deneysel tasarım ve bilimsel süreç becerileri- eleştirel düşünme, sorgulama ve problem çözme yeteneklerini geliştirmede merkezi öneme sahiptir (Bybee, 2010; NRC, 2012). Teknoloji, öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırma ve karmaşık verileri analiz etme becerilerini geliştirmektedir (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014). Deneyler, öğrencilerin hipotezler oluşturmasına, fenomenleri gözlemlemesine ve bulguları yorumlamasına olanak tanırken, süreç becerileri bilimsel akıl yürütme ve meraklarını güçlendirmektedir (Lederman, 2007; Minner, Levy ve Century, 2010). Ancak, Türkiye'deki saha çalışmaları, öğretmenlerin uygulamalı STEM etkinliklerini uygulama becerilerini sınırlayan materyal eksikliklerini ve kaynak kısıtlamalarını vurgulamaktadır. Örneğin, Çınar ve Terzi (2021), öğretmenlerin genellikle mühendislik etkinlikleri için ihtiyaç duyulan araçlara erişimden yoksun olduğunu ve bu durumun deneysel öğrenmeyi tasarlama ve kolaylaştırma kapasitelerini engellediğini bildirmektedir. Bu nedenle, eğiticilerin bu temel alanlardaki yetkinliklerini geliştirmek, kaliteli STEM eğitiminin sağlanması için çok önem arz etmektedir (Atalay ve Armağan, 2023; Çınar ve Terzi, 2021). Mesleki gelişim programları, pedagojik dönüşümü teşvik etmek ve öğrencileri anlamlı öğrenmeye dahil etmek için bu temaları vurgulamalıdır (Desimone, 2009; Guskey, 2002).

Eğitici öz yeterliliği, STEM alanında öğretim etkinliğinin kritik bir belirleyicisidir ve eğiticilerin bilimsel fikirleri nasıl anlayıp ilettiklerini şekillendirmektedir (Bandura, 1997; Tschannen-Moran ve Hoy, 2001). Yüksek öz yeterliliğe sahip eğiticilerin yenilikçi stratejiler benimseme ve pedagojik zorluklarla güvenle başa çıkma olasılığı daha yüksektir (Pajares, 1996; Woolfolk Hoy, 2004). Ayrıca, bilimsel okuryazarlık düzeyleri, öğrencilerin bilimsel anlayış ve tutumlarını etkilemede önemli bir rol oynamaktadır (Bybee, 1997; Lederman, 1992). Literatür, bilimsel okuryazarlığı geliştirmeye odaklanan mesleki gelişim programlarının yalnızca eğiticilerin güvenini artırmakla kalmayıp aynı zamanda öğrenci sonuçlarını da iyileştirdiğini göstermektedir (Demir ve Güneş, 2022; Yılmaz ve Kara, 2021). Buna göre STEM eğitimi bağlamında hem bilimsel okuryazarlığı hem de öz yeterliği

destekleyen yapılandırılmış programlara giderek daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Çınar ve Terzi, 2021).

STEM Eğitici Eğitiminde Cinsiyete Duyarlı Yaklaşımlar

STEM'de kadınların yeterince temsil edilmemesi uzun süredir devam eden yapısal bir sorun olmaya devam etmektedir (UNESCO, 2017). Buna katkıda bulunan faktörler arasında kültürel bariyerler, erken dönemdeki olumsuz deneyimler ve rol modellerin yokluğu yer almaktadır (Archer vd., 2012; Carlone ve Johnson, 2007). Bu koşullar kız çocuklarının STEM'de aidiyet duygusu oluşturma becerilerini olumsuz etkilemekte ve bilimsel kimlik geliştirmelerini engellemektedir (Avraamidou, 2020). Dahası, kültürel ve sosyoekonomik faktörler özellikle marjinal geçmişe sahip kadınlar için STEM'e erişimde ek engeller yaratmaktadır (Brickhouse vd., 2000; Tan vd., 2013). Bu zorlukların üstesinden gelmek için literatür kapsayıcı politikaların ve sürdürülebilir rol model katılımının önemini vurgulamaktadır (Friedman ve Rosen, 2020; González-Pérez vd., 2020). Örneğin, Türkiye'deki TÜBİTAK 4007 gibi programlar kapsamındaki girişimler, kalıp yargılar üzerine eleştirel düşünmeyi teşvik eden ve başarılı kadın bilim insanlarının öykülerini sunan cinsiyete duyarlı eğitim modülleri sunmaktadır (TÜBİTAK, 2023).

Benzer uygulamalar, eğiticilerin önyargılarını vaka temelli analiz ederek buna göre alternatif öğretim stratejileri tasarladıkları Erasmus+ projelerine de entegre edilmiştir (European Commission, 2020). Cinsiyete duyarlı eğitici eğitimi programlarının, öğrenci katılımını ve başarısını artırırken pedagojik yaklaşımları dönüştürdüğü gösterilmiştir (Avraamidou, 2022; González-Pérez vd., 2020). Bu müdahaleler farkındalık yaratmanın ötesine geçmeli ve STEM eğitiminde cinsiyete duyarlı sistematik modüller içermelidir (UNESCO, 2017). Tipik modüller, cinsiyet dayalı kalıpyargılar, STEM'de yetersiz temsil ve kapsayıcı öğretim stratejileri gibi konuları kapsayan 6-12 saatlik oturumlar içermektedir. Eğiticiler, vaka çalışmaları, örtük müfredat içeriğinin analizi, rol model anlatıları ve sınıf dili üzerine yansıtıcı tartışmalar gibi etkinliklerde bulunmaktadır. Bu etkinlikler hem öz farkındalığı hem de eyleme geçirilebilir değişimi teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Etkili bir şekilde uygulandıklarında, eğiticilerin içselleştirilmiş kalıpyargıları tanımalarına ve bunlara karşı çıkmalarına ve kapsayıcı öğrenme ortamlarını teşvik etmelerine katkı sağlayabilirler (Friedman ve Rosen, 2020).

"STEM'de Kadınlar" gibi programlar, kızların STEM'e olan ilgisini artırmak ve bilimsel kimlik oluşumunu desteklemek için geliştirilmektedir (González-Pérez vd., 2020). Bu programlar, katılımcıların özgüvenini ve akademik motivasyonunu artırırken hem rol

modeller hem de öğretim modülleri sunmaktadır (Friedman ve Rosen, 2020). Stereotipleri sorgulayarak ve bilimi kapsayıcı bir alan olarak sunarak, öğrencilerin aidiyet duygusu geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Archer vd., 2012; Avraamidou, 2022). Bu modüllere yerleştirilen cinsiyete duyarlı pedagojiler, kız öğrencilerin STEM'deki devamlılığını ve başarısını artırmak için merkezi bir öneme sahiptir (Carlone ve Johnson, 2007; UNESCO, 2017). Bu nedenle, "STEM'de Kadınlar" girişimleri ve ilgili eğitim stratejileri, STEM eğitiminde cinsiyet duyarlılığını arttırmak için stratejik araçlar olarak hizmet etmektedir.

Bilimsel Kimlik ve Eğiticinin Rolü

Bilimsel kimlik, bireylerin kendilerini bilim camiasının yetenekli ve meşru üyeleri olarak algılama biçimini ifade etmektedir (Carlone ve Johnson, 2007). Bu kimlik yalnızca akademik başarı ile belirlenmez, aynı zamanda kültürel bağlam, kişisel deneyimler ve sosyal etkileşimler aracılığıyla da şekillenmektedir (Avraamidou, 2020). Bilimsel kimliğin oluşumu özellikle cinsiyet, etnik köken ve sosyoekonomik duruma duyarlıdır; bu da kapsayıcı eğitim ortamlarının oluşturulmasını temel bir gereklilik haline getirmektedir (Carlone ve Johnson, 2007; Avraamidou, 2020). İyi yerleşmiş bilimsel kimliklere sahip bireylerin STEM alanlarına katılımlarını sürdürme ve daha güçlü aidiyet ve motivasyon duyguları geliştirme olasılıkları artmaktadır (Avraamidou, 2020).

Eğiticiler, öğrencilerin bilimsel kimlik gelişimlerini desteklemede merkezi bir rol oynarlar. Beklentileri, tutumları ve öğretim yöntemleri, öğrencilerin kendilerini bilimle ilişkili olarak nasıl algıladıklarını doğrudan etkilemektedir (Carlone ve Johnson, 2007). Destekleyici ve kapsayıcı öğretim, öğrencilerin bilimsel öğrenenler olarak kendilerini tanımalarını teşvik etmektedir (Avraamidou, 2020). Dahası, özellikle öğrencilerin kültürel ve cinsiyet geçmişlerini yansıtan görünür rol modeller, yeterince temsil edilmeyen gruplar için elzemdir (Brickhouse vd., 2000). Literatür, cinsiyete ve kültüre duyarlı pedagojileri bilinçli bir şekilde uygulayan eğiticilerin kimlik oluşumuna önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir (Friedman ve Rosen, 2020; González-Pérez vd., 2020). Eğiticilerin bilimsel süreçleri iletme ve öğrenme ortamlarını yapılandırma biçimleri, öğrencilerin bilimsel akıl yürütmelerini ve kimlik algılarını da şekillendirmektedir (NRC, 2012; Avraamidou, 2020).

Bilimsel kimlik gelişimi doğası gereği sosyal bir süreçtir ve daha geniş toplumsal bağlamlardan ayrı düşünülemez (Carlone ve Johnson, 2007). Cinsiyet, sosyoekonomik durum ve kültürel geçmiş gibi sosyal belirleyiciler, öğrencilerin eğitim kaynaklarına, rol modellere ve destek sistemlerine erişimini etkilemektedir (Archer vd., 2012; Brickhouse

vd., 2000). Öğrenciler, aileleri veya topluluklarından farklı beklentilerle karşılaşabilirler ve bu da kimlik uyumsuzluklarına yol açabilmaktedir (Archer vd., 2012; Carlone ve Johnson, 2007). Bu gibi durumlarda, bazı öğrenciler STEM'den uzaklaşabilir veya bilimsel normlara uymak için sosyal kimliklerinin belirli yönlerini önemsizleştirmeye mecbur hissedebilmektedirler (Tan vd., 2013). Bu dinamikler, eğitici eğitiminde kapsayıcı pedagojik çerçevelere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Yüksek kaliteli ve kapsayıcı eğitici eğitim programları, eğiticileri tüm öğrencilerde bilimsel kimliği geliştirmek için gereken beceri ve farkındalıkla donatmak için olmazsa olmazdır (Avraamidou, 2020; Friedman ve Rosen, 2020). Bu programlar, cinsiyet duyarlılığını ve kültürel farkındalığı temel yeterlilik olarak vurgulamalıdır (González-Pérez vd., 2020; UNESCO, 2017). Eğitici eğitimi yalnızca içerik bilgisi sağlamakla kalmamalı, aynı zamanda bilimsel akıl yürütme, disiplinler arası bütünleşme ve motivasyonel pedagojileri de ele almalıdır (Avraamidou, 2020; NRC, 2012). Etkili bir şekilde uygulandığında, yapılandırılmış eğitici gelişimi yalnızca öğrenci başarısına değil, aynı zamanda kimlik oluşumuna ve STEM'e uzun vadeli katılıma da katkıda bulunabilir (Carlone ve Johnson, 2007).

STEM Eğitici Eğitiminde Mesleki Gelişim, Cinsiyet Duyarlılığı ve Bilimsel Kimlik Arasındaki Etkileşim: Kavramsal Bir Model

Geliştirilen bu model, STEM eğitici eğitiminin üç temel boyutunun; mesleki gelişim, cinsiyet duyarlılığı ve bilimsel kimliğin karşılıklı etkileşim içinde olduğunu öne sürülmektedir. Bu bileşenlerin yalnızca birbirini tamamlamadığı, aynı zamanda dinamik bir çerçeve içinde karşılıklı olarak dönüştürücü ve sürdürücü bir yapıya sahip olduğu varsayılmaktadır (Avraamidou, 2020; Carlone ve Johnson, 2007; Desimone, 2009).

Mesleki gelişim, disiplinler arası düşünmeyi, yansıtıcı uygulamaları ve iş birliğine dayalı öğrenme süreçlerini teşvik ederek eğiticilerin pedagojik yeterliklerini güçlendirmektedir (Borko, 2004; Desimone, 2009; Guskey, 2002). Bu boyut, STEM eğiticilerinin sorgulamaya dayalı ve öğrenci merkezli pedagojik stratejiler tasarlayabilmelerine olanak tanıyarak kapsayıcı öğrenme ortamlarının temelini oluşturmaktadır (Bybee, 2010; NRC, 2012).

Cinsiyet duyarlılığı, öğretim ve öğrenim bağlamlarında eşit katılımı, temsil farkındalığını ve kültürel açıdan duyarlı yaklaşımları teşvik etmektedir (Friedman ve Rosen, 2020; UNESCO, 2017). Bu boyut, eğiticileri cinsiyet normlarını tanımaya, dışlayıcı uygulamaları dönüştürmeye ve kapsayıcı öğretim kültürleri geliştirmeye teşvik

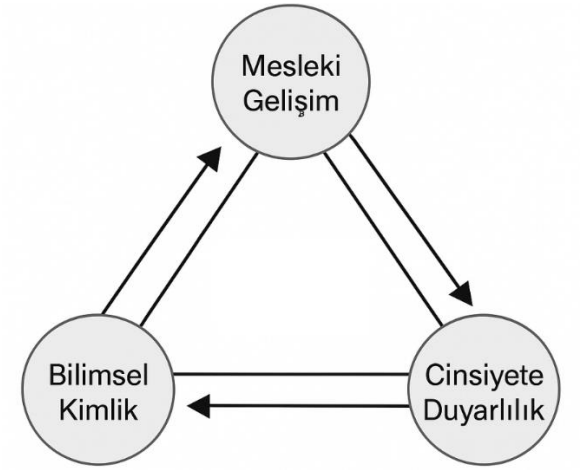
etmektedir (Avraamidou, 2022; González-Pérez vd., 2020).

Bilimsel kimlik, bireylerin bilimsel topluluğa ait olma duygusunu, bilimsel değerleri içselleştirmesini ve kendilerini bilim odaklı kişiler olarak tanımlama süreçlerini ifade etmektedir (Carlone ve Johnson, 2007; Avraamidou, 2020). Güçlü bir bilimsel kimlik, eğiticilerin mesleki gelişimini desteklerken, öğrencilerin öz yeterliklerini ve bilim öğrenimine katılım düzeylerini artırmaktadır (Brickhouse, Lowery ve Schultz, 2000; Tan, Barton, Kang ve O'Neill, 2013).

Sonuç olarak, bu üç boyut karşılıklı ve döngüsel bir ilişkiyle birbirine bağlanmaktadır: mesleki gelişim, cinsiyete duyarlı pedagojik uygulamaları güçlendirir; cinsiyet duyarlılığı, bilimsel kimliğin gelişimini kolaylaştırır ve güçlü bir bilimsel kimlik ise eğiticilerin mesleki motivasyonunu ve kapsayıcı öğretim uygulamalarına olan bağlılıklarını sürdürmelerine katkı sağlamaktadır (Avraamidou, 2022; Friedman ve Rosen, 2020; UNESCO, 2017).

Şekil 1

STEM Eğitici Eğitiminde Mesleki Gelişim, Cinsiyete Duyarlılık ve Bilimsel Kimlik İlişkisi Modeli



Farklı Ülke Bağlamlarında STEM Eğitici Eğitimine İlişkin Uygulama Örnekleri

Hem Amerika Birleşik Devletleri'nde hem de Avrupa'da, STEM alanındaki pedagojik yeterlilikleri artırmak ve bilimsel kimlik gelişimini desteklemek için yapılandırılmış eğitici eğitimi modelleri geliştirilmiştir (Bybee, 2010; NRC, 2012). ABD'de, Yeni Nesil Bilim Standartları (NGSS) ile uyumlu eğitici eğitimi, öğretmenleri disiplinlerarası yaklaşımları benimsemeye ve öğrenci merkezli öğrenme ortamlarını desteklemeye teşvik etmektedir (NGSS Lead States, 2013). Avrupa'da Erasmus+ ve diğer ulusal girişimler, yalnızca içerik bilgisine değil, aynı zamanda eleştirel düşünme, bilimsel uygulamalar, dijital yeterlilik, cinsiyet duyarlılığı ve kültürel çeşitliliğe de odaklanarak

modüler ve uygulamaya dayalı mesleki gelişim fırsatlarını teşvik etmektedir (Avraamidou, 2020; UNESCO, 2017).

Etkili eğitici programları, içerik sunumunun ötesine geçerek yansıtıcı uygulama, uygulamalı öğrenme ve iş birliğine dayalı pedagojik stratejileri kapsamaktadır (Desimone, 2009; Guskey, 2002). Bu yaklaşımlar, eğiticilerin kapsayıcı ve öğrenci merkezli ortamlar tasarlamalarına yardımcı olur ve sınıflarındaki bireysel farklılıkları fark etmelerini teşvik etmektedir. Yansıtıcı günlükler, vaka analizi ve rol model araştırmaları, eğiticilerin mesleki uygulamalarını değerlendirmelerine ve kapsayıcı öğretim çerçeveleri geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Avraamidou, 2022; Loughran, 2002; Zeichner ve Liston, 1996). Çalışmalar, bu tür programların öğretmenlerin STEM'e olan güvenini artırdığını ve hem öğrenci başarısına hem de bilimsel kimlik gelişimine katkıda bulunduğunu göstermektedir (Friedman ve Rosen, 2020; González-Pérez vd., 2020).

Mentorluk temelli modeller, STEM eğitici eğitiminde etkili yaklaşımlar olarak da önem kazanmaktadır (Friedman ve Rosen, 2020). SciGirls ve Techbridge gibi programlar, kız çocuklarının STEM'e katılımını artırmak için teknik içerik ve stratejiler sunmaktadır (Campbell vd., 2019; Miller vd., 2018). Bu programlardaki mentorlar, öğretmenlere kapsayıcı, sorgulamaya dayalı öğrenme deneyimleri oluşturmalarında rehberlik ederken aynı zamanda kendi mesleki kimliklerini de güçlendirmektedir (Avraamidou, 2020). Araştırmalar, mentorluğun yalnızca öğretmenlerin özgüvenini artırmakla kalmayıp aynı zamanda kız öğrencilerin STEM alanlarına katılımı ve devamlılığı üzerinde ölçülebilir bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (González-Pérez vd., 2020; NRC, 2012).

Türkiye'de TÜBİTAK 4004 ve 4007 programları tarafından desteklenen projeler, atölye çalışmaları ve hizmet içi eğitimler aracılığıyla STEM alanında öğretmen yeterliliklerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (TÜBİTAK, 2023). Bu projeler, öğretmenlerin disiplinlerarası öğretim ve pratik uygulama kapasitelerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Öztürk ve Demir, 2021). Türkiye'deki AB tarafından finanse edilen girişimler de benzer şekilde yenilikçi pedagojileri ve disiplinlerarası stratejileri teşvik etmektedir (European Commission, 2020; Yılmaz ve Kaya, 2020). Bu tür programlar, öğretmenlerin STEM'e olan güvenlerine katkıda bulunurken, aynı zamanda öğrenci merkezli uygulamaları ve bilimsel kimlik gelişimini de teşvik etmektedir (Aktaş ve Güler, 2022). Literatür hem TÜBİTAK hem de AB tarafından desteklenen projelerin mesleki gelişim üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve STEM eğitiminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunduğunu vurgulamaktadır (Öztürk ve Demir, 2021;

Yılmaz ve Kaya, 2020).

Tablo 1

ABD, Avrupa ve Türkiye Bağlamlarında STEM Eğitici Eğitimine İlişkin Uygulama Modelleri

Ülke / Bölge	Program / Model	Odak Alanları	Yöntemsel Özellikler
ABD	NGSS (Next Generation Science Standards), SciGirls, Techbridge	Disiplinlerarası öğretim, sorgulama temelli öğrenme, mentorluk, kız çocuklarının STEM'e katılımı	Atölye tabanlı mesleki gelişim, mentorluk desteği, toplumsal cinsiyet farkındalığı
Avrupa	Erasmus+ STEM Projects, EU STEM Coalition Initiatives	Dijital yeterlilik, kültürel çeşitlilik, cinsiyet kapsayıcılığı, profesyonel öğrenme toplulukları	Modüler eğitimler, hibrit öğrenme, disiplinlerarası proje tabanlı yaklaşım
Türkiye	TÜBİTAK 4004/4007 Projeleri, AB Destekli STEM Girişimleri	Disiplinlerarası STEM öğretimi, hizmet içi eğitim, öğretmen yeterliklerinin geliştirilmesi	Atölye çalışmaları, saha uygulamaları, deneyim temelli öğrenme

Tablo 1, farklı ülke bağlamlarında geliştirilen STEM eğitici yetiştirme uygulamalarının örneklerini özetlemektedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki programlar öncelikle sorgulama temelli öğrenme ve mentorluk modellerine odaklanırken, Avrupa'daki girişimler dijital yeterlilik ve kültürel çeşitliliği vurgulamaktadır. Türkiye'de TÜBİTAK ve AB destekli projeler, öğretmenlerin disiplinlerarası öğretim becerilerini geliştirmek ve öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarını teşvik etmek için tasarlanmış uygulama odaklı modeller sunmaktadır (Avraamidou, 2020; Friedman ve Rosen, 2020; TÜBİTAK, 2023).

TARTIŞMA VE SONUÇ

STEM alanlarında mesleki gelişimi şekillendirmede eğitici eğitiminin kuramsal rolünü araştıran ilk araştırma sorusuna yanıt olarak, literatürde hem kapsam hem de uygulama açısından belirgin boşluklar bulunduğu görülmektedir (Atalay ve Armağan,

2023; Yıldırım, 2020). Türkiye bağlamında, hizmet öncesi ve hizmet içi STEM programlarının uzun vadeli etkililiğini değerlendiren sistematik ve uzunlamasına çalışmalar sınırlı sayıdadır (Dokumacı Sütçü vd., 2023). Benzer şekilde, eğiticilerin disiplinler arası yaklaşımları benimsemede karşılaştıkları zorlukları inceleyen nitel araştırmalar da yetersizdir (Turhan ve Kırındı, 2022). Bu bulgular, yalnızca pedagojik yeterlikleri artırmanın ötesinde, aynı zamanda yansıtıcı ve iş birliğine dayalı öğretim uygulamalarını teşvik eden, iyi yapılandırılmış ve sürdürülebilir mesleki gelişim programlarına duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Çınar ve Terzi, 2021; González-Pérez vd., 2020). Mentorluk temelli ve iş birliği odaklı modellerin uygulanması, eğiticilerin özgüvenini artırma, mesleki kimliklerini güçlendirme ve STEM eğitimine uzun vadeli katılımlarını destekleme potansiyeline sahiptir (Friedman ve Rosen, 2020).

Cinsiyete duyarlı yaklaşımların eğiticilerin bilimsel kimlik oluşumuna etkisiyle ilgili ikinci araştırma sorusuna yanıt olarak, literatürde cinsiyet duyarlılığının eğitici eğitimine sistematik biçimde dahil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Avraamidou, 2020; UNESCO, 2017). Cinsiyete duyarlı modüller, eğiticilere kapsayıcı öğrenme ortamları tasarlarken toplumsal cinsiyet stereotiplerini tanıma ve bunlara karşı etkili stratejiler geliştirme olanağı sunmaktadır (Archer vd., 2012; Carlone ve Johnson, 2007). Bu yaklaşım, kız öğrencilerin STEM bağlamlarında daha güçlü bir aidiyet ve tanınma duygusu geliştirmelerine yardımcı olarak, bilimsel kimliklerinin oluşumunu ve sürdürülmesini desteklemektedir (Friedman ve Rosen, 2020; González-Pérez vd., 2020). Ayrıca, bilimsel kimlik gelişimi, öğrencilerin kendilerini bilimsel topluluğun etkin üyeleri olarak algılamalarına olanak tanıyan öğrenme deneyimleriyle doğrudan ilişkilidir (Avraamidou, 2020). Bu nedenle, eğiticiler öğrencilerin sosyokültürel bağlamlarına duyarlı öğrenme deneyimleri tasarlamalı ve bilimle olumlu bir özdeşleşme sağlayabilecek çeşitli rol modellerini öğrenme süreçlerine entegre etmelidir (Brickhouse vd., 2000; Tan vd., 2013).

Literatürde önerilen modellerin kapsayıcı STEM öğretimine katkısını inceleyen üçüncü araştırma sorusu doğrultusunda, farklı bağlamlarda gerçekleştirilen araştırmalar değerli pratik içgörüler sunmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki NGSS, SciGirls ve Techbridge gibi programlar, sorgulamaya dayalı öğrenmeyi ve mentorluğu teşvik ederken; Avrupa'daki Erasmus+ girişimleri, dijital yeterlilik, kültürel çeşitlilik ve cinsiyet eşitliğine vurgu yapmaktadır. Türkiye'de TÜBİTAK ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen projeler, eğiticilerin disiplinler arası öğretim kapasitelerini geliştirerek öğrenci merkezli yaklaşımların benimsenmesini güçlendirmiştir (Öztürk ve Demir, 2021;

Yılmaz ve Kaya, 2020; TÜBİTAK, 2023). Bununla birlikte, programların sürdürülebilirliğini sağlamak için kaynak yetersizlikleri, zaman kısıtlamaları ve sınırlı içerik bilgisi gibi engellerin giderilmesi gerekmektedir (Atalay ve Armağan, 2023; Çınar ve Terzi, 2021).

Sonuç olarak, eğiticilerin sosyal, kültürel ve bireysel çeşitliliğe saygı duyan öğrenme ortamları tasarlamalarına ve sürdürmelerine olanak tanıyacak kapsayıcı pedagojik yaklaşımlara öncelik verilmelidir (UNESCO, 2017). Erişilebilirlik, kültürel uygunluk ve temsile odaklanmak, öğrencilerin STEM disiplinlerine aidiyet duygusunu güçlendirebilir (Avraamidou, 2022; Carlone ve Johnson, 2007). Ayrıca, eğitici eğitimine cinsiyet ve kültürel duyarlılığın entegre edilmesi, kadınların STEM alanlarına uzun vadeli ve sürdürülebilir katılımını desteklemek açısından kritik öneme sahiptir (Brickhouse vd., 2000; Tan vd., 2013). Son olarak, önerilen kavramsal model (Şekil 1), mesleki gelişim, cinsiyet duyarlılığı ve bilimsel kimlik arasındaki karşılıklı ve döngüsel etkileşimi göstermektedir. Bu model, kapsayıcı ve sürdürülebilir STEM eğitiminin, eğiticilerin bu boyutları yansıtıcı ve dönüştürücü öğretim uygulamalarına entegre etme becerisine bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

ÖNERİLER

STEM eğitici eğitiminin etkinliğini ve sürdürülebilirliğini güçlendirmek için, bu çalışmada literatür temelli analizler sonucunda birbiriyle ilişkili bir dizi stratejik öneri sunulmaktadır. İlk olarak, eğitici eğitimi programları, yetişkin öğrenme süreçlerini temel alan ve yansıtıcı mesleki gelişimi teşvik eden andragojik ilkeler doğrultusunda yeniden yapılandırılmalıdır. Eğitim müfredatına cinsiyet duyarlılığı modüllerinin entegre edilmesi, eğiticilerin stereotipleri tanımlama ve dönüştürme becerilerini geliştirerek, sınıf içi uygulamalarda kapsayıcılığı teşvik etmek açısından önemlidir. Ayrıca, mentorluk temelli profesyonel öğrenme topluluklarının oluşturulması, eğiticilerin bilimsel kimlik gelişimini desteklemek ve disiplinler arası iş birliğini geliştirmek için kritik bir rol oynamaktadır. Eğiticilerin güncel pedagojik stratejiler, disiplinler arası öğretim becerileri ve çağdaş STEM eğitimi ihtiyaçlarına uygun dijital yetkinlikler edinmesini sağlamak için hizmet içi programların kapsamı ve niteliği artırılmalıdır. Son olarak, erişilebilirlik, kültürel çeşitlilik ve temsiliyetin vurgulandığı kapsayıcı pedagojik tasarımlar teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

Aktaş, H., & Güler, G. (2022). STEM eğitimi uygulamalarının öğrenci başarısına etkisi. *Eğitim ve Bilim Dergisi, 47*(212), 231–248. https://doi.org/10.xxxx/ebd.2022.212

Archer, L., & DeWitt, J. (2016). *Understanding young people's science aspirations: How students form ideas about 'becoming a scientist'*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315761077

Archer, L., DeWitt, J., & Osborne, J. (2012). Science aspirations and family habitus: How families shape children's engagement and identification with science. *American Educational Research Journal, 49*(5), 881–908. https://doi.org/10.3102/0002831211433290

Atalay, N., & Armağan, F. O. (2023). Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM etkinliklerine yönelik algılarının incelenmesi. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi, 9*(2), 55–72.

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education, 27*(1), 10–20. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007

Avraamidou, L. (2020). Science identity as a landscape of becoming: Rethinking recognition and emotions through an intersectionality lens. *Cultural Studies of Science Education, 15*(2), 323–345. https://doi.org/10.1007/s11422-019-09954-7

Avraamidou, L. (2022). *Women in STEM: Science identity as a gendered performative practice*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429282303

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman.

Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. Teachers College Press.

Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational Researcher, 33*(8), 3–15. https://doi.org/10.3102/0013189X033008003

Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What kind of a girl does science? The construction of school science identities. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(5), 441–458.

Brookfield, S. D. (2013). *Powerful techniques for teaching adults*. Jossey-Bass.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30–35.

Caluyua Yambi, M. (2018). Training and developing teachers for quality education in the Democratic Republic of Congo. *African Educational Research Journal, 6*(4), 239–245.

Campbell, T., Longhurst, M., Shelton, B., & Vargason, A. (2019). Supporting STEM education through integrated science and engineering design-based learning. *Science Education International, 30*(1), 72–80.

Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(8), 1187–1218. https://doi.org/10.1002/tea.20237.

Çınar, S., & Terzi, A. R. (2021). Fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitimi konusundaki görüşleri ve uygulama deneyimleri. *Milli Eğitim Dergisi, 50*(1), 141–170.

Darling-Hammond, L., & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi Delta Kappan, 76*(8), 597–604.

Demir, S., & Güneş, A. (2022). Bilimsel okuryazarlık temelli öğretmen eğitim programlarının etkililiği. *Eğitimde Kuram ve Uygulama, 18*(2), 172–188.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher, 38*(3), 181–199. https://doi.org/10.3102/0013189X08331140

Dokumacı Sütçü, S., Yıldız, A., & Baytekin, Ç. (2023). Öğretmenlerin STEM eğitimine yönelik deneyimlerinin incelenmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 11*(1), 89–108.

Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.

European Commission. (2020). *Erasmus+ programme guide 2020*. Publications Office of the European Union. https://erasmus-plus.ec.europa.eu/document/erasmus-programme-guide-2020

Friedman, S., & Rosen, R. (2020). Gender-inclusive STEM education: Addressing stereotypes and structural barriers. *International Journal of STEM Education, 7*, Article 22. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00219-2

González-Pérez, S., Mateos de Cabo, R., & Sáinz, M. (2020). Girls in STEM: Is it a female

role-model thing? *Frontiers in Psychology, 11*, 2204. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02204

Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 8*(3), 381–391.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. ASCD.

Kennedy, M. M. (2005). Inside teaching: How classroom life undermines reform. Harvard University Press.

Klein, J. T. (2010). *Creating interdisciplinary campus cultures: A model for strength and sustainability*. Jossey-Bass.

Knowles, M. S. (1980). *The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy* (2nd ed.). Follett Publishing.

Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2015). *The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development* (8th ed.). Routledge.

Korthagen, F. A. J. (2010). How teacher education can make a difference. *Journal of Education for Teaching, 36*(4), 407–423.

Lattuca, L. R., Voigt, L. J., & Fath, K. Q. (2004). Does interdisciplinarity promote learning? *The Review of Higher Education, 28*(1), 23–48.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331–359.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Lawrence Erlbaum Associates.

Loughran, J. (2002). Effective reflective practice: In search of meaning in learning about teaching. *Journal of Teacher Education, 53*(1), 33–43.

Merriam, S. B., & Bierema, L. L. (2014). Adult learning: Linking theory and practice. Jossey-Bass.

Mezirow, J. (1991). *Transformative dimensions of adult learning*. Jossey-Bass.

Miller, P. H., Blessing, J. S., & Schwartz, S. (2018). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education, 40*(11), 1269–1284.

Milli Eğitim Bakanlığı Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. (2021). Öğretmenlerin mesleki çalışmaları programı 2021. https://oygm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2021_02/02174829_Mesleki_CalYYma_ProgramY.pdf

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? *Journal of Research in Science Teaching, 47*(4), 474–496.

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

Newell, W. H. (2007). Decision-making in interdisciplinary studies. In G. Morçöl (Ed.), *Handbook of decision making* (pp. 245–264). CRC Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press. https://nap.nationalacademies.org/catalog/18290/

OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/education/2030-project/

Öztürk, M., & Demir, M. (2021). STEM öğretmen eğitiminde karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri. *Eğitimde Kuram ve Uygulama, 17*(1), 45–62.

Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research, 66*(4), 543–578.

Repko, A. F. (2012). *Interdisciplinary research: Process and theory* (2nd ed.). SAGE Publications.

Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education, 4*(1), 1–16.

Tan, E., Calabrese Barton, A., Kang, H., & O'Neill, T. (2013). Desiring a career in STEM-related fields: How middle school girls articulate and negotiate identities-in-practice in science. *Journal of Research in Science Teaching, 50*(10), 1143–1179.

Taylor, E. W. (2008). Transformative learning theory. İçinde S. B. Merriam (Ed.), Third

update on adult learning theory (ss. 5–15). Jossey-Bass.

Tschannen-Moran, M., & Hoy, A. W. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education, 17*(7), 783–805.

Turhan, B., & Kırındı, N. (2022). STEM eğitimine yönelik öğretmen algılarının incelenmesi. *Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 13*(3), 75–90.

TÜBİTAK. (2023). *4007 Bilim Şenlikleri Destekleme Programı çağrı metni*. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/4007_2023_cagri_metni.pdf

UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in STEM*. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259568

UNESCO. (2018). *Future of education for the future of humanity*. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261801

Woolfolk Hoy, A. (2004). Self-efficacy in college teaching. *Essays on Teaching Excellence, 15*(7), 1–9.

World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020

Yıldırım, B. (2020). Öğretmen yetiştirme üzerine bir model önerisi: STEM öğretmen enstitüleri eğitim modeli. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 50*, 70–98.

Yılmaz, M., & Kara, A. (2021). Öğretmenlerin bilimsel okuryazarlık düzeylerinin mesleki yeterlik algılarına etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 22*(1), 158–176.

Yılmaz, R., & Kaya, B. (2020). AB projelerinin öğretmen mesleki gelişimine etkisi: Nitel bir araştırma. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi, 11*(39), 547–563.

Zeichner, K. M., & Liston, D. P. (1996). *Reflective teaching: An introduction*. Lawrence Erlbaum Associates.