



FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Emre Harun KARAASLAN

yaz
yayınları

Fen Bilgisi Eğitimi Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Emre Harun KARAASLAN

yaz
yayınları

2026

**Fen Bilgisi Eğitimi Alanında Bilimsel
Araştırmalar**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Emre Harun KARAASLAN

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8574-50-0

Mart 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Fen Eğitiminde Yapay Zeka: Mevcut Uygulamalar ve Gelecek Yönelimler	1
<i>Hasan BAKIRCI, Hilal KIZILASLAN</i>	
Fen Eğitiminde Teknoloji Kullanmanın Öğrenmeye Etkisi.....	30
<i>Kelimetullah GEÇER</i>	
Fen Eğitimi ile Gıda Okuryazarlığının İlişkisi	53
<i>Songül KESEN, Emre Harun KARAASLAN</i>	
21. Yüzyıl Fen Eğitiminde Yeni Bir Paradigma: Yeşil Beceriler	65
<i>Öznur ÇAMBAY</i>	
Ortaokul Düzeyinde Kapsayıcı Fen Eğitimi	91
<i>Ersin ELMACI</i>	
Öğretmenlerin Laboratuvar Güvenliği Kurallarını Tanıtma Durumlarının Tespiti	110
<i>Mehmet Akif ARDUÇ</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ: MEVCUT UYGULAMALAR VE GELECEK YÖNELİMLER

Hasan BAKIRCI¹

Hilal KIZILASLAN²

1. GİRİŞ

Fen eğitiminde yapay zekâ, öğrenme süreçlerinin niteliğini artırma ve bilimsel düşünme becerilerini destekleme potansiyeli nedeniyle giderek daha merkezi bir konum kazanmaktadır. Yapay zekâ temelli uygulamalar; öğrenci performansına dayalı anlık geri bildirim, uyarlanabilir öğrenme yolları ve veri temelli değerlendirme olanakları sunmaktadır. Bu teknolojiler, özellikle soyut fen kavramlarının somutlaştırılmasında, deneysel verilerin analizinde ve öğrencilerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, yapay zekânın fen eğitiminde etkili ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi, pedagojik temellere dayalı tasarımlar, öğretmen rehberliği ve etik ilkelerin gözetilmesiyle mümkündür. Mevcut uygulamaların ve gelecekteki yönelimlerin bütüncül biçimde ele alınması, fen eğitiminde yapay zekânın olanaklarını ve sınırlılıklarını doğru biçimde değerlendirmek açısından kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

¹ Prof. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, ORCID: 0000-0002-7142-5271.

² Lisansüstü Öğrencisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi, ORCID: 0009-0001-5853-5468.

2. FEN EĞİTİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

Eğitimde dijital dönüşüm, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren genel eğitim süreçlerinin yapısını değiştiren temel bir olgu olarak ortaya çıkmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrası bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, eğitim sistemlerinde bilgisayar destekli öğretim uygulamalarının ilk örneklerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Rane, Choudhary & Rane, 2024). Bu süreç, 1960’larda bilgisayar tabanlı öğretim programları ve simülasyonların yaygınlaşmasıyla okul ortamına taşınmıştır. Ardından 1970’ler ve 1980’lerde kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, internetin ortaya çıkması ve çevrimiçi öğrenme ortamlarının doğuşu, eğitimde dijital teknolojilerin sistematik olarak kullanılmasını mümkün kılmıştır. Bu dönüşüm, geleneksel tek yönlü öğretim modellerinden, öğrenci merkezli ve bilgiye küresel ölçekte ulaşılan öğretim model ve yaklaşımlarına ihtiyacı ortaya çıkarmıştır (Denk, Bakırcı ve Kara, 2024; Yıldız, 2024).

21. yüzyıla gelindiğinde ise dijital dönüşüm eğitimin sadece teknik donanım entegrasyonu ile sınırlı kalmayıp, öğretme-öğrenme süreçlerini yeniden yapılandıran bir paradigma değişimine dönüştüğü görülmektedir. Bu çerçevede Eğitim 4.0 ve 5.0 gibi kavramlar, eğitimde dijitalleşmenin sadece bir araç değil, öğrenme sürecinin ayrılmaz bir bileşeni olduğunu vurgular (Rane, Choudhary & Rane, 2024). Özellikle yapay zekâ, büyük veri ve öğrenme analitikleri gibi ileri dijital teknolojiler, bireyselleştirilmiş öğrenme, otomatik değerlendirme ve öğretim süreçlerinin optimize edilmesi gibi yeni imkânlar sunduğu söylenebilir. Bu durum, öğrenme ortamlarına özellikle fen eğitimine yansımaktadır (Durukan, Artun & Temur, 2020; Mukul & Büyüközkan, 2023). Bu bilgilere ek olarak generatif yapay zekâ modelleri ve dijital öğrenme platformlarının yaygınlaşması, eğitimde ölçme-değerlendirme, öğrenci takibi ve içerik üretimi gibi işlemlerin daha önce benzeri görülmemiş biçimde

dijitalleşmesini sağlamıştır. Bu süreçler, fen öğretiminde öğretmenin rolünü “bilgi kaynağı” olmaktan “öğrenme rehberi” konumuna dönüştürürken, öğrenci etkileşimini ve bireysel öğrenme yollarını güçlendirmektedir (Motlagh, Khajavi, Sharifi & Ahmadi, 2023). UNESCO gibi uluslararası kuruluşlar da dijital eğitim girişimlerinin kalitesini ve kapsayıcılığını artırmak için politika önerileri, öğretmen eğitimi programları ve dijital okuryazarlık çerçeveleri geliştirmektedir. Bu belgelerde dijital eğitim, eğitimde eşitlik, erişilebilirlik ve yaşam boyu öğrenme perspektifiyle ele alınmaktadır (UNESCO, 2024).

Türkiye’de eğitim teknolojilerinin kullanımı, küresel eğilimlerle uyumlu biçimde ilerlediği söylenebilir. Ancak yerel gereksinimler, mevcut altyapı olanakları ve uygulanan eğitim politikalarının etkisiyle kendine özgü bir gelişim süreci ortaya koymuştur. Fen eğitiminin ilk dönemlerinde teknoloji kullanımı büyük ölçüde görsel ve işitsel öğretim araçlarıyla sınırlı kalmıştır. Örneğin film şeritleri, ses kayıtları ve projeksiyon gibi materyaller aracılığıyla temel kavramların daha anlaşılır hâle getirilmesi ve öğrencilerin laboratuvar uygulamalarına hazırlanması amaçlanmıştır (Devran, Öztay & Çelikkıran, 2021). 1980’li yıllardan sonra bilgisayar teknolojilerinin eğitim ortamlarına dâhil edilmesiyle fen öğretiminde bilgisayar destekli uygulamalar yaygınlaşmıştır. Böylece okullarda bilgisayar laboratuvarlarının oluşturulması ve etkileşimli öğretim yazılımlarının geliştirilmesi sayesinde öğrenci odaklı öğrenme yaklaşımlarının benimsenmesi güçlenmiştir (Bayır, 2023).

2000’li yıllarla birlikte internet altyapısındaki ilerlemeler ve etkileşimli dijital ortamların yaygınlaşması, fen eğitiminde yaşanan dijital dönüşümün boyutlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu süreçte etkileşimli tahtalar, simülasyon ve animasyon uygulamaları ile çevrim içi öğrenme kaynakları, öğrencilerin öğrenme süreçlerini zenginleştiren ve derinleştiren araçlar olarak öğretim ortamlarına dâhil edilmiştir. Bunun yanı sıra, söz konusu

dönemde fen eğitimi bağlamında teknoloji entegrasyonunu ele alan akademik araştırmalar ve lisansüstü tezler artışı söylenebilir. Böylece Türkiye bağlamında dijital araçların fen öğretimine olan etkileri bütüncül ve sistematik biçimde analiz edilmeye başlanmıştır (Yuzuak, Erten & Kara, 2019; Taysi & Gürsoy, 2022).

3. YAPAY ZEKÂ: TANIM SORUNLARI VE KURAMSAL ÇERÇEVELER

Yapay zekâ kavramı, ilk kez 1956 yılında düzenlenen Dartmouth Konferansı'nda bilimsel bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Daha sonraki zaman diliminde, çoğu zaman kullanıcılar tarafından doğrudan fark edilmeden, farklı disiplinlerde ve günlük yaşamın çeşitli alanlarında giderek artan bir etki alanı kazanmıştır. Yapay zekâ teknolojileri, dijital harita sistemlerinden mobil uygulamalardaki kişiselleştirilmiş öneri mekanizmalarına kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, veri temelli işleyişleri sayesinde bireylerin karar verme süreçlerini destekleyen, yaşamı kolaylaştıran ve süreçlerin etkinliğini artıran temel bir araç olarak görülmektedir (Lungarella, Metta, Pfeifer & Sandini, 2003).

Yapay zekânın ne olduğuna ilişkin tartışmalar, disiplinler arası niteliği nedeniyle uzun süredir literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Zekânın tanımlanmasına ve bu yetinin yapay sistemler aracılığıyla yeniden üretilebilirliğine ilişkin farklı kuramsal yaklaşımlar, alanın kuruluşundan itibaren çeşitlenerek gelişmiştir. Bu bağlamda, zekâ kavramının hangi çerçevede ele alındığı, yapay zekâyı atfedilen anlamı da doğrudan etkilemektedir. Nitekim yapay zekâ alanının öncülerinden Marvin Minsky (1975), zekânın çok boyutlu ve bağlama duyarlı bir kavram olmasının, bu yetiyi makinelere aktarma sürecini oldukça karmaşık hâle getirdiğini vurgulamaktadır (Akt.;

Steenson, 2017). Bu çok anlamlılık durumu, yapay zekâyâ ilişkin ortak ve kapsayıcı bir tanım oluşturmayı güçleştirmekte ve alan araştırmacıları açısından kavramsal belirsizlikler doğurmaktadır.

Genel olarak yapay zekâ, makinelerin bilişsel süreçlere benzer işlevleri yerine getirebilme ve çevresel koşullara uygun biçimde akıllı davranışlar sergileyebilme kapasitesi olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşım, bir yapay sistemin büyük ölçekli verileri bağımsız biçimde analiz edebilmesini, bu verilerden anlam çıkarabilmesini ve belirlenen hedefler doğrultusunda esnek uyarlamalar yapabilmesini temel bir gereklilik olarak görmektedir (Haug & Drazen, 2023). Dolayısıyla bir sistemin yapay zekâ kapsamında değerlendirilebilmesi, yalnızca önceden tanımlı komutları yerine getirmesiyle değil, aynı zamanda öğrenme, çıkarım yapma ve karar verme gibi işlevleri gerçekleştirebilmesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu çerçevede yapay zekâ, insan zekâsının yoğun biçimde kullanıldığı problem alanlarına yönelik çözümler üretmeyi amaçlayan yöntemler, teknikler ve teknolojik sistemler bütünü olarak tanımlanabilir. Söz konusu tanım, yapay zekânın hem kuramsal temelini hem de uygulamaya dönük hedeflerini açıklığa kavuşturmaktadır. Aynı zamanda bu teknolojinin sunduğu olanaklar ile karşı karşıya olduğu sınırlılıkların daha sağlıklı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Haug & Drazen, 2023).

Yapay zekâ (AI), doğası gereği çok disiplinli bir araştırma ve uygulama alanı olup bilgisayar mühendisliği, elektronik, kontrol sistemleri, mekatronik, yazılım geliştirme ve felsefe gibi farklı bilim dallarının kuramsal ve uygulamalı birikimlerinden beslenmektedir (Öztürk & Şahin, 2018). Bu disiplinler arası yapı, yapay zekâ teknolojilerinin yalnızca teknik alanlarla sınırlı kalmayarak toplumsal ve iletişimsel süreçlere de nüfuz etmesini sağlamıştır. Nitekim halkla ilişkiler, reklamcılık ve gazetecilik başta olmak üzere iletişim alanının birçok alt dalında yapay zekâ temelli uygulamalar giderek daha yaygın bir biçimde

kullanılmaktadır. Özellikle halkla ilişkiler uygulamalarında, hedef kitleyle etkileşimi artırmaya yönelik stratejik kararların alınmasında yapay zekâ destekli sistemlerden yararlanıldığı görülmektedir. Örneğin, ürün ya da kampanya tanıtımında kullanılan influencer pazarlaması süreçlerinde, en uygun ve etkili influencer'ın belirlenmesi amacıyla büyük veri analitiği ve yapay zekâ algoritmalarından faydalanılmaktadır. Bu sayede halkla ilişkiler uzmanları, markanın hedef kitlesiyle örtüşen influencer profillerini daha isabetli biçimde öngörebilmekte ve iletişim stratejilerini veri temelli yaklaşımlar doğrultusunda şekillendirebilmektedir (Ilıcak-Aydınlı, 2020).

Dijitalleşme sürecinin hız kazanmasıyla birlikte iletişim alanında yaşanan yapısal dönüşümler, yapay zekâ teknolojilerinin gelişimi ve kullanım alanlarının genişlemesi için elverişli bir zemin oluşturmuştur. Sesli asistanların günlük yaşama dâhil olması, chatbotların kurumsal iletişimde yaygınlaşması, doğal dil işleme teknikleri aracılığıyla anlamlı ve bağlama duyarlı metinlerin üretilebilmesi ile kullanıcıların çevrim içi arama ve davranışlarına dayalı kişiselleştirilmiş reklamların sunulması, bu dönüşümün somut örnekleri arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra itibar yönetimi, sosyal medya yönetimi ve kriz iletişimi gibi stratejik iletişim alanlarında da halkla ilişkiler uzmanlarının, karar alma ve izleme süreçlerinde yapay zekâ temelli araçlardan yararlandıkları görülmektedir (Yücel, 2025). Genel kullanıma sunulan yapay zekâ platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, yapay zekâ teknolojileri gelişim sürecinde niteliksel olarak yeni bir evreye girmiştir. İnternet erişimine sahip geniş kullanıcı kitleleri tarafından erişilebilir hâle gelen bu sistemler, kısa sürede toplumsal ölçekte yaygınlık kazanarak bilgiye erişim, bilginin üretimi ve dolaşımı süreçlerinde köklü dönüşümler yaratmaya başlamıştır. Yapay zekâ sistemlerinin yüksek öğrenme kapasitesi ve hızla artan işlem gücü, mevcut teknolojik paradigmaların

sınırlarını zorlamakta ve insan bilişinin öngörü alanını aşan sonuçlar ortaya koymaktadır (Haug & Drazen, 2023).

Yapay zekâ, trilyonlarca veri noktasını sürekli olarak işleyebilmekte ve elde edilen çıktılara göre kendini güncelleyebilmektedir. Bu yetenek, yalnızca bilgi üretim süreçlerini değil; aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve entelektüel yapıları da derinden ve çok boyutlu biçimde etkilemektedir. Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları ve yapay sinir ağlarının veriyle etkileşim içinde giderek daha sofistike hâle gelmesi, gelecekteki bilimsel keşiflerin ve uygulama alanlarının öngörülemez bir hız ve derinlikte gelişmesine neden olmaktadır. Bu gelişmeler, yapay zekâyı salt bir teknik ilerleme olmanın ötesine taşıyarak, bilginin doğası, üretimi ve kullanımına ilişkin felsefi ve etik tartışmaları da kaçınılmaz hâle getirmektedir. Nitekim yapay zekâ sistemleri, yüksek işlem kapasitesine sahip özelleştirilmiş hesaplama altyapıları aracılığıyla saniyeler içerisinde trilyonlarca işlemi gerçekleştirebilmekte ve her yeni veri girdisiyle sinir ağlarını yeniden yapılandırarak sürekli bir öğrenme süreci içinde kendini güncelleyebilmektedir (Özgür, 2021).

4. FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂNIN GÜNCEL KULLANIM ALANLARI

Fen eğitimi bağlamında akıllı öğretim sistemleri ve kişiselleştirilmiş öğrenme, öğrencilerin bireysel öğrenme süreçlerini destekleyen en önemli yapay zekâ uygulamaları arasında yer almaktadır. Akıllı öğretim sistemleri; öğrenci yanıtlarını izleyen, analiz eden ve öğrenme materyallerini bireysel ihtiyaçlara göre uyarlayan yapay zekâ modelleri sayesinde öğrenmede uyarlanabilir içerik sunar. Örneğin, büyük dil modelleri destekli fizik öğretim sistemleri, öğrencinin yanıtlarına göre kişiselleştirilmiş geri bildirim ve kavramsal

rehberlik sağlayarak öğrenme etkinliğini artırmıştır (Konstantinos, 2024). Bu tür sistemler geleneksel öğretim yaklaşımlarına kıyasla öğrencinin öğrenme verimliliğini ve başarı skorlarını artırabilmektedir. Ayrıca akıllı öğretim yazılımları, kullanıcıyla doğal dil etkileşimi üzerinden çalışan diyalog temelli öğrenme deneyimleri sunarak öz düzenlemeli öğrenmeyi teşvik etmektedir (Jiang & Jiang, 2024). Kişiselleştirilmiş öğrenme, öğrenci bireysel farklılıklarını tanıyarak öğrenme materyalleri ve sürelerini adapte eden öneri sistemleriyle de desteklenir. Öğrenci öğrenme hızı, ilgi alanı ve önceki performansı gibi veriler ışığında uyarlanabilir öğrenme yolları sunabilen yapay zekâ platformları, bireysel öğrenme hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (Yıldırım & Ilgaz, 2024).

Fen eğitiminde yapay zekâ destekli simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar, öğrencilere gerçek laboratuvar ortamlarıyla benzer deneyimler sunan etkileşimli öğrenme araçlarıdır (Artun, Durukan & Temur, 2020). Bu ortamlar; soyut kavramları somutlaştırarak öğrencinin deneyimsel öğrenmesini destekler. PhET Interactive Simulations gibi sanal simülasyonlar, öğrencilerin bilimsel olguları dinamik görsel temsillerle keşfetmesine yardımcı olarak kavramsal anlayışı geliştirir. Bu tür simülasyonlar fen eğitimi deneyimlerinde öğrenci başarısını ve öğrenme anlayışını artırdığı görülmüştür (El Kharki, Berrada, & Burgos, 2021). Yapay zekâ ile üretilen simülasyonlar, fizik deneylerinde uygulanabilir. Öğrencilerin simülasyon tasarlaması, sisteme girdikleri yönlendirmelere göre simülasyonların oluşturulması ve doğrulanması, deneysel kavramları daha derinlemesine anlamalarını sağlamaktadır (Ben-Zion, Carroll, West, Wong & Finkelstein, 2026). Bu yaklaşım, laboratuvar erişimi kısıtlı öğrenme ortamlarında özellikle önem kazanmaktadır. Sanal laboratuvarlar, sadece görselleştirme aracı olmanın ötesine geçerek öğrencilerin hataları üzerinden

öğrenmelerine ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Altunova & Artun, 2020).

Yapay zekâ, fen eğitimi ölçme ve değerlendirme süreçlerinde de yenilikçi uygulamalar sunmaktadır. Geleneksel değerlendirme yaklaşımlarını destekleyen yapay zekâ sistemleri; otomatik test oluşturma, öğrenci yanıtlarının analizi, anında geribildirim ve tahmine dayalı başarı modellemesi gibi çeşitli işlevler sağlar. Bu sistemler aracılığıyla öğrenciler anlık olarak performanslarının nerede güçlü ya da zayıf olduğunu görebilir ve eksik yönlerine odaklanabilirler (Coşkun, Coşkun & Budakoğlu, 2025). Özellikle uzaktan eğitim örneklerinde yapay zekâ destekli değerlendirme araçlarının motivasyon yükseltme ve öğrenme süreçlerini bireyselleştirme potansiyeli güçlü olarak rapor edilmiştir. Anlık geri bildirimlerin öğrenci motivasyonunu artırdığı ve öğrenme materyallerinin dinamik olarak uyarlanmasına katkı sağladığı gözlemlenmiştir (Doğan, Görü-Doğan, & Bozkurt, 2023). Buna karşın, son dönemde yapay zekânın değerlendirmeye uygulanmasıyla ilgili etik, veri gizliliği ve “gerçek öğrenmeyi ölçme” konularında uyarılar da bulunmaktadır. OECD gibi uluslararası kuruluşlar, yapay zekâ temelli değerlendirmenin sahte başarı algısı yaratmaması ve gerçek kavrama ölçümünü desteklemesi gerektiğini vurgulamaktadır (Maral, 2024).

5. FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARINA YÖNELİK ETİK TARTIŞMALAR

Fen eğitiminde yapay zekâ (YZ) temelli uygulamaların giderek yaygınlaşması, öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi, öğrenci performansının anlık izlenmesi ve öğretim kararlarının veri temelli hâle getirilmesi gibi önemli fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin eğitim ortamlarına

entegrasyonu yalnızca pedagojik ve teknik boyutlarla sınırlı olmayıp, aynı zamanda etik, hukuki ve toplumsal sorumlulukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle veri güvenliği, algoritmik önyargılar, öğretmen otonomisi ve insan-makine dengesi gibi konular, fen eğitiminde YZ kullanımına ilişkin temel tartışma alanlarını oluşturmaktadır (Temur, 2025; Zan & Zan, 2025). Özellikle öğrenme ortamlarında veri güvenliği ve mahremiyetle ilgili sınırlılıklara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Öğrenme ortamlarında kullanılan yapay zekâ tabanlı sistemlerin birçok işlevi yerine getirdiği söylenebilir. Bu işlevlerinden bazıları öğrencilerin akademik başarıları, öğrenme hızları, bilişsel tercihleri ve çevrim içi davranışları gibi çok boyutlu verileri toplamakta ve analiz etmektedir. Bu durum, öğrenci verilerinin gizliliği ve güvenliği konusunda ciddi etik riskleri beraberinde getirmektedir. Öğrenci verilerinin kimler tarafından, hangi amaçlarla ve ne kadar süreyle saklandığına ilişkin belirsizlikler, özellikle ortaokul, lise ve üniversite öğretim kademesinde yer alan öğrencilerin mahremiyet ihlali riskini artırmaktadır (Slade & Prinsloo, 2013). Eğitimde veri ve yapay zekâ uygulamalarının şeffaf veri yönetimi politikalarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Türkiye bağlamında, Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında öğrencilerin kişisel verilerinin işlenmesine ilişkin hukuki düzenlemeler bulunmaktadır. Bununla birlikte, eğitimde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin bu mevzuata ne ölçüde uyumlu olduğu hâlen tartışma konusudur (Badur, 2024). Bu kapsamda fen eğitiminde YZ uygulamalarının etik olarak sürdürülebilir olabilmesi için veri güvenliği ve mahremiyetin pedagojik tasarımın ayrılmaz bir parçası hâline getirilmesi gerekmektedir. Öğrenme ortamlarında yapay zekâ uygulamalarına ilişkin sınırlılıklar ve etik tartışmaların önemli başlıklarından biri, algoritmik önyargılar ve adalet sorunudur.

Yapay zekâ sistemleri, kararlarını büyük ölçüde geçmiş veriler üzerinden oluşturulan algoritmalara dayandırmaktadır. Ancak bu verilerde var olan toplumsal, kültürel veya sosyoekonomik eşitsizlikler, algoritmik önyargıların eğitim ortamlarına taşınmasına neden olabilmektedir. Fen eğitiminde kullanılan uyarlanabilir öğrenme sistemlerinin belirli öğrenci gruplarını sistematik olarak dezavantajlı konuma düşürmesi, eğitimde fırsat eşitliği ilkesini zedeleyebilmektedir. Yapılan uluslararası çalışmalarda, algoritmik karar verme süreçlerinin denetlenebilir ve açıklanabilir olması gerektiği ortaya konmuştur (O’Neil, 2016). Buna karşın, ulusal literatürde söz konusu konunun eğitim bağlamında yeterince ele alınmadığı görülmektedir (Temur, 2025). Fen eğitiminde adalet ilkesinin korunabilmesi için yapay zekâ sistemlerinin yalnızca teknik doğruluk açısından değil, etik ve toplumsal etkileri bakımından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Etik tartışmaların bir diğer önemli boyutu, öğretmen otonomisi ve pedagojik kontrol konusudur.

Fen eğitiminde yapay zekâ destekli öğretim sistemlerinin yaygınlaşması, öğretmenlerin pedagojik karar alma süreçlerinde kısmi bir yetki kaybı yaşaması riskini gündeme getirmektedir. Öğretim içeriğinin, ölçme-değerlendirme süreçlerinin ve öğrenme hızının algoritmalar tarafından belirlenmesi, öğretmenin profesyonel otonomisini sınırlayabilmektedir (Williamson, 2017). Öğretmenlerin pedagojik uzmanlığının yerini tamamen yapay zekâ sistemlerine bırakması, eğitimin insani ve bağlamsal yönünün zayıflamasına neden olabilir. Bu nedenle literatürde, yapay zekânın öğretmeni ikame eden değil, öğretmenin pedagojik kararlarını destekleyen bir araç olarak konumlandırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Fadel, Holmes & Bialik, 2019). Türkiye’de fen eğitimi bağlamında yapılan çalışmalar da öğretmenlerin YZ uygulamalarına yönelik kaygılarının, kontrol ve mesleki özerklik algısıyla doğrudan ilişkili olduğunu

göstermektedir (Arslan, Köşger & Görgülü, 2025). Yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının sınırlılıkları arasında, eğitimde insan–makine dengesine ilişkin tartışmalar da yer almaktadır.

Fen eğitimi, bilişsel kazanımların ötesinde, bireylerin bilimsel düşünme biçimlerini geliştirmeyi, etik muhakeme yetilerini güçlendirmeyi ve iş birliği ile eleştirel düşünme gibi temel insani becerileri desteklemeyi amaçlamaktadır. Ancak yapay zekâ temelli sistemlerin eğitim ortamlarında belirleyici bir role sahip olması, öğrenme süreçlerinde insanî etkileşimin geri plana itilmesine ve öğretmen-öğrenci ilişkisinin pedagojik derinliğinin zayıflamasına yol açabilecek önemli bir risk alanı oluşturmaktadır (Selwyn, 2019). Yapılan çalışmalarda, eğitimde insan–makine dengesinin korunmasının etik bir gereklilik olduğu ve yapay zekâ uygulamalarının pedagojik sürecin merkezî bir öznesi hâline gelmemesi gerektiği vurgulanmıştır. Fen eğitimi özelinde bu durum, teknolojik araçların öğrenme süreçlerini kolaylaştırıcı bir işlev üstlenirken, eğitimin insanî, sosyal ve etik boyutlarının ikincil konuma itilmemesini zorunlu kılmaktadır. Aksi hâlde, pedagojik karar alma süreçlerinin algoritmik yapılara aşırı bağımlı hâle gelmesi, eğitimin değer temelli niteliğini zayıflatma riski taşımaktadır (UNESCO, 2021). Öğrenme ortamlarında, özellikle fen öğrenme ortamlarında yapay zekâ uygulamalarına yönelik sınırlılıklar tartışıldıktan sonra, fen eğitiminde yapay zekânın geleceğini ele almak yararlı olacaktır.

6. FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂNIN GELECEĞİ

Fen eğitiminde yapay zekâ uygulamalarının geleceği, yalnızca mevcut teknolojilerin daha yaygın biçimde kullanılmasına indirgenemeyecek kadar kapsamlıdır. Bu gelecek; öğrenmenin doğasının yeniden tanımlandığı, öğretmen rollerinin dönüştüğü ve eğitimde eşitlik tartışmalarının giderek derinleştiği

çok boyutlu bir dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Alan yazındaki çalışmalar, yapay zekânın fen eğitimindeki geleceğinin özellikle uyarlanabilir ve öngörücü öğrenme sistemleri, bilimsel sorgulamayı destekleyen dijital öğrenme ortamları, erişim ve eşitsizlik sorunları ile öğretmen yetiştirme süreçleri ekseninde ele alınmasının gerekli olduğunu vurgulamaktadır (Prahani, Rizki, Jatmiko, Suprpto & Tan, 2022). Bu bağlamda, fen eğitiminde yapay zekânın geleceğinin öne çıkan alanlarından birinin uyarlanabilir ve öngörücü öğrenme sistemleri olduğu ifade edilebilir.

Yapay zekânın fen eğitimindeki en önemli gelecek vaat eden alanlarından biri, uyarlanabilir ve öngörücü öğrenme sistemleridir. Bu sistemler, öğrencilerin önceki öğrenme deneyimlerini, hatalarını ve öğrenme hızlarını analiz ederek bireyselleştirilmiş öğrenme yolları sunmayı amaçlamaktadır. Yapılan araştırmalar, bu tür sistemlerin özellikle fen derslerinde kavramsal yanılgıların erken aşamada tespit edilmesine ve öğrenme kayıplarının önlenmesine katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır (Fadel, Holmes & Bialik, 2019). Bununla birlikte, öngörücü sistemlerin öğrencileri belirli başarı profillerine göre etiketleme ve öğrenme potansiyelini dar bir çerçevede tanımlama riski taşıdığı da eleştirel olarak vurgulanmaktadır. Fen eğitiminin doğası gereği deneysel, keşif temelli ve hata yapmaya açık bir süreç olduğu düşünüldüğünde, aşırı öngörücü yaklaşımların öğrencilerin bilimsel risk alma ve sorgulama becerilerini sınırlandırabileceği tartışılmaktadır (Salas-Pilco, Xiao & Hu, 2022). Eğitimde yapay zekânın geleceğine ilişkin öngörülerden biri, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının öğrencilerin bilimsel sorgulama temelli öğrenme deneyimleri oluşturmalarını destekleyerek bilimsel sorgulama becerilerinin gelişimine katkı sağlamasıdır.

Fen eğitiminin temel hedeflerinden biri, öğrencilerin bilimsel sorgulama süreçlerine etkin biçimde katılmalarını

sağlayarak hipotez oluşturma, veri toplama ve elde edilen verileri analiz etme becerilerini geliştirmektedir. Yapay zekâ destekli sanal laboratuvarlar, simülasyonlar ve akıllı sorgulama ortamları, bu becerilerin kazandırılmasında yenilikçi ve etkili öğrenme ortamları sunmaktadır. Yapay zekâ destekli sorgulama ortamlarının tehlikeli, maliyetli ya da erişimi sınırlı deneylerin güvenli ve tekrarlanabilir biçimde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Williamson & Eynon, 2020). Bununla birlikte, bu ortamların gerçek deneysel süreçlerin yerini bütünüyle almasının, fen eğitiminin doğasında yer alan fiziksel etkileşim, doğrudan gözlem ve beklenmedik sonuçlarla başa çıkma gibi becerilerin gelişimini olumsuz etkileyebileceği ifade edilmektedir. Diğer taraftan yapay zekâ destekli sorgulama ortamlarının öğretmen rehberliğiyle bütünleştirilmesi oldukça etkili olacağı düşünülmektedir. Çünkü pedagojik bağlamdan kopuk kullanımının ise yüzeysel öğrenmeye yol açabileceği vurgulanmaktadır (Karampelas, 2025). Fen eğitiminde yapay zekânın geleceğine ilişkin en önemli tartışma alanlarından biri, dijital eşitsizlikler ve erişim sorunlarıdır.

Yapay zekâ temelli uygulamalar; yüksek hızlı internet erişimi, gelişmiş donanım ve sürekli teknik destek gereksinimleri nedeniyle tüm öğrenciler ve okullar için eşit düzeyde erişilebilir değildir. Uluslararası raporlar, yapay zekâ destekli eğitim teknolojilerinin mevcut sosyo-ekonomik eşitsizlikleri derinleştirme potansiyeline sahip olduğuna dikkat çekmektedir (OECD, 2021). Türkiye bağlamında ise bölgesel farklılıklar, okul altyapılarındaki çeşitlilik ve öğretmenlerin dijital yeterlik düzeyleri arasındaki eşitsizlikler, fen eğitiminde yapay zekânın etkili ve adil biçimde kullanımını sınırlayan temel etmenler olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekânın gelecekte fen eğitiminde bir fırsat alanı mı yoksa yeni bir eşitsizlik ve ayrışma kaynağı mı olacağı sorusu önem kazanmaktadır (Korap-Özel, Yalçın & Deniz, 2025). Yapay zekâ temelli öğrenme

ortamlarında uygulamalar öğretmen tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda fen eğitiminde yapay zekânın sürdürülebilir ve etkili biçimde kullanılabilmesi, büyük ölçüde öğretmenlerin bu teknolojilere ilişkin pedagojik ve etik yeterliklerine bağlıdır.

Öğretmenlerin yalnızca yapay zekâ araçlarını kullanabilen değil, aynı zamanda bu araçların sınırlılıklarını sorgulayabilen ve pedagojik kararlarını eleştirel bir bakış açısıyla verebilen profesyoneller olarak yetiştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (UNESCO, 2021). Bu bağlamda, öğretmen yetiştirme programlarında yapay zekâ okuryazarlığı, etik farkındalık ve alan-temelli pedagojik entegrasyonun ön plana çıkarılması önerilmektedir. Ulusal çalışmalarda da hizmet içi eğitimlerin çoğunlukla teknik kullanıma odaklandığı, pedagojik ve etik boyutların ise sınırlı kaldığı eleştirisi yapılmaktadır. Gelecekte fen eğitiminde yapay zekânın etkili olabilmesi için, öğretmenlerin yapay zekâyı bir otorite olarak değil, pedagojik hedefleri destekleyen bir araç olarak konumlandırabilmeleri kritik bir önem taşımaktadır (Turhan & Nas, 2025).

Sonuç olarak fen eğitiminde yapay zekânın geleceği, teknolojik ilerlemenin ötesinde, pedagojik ilkeler, etik sorumluluklar ve toplumsal eşitlik perspektifiyle birlikte ele alınmalıdır. Uyarlanabilir öğrenme sistemleri ve yapay zekâ destekli sorgulama ortamları, fen öğretimini dönüştürme potansiyeline sahip olmakla birlikte; dijital eşitsizlikler ve öğretmen yeterlikleri bu dönüşümün yönünü belirleyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Yang, Ogata, Matsui & Chen, 2021). Literatürde, yapay zekânın fen eğitiminde insan merkezli, eleştirel ve adil bir yaklaşımla yapılandırılması gerektiği konusunda ortak bir çerçeve sunmaktadır. Bu doğrultuda, yapay zekânın gelecekte fen eğitiminde öğretmenin yerini alan değil, öğretmenin pedagojik uzmanlığını güçlendiren ve öğrencinin

bilimsel düşünme becerilerini derinleştiren bir destek unsuru olarak konumlandırılması gerekmektedir (Li & Gu, 2023).

7. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÖĞRENME ORTAMLARINDA ÖĞRETMEN ROLÜ

Yapay zekâ temelli teknolojilerin fen eğitimine entegrasyonu, öğretim sürecinin yalnızca araçsal boyutuyla sınırlı kalmamaktadır. Bu entegrasyon, öğretmen ve öğrenci rollerinin doğasını da köklü biçimde dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, öğretmenin bilgi aktarıcı rolünden uzaklaşarak öğrenme süreçlerini tasarlayan ve yönlendiren bir rehber konumu bulunmaktadır (Li & Gu, 2023). Öğrencinin ise pasif bilgi alıcısından aktif, öz-düzenleyici ve sorgulayıcı bir öğrenen hâline gelmesi çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, fen eğitiminde hem bugünü şekillendiren hem de geleceğe yönelik pedagojik paradigmaları yeniden tanımlayan temel dinamiklerden biri olarak değerlendirilmektedir (Aguilar-Cruz & Salas-Pilco, 2025). Bu bağlamda, öğretmenin değişen rollerinden biri, öğrencilerin öğrenme süreçlerini yönlendirme ve öğrenme ortamlarını pedagojik olarak tasarlama sorumluluğunun artmasıdır.

Yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının yaygınlaşmasıyla birlikte öğretmenin rolü, bilgiyi doğrudan aktaran bir otoriteden ziyade, öğrenme süreçlerini yapılandıran ve öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini destekleyen bir rehber olarak yeniden tanımlanmaktadır. Yapılan araştırmalar, yapay zekâ tabanlı uyarlanabilir öğrenme sistemleri ve öğrenme analitiklerinin, öğretmenlere öğrencilerin kavramsal gelişimlerini daha ayrıntılı biçimde izleme olanağı sunduğunu göstermektedir (Luckin & Holmes, 2016). Ancak bu durum, öğretmenin pedagojik karar alma süreçlerinde pasifleşmesi anlamına gelmemekte; aksine, öğretmenin veri temelli pedagojik yorumlar

yapmasını gerektiren yeni bir uzmanlık alanını ortaya çıkarmaktadır. Fen eğitimi bağlamında öğretmen, yapay zekâ tarafından sunulan önerileri eleştirel bir süzgeçten geçirerek, deneysel etkinlikleri, sorgulama temelli öğrenme senaryolarını ve işbirlikçi çalışmalarını öğrencilerin ihtiyaçlarına göre yeniden tasarlamakla sorumludur. Literatürde, bu dönüşümün öğretmen otonomisini zayıflatmaktan ziyade, pedagojik tasarım ve rehberlik becerilerini ön plana çıkardığı vurgulanmaktadır (Williamson & Eynon, 2020). Dolayısıyla yapay zekâ, fen öğretmenin yerini alan bir yapıdan çok, öğretmenin pedagojik uzmanlığını destekleyen bir araç olarak konumlandırılmaktadır.

8. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ÖĞRENME ORTAMLARINDA ÖĞRENCİNİN ROLÜ

Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, fen eğitiminde öğrencinin rolünü de önemli ölçüde dönüştürmektedir. Bu ortamların öğrencilerin öğrenme süreçleri üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmalarını sağlayarak öz-düzenleyici öğrenme becerilerini geliştirdiği söylenebilir. Uyarlanabilir öğrenme sistemleri, öğrencilere bireysel geri bildirimler sunmakta, öğrenme hızlarını ve öğrenme yollarını kişiselleştirmekte ve böylece öğrencilerin kendi öğrenmelerini planlama, izleme ve değerlendirme becerilerini desteklemektedir (Lan, 2024). Fen eğitimi özelinde bu durum, öğrencilerin yalnızca doğru cevaba ulaşmaya odaklanan bir yaklaşım yerine, hipotez kurma, deney tasarlama ve verileri yorumlama gibi bilimsel süreç becerilerine daha aktif biçimde katılmalarını teşvik etmektedir. Bununla birlikte, uluslararası çalışmalar, yapay zekâ destekli ortamlarda öğrenmenin etkili olabilmesi için öğrencilerin eleştirel düşünme ve metabilişsel farkındalık becerilerinin bilinçli biçimde desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Aksi hâlde, öğrencilerin yapay zekâ tarafından sunulan yönlendirmelere aşırı

bağımlı hâle gelme riski bulunmaktadır (Williamson & Eynon, 2020). Yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında öğrenciler, etkileşim ve işbirliğine dayalı öğrenme süreçlerinde aktif roller üstlenmektedir.

Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, fen eğitiminde etkileşim ve işbirliği dinamiklerini önemli ölçüde yeniden yapılandırmaktadır. Geleneksel sınıf bağlamlarında etkileşim büyük ölçüde öğretmen–öğrenci ekseninde şekillenirken, yapay zekâ destekli ortamlarda öğrenci–öğrenci, öğrenci–içerik ve öğrenci–sistem etkileşimleri daha karmaşık, çok boyutlu ve dinamik bir nitelik kazanmaktadır. Alan yazında, yapay zekâ temelli işbirlikçi öğrenme ortamlarının, öğrencilerin ortak problem çözme, bilimsel akıl yürütme ve kanıta dayalı tartışma becerilerini geliştirme açısından önemli bir potansiyel taşıdığı vurgulanmaktadır (Kim, Yu, Detrick, Lin & Li, 2025).

Fen eğitiminde yapay destekli öğrenme ortamları, öğrencilerin deneysel verileri işbirliği içinde çözümlemelerine, hipotezlerini sistematik biçimde karşılaştırmalarına ve farklı bakış açılarını eleştirel bir çerçevede tartışmalarına olanak sağlamaktadır (Basak-Erkacmaz, Bakırcı & Kara, 2023). Bununla birlikte, yapay zekâ destekli etkileşimlerin pedagojik açıdan anlamlı ve öğrenmeyi derinleştirici bir nitelik kazanabilmesi, öğretmen rehberliğinin bilinçli ve amaçlı biçimde yapılandırılmasına bağlıdır (Zhang, Jantakoon & Laoha, 2025). Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde, yapay zekâ kullanımının işbirliğini kendiliğinden garanti etmediği söylenebilir. Diğer taraftan açıkça tanımlanmış pedagojik hedefler ve iyi tasarlanmış öğrenme senaryoları bulunmadığı durumlarda, etkileşim süreçlerinin yüzeysel bir düzeyde kalabildiğini ortaya koymaktadır (Hündür, 2025).

Fen eğitiminde yapay zekânın mevcut kullanımları ve geleceğe yönelik potansiyeli, öğretmen ve öğrenci rollerinin

yeniden tanımlandığı görülmektedir. Bu dönüşüm sürecinde, öğretmenin bilgi aktarıcı rolünden uzaklaşarak öğrenme süreçlerini tasarlayan, yönlendiren ve destekleyen bir rehber olarak konumlandığı tespit edilmiştir (Williamson & Eynon, 2020). Buna karşın öğrencinin ise öğrenme sorumluluğunu üstlenen, aktif ve öz-düzenleyici bir öğrenen profili geliştirmesi gerektiği yönünde literatürde ortak bir yaklaşım öne çıkmaktadır. Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, etkileşim ve işbirliğine dayalı bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri için çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu fırsatların pedagojik açıdan anlamlı olabilmesi, insan odaklı, etik ilkelere dayanan ve eleştirel bir eğitim anlayışı çerçevesinde yapılandırılmasını gerektirmektedir (Ünal & Baş, 2025). Bu doğrultuda, yapay zekânın fen eğitiminde öğretmen-öğrenci etkileşiminin yerine geçen bir unsur olarak değil, bu etkileşimi derinleştiren ve nitelikli öğrenmeyi destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak ele alınması gerekmektedir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu kitap bölümünde, fen eğitiminde yapay zekâ kullanımının tarihsel gelişimi, kuramsal dayanakları, güncel uygulama alanları ve geleceğe ilişkin yönelimleri bütüncül bir çerçevede incelenmiştir. Ele alınan çalışmalar, yapay zekânın öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi, bilimsel sorgulamanın desteklenmesi, ölçme ve değerlendirme yaklaşımlarının dönüştürülmesi ve öğretim süreçlerinin veri temelli olarak yapılandırılması bakımından kayda değer bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (El-Kharki, Berrada & Burgos, 2021). Bu bağlamda özellikle akıllı öğretim sistemleri ile yapay zekâ destekli simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını derinleştiren ve deneyim temelli öğrenmeyi güçlendiren yenilikçi öğrenme ortamları olarak öne

çıkılmaktadır (Ben-Zion, Carroll, West, Wong, & Finkelstein, 2026).

Yapay zekâ temelli uygulamaların fen eğitimine entegrasyonunun sadece teknik bir yenilik olarak ele alınmasının yetersiz kaldığı açıkça ortaya konmaktadır. Veri güvenliği ve mahremiyet, algoritmik önyargılar, öğretmen otonomisi ile eğitimde insan-makine dengesine ilişkin etik ve pedagojik sorunlar, söz konusu dönüşüm sürecinin en kritik boyutları arasında yer almaktadır (Slade & Prinsloo, 2013). Alan yazında ortak biçimde vurgulandığı üzere, yapay zekâ uygulamalarının pedagojik karar alma süreçlerinin merkezine yerleştirilmesi, eğitimin insanî, sosyal ve etik boyutlarının zayıflaması riskini beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede fen eğitiminde yapay zekânın, öğretmenin pedagojik uzmanlığının yerine geçen bir unsur olmamalıdır. Bunun yerine yapay zekâ öğretmenlerin uzmanlık alanını güçlendiren ve destekleyen bir araç olarak konumlandırılması oldukça önemlidir (Badur, 2024).

Yapay zekânın öğrenme ortamlarında kullanmaya başlamasıyla birlikte öğretmen ve öğrenci rollerinin yeniden tanımlandığı dikkat çekmektedir. Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, öğretmeni bilgi aktarıcı bir konumdan öğrenme tasarımcısı ve rehberi rolüne taşırken; öğrenciyi ise aktif, sorgulayıcı ve öz-düzenleyici bir öğrenen olarak konumlandırmaktadır. Ancak bu dönüşümün pedagojik açıdan anlamlı olabilmesi, yapay zekâ uygulamalarının bilinçli öğretmen rehberliğiyle bütünleştirilmesine ve öğrencilerin eleştirel düşünme ile metabilşsel becerilerinin sistematik biçimde desteklenmesine bağlıdır. Aksi hâlde, öğrencilerin algoritmik yönlendirmelere aşırı bağımlı hâle gelmesi ve öğrenme süreçlerinin yüzeysel düzeyde kalması olasıdır (Luckin & Holmes, 2016; Williamson & Eynon, 2020).

Fen eğitiminde yapay zekânın geleceğine ilişkin değerlendirmeler, dijital eşitsizlikler ve erişim sorunlarının belirleyici bir faktör olmaya devam edeceğini göstermektedir. Yüksek maliyetli altyapı gereksinimleri, bölgesel farklılıklar ve öğretmenlerin dijital yeterliklerindeki çeşitlilik, yapay zekâ uygulamalarının adil ve kapsayıcı biçimde yaygınlaştırılmasını zorlaştırmaktadır (Korap-Özel, Yalçın & Deniz, 2025; OECD, 2021). Bu bağlamda, yapay zekâ destekli fen eğitiminin geleceği, teknolojik olanakların artırılmasının yanı sıra, eğitimde fırsat eşitliğini gözeten politika ve uygulamaların geliştirilmesine bağlıdır. Sonuç olarak, fen eğitiminde yapay zekâ, doğru pedagojik, etik ve toplumsal çerçeveler içinde ele alındığında, öğrenme süreçlerini derinleştiren ve öğretmen-öğrenci etkileşimini zenginleştiren güçlü bir destek unsuru olma potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin sürdürülebilir ve adil biçimde hayata geçirilebilmesi için, yapay zekânın insan merkezli bir eğitim anlayışıyla bütünleştirilmesi temel bir gereklilik olduğu söylenebilir. Bu genel değerlendirmeler doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulabilir:

Fen eğitiminde yapay zekâ uygulamaları, teknolojik olanaklardan ziyade öğrenme hedefleri, bilimsel sorgulama becerileri ve öğrencilerin bilişsel gelişimi temelinde tasarlanmalıdır. Bu süreçte yapay zekâ, pedagojik amaçları destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda yapay zekâ araçları, öğretim sürecinin merkezî bir bileşeni olarak değil, belirlenen pedagojik amaçları destekleyen ve öğrenmeyi derinleştiren tamamlayıcı unsurlar olarak yapılandırılmalıdır.

Öğretmen yetiştirme programları ile hizmet içi eğitim süreçlerinde, yapay zekâ okuryazarlığı, etik farkındalık ve alan-temelli pedagojik entegrasyon boyutlarının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda öğretmenlerin, yapay zekâ sistemlerini eleştirel bir bakış açısıyla

değerlendirebilen ve pedagojik kararlarını veri temelli çıktılarla birlikte yorumlayabilen nitelikli profesyoneller olarak desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Fen eğitiminde kullanılan yapay zekâ sistemlerine yönelik olarak, veri güvenliği, mahremiyet ve algoritmik şeffaflık ilkelerini esas alan açık ve bağlayıcı düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu düzenlemelerin, yalnızca teknik ve hukuki çerçevelerle sınırlı kalmayıp pedagojik tasarım süreçlerinin ayrılmaz bir bileşeni hâline getirilmesi önem arz etmektedir.

Yapay zekâ destekli fen eğitimi uygulamalarının yaygınlaştırılması sürecinde, dezavantajlı bölgeler ve okul türlerinin öncelikli olarak desteklenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca altyapı yatırımları, öğretmenlere yönelik destek mekanizmaları ve açık erişimli dijital öğrenme kaynakları aracılığıyla mevcut eşitsizliklerin derinleşmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir.

Yapay zekâ destekli fen eğitimi uygulamalarının yalnızca akademik başarı üzerindeki etkileriyle sınırlı kalınmaması gerekir. Aynı zamanda öğrencilerin bilimsel düşünme, etik muhakeme ve işbirlikçi öğrenme becerileri üzerindeki uzun vadeli etkilerinin de kapsamlı biçimde incelenmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, sınıf içi uygulamalara dayalı nitel ve karma yöntemli araştırmaların artırılması, alan yazına daha derinlikli ve bağlamsal katkılar sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Aguilar-Cruz, P. J., & Salas-Pilco, S. Z. (2025). Teachers' perceptions of artificial intelligence in Colombia: AI technological access, AI teacher professional development and AI ethical awareness. *Technology, Pedagogy and Education*, 34(2), 219-238.
- Altunova, N., & Artun, H. (2020). Evaluation of the science laboratory applications course in a pre-service primary school teacher curriculum. *Journal of Science Learning*, 3(3), 205-215.
- Arslan, K., Köşger, N., & Görgülü, A. (2025). Yapay zekâ uygulamalarına yönelik öğretmen görüşleri: SWOT analizi. *Kuram ve Uygulamada Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 364-384.
- Artun H, Durukan A., &Temur, A. (2020). Effects of virtual reality enriched science laboratory activities on pre-service science teachers' science process skills. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5477-5498.
- Badur, E. (2024). Yapay zekâ sistemleri kullanılarak yapılan işleme faaliyetlerinde kişisel verilerin korunması. *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 32(4), 2525-2560.
- Başak-Erkaçmaz, K., Bakırcı, H., & Kara, Y. (2023). Effect of inquiry-based laboratory approach on scientific process skills, critical thinking skills, and opinions of ninth grade students: Cell unit example. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 9(2), 1-15.
- Bayır, A. (2023). *Türkiye'de teknoloji destekli fen öğretimi konulu çalışmaların betimsel içerik analizi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.

- Ben-Zion, Y., Carroll, T. K., West, C. G., Wong, J., & Finkelstein, N. D. (2026). Leveraging generative artificial intelligence for simulation-based physics experiments: A new approach to virtual learning about the real world. *Physical Review Physics Education Research*, 22(1), 010109.
- Coşkun, S., Coşkun, Ö., Budakoğlu, I. İ. (2025). Dış hekimliği eğitiminde yapay zekâ. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 24(72), 11-23.
- Denk, F., Bakırcı, H., & Kara, Y. (2024). The impact of common knowledge construction model-based science teaching on seventh-grade students' 21st-century skills and STEM career interests. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 53(3), 1445-1475.
- Devran, P., Öztay, E. S., & Tarkın-Çelikkıran, A. (2021). Türkiye’de fen eğitiminde teknoloji entegrasyonu üzerine öğretmenler ile yapılan çalışmaların içerik analizi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 10(4), 1789-1825.
- Doğan, M. E., Görü-Doğan, T., & Bozkurt, A. (2023). The use of artificial intelligence (AI) in online learning and distance education processes: A systematic review of empirical studies. *Applied Sciences*, 13(5), 3056,
- Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual reality in science education: a descriptive review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132-142.
- El Kharki, K., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and implementation of a virtual laboratory for physics subjects in moroccan universities. *Sustainability*, 13(7), 3711.

- Fadel, C., Holmes, W., & Bialik, M. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. The Center for Curriculum Redesign.
- Haug, C. & Drazen, J. M. (2023). Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. *New England Journal of Medicine*, 388(13), 1201–1208.
- Hündür, T. (2025). *Fen bilgisi eğitiminde yapay zekâya dayalı chatbotların uygulanması ve değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Ordu Üniversitesi.
- Ilıcak-Aydınalp, Ş. G. (2020). Halkla ilişkiler perspektifiyle yapay zekâ. *Turkish Studies - Social*, 15(4), 2283-2300.
- Jiang, Z., & Jiang, M. (2024). Beyond Answers: Large language model-powered tutoring system in physics education for deep learning and precise understanding. *ArXiv.2406.10934*.
- Karampelas, K. (2025). Artificial intelligence in inquiry-based science teaching: A bibliometric study. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 104-116.
- Kim, J., Yu, S., Detrick, R., Lin, X., & Li, N. (2025). Designing AI-powered learning: Adult learners' expectations for curriculum and human-AI interaction. *Educational Technology Research and Development*, 73(6), 3397-3421.
- Konstantinos, K. T (2024). Integrating artificial intelligence in science education: Benefits and challenges. *International Journal of Educational Innovation*, 6(3), 39-49.
- Korap-Özel, E., Yalçın, M., & Deniz, Ş. (2025). Dijital yerlilerin üçüncü derece dijital eşitsizlik deneyimi izmir'deki üniversite öğrencileri üzerine bir araştırma. *Yeni Medya*, (18), 398-414.

- Lan, Y. (2024). Through tensions to identity-based motivations: Exploring teacher professional identity in Artificial Intelligence-enhanced teacher training. *Teaching and Teacher Education*, 151, 104736.
- Li, S., & Gu, X. (2023). A risk framework for human-centered artificial intelligence in education. *Educational Technology & Society*, 26(1), 187-202.
- Luckin, R & Holmes, W. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in Education*. UCL Knowledge Lab: London, UK.
- Lungarella, M., Metta, G., Pfeifer, R., & Sandini, G. (2003). Developmental robotics: A survey. *Connection Science*, 15(4), 151-190.
- Maral, T. (2024). Sosyal bilimlerin kesişim noktası: Yapay zekâ ve etik. *Ankara Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 17-33. Özel sayı: Yapay Zekâ ve Sosyal Bilimler Öğretimi.
- Motlagh, N. Y., Khajavi, M., Sharifi, A., & Ahmadi, M. (2023). The impact of artificial intelligence on the evolution of digital education: A comparative study of openAI text generation tools including ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Ernie.
- Mukul E. & Büyüközkan G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*. 194:122664.
- O'neil, C. (2017). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Crown.
- OECD (2021). Artificial intelligence and education and skills. <https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence-and-education-and-skills.html>. Adresinde 01.02.2026 erişildi.

- Özgür, S. B. (2021). Algoritmalar, yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve uygulamaları: Beşerî fayda üretiminin yazılımlar tarafından karşılanması. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 1-29.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Prahani, B., Rizki, I., Jatmiko, B., Suprpto, N. & Tan, A. (2022). Artificial intelligence in education research during the last ten years: A review and bibliometric study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(8), 169-188.
- Rane, N. L., Choudhary, S., & Rane, J. (2024).. Education 4.0 and 5.0: integrating Artificial Intelligence (AI) for personalized and adaptive learning. *Journal of Artificial Intelligence and Robotics*, 1(1), 29-43.
- Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K., & Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences*, 12(8), 569.
- Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1510–1529.
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.
- Stenson, M.W. (2017). *Architectural intelligence: How designers, and architects created the digital landscape*. The MIT Press: Cambridge, USA,
- Taysi, V., & Gürsoy, G. (Kasım, 2022). Fen eğitiminde teknoloji kullanımına ilişkin yapılan tezlerin sistematik derlemesi. *6th International Education and Innovative Sciences Congress*. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.

- Temur, S. (2025). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: Etik sorunlar ve çözümler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (74), 568-595.
- Turhan, N., & Nas, F. (2025). Eğitimin Geleceği: Yapay Zekâ ile Dönüşüm. *Journal of Sustainable Education Studies* Kongre Özel Sayısı, 26-40.
- UNESCO (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*.
<https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>. Adresinde 29.01.2026 tarihinde ulaşıldı.
- UNESCO, (2024). What you need to know about digital learning and transformation of education.
<https://www.unesco.org/en/digital-education/need-know?hub=84636> adresinde 28.01.2026 tarihinde ulaşıldı.
- Ünal, E., & Baş. Ö. (Ekim, 2025). Eğitimde yapay zekâ tabanlı araçların kullanımı: Ulusal ve uluslararası çalışmaların incelenmesi. Tam Metin Bildiri. 23. *Uluslararası Sınıf Öğretmenliği Eğitimi Sempozyumu*, Ankara.
- Williamson, B. (2017). *Big data in education: The digital future of learning, policy and practice*. SAGE Publications.
- Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223-235.
- Yang, S. J., Ogata, H., Matsui, T., & Chen, N. S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100008.
- Yıldırım, D., & Ilgaz, H. (2024). Yapay zekâ ile kişiselleştirilmiş öğrenme. B., Aydoğdu, K., Kasapoğlu, & F., Özding

(Ed.). *Sınıfın geleceği: Öğretmen-yapay zeka iş birliği* (ss. 45-60). Nobel Akademik Yayıncılık.

- Yıldız, T. (2024). The future of digital education: artificial intelligence, the metaverse, and the transformation of education. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 44, 969-988.
- Yuzuak, A. V., Erten, S., & Kara, Y. (2019). Analysis of laboratory videos of science teacher candidates with many-facet rasch measurement model. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 5(2), 146-155.
- Yücel, H. (2025). Dijital iletişim çalışmaları kavramlar, kuramlar ve güncel tartışmalar (Editör: Merve Gençyürek Erdoğan ve Volkan Yavuz). *Yapay zekâ destekli sosyal medya yönetimi: otomatik içerik üretimi ve etki raporlama* (İçinde 52-84). Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Zan, N., & Zan, B. U. (2025). Yapay zekâ destekli derin sahtecilik teknolojisinin pedagojik, etik ve toplumsal boyutları. *Turkish Studies*, 20(4), 2961-2983.
- Zhang, J., Jantakoon, T. & Laoha, R. (2025). Meta-analysis of artificial intelligence in education. *Higher Education Studies*, 15(2), 189-210.

FEN EĞİTİMİNDE TEKNOLOJİ KULLANMANIN ÖĞRENMEYE ETKİSİ

Kelimetullah GEÇER¹

1. GİRİŞ

Teknoloji ve teknolojik ürünlerdeki hızlı gelişmeler, eğitim sistemlerinin yapısını ve öğrenme-öğretme süreçlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle soyut kavramlar, deneysel süreçler ve üst düzey düşünme becerileri içeren fen eğitimi, bu durumdan en fazla etkilenen alanlardan biri olarak görülmektedir. Fen bilimleri derslerinde veya fen eğitiminde geleneksel öğretim yaklaşımlarının öğrencilerde kavram yanılgıları geliştirdiği, bilimsel süreç becerilerini yeterince kazandıramadığı, üst düzey düşünme becerilerini geliştirmede yetersiz kaldığı, bilgiyi günlük yaşamla ilişkilendiremediği, vb. durumlar dikkate alındığında teknoloji destekli öğrenme ortamlarının fen öğretiminde önemli bir alternatif olarak öne çıktığı görülmektedir. Simülasyonlar, sanal laboratuvarlar, artırılmış gerçeklik uygulamaları ve yapay zekâ destekli sistemler; öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırmalarına, deneyimleyerek öğrenmelerine ve bireyselleştirilmiş geri bildirim almalarına imkân tanımaktadır. Dolayısıyla, fen eğitiminde teknolojinin pedagojik temelli ve bilinçli entegrasyonu, bilişsel becerileri geliştirmede, öğrenme motivasyonunu, akademik başarıyı ve öğrenmenin niteliğini artırmada stratejik bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, ORCID: 0009-0002-6810-1564.

2. FEN EĞİTİMİNDE TEKNOLOJİ KULLANIMI

Fen eğitiminde teknoloji kullanımı, öğrenme süreçlerinin etkililiğini artırmaya yönelik dijital araç ve ortamların pedagojik temelli olarak entegrasyonu şeklinde ifade edilmektedir. Günümüz teknolojik araçlarına bakıldığında, yalnızca içeriğin sunumunu kolaylaştıran destek unsurları olmaktan çıkmış; öğrenmenin doğasını dönüştüren yapısal bileşenler hâline geldiği görülmektedir. Fen bilimleri gibi soyut kavramların ağırlıkta olduğu öğretim alanlarında, teknoloji entegrasyonunun kavramsal anlamlandırmayı güçlendirme, bilimsel süreç becerilerini geliştirme ve öğrencilerin akademik motivasyonlarını artırma açısından önemli bir potansiyel taşıdığı belirtilmektedir (Mayer, 2009; Schindler ve ark., 2017). Yapılan çalışmalar, teknoloji entegrasyonunun pedagojik temellere dayandırıldığında öğrenme çıktıları üzerinde anlamlı ve olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir (OECD, 2021). Dolayısıyla fen eğitiminde teknoloji kullanımı, çağdaş öğretim yaklaşımlarının ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedir. Bu bağlamda fen eğitiminde yaygın olarak kullanılan teknolojik araç türlerini birlikte değerlendirelim.

2.1. Bilgisayar ve Tablet Tabanlı Öğrenme Ortamları

Bu öğrenme ortamları, çoklu duyuşsal içeriklerin entegrasyonu sayesinde fen kavramlarının farklı yollarla anlaşılmasına fırsat sunmaktadır. Bu içeriklere elektronik kitaplar örnek gösterilebilir. Elektronik kitaplar, okumayı, problem çözme ve kendi kendini değerlendirmeyi içeren faydalı öğrenme aktivitelerini içerir (De Jong ve Maria, 2003). Bilgisayar ve tablet destekli bu kitaplar, potansiyel başarısını sınıf ortamında ortaya iyi koyamayan ve bundan olumsuz yönde etkilenen öğrencilere bireysel ortamda konuları istediği kadar tekrar edebilme fırsatı sunmaktadır (Rukancı ve Anameriç, 2003). Mayer (2009) tarafından ortaya konulan Çoklu Ortam Öğrenme Kuramı,

bilginin görsel ve sözel kanallar aracılığıyla birlikte işlenmesinin bilişsel yükü optimize ederek öğrenmenin niteliğini artırdığını savunmaktadır. Literatür çalışmalarında (Enriquez, 2010), öğrencilerin tablet bilgisayarları kullanarak kablosuz ağla birbirleri ve öğretmen ile iletişim kurdukları bir sınıf ortamında öğrencilerin derse katılımlarının daha yüksek ve ders dışı verilen ödevler için ayrılan sürenin daha yüksek olduğunu, ayrıca öğrencilerin sınıfta tablet bilgisayar kullanılmasına yönelik tutumlarının olumlu olduğunu ifade edildiği görülmektedir. Dolayısıyla dijital öğrenme platformları (uzaktan eğitim), öğrencilerin bireysel hızlarında ilerlemelerine fırsat sunarak farklılaştırılmış öğretimi desteklemektedir. Bu durum, özellikle karma öğrenme ortamlarında öğretim sürecinin etkililiğini artırmaktadır.

2.2. Simülasyon ve Sanal Laboratuvarlar

Simülasyon, gerçek dünya olgularını taklit eden ya da kopyalayan yazılım programlarıdır (Hennesy ve ark., 2006). Bozkurt'a (2019) göre ise, gerçek bir durum, olay ya da sürecin basite indirgenmiş olarak öğrenenlere sunulmasını sağlayan yazılımlarla gerçekleştirilen bilgisayar destekli modellemelerdir. Bunun yanında Fen eğitiminde kullanılan yeni teknolojik gelişmelerden biri olan sanal laboratuvarlar ise, simülasyon ve animasyonlarla fiziksel laboratuvarlarda kullanılan materyallerin ve laboratuvar şartlarının sunulduğu teknolojik uygulamalardır (Lestari ve Pahar, 2020). Öğrenciler sanal laboratuvarlar aracılığıyla öğrenme-öğretme sürecinde yanlış yapılan deneyleri tekrarlama ve amaçlanan deneyimi derinleştirme fırsatına sahip olabilmektedirler (Tatlı ve Ayas, 2013; Wastberg ve ark., 2019). Dolayısıyla bu tür teknolojik ürünler, fen derslerinde yapılması zor ve tehlikeli olan deneylerde bu deneysel süreçlerin güvenli ve kontrollü biçimde yürütülmesini sağlamaktadır. Özellikle Fizik ve kimya derslerinde öğrencilerin değişkenleri deneyimleyip sonuçlarını gözlemlmeleri, bilimsel düşünme kapasitelerinin

gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Rutten ve ark., 2012). Ayrıca, Sanal ve fiziki laboratuvarların birlikte kullanımının öğrenme çıktıları açısından daha etkili olduğu ifade edilmektedir (De Jong., 2003). Yapılan güncel çalışmalara bakıldığında, bu türden laboratuvar ortamlarının öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini artırdığını ve kavram yanlışlarını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir (Brinson, 2015; Zacharia ve ark., 2020). Bu bağlamda, fen eğitiminde teknoloji destekli laboratuvar uygulamalarının planlı ve pedagojik temelli bir şekilde entegre edilmesi, öğrencilerin hem kavramsal anlamasını hem de bilimsel düşünme becerilerini güçlendirecektir.

2.3. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları

“Artırılmış Gerçeklik (AR)” ve “Sanal Gerçeklik (VR)” teknolojileri, üç boyutlu görselleştirme ve etkileşim özellikleri sayesinde fen eğitiminde soyut kavramların somutlaştırılmasını kolaylaştıran iki ayrı teknolojik üründür. AR uygulamaları, fiziksel öğrenme ortamına dijital katmanlar ekleyerek öğrencilerin mikroskobik ya da astronomik ölçekli olayları deneyimlemelerine yardımcı olmaktadır. Fen öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının; akademik başarıyı artırma (Abdüsselam, 2014; Buluş Kırıkkaya ve Şentürk, 2018; Çankaya ve Girgin, 2018; Keçeci ve ark., 2021; Küçük ve ark., 2014; Yetişir, 2019;), motivasyonu artırma (Chiang ve ark., 2014; Furió ve ark., 2015; Onbaşılı, 2018; Perez-Lopez ve Contero, 2013; Sırakaya ve Alsancak Sırakaya, 2018), kalıcı öğrenmeyi sağlama (Özocak, 2022; Perez-Lopez ve Contero 2013; Yetişir, 2019), konuların öğrenilmesini kolaylaştırma (Abdüsselam, 2014; Kamarainen ve ark., 2013; Núñez ve ark., 2008; Onbaşılı, 2018; Yen ve ark., 2013), süreci eğlenceli hale getirme (Chiang ve ark., 2014; Ibáñez ve ark., 2014; Onbaşılı, 2018), fen öğrenmeye yönelik olumlu tutum geliştirme (Akçayır, 2016; Hwang ve ark., 2016; Sırakaya ve Alsancak Sıkaya, 2018) ve kavram yanlışlarını azaltma (Sırakaya, 2015; Tian ve ark., 2014) gibi

birçok katkı sağladığı söylenebilir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının çeşitli fen eğitimi konularının öğretiminde kullanıldığı ve birçok açıdan fayda sağladığına yönelik çalışmalar mevcuttur. Bu teknoloji, gerçek ve sanalı bir araya getirmesiyle, sınıf ortamında gözlemlenmesi imkânsız olan durumların öğretimini mümkün kılmaktadır (Kerawalla ve ark., 2006; Keçeci ve ark., 2018). Dolayısıyla, AR ve VR teknolojilerinin fen eğitimine bilinçli ve pedagojik amaçlarla entegre edilmesi, öğrencilerin soyut kavramları daha iyi anlamalarını ve öğrenmeye daha aktif katılım göstermelerini sağlayabilir. Ayrıca, bu tür sürükleyici öğrenme ortamları, geleneksel öğretim yöntemlerini tamamlayıcı bir araç olarak kullanıldığında öğrencilerin bilimsel merak ve keşfetme motivasyonunu artırma potansiyeline sahip olmaktadır.

2.4. Etkileşimli Akıllı Tahtalar ve Mobil Uygulamalar

Fen derslerinde etkileşimli akıllı tahtalar, çoklu ortam materyallerinin eş zamanlı kullanımını kolaylaştırmakta ve sınıf içi etkileşimi artırmaktadır. Bu araçlar sayesinde öğretmenler görsel, işitsel ve etkileşimli içerikleri bütüncül bir yapıda sunabilmekte, öğrenciler ise ders sürecine daha aktif biçimde katılım gösterebilmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığında; Hennessy et al. (2006), akıllı tahta kullanımının kavramların görselleştirilmesini desteklediğini ve öğrencilerin derse katılım düzeyini yükselttiğini ifade etmektedir. Mobil uygulama, taşınabilir cihazlar üzerinde tasarlanmış ve kodlanmış yazılımlardır (Özkan, 2016). Bu yazılımlar öğrenmeyi zaman ve mekân sınırlılıklarından bağımsız hâle getirmektedir. Bu bağımsızlık, öğrencilerin bireysel öğrenme gereksinimlerine uygun içeriklere erişmelerini kolaylaştırmakta ve öz düzenleme becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. Fen eğitiminde mobil uygulamalar kapsamında kullanılan artırılmış gerçeklik uygulamalarının da öğrencilerin akademik başarı, motivasyon, fen dersine yönelik tutumlarında anlamlı değişikliklere neden

olduğu çeşitli araştırmalarca gözlemlenmiştir. Maddenin tanecikli yapısı, sistemler, güneş sistemi ve ötesi, hücre gibi fen bilimleri konularının öğretiminde arttırılmış gerçeklik mobil uygulamaları kullanılmaktadır. Öğrencilerin bu vb. fen bilimleri konularını öğrenmelerinde mobil uygulamaların katkılarının göz ardı edilemeyecek düzeyde olduğu söylenebilir (Tün, 2022; Güngör Kuş ve Çavuş, Akkiren, 2019; Kızılca, 2019; Coşkun, 2019; Şentürk, 2018; Çankaya ve Girgin, 2018; Sırakaya ve Sırakaya, 2018; Yıldırım, 2016; Şahin, 2017). Bu bakımdan, fen eğitiminde mobil uygulamalar; veri toplama, anlık ölçme-değerlendirme, oyunlaştırma ve sorgulamaya dayalı etkinlikler yoluyla öğrencilerin aktif katılımını desteklemektedir. Bu araçlar, özellikle öğrenci merkezli öğrenme ortamlarının tasarlanmasında önemli bir görev üstlenmektedirler.

3. PEDAGOJİK TEMELLER VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Fen eğitiminde teknoloji kullanımının öğrenme üzerindeki etkisinin belirlenebilmesinde sürecin dayandığı pedagojik ve kuramsal temellerin ortaya konulması gerekmektedir. Diğer bir anlamda pedagojiden kasıt teknolojik pedagojik alan bilgisi anlaşılmaktadır. Koehler (2009), teknolojik pedagojik alan bilgisinin pedagojik bilgiye, teknolojik alan bilgisine, vb. dayandığını ifade etmektedir. Bununla öğretmenler, teknolojiyi herhangi bir içerik alanındaki öğretimlerine entegre edebilmektedirler. Teknoloji entegrasyonu, sadece dijital araçların sınıfa taşınması değil; aynı zamanda öğrenme kuramlarıyla uyumlu, bilişsel süreçleri destekleyen ve veri temelli geri bildirim mekanizmalarını içeren sistematik bir öğretim tasarımını ifade etmektedir. Dolayısıyla bilişsel kuramlar, etkin öğrenme ortamları yaklaşımı ve öğrenme

analitikleri, teknoloji destekli fen öğretiminin teorik çerçevesini oluşturmaktadır.

3.1. Bilişsel Kuramlar ve Teknoloji Entegrasyonu

Bilişsel kuramlar, öğrenmeyi bireyin zihinsel süreçleri çerçevesinde ele almakta ve bilgi işleme mekanizmalarına odaklanmaktadır. Bilgi İşleme Kuramı'na göre öğrenme; dikkatin yönlendirilmesi, bilginin kısa süreli bellekte işlenmesi ve uzun süreli bellekte yapılandırılması süreçlerini içermektedir. Mayer (2009) çalışmasında, teknoloji temelli eğitim materyallerinin bilişsel süreçleri destekleyecek biçimde yapılandırılmasının, öğrenme çıktılarının niteliğini artırdığı belirtilmektedir. Bu bağlamda, dijital içeriklerin tasarımında öğrencinin dikkatini gereksiz uyaranlardan arındırmak, bilgiyi anlamlı bir bütün hâline getirmek ve zihinsel örgütlemeyi kolaylaştırmakla birlikte, bilişsel yükün dengelenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Görsel ve işitsel unsurların dengeli biçimde kullanılması, dışsal bilişsel yükü azaltarak öğrencilerin öz yük üzerinde odaklanmalarını ve kavramsal öğrenmeyi derinleştirmektedir. Dolayısıyla teknoloji, uygun pedagojik ilkeler doğrultusunda yapılandırıldığında, yalnızca bilgiyi aktaran bir araç değil; bilişsel süreçleri yapılandıran destekleyici bir öğrenme ortamı işlevi görmektedir.

Bilişsel Yük Kuramı (Sweller, 1988), özellikle dijital ortamlarda tasarımın önemine dikkat çekmektedir. Fen eğitiminde kullanılan animasyonlar, simülasyonlar ve etkileşimli içerikler; eğer gereksiz görsel-işitsel unsurlar içerirse öğrencinin bilişsel kapasitesini aşırı yükleyebilir. Mayer'in (2009) çoklu ortam ilkelerine uygun olarak tasarlanan öğretim materyalleri, dışsal bilişsel yükü minimize ederek öğrencilerin anlamlı öğrenme deneyimlerini desteklemektedir. Örneğin segmentasyon (küçük, anlamlı ve yönetilebilir parçalara bölerek sunma), sinyal verme ve gereksiz tekrarın azaltılması gibi ilkeler, öğrencilerin

karmaşık fen kavramlarını daha sistematik biçimde işlemelerine yardımcı olmaktadır. Rutten ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, simülasyon temelli öğrenme ortamlarının bilişsel süreçleri destekleyerek öğrencilerin kavramsal anlayışlarını güçlendirdiği vurgulanmaktadır.

Dolayısıyla teknoloji entegrasyonu, bilişsel kuramların öngördüğü sınırlılıkları ve ilkeleri dikkate alan bir tasarım anlayışıyla gerçekleştirildiğinde pedagojik olarak anlam kazanmaktadır.

3.2. Etkin Öğrenme Ortamları

Bu ortamlarda öğrenci, pasif bilgi alıcı olmaktan çıkarak öğrenme sürecine aktif olarak katılım göstermektedir. Fen eğitimi açısından düşünüldüğünde etkin öğrenme; sorgulama, problem çözme, deney tasarlama ve işbirlikli öğrenme gibi süreçleri kapsamaktadır. Freeman ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmanın sonucu, aktif öğrenme stratejilerinin geleneksel anlatım yöntemlerine kıyasla öğrencilerin akademik başarılarını anlamlı ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Teknoloji destekli öğrenme ortamları, bu aktif katılımı destekleyen teknolojik araçlar sunmaktadır. Simülasyonlar, artırılmış gerçeklik uygulamaları ve dijital laboratuvarlar gibi teknolojik araçlar, öğrencilerin değişkenleri kontrol etmelerine, deneyleri yönlendirmelerine ve sonuçları gözlemlemelerine imkân tanımaktadır (De Jong., 2003). Öte yandan çevrim içi tartışma platformları ve işbirlikli dijital araçlar, öğrenciler arasındaki sosyal etkileşimi güçlendirerek ortak bilgi oluşturma süreçlerini desteklemektedir. Bu yaklaşım, Vygotsky'nin (1978) sosyal yapılandırmacı öğrenme ilkeleriyle de uyum göstermektedir.

Teknoloji, etkin öğrenme ortamlarında yalnızca içeriğin sunum aracı değil; öğrencinin keşfetme, deneme ve hata yapma süreçlerini destekleyen bir öğrenme ekosisteminin bileşeni olarak

işlev görmektedir. Ancak bu ortamların etkililiği, pedagojik tasarımın niteliğine bağlı olmaktadır.

4. TEKNOLOJİNİN ÖĞRENME ÇIKTILARINA ETKİSİ

Fen eğitiminde teknoloji entegrasyonunun etkililiği, çoğunlukla öğrenme çıktıları üzerinden değerlendirilmektedir. Öğrenme çıktıları yalnızca akademik başarıyı değil; kavramsal anlama, bilimsel süreç becerileri, üst düzey düşünme becerileri, motivasyon ve tutum gibi çok boyutlu kazanımları kapsamaktadır. Literatürde, pedagojik temelli ve bilinçli teknoloji kullanımının bu boyutlar üzerinde anlamlı katkılar sunduğu belirtilmektedir (Schindler ve ark., 2017; Sung ve ark., 2016). Bununla birlikte, teknolojinin öğrenme üzerindeki etkisinin büyüklüğü, kullanılan araçların türü, öğretim tasarımının özellikleri ve öğrenme ortamının koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (OECD, 2021).

Bu nedenle fen eğitiminde teknoloji entegrasyonu yalnızca araç temelli bir yaklaşım olmamalı, pedagojik hedeflerle uyumlu ve planlı bir şekilde yürütülmelidir. Öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden, geri bildirim mekanizmaları içeren ve bilişsel süreçleri destekleyen öğrenme ortamları, teknolojinin etkisini en üst düzeye çıkarabilir. Ayrıca, teknoloji kullanımı sırasında öğrencilerin motivasyonu, merakı ve problem çözme becerileri gibi üst düzey kazanımların da göz önünde bulundurulması, öğrenme çıktılarının kapsamını genişletmektedir.

4.1. Akademik Başarı Üzerindeki Etkileri

Yapılan çalışmalar bakıldığında teknoloji destekli fen öğretiminin akademik başarı üzerindeki etkisinin çok sık araştırılan konulardan biri olduğu görülmektedir. Literatür

çalışmalarının sonuçları, bilgisayar destekli öğretim yöntemlerinin, geleneksel öğretim yaklaşımlarına kıyasla öğrencilerin akademik başarılarını anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir (Bayraktar, 2001; Schindler ve ark., 2017). Özellikle simülasyon temelli uygulamalar ve etkileşimli dijital materyaller, öğrencilerin karmaşık fen kavramlarını daha iyi yapılandırmalarına olanak tanımaktadır (Rutten et al., 2012).

Sanal laboratuvarların kullanıldığı deneysel araştırmalarda da öğrencilerin başarı puanlarında istatistiksel olarak anlamlı yükselmeler gözlenmiştir (Brinson, 2015). Bu durum, fen öğretiminde teknolojinin hem öğrenme sürecini zenginleştiren hem de öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini destekleyen bir araç olarak değerini ortaya koymaktadır. Mayer (2009) tarafından vurgulandığı üzere, teknolojinin öğrenme başarısını tek başına artırmadığı; bunun yerine pedagojik tasarım ilkelerine uygun biçimde entegre edilmesinin belirleyici olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla başarı üzerindeki etki, teknolojinin niteliği kadar öğretmenin öğretim stratejileriyle de ilişkilidir.

4.2. Kavramsal Anlama ve Kavram Yanılgılarının Giderilmesi

Fen eğitiminde en önemli öğrenme çıktılarından biri kavramsal anlama olarak ifade edilebilir. Öğrencilerin soyut kavramları yüzeysel ezber yerine anlamlandırarak öğrenmeleri, bilimsel düşünme becerilerinin gelişimi açısından kritik önem taşımaktadır. Dolayısıyla bilgisayar simülasyonları ve artırılmış gerçeklik uygulamaları, mikroskopik veya doğrudan gözlemlenemeyen süreçleri görselleştirerek öğrencilerin zihinsel modeller oluşturmalarını desteklemektedir (Akçayır ve Akçayır, 2017). De Jong (2003), sanal ve fiziksel laboratuvarların eşgüdümlü kullanımının öğrencilerin kavramsal değişim süreçlerini desteklediğini ve alternatif kavramlarını yeniden

yapılandırmalarına yardımcı olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda, teknoloji destekli öğrenme ortamları öğrencilerin karmaşık fen kavramlarını adım adım keşfetmelerine olanak tanımakta ve soyut kavramları somut deneyimlerle ilişkilendirmelerini kolaylaştırmaktadır.

Öğrenciler, simülasyonlar veya artırılmış gerçeklik uygulamaları aracılığıyla neden-sonuç ilişkilerini gözlemleyebiliyor ve kendi zihinsel modellerini aktif olarak inşa edebiliyor. Böylece teknoloji, yalnızca bilgiyi sunan bir araç olmaktan çıkarak, kavramsal anlamayı güçlendiren etkileşimli bir öğrenme deneyimi hâline gelmektedir. Ayrıca etkileşimli çoklu ortam materyallerinin, öğrencilerin bilişsel yükünü dengeleyerek anlamlı öğrenmeyi kolaylaştırdığı ifade edilmektedir (Mayer, 2009). Bu durum, özellikle soyut fizik ve kimya konularında kavram yanlışlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

4.3. Bilimsel Süreç ve Üst Düzey Düşünme Becerileri

Fen eğitiminin temel amaçlarından biri, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmektir. Hipotez kurma, veri analizi yapma, değişken kontrolü sağlama ve kanıta dayalı çıkarımda bulunma gibi beceriler, teknoloji destekli öğrenme ortamlarında daha etkin biçimde geliştirilebilmektedir. Özellikle simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar, öğrencilerin deneyleri güvenli ve kontrollü bir ortamda tekrar etmelerine olanak tanımakta, böylece bilimsel süreçleri uygulamalı olarak deneyimlemelerini sağlamaktadır. Ayrıca, dijital araçlar aracılığıyla veri toplama, görselleştirme ve analiz etme süreçleri daha erişilebilir hâle gelmekte, öğrencilerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerileri güçlenmektedir. Bu sayede teknoloji, öğrencilerin sadece bilgi edinmelerini değil, aynı zamanda bilimsel düşünme ve araştırma yeteneklerini de aktif biçimde geliştirmelerine imkân sunmaktadır. Rutten ve ark. (2012), simülasyonlar ve dijital veri toplama araçlarının, öğrencilerin

deneyisel süreçleri tekrarlamalarına ve farklı senaryoları karşılaştırmalarına imkân sağladığını vurgulamaktadır. Ayrıca sanal gerçeklik ortamlarının problem çözme ve analitik düşünme becerilerini desteklediği belirtilmektedir (Merchant ve ark., 2014).

Bu tür ortamlar, öğrencilerin yalnızca bilgi tüketicisi değil; aktif araştırmacı rolü üstlenmelerini sağlamaktadır. Böylece üst düzey bilişsel süreçler (analiz, sentez, değerlendirme) daha sistematik biçimde harekete geçirilmektedir.

4.4. Motivasyon, Tutum ve Öğrenmeye Katılım

Dijital teknolojilerin fen derslerinde kullanılması, öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik ilgisini ve motivasyonunu artırabilmektedir. Schindler ve ark. (2017) çalışmalarında, öğrencilerin öğrenme sürecine katılımını artırmak amacıyla etkileşimli ve görsel açıdan zengin öğrenme ortamlarının önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Özellikle simülasyonlar, artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları ile etkileşimli dijital araçlar, öğrencilerin soyut kavramları deneyimlemelerine ve ders içi etkinliklere aktif olarak katılmalarına imkân tanımaktadır. Abdusselam ve Karal'a (2020) göre eğitim ve öğretim ortamında artırılmış gerçeklik teknolojisinden mevcut problemleri çözüme kavuşturmak veya öğretimde eksik olan yönleri bu teknoloji vasıtasıyla kapatmak amacı ile faydalanılmaktadır. Fen eğitimi konularının öğretiminde bu teknoloji, gerçek ve sanalı bir araya getirmesiyle, sınıf ortamında gözlemlenmesi imkânsız olan durumların öğretimini mümkün kılmaktadır (Kerawalla ve ark., 2006; Keçeci ve ark., 2018). Dolayısıyla, öğrencilerin merak duygusunu canlı tutarken, öğrenme sürecinde kendi sorumluluklarını üstlenmelerini de teşvik etmektedir. Dolayısıyla, teknoloji yalnızca bilgi aktarımı aracı olmaktan çıkarak, öğrencilerin motivasyon ve ilgilerini artıran etkileşimli bir öğrenme ortamı sunmaktadır

Akçayır ve ark. (2017) çalışmalarında, artırılmış gerçeklik temelli uygulamaların, öğrencilerin öğrenme süreçlerine yönelik olumlu tutum geliştirmelerini desteklediğini ve karmaşık konuların anlaşılmasını kolaylaştırarak kaygı düzeylerini düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Mobil öğrenme uygulamalarına ilişkin meta-analiz bulguları da öğrencilerin akademik performanslarının yanı sıra motivasyon düzeylerinde artış olduğunu göstermektedir (Sung ve ark., 2016). Bununla birlikte, aşırı ve pedagojik temelden yoksun teknoloji kullanımının dikkat dağınıklığına yol açabileceği ve öğrenme sürecini olumsuz etkileyebileceği de literatürde tartışılmaktadır (OECD, 2021).

Bu nedenle fen eğitiminde teknoloji kullanımı, araç temelli bir yaklaşım yerine, pedagojik hedeflerle uyumlu ve planlı bir şekilde yürütülmelidir. Uygulamalar öğrencilerin ilgisini ve motivasyonunu artırırken, öğrenme sürecini destekleyici stratejilerle birleştirildiğinde en yüksek faydayı sağlamaktadır. Aksi takdirde, aşırı veya amaçsız teknoloji kullanımı dikkat dağınıklığına neden olarak öğrenme çıktılarının kalitesini olumsuz etkileyebilir.

4.5. Öz-Düzenleme ve Bireyselleştirilmiş Öğrenme

Teknoloji destekli öğrenme ortamları, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini planlama, izleme ve değerlendirme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Dijital platformlar aracılığıyla sağlanan anlık geri bildirim mekanizmaları, öğrencilerin öğrenme eksikliklerini fark etmelerini ve düzeltici stratejiler geliştirmelerini desteklemektedir.

OECD (2021), dijital öğrenme araçlarının doğru ve etkin biçimde kullanılması durumunda, öğrencilerin öz-düzenleme becerilerini geliştirdiğini ve öğrenme sorumluluklarını artırdığını vurgulamaktadır. Dolayısıyla teknoloji, bireyselleştirilmiş

öğrenme deneyimleri tasarlamada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu kitap bölümü çalışmasında, fen eğitiminde teknoloji kullanımının pedagojik temeller, kuramsal çerçeve, öğrenme çıktıları, vb. üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Bu ifadeler ile ilgili ne gibi sonuçların elde edildiğine ve ulaşılan sonuçlara yönelik hangi önerilerde bulunulabileceğine bakalım;

“Teknolojinin, öğrenme çıktılarında olumlu katkı sağladığı ortaya konmuştur”. Ancak bu etkinin büyüklüğü kullanılan teknoloji türüne, öğretim tasarımına ve öğretmen yeterliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca öğretmenlerin teknoloji okuryazarlığı düzeyi ve sınıf içi pedagojik uygulamalar bu etkilerin şiddetini belirleyen önemli faktörlerdendir. Rutten ve arkadaşları (2012), Brinson (2015) ve Mayer (2009) tarafından yapılan çalışmalar, bilgisayar destekli öğrenme ortamları, sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları, simülasyonlar ile etkileşimli laboratuvarların öğrencilerin akademik başarı, kavramsal anlayış, bilimsel süreç becerileri ve üst düzey düşünme becerileri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Öğrenciler, teknolojik araçlar aracılığıyla soyut ve gözlemlenemeyen kavramları daha kolay anlamlandırabilmekte ve bilgiye daha aktif biçimde katılım sağlamaktadır.

“Pedagojik tasarımın belirleyici ve önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir”. Yani teknolojinin tek başına öğrenme başarısını arttırmadığı görülmüştür. Bilişsel kuramlar, çoklu ortam öğrenme kuramı ve bilişsel yük kuramı çerçevesinde tasarlanmış öğretim materyalleri, öğrenme etkinliğini güçlendirdiği ifade edilmektedir (Sweller, 1988; Mayer, 2009). De Jong. (2003) ile Vygotsky (1978), yapılandırmacı ve sosyal yapılandırmacı

yaklaşımların uygulanmasının, öğrencilerin öğrenme süreçlerine aktif ve işbirlikçi biçimde katılımını artırdığını vurgulamaktadır.

“Geri bildirim ve öğrenme analitiklerinin önemi belirlenmiştir.” Dijital platformlar, öğrencilerin öğrenme süreçlerini izleyerek anlık geri bildirim sunabilmekte ve öğretmenlerin pedagojik kararlarını veri temelli olarak desteklemektedir (Hattie ve Timperley, 2007; Siemens ve Long, 2011). Bu mekanizmalar, öğrencilerin öz-düzenleme becerilerini geliştirmelerini ve öğrenme eksikliklerini erken aşamada fark etmelerini sağlamaktadır.

“Motivasyon ve tutum üzerinde olumlu etkilerin olduğu belirlendi.” Etkileşimli ve görsel açıdan zengin öğrenme ortamları, öğrencilerin derse yönelik ilgisini artırmakta ve öğrenmeye katılımını güçlendirmektedir. Akçayır ve Akçayır (2017) ile Sung ve arkadaşları (2016), artırılmış gerçeklik ve sanal laboratuvar uygulamalarının soyut konuları somut hâle getirerek öğrencilerin öğrenme kaygısını azalttığını ve derse yönelik olumlu tutum geliştirmelerini desteklediğini vurgulamaktadır.

“Teknoloji entegrasyon modellerinin etkili uygulamayı destekleyebileceği belirlenmiştir.” Yani TPACK ve SAMR gibi modeller, öğretmenlerin teknoloji kullanımını pedagojik ve alan bilgisiyle bütünleştirerek daha etkili öğrenme deneyimleri tasarlamalarını sağlamaktadır (Mishra ve Koehler, 2006; Puentedura, 2010). Dolayısıyla bu modeller, teknolojinin yalnızca araç olmanın ötesine geçip öğrenme süreçlerini dönüştürmesini mümkün kılmaktadır. Tüm bu değerlendirmeler doğrultusunda öğrenme ortamlarında kullanılan teknoloji ürünlerin sınırlılıklarının ve risklerinin de olduğunun unutulmaması gerekmektedir. Bu durum, teknolojinin aşırı veya pedagojik çerçeveden yoksun kullanımının dikkat dağınıklığı, bilişsel yük artışı ve öğrenme süreçlerinde olumsuz etkiler

yaratabileceği şeklinde literatürde vurgulanmaktadır (OECD, 2021). Ayrıca dijital erişim eşitsizlikleri, kapsayıcı eğitimde zorluklara yol açabilmektedir. Yapılan bu genel değerlendirmeler doğrultusunda çalışmaya yönelik aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur:

- Öğretmenler, dijital araçları seçerken yalnızca teknolojik yeniliklere odaklanmak yerine pedagojik hedefler ve bilişsel süreçlerle uyumlu materyaller kullanabilir. Yapılandırmacı ve sosyal yapılandırmacı yaklaşımları destekleyen simülasyon ve etkileşimli laboratuvar uygulamaları tercih edilebilir.
- Öğrenme analitikleri, öğretim sürecinde sürekli geri bildirim mekanizmaları olarak kullanılabilir. Öğrencilerin performans verileri, öğretmenlerin bireyselleştirilmiş öğretim stratejileri geliştirmesini sağlamalı ve öğrenme eksikliklerini erken aşamada gidermeye yönelmelidir.
- Geleceğe yönelik olarak, teknoloji entegrasyonunda sürdürülebilir ve kapsayıcı bir yaklaşım benimsenmelidir. Okul düzeyinde altyapı yatırımları kadar öğretmenlerin sürekli mesleki gelişim fırsatlarına erişimi sağlanmalı; dijital araçların etkin kullanımı konusunda rehberlik ve destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.
- Dijital materyal ve araçların tüm öğrenciler için erişilebilir olması sağlanmalıdır. Ayrıca öğrencilerin farklı öğrenme stillerine uygun esnek içerikler tasarlanmalı ve bireysel öğrenme ihtiyaçları gözetilerek özelleştirilmiş öğrenme yolları sunulabilir.
- Etkileşimli, görsel ve deneysel dijital ortamlar, öğrencilerin derse ilgisini ve öğrenme motivasyonunu artırmak için kullanılabilir. Özellikle artırılmış ve sanal

gerçeklik uygulamaları, öğrencilerin keşfetmeye dayalı öğrenmesini destekleyebilmelidir.

- Fen eğitiminde teknoloji kullanımının uzun vadeli etkilerini izleyen ve ölçen araştırmalar artırılmalıdır. Ayrıca öğretim uygulamalarının etkinliği, öğrenci geri bildirimleri ve öğrenme verileri ışığında sürekli olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abdusselam, M. S. ve Karal, H. (2020). The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(4), 407-424. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1766550>
- Abdüsselam, M. S. (2014). Artırılmış gerçeklik ortamı kullanılarak fizik dersi manyetizma konusunda öğretim materyalinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi [Yayımlanmamış doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Akçayır, M., Akçayır, G., Pektas, H. M. & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342. DOI: 10.1016/j.chb.2015.12.054.
- Bayraktar, S. (2001). A Meta-analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Science Education. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(2), 173-188.
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional hands-on laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237.
- Bozkurt, E. (2021). Fen öğretiminde simülasyonların ve android uygulamalarının yeri ve önemi. Say, S. ve Yıldırım, F.S. (Ed), *Fen öğretiminde yeni yaklaşımlar-II* (s. 252-272) içinde. Pegem Akademi.
- Chiang, T. H., Yang, S. J. ve Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students'

- learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365. <https://www.jstor.org/stable/pdf/jeductechsoci.17.4.352.pdf>
- Çankaya, B. ve Girgin, S. (2018). Artırılmış gerçeklik teknolojisinin fen bilimleri dersi akademik başarısına etkisi. *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(30), 4283-4290.
- De Jong, & Maria, T. (2003). *How Well Suited Are Electronic Books To Supporting*.
- Enriquez, A.G. (2010). Enhancing Student Performance Using Tablet Computers. *College Teaching*, 58.
- Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M.P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111
- Furió, D., Hachet, M., Guillet, J. P., Bousquet, B., Fleck, S., Reuter, P. ve Canioni, L. (2015, June). AMI: Augmented michelson interferometer. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. DTE09). Optica Publishing Group.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Hennessy, S., Deaney, R. ve Ruthven, K. (2006). Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, 28(7), 701-732.

- Hwang, G. J., Wu, P. H., Chen, C. C. ve Tu, N. T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1895-1906.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1057747>
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. ve Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>
- Keçeci, G., Yıldırım, P. ve Kırbağ Zengin, F. (2018). Mobil Artırılmış Gerçeklik ve Fen Eğitimi. A. Işcan (Ed.). *Eğitim Bilimlerinde Örnek Araştırmalar içinde* (1. Baskı, s. 355-366). Nobel Akademik.
- Kececi, G., Yildirim, P. ve Zengin, F. K. (2021). Determining the effect of science teaching using mobile augmented reality application on the secondary school students' attitudes of toward science and technology and academic achievement. *Science Education International*, 32(2), 137-148. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.7>
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S. ve Woolard, A. (2006). "Making it real": Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10, 163-174.
- Koehler, M. ve Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Küçük, S., Kapakin, S. ve Göktaş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and

- cognitive load. *Anatomical Sciences Education*, 9(5), 411-421.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- OECD (2021). Artificial intelligence and education and skills. <https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence-and-education-and-skills.html>. Adresinde 01.02.2026 erişildi.
- Onbaşılı, Ü. İ. (2018). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilkökul öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına ve fen motivasyonlarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, 18, 320-337. <https://doi.org/10.12984/egeefd.390018>
- Özkan, O. (2016). Yaygın olarak kullanılan presense anketlerinin günümüz sanal gerçeklik teknolojisi ile uygunluğu [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bahçeşehir Üniversitesi.
- Özocak, T. (2022). Artırılmış gerçeklik teknolojisinin 7. sınıf hücre ve bölünmeleri ünitesinde öğrencilerin akademik başarılarına, kalıcılık düzeylerine, artırılmış gerçeklik teknolojisine karşı tutumları ve bilişim teknolojilerinden yararlanma düzeylerine etkisi [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Trakya Üniversitesi.
- Pérez-López, D. ve Contero, M. (2013). Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge

- acquisition and retention. Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET, 12(4), 19-28.
- Rukancı, F. & Anameriç, H. (2003). E-Kitap Teknolojisi ve Kullanımı. Türk Kütüphaneciliği, 17 (2).
- Rutten, N. P. G., van Joolingen, W. R. & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. Computers & Education, 58(1), 136–153. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017
- Schindler, L. A., Burkholder, G. J., Morad, O. A. & Marsh, C. (2017). “Computer-based technology and student engagement: A critical review of the literature”. International Journal of Educational Technology in Higher Education.
- Sırakaya, M. (2015). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, kavram yanlışları ve derse katılımlarına etkisi [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Siemens, G. & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. EDUCAUSE Review, 46(5), 31–40.
- Sırakaya, M. ve Alsancak Sırakaya, D. (2018). Trends in educational augmented reality studies: a systematic review. Malaysian Online Journal of Educational Technology, 6(2), 60-74. <https://dx.do.org/10.17220/mojet.2018.04.005>
- Sung, Y. T., Chang, K. E. & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. Computers & Education, 94, 252–275.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285.

- Tün, Ş. (2022). *Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile yürütülen vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğrencilerin akademik başarılarına ve artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına etkisi.* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Aksaray Üniversitesi.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Yetişir, H. (2019). *Mobil cihazlarla artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı, tutum ve kalıcılığına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi.
- Zacharia, Z. C., de Jong, T., & diğerleri (2020). *Examining effects of virtual, hands-on & hybrid laboratories on students' conceptual understanding: A review/meta-analysis.*

FEN EĞİTİMİ İLE GIDA OKURYAZARLIĞININ İLİŞKİSİ

Songül KESEN¹

Emre Harun KARAASLAN²

1. GİRİŞ

Gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda ile ilgili bilgileri anlaması, bu bilgileri kullanabilmesi ve beslenme seçimlerini eleştirel bir şekilde değerlendirebilmesi olarak tanımlanabilir. Bu kapsam, fen eğitiminin kimya, biyoloji ve fizik alt disiplinleriyle doğrudan ilişkilidir. Gıda okuryazarlığı, gıdanın bileşimi, üretimi, işlenmesi, güvenliği ve çevresel etkileri hakkında bilimsel bilgiye dayalı farkındalık geliştirmeyi içermektedir. Fen eğitimi açısından gıda okuryazarlığı, öğrencilerin maddelerin yapısı ve özellikleri, biyolojik sistemler ve metabolik süreçler, enerji dönüşümleri ve fiziksel değişimler gibi temel fen kavramlarını günlük yaşamla ilişkilendirerek öğrenmelerine olanak tanımaktadır. Böylece gıda okuryazarlığı, fen eğitiminde yalnızca bir içerik alanı değil, öğrenmeyi derinleştiren bir pedagojik araç niteliği kazanmaktadır. Eğitim bilimleri perspektifinden bakıldığında, fen okuryazarlığının geliştirilmesi için öğrencilerin bilimsel bilgiyi anlamlandırma, sorgulama ve uygulama süreçlerine aktif olarak katılması gerekmektedir. Gıda temelli fen eğitimi, bu süreçleri destekleyen bir yapı sunmaktadır. Örneğin, gıdalardaki kimyasal değişimlerin incelenmesi,

¹ Doç. Dr., Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gaziantep/Türkiye, ORCID: 0000-0003-0587-1721.

² Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojisi Bölümü, Gaziantep/Türkiye, ORCID: 0000-0002-4012-0416.

mikroorganizmaların gıda üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi, ısı, basınç ve faz değişimlerinin gıda örnekleri üzerinden açıklanması öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanmalarını teşvik etmektedir. Bu yönüyle gıda okuryazarlığı, fen eğitiminin sorgulamaya dayalı ve deneyimsel öğrenme hedefleriyle örtüşmektedir.

Gıda, öğrencilerin günlük yaşamlarında sürekli karşılaştıkları bir olgu olduğundan, fen kavramlarının yapılandırılmasında etkili bir başlangıç noktası oluşturmaktadır. Gıda, bireylerin günlük yaşamda sürekli karşılaştıkları; kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçleri aynı anda içeren karmaşık bir sistemdir. Bu yönüyle gıda okuryazarlığı, fen eğitimi açısından güçlü ve işlevsel bir öğretim bağlamı sunmaktadır. Gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda seçimlerini etkileyen bilgi, motivasyon ve becerileri kapsar. Bu bağlamda, okullarda gıda ve beslenme eğitimi, öğrencilerin sağlıklı beslenme alışkanlıkları kazanmaları açısından önemlidir (Doustmohammadian ve ark., 2017; Doustmohammadian ve ark., 2020). Örneğin, çeşitli eğitimci katılımcıların yer aldığı atölyelerin düzenlenmesi, çocukların sağlıklı yiyecekler hakkında bilgi edinmelerini ve bu bilgileri günlük yaşamlarında uygulamalarını kolaylaştırmaktadır (Mancone ve ark., 2024).

Eğitim sistemine gıda okuryazarlığının entegre edilmesi, bu konudaki farkındalığı artırmanın yollarından biridir. Okul müfredatında gıda eğitiminin yer alması, öğretim yöntemlerinin çeşitlendirilmesi ve interaktif öğrenme süreçlerinin teşvik edilmesi önemlidir (Hasan ve ark., 2019; Doustmohammadian ve ark., 2020). Gıda okuryazarlığı eğitimi, sadece besinlerin içeriği hakkında bilgi vermenin ötesine geçmeli, aynı zamanda öğrencilere alışveriş yapma, gıda hazırlama becerileri gibi pratik yetenekler kazandırmayı da içermelidir (Hasan ve ark., 2019; Schlemper ve ark., 2025). Gıda temelli fen eğitiminde ise gözlem, deney yapma, veri toplama ve sonuç çıkarma gibi bilimsel süreç

becerilerinin geliştirilmesini desteklemelidir (Harlen, 2010). Gıdalardaki fiziksel ve kimyasal değişimlerin incelenmesi, öğrencilerin madde ve enerji kavramlarını somut örnekler üzerinden anlamalarını sağlamaktadır (Millar, 2006).

Ayrıca, öğretim mutfakları ve benzeri uygulamaların, öğrencilerin gıda becerilerini geliştirmede önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Bu tür uygulamaların bireylerde sağlıklı alışkanlıkların yerleşmesine yardımcı olduğu ve gıda okuryazarlığını artırmada etkili olduğu belirtilmiştir (Schlemper ve ark., 2025; Daker ve ark., 2024). Gıda eğitimi, yalnızca okul müfredatında yer almakla kalmayıp, ailelerin de desteklediği bir süreç olarak ele alınmalıdır. Araştırmalar, ailelerin evde gıda ve beslenme eğitimi sağlamada istekli olduğunu fakat daha fazla destek almaya ihtiyaç duyduklarını göstermektedir (Lai-Yeung, 2015).

1.1. Fen Öğretim Programları Açısından Gıda Okuryazarlığı

Uluslararası fen eğitimi çerçevelerinde, fen okuryazarlığının geliştirilmesi için bağlam temelli ve disiplinlerarası öğretim yaklaşımlarının önemi vurgulanmaktadır (DeBoer, 2000). Fen öğretim programlarında yer alan birçok kazanım, gıda okuryazarlığı ile doğrudan ilişkilendirilebilmektedir. Fen okuryazarlığı, bireylerin bilimsel bilgiyi toplumsal ve bireysel sorunların çözümünde kullanabilme yeterliliğini ifade etmektedir. Gıda okuryazarlığı ise bu yeterliliğin gıda bağlamındaki somut bir yansımasıdır. Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel kavramları gıda üzerinden ele almalarını sağlayarak soyut bilgilerin anlamlı hâle gelmesine katkı sunmaktadır. Eğitim bilimleri perspektifinden değerlendirildiğinde, gıda okuryazarlığı fen eğitiminin toplumsal işlevini güçlendiren önemli bir bileşen olarak görülmektedir. Özellikle, madde ve değişim, canlılar ve yaşam, enerji ve çevre,

öğrenme alanları, gıda bağlamı üzerinden ele alındığında öğrenciler için daha anlaşılır ve işlevsel hâle gelmektedir. Eğitim bilimleri açısından bu durum, öğretim programlarının bağlam temelli ve disiplinlerarası bir anlayışla uygulanmasına katkı sağlamaktadır.

1.2. Gıda Okuryazarlığının Toplumsal ve Bireysel Yansımaları

Gıdaya ilişkin bilimsel bilginin anlaşılması ve yorumlanması, fen eğitiminin hedeflediği bilimsel düşünme, sorgulama ve karar verme becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. Fen eğitimi kapsamında kazanılan kimya, biyoloji ve fizik temelli bilgiler; bireylerin besin öğelerini, kimyasal katkı maddelerini, mikroorganizmaların gıda üzerindeki etkilerini ve enerji dönüşümlerini anlamalarını mümkün kılmaktadır. Sağlıklı beslenme ile ilgili bilinçlenme ve kritik düşünme becerilerinin geliştirilmesi, geniş bir kitleye ulaşarak toplum sağlığını olumlu yönde etkiler. Bu bağlamda, gıda okuryazarlığı bireylerin yalnızca kişisel sağlıkları üzerinde değil, aynı zamanda toplumsal sağlığın iyileştirilmesinde de belirleyici bir rol oynamaktadır (Vettori ve ark., 2019; Doustmohammadian ve ark., 2020). Örneğin, toplumda yaygınlaşan hızlı gıda tüketimi alışkanlıklarına karşı gençlerin aktif bir şekilde duruş sergileyebilmesi, onların gıda okuryazarlığı düzeylerinin yüksek olmasına bağlıdır (Doustmohammadian ve ark., 2017). Bununla birlikte, genç bireylerin sağlıklı beslenme konularında eğitim almaları, ilerleyen yaşlarda daha bilinçli yetişkinler haline gelmelerini sağlamakta ve böylece obezite ve diğer beslenmeye bağlı hastalıkların azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Hasan ve ark., 2019).

1.3. Gıda Okuryazarlığının Bileşenleri ve Fen Eğitimi ile İlgisi

Gıda okuryazarlığı çok boyutlu bir yapı sergilemekte olup aşağıdaki temel bileşenlerden oluşmaktadır:

Bilişsel Boyut (Bilgi ve Anlayış): Fen eğitimi, bilişsel boyutun geliştirilmesinde temel bir öğrenme alanı olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Bu kapsam, fen eğitiminin kimya, biyoloji ve fizik disiplinleriyle doğrudan ilişkilidir. Fen eğitimi yoluyla öğrenciler; besin öğelerinin kimyasal yapısını, biyolojik sistemlerdeki işlevlerini ve gıda sistemlerinde gerçekleşen fiziksel değişimleri öğrenmektedir. Gıdalardaki kimyasal tepkimeler, fiziksel değişimler ve biyolojik süreçler, fen kavramlarının bilişsel düzeyde anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, ısı, sıcaklık ve faz değişimi gibi fizik kavramları gıdaların pişirilmesi süreci üzerinden; enzimatik reaksiyonlar ve mikroorganizma faaliyetleri biyoloji bağlamında; çözelti, asit-baz dengesi ve oksidasyon gibi kimya kavramları ise gıda örnekleri üzerinden ele alınabilmektedir.

Gıda okuryazarlığının en temel bileşeni, beslenme bilgisi ve anlayışdır. Bireylerin sağlıklı beslenme ilkeleri, besin grupları ve besinlerin sağlığa etkileri üzerine sahip oldukları bilgi, gıda okuryazarlığını belirleyen önemli bir unsurdur (Krause ve ark., 2016; Poelman ve ark., 2018). Bu bileşen, besin bilgisi ve sağlıklı beslenme prensiplerini içerir. Besin bilgisi, bireylerin besinlerin içerikleri, kalori, vitamin ve mineral açısından bilgi sahibi olmaları, sağlıklı besin seçimleri yapmalarını kolaylaştırır. Bu bilgi, gıda etiketlerini anlamak ve değerlendirmek için gereklidir (Poelman ve ark., 2018; Liu ve ark., 2021). Sağlıklı beslenme prensipleri ise sağlıklı beslenmenin temel ilkelerinin anlaşılması, bireylerin diyetlerinde çeşitli besin gruplarını dengelemelerine yardımcı olur. Örneğin, meyve ve sebzelerin önemi, tam tahıllar ve sağlıklı yağların tüketimi gibi konular bu bileşenin

kapsamındadır (Vaitkeviciute ve ark., 2014; Doustmohammadian ve ark., 2017).

Davranışsal Boyut (Uygulama ve Beceriler): Fen eğitimi, gıdaya ilişkin bilimsel bilgilerin davranışa dönüştürülmesini sağlayarak bireylerin bilinçli, sorumlu ve sürdürülebilir gıda davranışları geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Fen eğitimi kapsamında kazanılan bilimsel bilgiler, bireylerin gıda güvenliği, hijyen, saklama koşulları ve tüketim alışkanlıklarına yönelik davranışlarını şekillendirmektedir. Bu yönüyle fen eğitimi, gıda okuryazarlığının davranışsal bileşenini destekleyen temel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Gıda okuryazarlığı, bu bilgilerin pratikte nasıl kullanılacağına dair becerileri içermektedir. Bu beceriler, sağlıklı gıda seçimi, hazırlama, pişirme ve saklama gibi işlemleri kapsar (Liu ve ark., 2021; Bailey ve ark., 2019; Slater ve ark., 2018). Gıda seçimi becerilerinde, taze ve sağlıklı gıdaların nasıl seçileceğine dair bilgi ve beceriler, bireylerin market veya pazarda sağlıklı seçimler yapmalarını sağlar. Bu tür beceriler, aynı zamanda gıda israfını azaltma konusunda da faydalıdır (Begley ve ark., 2019a; Bailey ve ark., 2019). Gıda hazırlama ve pişirme aşamalarında, bireylerin sağlıklı yemekler hazırlaması için gereken pişirme becerileri de gıda okuryazarlığının önemli bir parçasıdır. Yemek yapma becerisi, yalnızca sağlıklı gıda seçimleri yapmakla kalmayıp, aynı zamanda bu gıdaların nasıl hazırlanacağı konusunda da bilgi sağlamaktadır (Velardo, 2015; Brooks ve Begley, 2013).

Tutumsal Boyut (Sağlıklı Beslenmeye Yönelik Olumlu Tutumlar): Fen eğitimi kapsamında ele alınan biyolojik, kimyasal ve çevresel süreçler, bireylerin gıdaya ilişkin tutumlarının şekillenmesine katkı sağlamaktadır. Gıda temelli fen etkinlikleri, öğrencilerin gıdanın üretiminden tüketimine kadar olan süreçleri bilimsel bir bakış açısıyla değerlendirmelerini sağlamaktadır. Fen eğitimi ile desteklenen tutumsal boyut, bireylerin sağlıklı besinlerin önemi konusunda bilinçlenmelerine ve sağlıklı

seçimler yapma konusunda motive olmalarına yardımcı olmaktadır. Gıda okuryazarlığının önemli bir bileşeni olan tutumsal boyut, sağlıklı beslenmeye yönelik olumlu tutumları içerir. Olumlu tutumlar, bireylerin sağlıklı yiyecekleri tercih etme, beslenme hakkında bilgi edinme ve sağlıklı yeme davranışlarını sürdürebilme isteklerini artırır.

Eleştirel Boyut (Eleştirel Düşünme ve Değerlendirme): Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel bilginin doğasını anlamalarını ve bilimsel bilgiyi eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmelerini hedeflemektedir. Eğitim bilimleri açısından bakıldığında, eleştirel boyut; öğrencilerin bilimsel argümanları analiz etme, kanıtları karşılaştırma ve mantıksal çıkarımlar yapma becerilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Fen eğitimi, bu becerilerin sistematik olarak kazandırıldığı temel öğrenme alanlarından biridir. Gıda okuryazarlığının eleştirel boyutu ise, bireylerin gıda ile ilgili bilgileri eleştirel bir şekilde değerlendirebilme yeteneğini içerir. Bu, özellikle gıda bilgileri ve beslenme önerileri gibi konularda geçerlidir (Krause ve ark., 2016; Velardo, 2015). Bilgilerin değerlendirilmesinde, bireylerin beslenmeye dair bilgileri medya ve reklamlar gibi çeşitli kaynaklardan elde ederek eleştirel bir bakış açısı ile değerlendirebilmeleri ve gıda tercihlerini yapmaları önemlidir. Bu, sağlıklı yaşam tarzları için doğru kararlar alabilme yeteneğini geliştirir (McNamara ve ark., 2021; Naigaga ve ark., 2018).

1.4. Gıda Okuryazarlığının Toplumsal ve Eğitsel Etkileri

Araştırmalar, fen eğitimi ile desteklenen gıda okuryazarlığı düzeyi yüksek bireylerin daha sağlıklı beslenme davranışları sergilediğini ortaya koymaktadır (Begley ve ark., 2019b). Bu durum, obezite ve beslenmeye bağlı kronik hastalıkların önlenmesinde eğitimin önemini göstermektedir. Sürdürülebilirlik boyutu açısından, gıda okuryazarlığı,

sürdürülebilir tüketim davranışlarının geliştirilmesinde önemli bir araçtır. Bireylerin yerel gıda tercihleri, gıda israfını azaltma ve çevre dostu tüketim alışkanlıkları, sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmektedir. Tüketici bilinci ve gıda güvenliği açısından, gıda okuryazarlığı, bireylerin gıda güvenliği risklerini tanıma ve önleyici davranışlar geliştirme becerilerini artırmaktadır.

2. SONUÇ

Eğitim bilimleri perspektifinden değerlendirildiğinde, gıda okuryazarlığı fen eğitimi için güçlü bir bağlamsal öğrenme aracı sunmaktadır. Gıda temelli fen eğitimi; öğrencilerin fen kavramlarını günlük yaşamla ilişkilendirmelerini, bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerini ve fen okuryazarlığı düzeylerini artırmalarını desteklemektedir. Gıda okuryazarlığı, bireylerin sağlıklı beslenme kararları alabilmeleri için gerekli olan bilgi, beceri ve eleştirel değerlendirme yeteneklerinin birleşimidir. Bu bileşenler, gıda okuryazarlığının genel yapısını oluşturmakta ve bireylerin sağlıklı bir yaşam sürmelerine olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, gıda okuryazarlığı, eğitim bilimleri açısından sadece bireylerin değil, toplumun sağlığı ve refahı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Eğitim sistemleri, gıda okuryazarlığını geliştirmek için yenilikçi yaklaşımlar benimsemeli ve bunun gerekliliği konusunda farkındalık oluşturmalıdır. Gıda okuryazarlığı, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve bilinçli tüketim becerilerini destekleyen stratejik bir eğitim alanıdır. Eğitim programlarında bu alana daha fazla yer verilmesi, öğretmen eğitimlerinin güçlendirilmesi ve ölçme-değerlendirme boyutunun geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Bailey, C., Drummond, M., & Ward, P. (2019). Food literacy programmes in secondary schools: a systematic literature review and narrative synthesis of quantitative and qualitative evidence. *Public Health Nutrition*, 22(15), 2891-2913. <https://doi.org/10.1017/s1368980019001666>
- Begley, A., Paynter, E., Butcher, L. M., & Dhaliwal, S. S. (2019b). Effectiveness of an adult food literacy program. *Nutrients*, 11(4), 797. <https://doi.org/10.3390/nu11040797>
- Begley, A., Paynter, E., Butcher, L., & Dhaliwal, S. (2019a). Examining the Association between Food Literacy and Food Insecurity. *Nutrients*, 11(2), 445. <https://doi.org/10.3390/nu11020445>
- Brooks, N. and Begley, A. (2013). Adolescent food literacy programmes: A review of the literature. *Nutrition & Dietetics*, 71(3), 158-171. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12096>
- Daker, R., Challamel, G., Hanson, C., & Upritchard, J. (2024). Cultivating Healthier Habits: The Impact of Workplace Teaching Kitchens on Employee Food Literacy. *Nutrients*, 16(6), 865. <https://doi.org/10.3390/nu16060865>
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Doustmohammadian, A., Omidvar, N., & Shakibazadeh, E. (2020). School-based interventions for promoting food and nutrition literacy (FNLIT) in elementary school

- children: a systematic review protocol. *Systematic Reviews*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01339-0>
- Doustmohammadian, A., Omidvar, N., Mohammadi, N., Abdollahi, M., Amini, M., & Eini-Zinab, H. (2017). Developing and validating a scale to measure Food and Nutrition Literacy (FNLIT) in elementary school children in Iran. *Plos One*, 12(6), e0179196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179196>
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Published by the Association for Science Education. ISBN 978 0 86357 4 313.
- Hasan, B., Thompson, W., Almasri, J., Wang, Z., Lakis, S., Prokop, L., ... & Murad, M. (2019). The effect of culinary interventions (cooking classes) on dietary intake and behavioral change: a systematic review and evidence map. *BMC Nutrition*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40795-019-0293-8>
- Krause, C., Sommerhalder, K., Beer-Borst, S., & Abel, T. (2016). Just a subtle difference? Findings from a systematic review on definitions of nutrition literacy and food literacy. *Health Promotion International*, daw084. <https://doi.org/10.1093/heapro/daw084>
- Lai-Yeung, T. (2015). Hong Kong parents' perceptions of the transference of food preparation skills. *International Journal of Consumer Studies*, 39(2), 117-124. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12158>
- Liu, T., Su, X., Li, N., Sun, J., Ma, G., & Zhu, W. (2021). Development and validation of a food and nutrition literacy questionnaire for Chinese school-age children.

- Plos One, 16(1), e0244197.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244197>
- Mancone, S., Corrado, S., Tosti, B., Spica, G., Siena, F., Misiti, F., ... & Diotaiuti, P. (2024). Enhancing nutritional knowledge and self-regulation among adolescents: efficacy of a multifaceted food literacy intervention. *Frontiers in Psychology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1405414>
- McNamara, J., Mena, N., Neptune, L., & Parsons, K. (2021). College Students' Views on Functional, Interactive and Critical Nutrition Literacy: A Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1124.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18031124>
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499–1521.
<https://doi.org/10.1080/09500690600718344>
- Naigaga, D., Pettersen, K., Henjum, S., & Guttersrud, Ø. (2018). Assessing adolescents' perceived proficiency in critically evaluating nutrition information. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1).
<https://doi.org/10.1186/s12966-018-0690-4>
- Poelman, M., Dijkstra, S., Sponselee, H., Kamphuis, C., Battjes-Fries, M., Gillebaart, M., ... & Seidell, J. (2018). Towards the measurement of food literacy with respect to healthy eating: the development and validation of the self perceived food literacy scale among an adult sample in the Netherlands. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1).
<https://doi.org/10.1186/s12966-018-0687-z>

- Schlemper, I., Costa, M., Pinheiro, P., & Serpa, P. (2025). Educação Alimentar E Nutricional Na Prática Docente. *Lev*, 16(49), 7775-7790. <https://doi.org/10.56238/levv16n49-110>
- Slater, J., Falkenberg, T., Rutherford, J., & Colatruglio, S. (2018). Food literacy competencies: A conceptual framework for youth transitioning to adulthood. *International Journal of Consumer Studies*, 42(5), 547-556. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12471>
- Vaitkeviciute, R., Ball, L., & Harris, N. (2014). The relationship between food literacy and dietary intake in adolescents: a systematic review. *Public Health Nutrition*, 18(4), 649-658. <https://doi.org/10.1017/s1368980014000962>
- Velardo, S. (2015). The Nuances of Health Literacy, Nutrition Literacy, and Food Literacy. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 47(4), 385-389.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2015.04.328>
- Vettori, V., Lorini, C., Milani, C., & Bonaccorsi, G. (2019). Towards the Implementation of a Conceptual Framework of Food and Nutrition Literacy: Providing Healthy Eating for the Population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5041. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245041>

21. YÜZYIL FEN EĞİTİMİNDE YENİ BİR PARADİGMA: YEŞİL BECERİLER

Öznur ÇAMBAY¹

1. GİRİŞ

21. yüzyılda fen eğitimi, sadece doğa kanunlarını öğreten bir disiplin olmaktan çıkıp; öğrencilere gezegenin sınırları dahilinde refah yaratacak yeşil yetkinlikleri kazandıran stratejik bir rehberle dönüşmelidir. (Brundiers vd.,2021). Dünya genelinde artan çevre sorunları iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, doğal kaynakların tükenmesi gibi sürdürülebilir kalkınma perspektifinden ele alınmayı zorunlu kılmaktadır (Pauw vd., 2015; Waltner vd., 2019). Bu bağlamda, eğitim sistemlerinin çevresel çerçevede yeniden yapılandırılması; özellikle fen eğitimi alanında öğrenenlerin çevre ile ilgili bilgi, tutum ve becerilerini geliştirmesi kritik bir gereklilik haline gelmiştir.

Fen eğitimi, doğası gereği bilimsel süreç becerilerini ve eleştirel düşünmeyi ön planda tutar. Ancak güncel eğitim paradigması içerisinde bu becerilerin çevresel okuryazarlık ve sürdürülebilir davranışlara dönüştürülmesi, yalnızca bilgi aktarımının ötesinde yeni eğitim hedeflerini zorunlu kılmaktadır (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2017). Bu hedeflere ulaşmada öne çıkan kavramlardan biri de yeşil becerilerdir. Yeşil beceriler çevresel korunma, sürdürülebilir yaşam, doğal kaynakların verimli kullanımı gibi alanlarda öğrencinin yeterlik geliştirmesi hem bireysel davranış değişimini hem de toplumsal dönüşümü hedefler (Kwauk & Casey, 2022). Bu nedenle fen eğitiminde yeşil beceriler, sürdürülebilir kalkınma bağlamında yalnızca bilgi

¹ Dr. ORCID: 0000-0002-6761-108X.

düzeyinde değil, davranışsal ve uygulamalı boyutlarda da ele alınmalıdır.

Fen eğitimi programları, öğrenme hedefleri içinde sürdürülebilirlik ve çevresel farkındalığı daha fazla yerleştirme eğilimindedir. Örneğin, 2024 fen bilimleri öğretim programının sürdürülebilir kalkınma boyutuyla ilişkilendirilmesi yapılan son değerlendirmeler, bu yönde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir; ancak sürdürülebilir kalkınma eğitiminin ekonomik boyuta yönelik kazanımlar ve sürdürülebilirlik okuryazarlığı bileşenlerinin yeterli düzeyde yer almadığı da belirlenmiştir (Yüzbaşıoğlu, 2025). Bu durum, yeşil becerilerin fen eğitimine etkin entegrasyonunun hâlen bir uygulama ve içerik tasarımı sorunu olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu kitap bölümünde, fen eğitiminde yeşil beceriler kavramsal bir çerçevede tanımlanacak; bu becerilerin sürdürülebilirlik ve çevresel okuryazarlık yaklaşımlarıyla ilişkisi irdelenecek ve eğitim uygulamalarının bu hedeflere nasıl katkı sağladığı bilimsel literatür ışığında tartışılacaktır. Bölüm, öğretim stratejileri ve ölçme-değerlendirme boyutlarını da içine alarak hem teorik hem uygulamalı bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır.

2. KÜRESEL ÇEVRE SORUNLARI

Küresel çevre sorunları, yalnızca belirli ülkeleri etkilemekle kalmayıp dünya ölçeğinde tüm ekosistemleri, insan sağlığını ve sürdürülebilir kalkınma süreçlerini derinden etkileyen karmaşık yapılar olarak tanımlanmaktadır (Atasoy, 2005; Özdemir, 2016). Bu sorunların büyük bir kısmı insan faaliyetlerinin yoğunlaşmasıyla ilişkilidir ve birbirleriyle etkileşim halindedir. Birleşmiş Milletler ve diğer uluslararası bilimsel kuruluşlar, günümüzde karşı karşıya olunan çevresel krizlerin iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, kirlilik, doğal

kaynakların tükenmesi **ve** ekosistem bozulması gibi ana başlıklar etrafında şekillendiğini vurgulamaktadır

İklim değişikliği; sera gazı emisyonlarının artışı sonucu küresel ortalama sıcaklıkların yükselmesi, deniz seviyelerinin artması, ekstrem hava olaylarının şiddetlenmesi ve ekosistemlerde geri dönüşü zor değişiklikler gibi sonuçlara yol açmaktadır. Artan sıcaklıklar yalnızca biyolojik süreçleri etkilemekle kalmaz, aynı zamanda su döngüsü, tarımsal üretim ve insan sağlığı üzerinde de ciddi baskılar oluşturur (UNESCO, 2025)

Biyoçeşitlilik kaybı, özellikle tropikal ormanlar, deniz habitatları ve tatlı su ekosistemlerinde ciddi düzeyde gözlemlenmektedir. Dünya genelinde milyonlarca tür tehlike altında olup, özellikle su kaynakları üzerindeki baskılar bu türlerin yok olma riskini artırmaktadır. Bu durum, sadece doğal dengenin bozulmasına değil, aynı zamanda gıda güvenliği, ilaç hammaddesi temini ve insanların kültürel mirasları üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Kirlilik ise hava, su ve toprak üzerinden hem canlı yaşamını hem de ekosistem hizmetlerini tehdit etmektedir. Sanayileşmenin ve hızlı nüfus artışının bir sonucu olarak ortaya çıkan hava kirleticiler, su kaynaklarına karışan endüstriyel atıklar ve toprakta biriken toksik maddeler, çevresel bozulmayı şiddetlendirirken insan sağlığına doğrudan zarar vermektedir. Ayrıca doğal kaynakların aşırı tüketimi ve ekosistemlerin tahribatı, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Ormansızlaşma, çölleşme ve su kaynaklarının kötü yönetimi gibi süreçler, hem biyolojik çeşitliliğin hem de insan toplumlarının dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemektedir

Bu çok boyutlu çevresel sorunlar, uluslararası toplum tarafından “**üçlü gezegensel kriz**” olarak ifade edilen iklim krizi,

biyoçeşitlilik kaybı ve kirlilik ekseninde değerlendirilmektedir; bu çerçeve, sorunların birbirini nasıl beslediğini ve sistematik çözüm gerektirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, fen eğitiminde öğrencilerin hem bu küresel sorunları anlamaları hem de çözüm odaklı düşünme ve davranış becerileri geliştirmeleri kritik bir eğitim hedefi olarak ön plana çıkmaktadır.

2.1. Küresel Çevre Sorunlarının Eğitimde Yeri

Küresel çevre sorunlarının giderek artan karmaşıklığı, bu sorunların yalnızca teknolojik ve politik çözümlerle değil, aynı zamanda eğitim yoluyla uzun vadeli ve kalıcı biçimde ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Eğitim, bireylerin çevresel sorunları tanımasını, bu sorunların neden-sonuç ilişkilerini kavramasını ve çözüm süreçlerine aktif biçimde katılmasını sağlayan temel bir toplumsal mekanizma olarak değerlendirilmektedir (UNESCO, 2017). Bu bağlamda çevre eğitimi, bireylerin çevreye ilişkin bilgi düzeylerini artırmanın ötesinde, değer, tutum ve davranış değişikliği oluşturmayı amaçlayan bütüncül bir süreçtir.

Çevresel sorunların eğitimde ele alınması, ilk olarak 1970’li yıllarda çevre eğitimi hareketleriyle gündeme gelmiş; zamanla bu yaklaşım sürdürülebilir kalkınma eğitimi (Education for Sustainable Development – ESD) çerçevesinde daha kapsamlı bir yapıya kavuşmuştur (UNESCO; 2014). Sürdürülebilir kalkınma eğitimi, bireylerin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları birlikte değerlendirebilmesini ve bu boyutlar arasında denge kurabilmesini hedefler. Bu yaklaşımda çevre sorunları, soyut kavramlar olarak değil, bireyin günlük yaşamıyla ilişkilendirilmiş somut problemler olarak ele alınmaktadır (Sterling, 2010).

Güncel eğitim politikaları incelendiğinde, küresel çevre sorunlarının eğitimdeki yerinin uluslararası çerçevelerle de desteklendiği görülmektedir. Birleşmiş Milletler tarafından

belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, özellikle “Nitelikli Eğitim” ve “İklim Eylemi” hedefleri aracılığıyla çevre ve eğitimi doğrudan ilişkilendirmektedir (United Nations [UN], 2015). Bu hedefler, eğitim sistemlerinin bireyleri çevresel sorunlara duyarlı, çözüm odaklı ve sürdürülebilir yaşam becerilerine sahip bireyler olarak yetiştirmesini öngörmektedir.

Bu noktada, çevresel sorunların eğitimde ele alınması yalnızca bilişsel kazanımlarla sınırlı kalmamalı; öğrencilerin problem çözme, karar verme ve eyleme geçme becerilerini de kapsamalıdır (Ardoın vd.,2020). Özellikle fen eğitimi bağlamında çevresel sorunlar, bilimsel bilginin gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilmesine olanak tanıyarak öğrenmenin anlamlılığını artırmaktadır. Bu durum, bir sonraki başlıkta ele alınacak olan fen eğitiminin küresel çevre sorunlarının çözümündeki rolünü daha da önemli hale getirmektedir.

2.2. Fen Eğitiminin Rolü

Fen eğitimi, bireylerin doğayı anlama, açıklama ve yorumlama süreçlerini destekleyen temel disiplinlerden biri olarak küresel çevre sorunlarının kavranması ve çözümüne yönelik becerilerin geliştirilmesinde merkezi bir rol üstlenmektedir. Fen bilimleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri bilimsel yöntemler aracılığıyla ele alması nedeniyle çevresel sorunların nedenlerini ve sonuçlarını bütüncül bir bakış açısıyla inceleme olanağı sunmaktadır (Bybee, 2013). Bu yönüyle fen eğitimi, öğrencilerin çevresel sorunları yalnızca tanımlayan değil, bu sorunlara yönelik bilimsel temelli çözüm önerileri geliştirebilen bireyler olarak yetişmesini hedefler.

Günümüzde fen eğitiminin rolü, geleneksel bilgi aktarımının ötesine geçerek öğrencilerin bilimsel okuryazarlık, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini çevresel bağlamda kullanabilmelerini sağlamaya odaklanmaktadır (OECD, 2019). Bilimsel okuryazarlık, bireylerin bilimsel

kavramları günlük yaşamla ilişkilendirebilmesini ve bilimsel bilgiyi toplumsal karar alma süreçlerinde kullanabilmesini içerir. Çevresel sorunların karmaşık yapısı göz önüne alındığında, bu beceri fen eğitiminin çevreye duyarlı bireyler yetiştirmedeki önemini daha da artırmaktadır (Pauw vd., 2015; Ateş, 2019).

Bu bağlamda fen eğitimi, küresel çevre sorunlarının çözümünde yalnızca bilgi kazandıran bir alan değil; aynı zamanda yeşil becerilerin geliştirilmesine zemin hazırlayan temel bir eğitim alanı olarak değerlendirilmektedir (Akgül, 2020). Öğrencilerin çevresel sorunlara karşı sorumluluk üstlenmeleri, sürdürülebilir çözümler üretmeleri ve çevre dostu davranışlar geliştirmeleri, fen eğitiminin hedeflediği çağdaş öğrenme çıktıları arasında yer almaktadır (Ateş, 2019). Bu nedenle, bir sonraki bölümde ele alınacak olan yeşil beceriler kavramı, fen eğitiminin çevresel boyutunu güçlendiren temel bir çerçeve sunmaktadır.

Fen eğitiminin çevresel sorunların kavranması ve çözümüne sağladığı katkılar, öğrencilerin yalnızca bilgi düzeyinde değil, aynı zamanda tutum, değer ve davranış boyutlarında da gelişim göstermelerini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, fen eğitimi programları ve öğretim süreçlerinde yeşil becerilerin geliştirilmesi, öğrencilerin çevreye duyarlı ve sürdürülebilir yaşam pratiğine sahip bireyler olarak yetişmelerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bir sonraki bölümde, fen eğitiminde odaklanılması gereken temel kavramlardan biri olan yeşil beceriler, tanımları ve bileşenleri çerçevesinde ele alınacaktır.

Küresel Bağlam: 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ve Yeşil Dönüşüm

Yüzyılın başında küresel toplum, iklim krizi, biyoçeşitlilik kaybı, su ve enerji kaynaklarında azalma gibi varoluşsal tehditlerle karşı karşıya kalmıştır. Bu tehditlere yanıt olarak, Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında kabul edilen

2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirliği dengelemeyi hedefleyen kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır (UN, 2015; Rieckmann, 2018). Toplamda 17 temel amaç ve bu amaçları destekleyen 169 stratejik alt hedef üzerine kurgulanan bu çerçeve, gezegenimizin geleceğini koruma altına almayı taahhüt etmektedir. Bu bağlamda fen eğitimi, yalnızca bir öğretim alanı değil, küresel yeşil dönüşümün motor gücü olarak öne çıkmaktadır. Aşağıda, 2030 hedeflerine yön veren 17 temel başlık ve bu başlıkların kapsadığı stratejik alanlar özetlenmiştir (UN, 2015):

SKH 1. Yoksulluğa Son: Yoksul yaşamı dünyanın her yerinde bitirmek.

SKH 2. Açlığa Son: İyi, sağlıklı ve temiz gıdaya ulaşmak.

SKH 3. Sağlık ve Kaliteli Yaşam: Daha sağlıklı ve kaliteli bir yaşamı herkes için sağlamak.

SKH 4. Nitelikli Eğitim: Kapsayıcı, herkes için adil, yaşam boyu öğrenim fırsatlarının içerilmesi.

SKH 5. Toplumsal Cinsiyet Eşitliği: Kadının toplumdaki yerinin güçlendirmek ve toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlamak.

SKH 6. Temiz Su ve Sanitasyon: Kanalizasyon ve su yönetiminde sürdürülebilir yöntemler kullanmak.

SKH 7. Erişilebilir ve Temiz Enerji: Herkes için satın alınabilir ve temiz enerji imkanına erişim olanağı sağlamak.

SKH 8. İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme: İnsan yaşamına yakışır ekonomik büyüme ve istihdam sağlamak.

SKH 9. Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı: Yenilikçi ve sürdürülebilir sanayi alanları geliştirmek.

SKH 10. Eşitsizliklerin Azaltılması: Dünya vatandaşları arasında eşitsizlikleri azaltmak.

SKH 11. Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar: Güvenli şehirler ve toplulukları oluşturmak.

SKH 12. Sorumlu Üretim ve Tüketim: Üretim ve tüketim de sorumlu sürdürülebilir davranışlar sergilemek.

SKH 13. İklim Eylemi: İklim değişikliği ve onun etkileriyle baş edebilmek.

SKH 14. Sudaki Yaşam: Sucul kaynakları korumak ve sürdürülebilir yöntemlerle kullanmak.

SKH 15. Karasal Yaşam: Biyoçeşitliliği korumak, karasal alanlardaki ekosistemleri iyileştirmek ve desteklemek ve çölleşmeyle mücadele etmek.

SKH 16. Barış Adalet ve Güçlü Kurumlar: Barış ve adalet sağlayacak kurumlar oluşturmak.

SKH 17. Amaçlar İçin Ortaklıklar: Global dünyada küresel hedefler ışığında aynı amaçlar için ortak hareket edebilmek.



Şekil 1. 17 Küresel kalkınma hedeflerinin görselleri

Şekil 1’de sunulan grafikler, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’nin (SKH) evrensel sembollerini içermektedir. Dünya genelinde ortak bir farkındalık zemini oluşturmak amacıyla tasarlanan bu ikonografik yapı, her bir hedefi kendine özgü bir renk ve görselle temsil ederek toplumsal bilinci güçlendirmeyi hedefler. Bu küresel vizyonun bir sonucu olarak, aralarında Türkiye’nin de bulunduğu pek çok ülke, eğitim paradigmalarını sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde modernize etme yoluna gitmiştir.

Bu dönüşümün somut bir örneği olarak Türkiye’de gerçekleştirilen İklim Şûrası (2022) kararları dikkat çekmektedir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde

alınan 213 numaralı tavsiye kararı; öğretim programlarının sürdürülebilir kalkınma perspektifiyle yeniden ele alınmasını ve eğitim müfredatının güncel ihtiyaçlara göre revize edilmesini öngörmüştür (Kalkan, 2023). Bu stratejik adım, fen eğitimi başta olmak üzere tüm eğitim kademelerinde yeşil dönüşümün kurumsallaşması adına kritik bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Fen eğitimi, SKA'lar aracılığıyla öğrencilerin bilimsel bilgi, eleştirel düşünme ve sürdürülebilir yaşam becerileri kazanmalarını sağlayarak, bireylerin yerel ve küresel çevresel sorunlara etkili müdahalelerde bulunmalarına imkân tanır (Leal Filho, 2023; Sterling, 2011).

3. YEŞİL BECERİLER KAVRAMI – TANIMLAR

Yeşil beceriler kavramı, dünyanın iklim değişikliği , çevresel bozulma ve kaynak tükenmesi gibi zorluklarla boğuştuğu son yıllarda önemli bir ilgi görmüştür . Tarihsel olarak, sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik kalkınmaya daha sorumlu bir yaklaşım çağrısında bulunan 1960'lar ve 1970'lerdeki küresel çevre hareketlerinden ortaya çıkmıştır. "Sürdürülebilirlik" terimi, sürdürülebilir kalkınmayı "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" olarak tanımlayan Brundtland Komisyonu'nun 1987 tarihli " Ortak Geleceğimiz " raporunda popüler hale getirilmiştir (Hajian & Kashani, 2021). O zamandan beri, yeşil becerilere verilen önem, bireyleri tarım, inşaat, ulaşım ve enerji de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde sürdürülebilir uygulamalara katılmak için gerekli bilgi, yetkinlik ve değerlerle donatmaya odaklanarak gelişmiştir.

Yeşil beceriler, özellikle Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'inde (SDH) belirtilenler gibi küresel çevre hedefleri bağlamında, özellikle SDH 7 (Uygun fiyatlı ve temiz enerji), SDH 11 (Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar) ve SDH 12

(Sorumlu tüketim ve üretim) açısından son derece önemlidir. Tarım da dahil olmak üzere endüstrilerde yeşil bir geçişe duyulan ihtiyacın artan farkındalığı, işgücünde yeşil becerilerin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi için çerçevelerin geliştirilmesini sağlamıştır (Kwauk & Bilimoria, 2022; UNESCO, 2017). Birçok teorik çerçeve, yeşil becerilerin geliştirilmesi ve uygulanması için temel oluşturmaktadır. Özellikle SDH 4 (Nitelikli Eğitim), yeşil becerilerin kazandırılması noktasında tüm diğer hedeflere ulaşılmasını sağlayan temel araçtır. eğitim ve beceri geliştirmeye yapılan yatırımların bireysel verimliliği artırdığını ve böylece ekonomik katkılarını güçlendirdiğini öne süren insan sermayesi teorisidir (Becker, 2009).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve UNESCO gibi kuruluşlar yeşil becerileri, sürdürülebilir ekonomik ve çevresel uygulamaları destekleyen mesleki ve bireysel yeterlikler kapsamında ele almaktadır (ILO, 2019). Fen eğitimi bağlamında ise yeşil beceriler, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini çevresel sorunların çözümüne yönlendirebilmesini sağlayan bir çerçeve olarak tanımlanmaktadır (Brundiers vd., 2021; Rieckmann 2018).

3.1. Yeşil Becerilerin Ulusal ve Uluslararası Çerçeveleri

Yeşil beceriler kavramı, yalnızca bireysel gelişim bağlamında değil, küresel sürdürülebilirlik hedefleri ve ulusal eğitim politikalarıyla da doğrudan ilişkilendirilmektedir. Uluslararası düzeyde, UNESCO'nun Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi (Education for Sustainable Development – ESD) çerçevesi, öğrencilerin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları bütünleştiren yetkinlikler geliştirmesini hedeflemektedir (UNESCO, 2017). Bu çerçevede yeşil beceriler, bireylerin çevreye duyarlı kararlar alabilmesi, doğal kaynakları verimli

kullanabilmesi ve toplumsal düzeyde sürdürülebilir davranışları desteklemesi için gerekli yeterlikler olarak tanımlanmaktadır.

Uluslararası politika belgeleri ve güncel literatür, 21. yüzyıl fen eğitimini sürdürülebilir bir ekonomik dönüşümün merkezine yerleştirmektedir. Bu bağlamda, Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından yayımlanan kapsamlı rapor (ILO, 2019), yeşil ekonomiye geçişin önündeki en temel engelin "yetenek açığı" olduğunu vurgulayarak, sürdürülebilir bir iş gücü için fen temelli STEM becerilerinin kritik önemini ortaya koymaktadır. ILO (2019), yeşil dönüşümün sadece teknik bir değişim olmadığını, aynı zamanda doğa bilimleri prensiplerine dayalı bir "yeşil zihniyet" (green mindset) inşası gerektirdiğini savunmaktadır.

Avrupa Birliği'nin stratejik yönelimleri de bu görüşü destekler niteliktedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı (EU, 2020) ve ardından geliştirilen Avrupa Sürdürülebilirlik Yetkinlik Çerçevesi (GreenComp), vatandaşların karmaşık ekolojik krizleri yönetebilmesi için "bilimsel temelli düşünme" yetisine sahip olmaları gerektiğini beyan etmektedir (Sala vd., 2022). Bu doğrultuda, fen eğitimi programları artık sadece bilimsel bilgi aktarımı değil, aynı zamanda uluslararası raporlarda tanımlanan "kaynak verimliliği" ve "çevresel veri analizi" gibi teknik yeşil becerilerin ilk tohumlarının atıldığı bir ekosistem olarak tanımlanmaktadır.

Pedagojik perspektiften bakıldığında, uluslararası belgelerdeki bu ekonomik ve stratejik beklentilerin eğitimsel karşılığı, fen bilimleri müfredatındaki sorgulama temelli yaklaşımlarla örtüşmektedir. Rieckmann (2018), fen eğitimi programlarının öğrencilere kazandırdığı bilimsel süreç becerilerinin, küresel çevre sorunlarına yönelik çözüm üretme kapasitesini doğrudan artırdığını ve böylece uluslararası kalkınma hedeflerine işlevsel bir katkı sunduğunu belirtmektedir. Sonuç olarak, küresel raporların öngördüğü karbon nötr gelecek

vizyonu, fen eğitiminin yeşil beceriler paradigması ışığında yeniden yapılandırılmasına bağlıdır. Bu süreçte fen eğitimi, geleneksel sınırlarını aşarak bireylerin ekolojik krizlere bilimsel yanıtlar üretebildiği bir eylem alanına dönüşmektedir. Literatürde güncel olarak vurgulandığı üzere, fen derslerinde kazandırılan kanıt temelli düşünme becerisi, sürdürülebilirlik için bir ön koşul olarak kabul edilmektedir (Sala vd., 2022). Voulvoulis & Burgman (2019) ise fen eğitiminde "sistem düşüncesi" yaklaşımının yeşil becerilerin kalbi olduğunu; öğrencilerin olayları tekil değil, ekosistemin bütüncül bir parçası olarak görmesinin pedagojik bir zorunluluk haline geldiğini ifade etmektedir. STEM odaklı bu yaklaşımlar, Kwakwa vd., (2023) tarafından belirtildiği gibi, öğrencileri sadece akademik başarıya değil, aynı zamanda geleceğin yeşil ekonomisinin sunduğu yeni iş sahalarına hazırlamaktadır. Sonuç olarak; küresel raporların öngördüğü karbon nötr gelecek vizyonu, fen eğitiminin yeşil beceriler paradigması ışığında yeniden yapılandırılmasına ve "bilimsel okuryazarlığın" bir "eylem bilimi" (Hadzigeorgiou & Skoumios, 2019) olarak yeniden tanımlanmasına bağlıdır.

3.2. Milli Eğitim Bakanlığı'nın Sürdürülebilirlik Vizyonu ve Yeşil Beceri Odaklı Girişimleri

Türkiye'de eğitim politikaları, küresel iklim kriziyle mücadele stratejilerini doğrudan müfredata entegre ederek, öğrencilere 21. yüzyılın gerektirdiği yeşil becerileri kazandırmayı hedefleyen bir dönüşüm sürecine girmiştir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 29 Eylül 2022 tarihinde ilan ettiği İklim Değişikliği Eylem Planı ile fen ve sosyal bilimler müfredatlarını bu yeni paradigma çerçevesinde revize edeceğini duyurmuştur. Bu plan, sadece teorik bilgi aktarımını değil; okullarda kurulacak iklim atölyeleri, "gri su" geri kazanım üniteleri ve hava kalitesi ölçüm sistemleri aracılığıyla öğrencilerin kaynak yönetimi ve teknolojik adaptasyon gibi pratik yeşil yetkinliklerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (MEB, 2022a).

Eğitimin dijitalleşme sürecinde Eğitim Bilişim Ağı (EBA) bünyesinde kurulan “Sürdürülebilir Dünya” platformu, çevre bilincini sınıf duvarlarının ötesine taşıyarak dijital yeşil becerilerin inşasına katkı sağlamaktadır. Sıfır atık ve biyomimikri gibi temalarla zenginleştirilen bu platform, öğrencilerin karmaşık çevresel sorunları analiz etme ve sistem düşüncesi geliştirme kapasitelerini artırmaktadır (EBA, 2024). Bu kurumsal çabaların en somut çıktılarından biri olan “Çevre Dostu 1000 Okul” projesi kapsamında geliştirilen “Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği Dersi”, öğrencilere ekolojik sorunlara karşı proaktif çözümler üretme becerisi kazandırarak yeşil dönüşümün pedagojik temelini oluşturmuştur (MEB, 2022b).

Tüm bu yerel ve tematik çalışmalar, Türkiye Yüzyılı vizyonu ile stratejik bir bütünlük arz etmektedir. Bu vizyon, fen ve teknoloji eğitimini merkeze alarak, evrensel sürdürülebilirlik değerlerini yerel çözümlerle harmanlayan, yüksek düzeyde çevresel sorumluluk ve inovasyon becerisine sahip bireyler yetiştirmeyi hedeflemektedir. 2024 yılı hedefleri doğrultusunda, eğitim sisteminin uluslararası kalite standartlarına uyumu sağlanırken, öğrencilerin sadece akademik başarı değil, aynı zamanda geleceğin "yeşil ekonomisine" yön verecek kritik düşünme ve sürdürülebilir yaşam becerileriyle donatılması esas alınmaktadır (MEB, 2024b).

3.3. Fen Eğitiminde Yeşil Becerilerin Kuramsal Temelleri

Fen eğitiminde yeşil becerilerin geliştirilmesi, sürdürülebilirlik odaklı pedagojik yaklaşımlarla bilimsel öğrenmeyi bütünleştiren **kuramsal temellere** dayanmaktadır. Bu temeller, öğrencilerin çevresel farkındalık, eleştirel düşünme, problem çözme ve sürdürülebilir davranış geliştirme gibi yeterlikler kazanmalarını destekleyecek şekilde şekillenmiştir. Son dönemde yapılan çalışmalar, fen eğitiminde sürdürülebilirlik

ve çevresel becerilerin geliştirilmesinin ancak güçlü bir teorik çerçeveye mümkün olduğunu ortaya koymaktadır (Brundiers vd., 2021; Rieckmann 2018).

1. Yapılandırmacılık ve Sürdürülebilir Öğrenme

Yapılandırmacılık, öğrencilerin bilgiyi pasif olarak almaları yerine aktif olarak inşa ettikleri bir öğrenme sürecini vurgular (Piaget; Vygotsky). Bu yaklaşım, fen eğitiminde öğrencilerin çevresel problemleri gerçek bağlamda sorgulamalarını ve bilimsel süreçleri kullanarak kendi kavramlarını oluşturmalarını teşvik eder. Modern fen eğitiminde yapılandırmacı yaklaşımlar, öğrencilerin çevresel olaylar ve sürdürülebilir yaşam konularını deneyimleyerek, tartışarak ve araştırarak öğrenmelerine imkân sağlar (Akgül, 2020; Yüzbaşıoğlu, 2025). Bu, yeşil becerilerin gelişimi için kritik bir pedagojik zemindir.

2. Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi (ESD)

Sürdürülebilir kalkınma eğitimi (Education for Sustainable Development – ESD), öğrencilerin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları birlikte değerlendirebilme kapasitesini hedefleyen entegre bir yaklaşımdır. ESD, öğrencilerin yalnızca çevre sorunlarını tanımlarını değil, aynı zamanda bu sorunlara yönelik bilimsel ve toplumsal çözümler üretmelerini destekler (Brundiers vd., 2021; Rieckmann 2018). Fen eğitiminde sürdürülebilirlik odaklı etkinlikler; atık yönetimi, enerji verimliliği, iklim değişikliği gibi temalar etrafında yapılandırıldığında öğrencilerin sürdürülebilir düşünme ve eylem becerilerini de geliştirmektedir. Ayrıca 2024 Fen Bilimleri Programı'na yönelik değerlendirmeler, sürdürülebilirlik temalarının öğrenme çıktılarında artan bir şekilde yer aldığını göstermektedir; bu da ESD'nin program yapısına entegrasyonuna işaret eder.

3. Çevresel Okuryazarlık

Çevresel okuryazarlık, bireylerin çevreyle ilgili bilgiyi anlaması, analiz etmesi ve karar alma süreçlerinde kullanabilmesi becerisini içerir. Bu yeterlik, fen eğitiminin temel hedeflerinden biridir ve yeşil becerilerle doğrudan ilişkilidir. Literatürde çevresel okuryazarlığın öğrencilerin sürdürülebilir tutumlar ve davranışlar geliştirmesinde önemli rol oynadığı vurgulanmaktadır (Akgül, 2020; Brundiers vd., 2021; Rieckmann 2018). Fen derslerinde çevresel verilerle çalışma, alan çalışmaları, proje tabanlı etkinlikler gibi öğretim uygulamaları çevresel okuryazarlığı destekleyerek yeşil becerilerin kazanılmasını kolaylaştırır.

4. Kuramsal Yaklaşımların Bütüncül Etkisi

Yapılandırmacılık, sürdürülebilir kalkınma eğitimi ve çevresel okuryazarlık yaklaşımları bir araya geldiğinde, fen eğitiminde yeşil becerilerin bilişsel, duyuşsal ve davranışsal boyutlarını kapsayan bütüncül bir öğretim modelini oluşturur. Yapılandırmacılık, öğrencilerin aktif öğrenme yoluyla kendi bilgi yapılarını oluşturmalarını sağlarken, sürdürülebilir kalkınma eğitimi bu bilgilerin toplumsal ve çevresel bağlamlarda anlamlandırılmasını mümkün kılar. Çevresel okuryazarlık ise öğrencilerin edindikleri bilgiyi gerçek yaşam sorunlarına uygulayabilme ve sorumlu kararlar alabilme yeteneğine dönüştürür (Kwauk & Bilimoria, 2022; UNESCO, 2021).

Bu bütüncül çerçeve, öğrencilerin yalnızca fen bilgisi kazanmasını sağlamaz; aynı zamanda onların çevresel duyarlılık, problem çözme, eleştirel düşünme ve sürdürülebilir yaşam becerilerini geliştirmelerine de olanak tanır. Örneğin, öğrenciler bir sınıf projesi kapsamında enerji verimliliği veya atık yönetimi konularında veri toplayıp analiz ederek çözüm önerileri geliştirdiğinde, hem fen bilgisi becerilerini hem de çevreye duyarlı davranışlarını pekiştirirler (Kwauk & Bilimoria, 2022).

Bu süreç, öğrencilerin öğrenmelerini soyut bilgilerden somut uygulamalara taşır ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırır.

Ayrıca bu kuramsal temeller, fen eğitiminde disiplinlerarası öğrenme fırsatları yaratır. İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve su kaynakları yönetimi gibi konular, fizik, kimya, biyoloji ve yer bilimleri disiplinlerinin ortak katkısıyla ele alınabilir. Bu durum, öğrencilerin sistem düşüncesi geliştirmelerine ve çevresel problemlerin çok boyutlu yapısını kavramalarına olanak tanır. Böylece fen eğitimi, öğrencilerin çevresel sorunları sadece tanımlayan değil, çözüm üreten ve sürdürülebilir davranışlar geliştiren bireyler olarak yetişmelerini destekler.

Sonuç olarak, yapılandırmacılık, sürdürülebilir kalkınma eğitimi ve çevresel okuryazarlık yaklaşımları bir araya geldiğinde, fen eğitiminde yeşil becerilerin geliştirilmesi için koordine, etkili ve kapsamlı bir pedagojik model ortaya çıkar. Bu model, öğrencilerin çevresel farkındalık kazanmalarını sağlamakla kalmaz; aynı zamanda onların bilimsel süreç becerilerini günlük yaşam ve toplumsal sorunlara uygulayabilmelerini mümkün kılar (Kwauk & Bilimoria, 2022; UNESCO, 2021).

3.4. Fen Derslerinde Yeşil Becerilere Yönelik Öğretim Yaklaşımları

1. Proje Tabanlı Öğrenme (PBL)

Proje tabanlı öğrenme, fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve çevre temalarını gerçek dünya bağlamında ele alma fırsatı sunan güçlü bir pedagojik yaklaşımdır. PBL, öğrencilerin çevresel problemlere yönelik anlamlı çözüm yolları geliştirmelerini sağlar ve bu süreçte sorgulama-araştırma-analiz-karar verme becerilerini destekler. Bu nedenle fen eğitimi, sürdürülebilirlik odaklı projeler aracılığıyla yalnızca kavramsal bilgi aktarımı

yapmakla kalmayıp, öğrencilerin aktif öğrenme ve sorumluluk becerilerini geliştirmeyi hedefler.

Son yıllarda yapılan kapsamlı bir sistematik derleme, STEM eğitimi içinde sürdürülebilirlik entegrasyonunun en çok proje-temelli ve sorgulama odaklı öğretim modelleri aracılığıyla etkili olduğunu göstermektedir. Bu derleme, 2019–2025 dönemindeki araştırmaları incelediğinde, proje bazlı tasarımların öğrencilerin çevre konularındaki kavramları anlamalarını ve değerlendirmelerini güçlendirdiğini ortaya koymuştur (Kopbossyn vd., 2025). Özellikle proje tabanlı öğrenme ve yer/bağlam tabanlı yaklaşımların, hem bilişsel hem de davranışsal becerileri eş zamanlı geliştirdiği belirtilmektedir.

Fen eğitimi öğretim tasarımlarında PBL’in uygulanması, öğrencilerin çevresel konulara ilişkin sorgulama yeteneğini artırır, bilimsel süreç becerilerini derinleştirir ve sürdürülebilir uygulamalar geliştirmeyi teşvik eder. Örneğin, öğrencilere yerel su kaynaklarının korunması, yenilenebilir enerji modelleri tasarlama veya okul atıklarının azaltılması gibi projeler verildiğinde, öğrenciler bilimsel verileri analiz etme, hipotez oluşturma ve çözümler önerme süreçlerini doğrudan deneyimlerler. Bu da fen eğitiminde sadece teori öğrenmek değil, öğrendikleri bilgiyi çevresel problemlere dönüştürebilme yeteneği anlamına gelir.

Bu bağlamda, PBL’in fen eğitimine entegre edilmesi, öğrencilerin sürdürülebilir düşünme ve eyleme dönüştürme becerileri kazanmalarına katkı sağlar. Bu beceriler fen eğitimindeki bilimsel süreçlerle sürdürülebilirlik hedeflerini birleştirerek öğrenme çıktılarının kalıcılığını ve uygulama gücünü artırır.

2. STEM ve Yeşil Beceriler

Fen eğitiminde STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımı, öğrencilerin disiplinler

arası düşünme, problem çözme ve yenilik üretme becerilerini geliştirmeyi hedefleyen pedagojik bir modeldir. Son yıllarda STEM'in yalnızca bilim ve teknoloji odaklı değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve çevresel çözümler üretebilme bağlamında da ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Guerra vd., 2022 ; Mathers vd., 2024). Bu bakış açısı, yeşil becerilerin fen eğitimine entegre edilmesinde STEM'in önemli bir araç olduğunu göstermektedir.

Uluslararası araştırmalar, STEM eğitiminin sürdürülebilirlik odaklı pedagojilerle ilişkilendirildiğinde öğrencilerin sürdürülebilir düşünme, sosyal sorumluluk ve çevresel farkındalık gibi yeterliklerini artırdığını ortaya koymaktadır (Khadır, 2022). STEM programları, öğrencileri klasik bilgi aktarımından ziyade gerçek yaşam problemleri üzerinde disiplinler arası çözüm yolları üretmeye teşvik eder; bu da fen eğitimindeki yeşil becerilerle doğrudan örtüşen becerilerdir (Abdi vd., 2024 ; Birney & McNamara, 2024).

Özellikle sürdürülebilirlik ile ilişkilendirilen STEM araştırmaları, eğitimdeki uygulama temalarının çeşitliliğini de ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, yenilenebilir enerji, su kaynaklarının yönetimi, atık azaltımı ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi gibi sürdürülebilirlik temalarının STEM etkinlikleriyle bütünleştiğinde öğrenci katılımını ve öğrenme derinliğini artırdığını göstermektedir (Thibaut vd. 2018).

Ayrıca STEM etkinliklerinin çevresel temasını destekleyen literatürdeki diğer güncel bulgular, disiplinler arası yaklaşımların öğrencilerin sürdürülebilirlik konularında eleştirel düşünme ve sistemler arası bakış açısı geliştirmesine katkı sağladığını ortaya koymuştur (Jeong & González-Gómez, 2024). Bu çalışmalar, fen eğitiminde STEM pedagojilerinin sürdürülebilirlik hedefleri ile örtüşen *yeşil becerilerin* kazanımını desteklediğini göstermektedir.

Bu bağlamda, STEM yaklaşımı fen eğitiminde yalnızca bilimsel içerikleri öğretmekle kalmaz; aynı zamanda öğrencilerin sürdürülebilirlik odaklı problem çözme, yenilikçi tasarım geliştirme ve çevresel etki değerlendirme gibi yeşil beceriler edinmelerine de olanak tanır. Bu pedagojik model, fen eğitimindeki geleneksel yaklaşımların ötesine geçerek öğrencileri sürdürülebilir yaşam ve çevre dostu teknolojiler geliştirme konusunda **aktif öğrenen bireyler** olarak yetiştirmeyi amaçlar.

3. Okul dışı öğrenme ortamları

Fen derslerinde yeşil becerilerin geliştirilmesinde okul temelli çevre projeleri, soyut kavramların öğrencilerin günlük yaşam bağlamına taşınmasını sağlayan önemli öğretim stratejileridir. Bu projeler, öğretim programı içeriğini öğrenci girişimiyle bütünleştiren; çevre bilinci, sürdürülebilir davranış ve bilimsel süreç becerilerinin birlikte gelişmesine olanak tanıyan uygulamalardır (Chiu & Lin,2022).

Okul temelli çevre projeleri, öğrenme süreçlerinin sınıf duvarlarının ötesine taşınmasını ve öğrencilerin çevresel sorunları doğrudan gözlemleyerek ele almalarını sağlar. Örneğin, okul bahçesinde sürdürülebilir peyzaj tasarımı, atık azaltma girişimleri, su tasarrufu planları ve çevresel etki analizleri gibi öğrenci merkezli projeler, öğrencilerin çevresel uygulama kazanımlarını artırmaktadır (Khadr, 2022). Literatürde de okul temelli sürdürülebilirlik uygulamalarının, öğrencilerin çevresel kimlik ve değer geliştirmesinde etkili olduğu belirtilmektedir.

Okul temelli çevre projeleri aynı zamanda toplumla etkileşimi artıran, disiplinler arası öğrenme fırsatları sunan etkinliklerdir (Chiu & Lin,2022). Örneğin eTwinning gibi uluslararası iş birlikleriyle yürütülen projelerde, öğrenciler farklı ülkelerden akranlarıyla çevresel sorunlara yönelik ortak çözümler üzerinde çalışmaktadır; bu tür projeler disiplinler arası STEM/STEAM yaklaşımlarını da desteklemektedir. Bu tür iş

birlikleri, öğrencilere çevresel sorunları yerel bağlamdan küresel bağlama taşıma ve kültürler arası bakış açısı geliştirme olanağı sunar.

4. SONUÇ

Fen eğitimi, günümüzün küresel çevre sorunları karşısında kritik bir eğitim alanı olarak öne çıkmaktadır. İklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, su ve enerji kaynaklarının azalması gibi sorunlar, sadece bilimsel bilgiye sahip bireylerle değil, aynı zamanda sürdürülebilir çözüm üretebilen ve çevresel farkındalığa sahip vatandaşlarla ele alınabilir (UN, 2015; Rieckmann, 2018). Bu bağlamda fen eğitiminin rolü, bilgi aktarmanın ötesinde, öğrencilerin çevresel sorunları analiz etme, sistem düşüncesi geliştirme ve çözüm üretme kapasitelerini desteklemek olarak tanımlanabilir.

Yeşil beceriler, bu süreçte bilişsel, teknik ve sosyo-duyuşsal yetkinlikleri kapsayan bir çerçevede önem kazanır. Bireylerin çevresel sorunları eleştirel bir perspektifle değerlendirebilmesi, sürdürülebilir çözümler geliştirebilmesi ve etik sorumluluk bilinciyle hareket edebilmesi, fen eğitiminin stratejik çıktıları olarak ortaya çıkar (Leal Filho vd., 2023; OECD, 2023). Ulusal ve uluslararası çerçeveler, özellikle SKA 4 (Nitelikli Eğitim), SKA 13 (İklim Eylemi) ve Avrupa Yeşil Mutabakatı, fen eğitiminde yeşil becerilerin kazanımını zorunlu ve öncelikli bir hedef hâline getirmiştir (European Commission, 2019; UNESCO, 2021).

Fen derslerinde yeşil becerilerin kazandırılması için proje tabanlı öğrenme, STEM entegrasyonu ve okul temelli çevre projeleri gibi öğretim yaklaşımları etkin araçlar olarak kullanılabilir. Bu yöntemler, öğrencilerin sadece bilgiye sahip olmasını değil, bilgiyi uygulamaya dönüştürerek yerel ve küresel sorunlara çözüm geliştirmesini sağlar. STEM odaklı yaklaşımlar,

teknik ve analitik becerilerin gelişimini desteklerken, okul temelli projeler, öğrencilerin toplumsal sorumluluk ve liderlik yetkinliklerini pekiştirir.

Sonuç olarak, fen eğitiminde yeşil becerilerin kazanımı, küresel sürdürülebilirlik hedefleri ile yerel eğitim uygulamalarını birbirine bağlayan bir köprü işlevi görmektedir. Öğrenciler, bilimsel bilgiye dayalı kararlar alabilen, çevresel sorunlara duyarlı ve sürdürülebilir çözümler geliştirebilen bireyler olarak yetişir. Bu yaklaşım, yalnızca eğitim sistemi için değil, toplumun tamamı için uzun vadeli ve kalıcı bir yeşil dönüşüm sağlar. Fen eğitimi, böylece bilgi aktarımının ötesine geçerek, sürdürülebilir ve adil bir gelecek inşa eden toplumların temel taşı hâline gelir.

KAYNAKÇA

- Abdi, A. I., Mahdi, A. O., Omar, A. M., Asiiimwe, C., & Osman, M. A. (2024). Influence of career awareness on STEM career interests among foundation-year students in Mogadishu, Somalia. *Frontiers in Education*, 9, 1373307. doi:10.3389/educ.2024.1373307
- Akgül, H. (2020). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının yeşil becerilere yönelik algı ve farkındalıklarının incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya..
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224.
- Atasoy, E. (2005). *Çevre eğitimi: Çevresel tutum ve davranışlar üzerine bir araştırma*. Ezgi Kitabevi.
- Ateş, H. (2019). Fen bilimleri dersi öğretim programının sürdürülebilir kalkınma eğitimi açısından incelenmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 679-699. doi:10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.11m
- Becker, G. S. (2009). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (3. baskı). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Birney, L., & McNamara, D. (2024). The Curriculum and Community Environmental Restoration Science (STEM + Computer Science) Project – Attaining a STEM Mindset Through Improved Technological Ability. *Journal of Curriculum and Teaching*, 13 (1), 394. <https://doi.org/10.5430/jct.v13n1p394>
- Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2017). Environmental and sustainability education in the Benelux region. *Environmental Education Research*, 23(10), 1341-1350.

- Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., ... & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16(1), 13-29.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2022). Modeling as a core discipline in science education for sustainable development. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1), 1-13.
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*. Brussels: EC.
- Guerra, A., Jiang, D., & Du, X. (2022). Student Agency for Sustainability in a Systemic PBL Environment. *Sustainability*, 14 (21), 13728. <https://doi.org/10.3390/su142113728>
- Hadzigeorgiou, Y., & Skoumios, M. (2019). The development of environmental awareness through school science: Problems and possibilities. *International Journal of Environmental and Science Education*, 14(9), 537-548.
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.
- ILO. (2019). *Skills for a Greener Future: A Global View*. International Labour Office, Geneva.
- Jeong, J. S., & González-Gómez, D. (2024). Assessment of a sustainable science education program for primary students' environmental awareness. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140134. doi:10.1016/j.jclepro.2023.140134

- Kalkan, H. (2023). İklim Değişikliği Eğitimine Yönelik Politika Metinlerinin İncelenmesi: İklim Şûrası Örneği. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*,9(1),105-121.
- Kwakwa, P. A., Nguyen, T. T., & Adom, P. K. (2023). The effect of green skills on environmental quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.
- Kwauk, C. T., & Casey, O. M. (2022). A green skills framework for climate action, gender empowerment, and climate justice. *Development Policy Review*, 40(2), 12624.
- Leal Filho, W., Dinis, M. A. P., Moggi, S., Price, E., & Hope, M. (2023). The role of education in the implementation of the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 14(1).
- Mathers, B., Johnson, J., Kaufmann, A., Sinni, N., Louis, E., & Henneman, E. (2024). Developing student agency through authentic application of socioscientific issues in STEM classrooms. *Turkish Journal of Education*, 13, 508–534. <https://doi.org/10.19128/turje.1507933>
- MEB. (2022). *Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği Dersi Öğretim Programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- OECD (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing.
- Özdemir, O. (2016). *Fen eğitiminde çevre eğitimi ve sürdürülebilirlik*. Pegem Akademi.
- Pauw, J. B., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The effectiveness of education for sustainable development. *Sustainability*, 7(11), 15693-15717.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in Education for Sustainable Development.

In Issues and trends in Education for Sustainable Development. UNESCO.

- Sterling, S. (2010). Learning for resilience, or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. *Environmental Education Research*, 16(5-6), 511-528.
- Sterling, S. (2011). *Sustainable Education: Re-visioning Learning and Change*. Green Books.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *İklim Şûrası Sonuç Bildirgesi*. Ankara.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., vd. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*.3(1),2
- UNESCO (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2021). *ESD for 2030: Education for Sustainable Development: a roadmap*. UNESCO Publishing.
- Voulvoulis, N., & Burgman, M. A. (2019). The 2030 Agenda for Sustainable Development: A case for systems thinking. *Sustainability*, 11(6), 1557.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Waltner, E. M., Scharenberg, K., Hörsch, C., & Rieß, W. (2019). What predicts ESD implementation? Report on a nationwide study in Germany. *Sustainability*, 11(2), 473.
- Yüzbaşıoğlu, M. K. (2025). Sürdürülebilir Yaşam İçin Eğitim: 2024 Yılı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirmesi.

Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi,
(63), 948-966.

ORTAOKUL DÜZEYİNDE KAPSAYICI FEN EĞİTİMİ: KAYNAŞTIRMA/BÜTÜNLEŞTİRME ODAKLI KURAMSAL ÇERÇEVE, POLİTİKA VE ARAŞTIRMA KANITLARI

Ersin ELMACI¹

1. GİRİŞ

Ortaokul fen dersleri, öğrencilerin bilimle ilgili okuryazarlığını geliştirmesi, bilimsel kavramları ve süreçleri anlaması ve sosyal-bilim konularına eleştirel bir bakış açısı geliştirmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu rol, sınıfta bulunan öğrencilerin gelişimsel özellikleri, öğrenme stilleri, dil ve kültür geçmişleri ile özel gereksinim ve yetersizlik çeşitliliği arttıkça daha karmaşık hale gelir. Kapsayıcı eğitim, tüm öğrencilerin farklılıklarını bir "sorun" olarak görmek yerine, sınıfın doğal bir bileşeni olarak değerlendiren, ayrımcılığı azaltmayı ve katılımı artırmayı amaçlayan bir yaklaşım sunar (Birleşmiş Milletler, 2006; CRPD Komitesi, 2016; UNESCO, 1994). Türkiye'de kaynaştırma/bütünleştirme uygulamaları, özel eğitim gereksinimi olan öğrencilerin arkadaşlarıyla birlikte ders almasını sağlamak için düzenleme ve desteklerle birlikte yürütülen bir hizmet modeli olarak tanımlanmakta ve ulusal politika belgelerinde sistematik olarak ele alınmaktadır (MEB ORGM, 2017, 2022a). Bu bölüm, ortaokul fen eğitimi bağlamında kapsayıcılığı öğretim programı, öğretim tasarımı, değerlendirme ve araştırma kanıtları üzerinden nasıl düşünmemiz gerektiğini tartışmaktadır.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Siirt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği, ORCID: 0000-0003-2265-2002.

2. KAVRAMSAL VE HAK TEMELLİ ÇERÇEVE

2.1. Kapsayıcı Eğitim, Kaynaştırma ve Bütünleştirme

Kapsayıcı eğitim, sadece belirli bir öğrenci grubunun genel eğitim ortamına "katılması" değil; okul kültürü, öğretim programları, pedagojik yöntemler ve değerlendirme süreçleri de dahil olmak üzere tüm sistemin, her öğrencinin öğrenmeye dahil olabilmesi için gerekli şekilde değiştirilmesi anlamına gelir (UNESCO, 2017). Türkiye'de bu kavramlar sıklıkla bir arada kullanılsa da “kaynaştırma/bütünleştirme”, özel eğitim gereksinimi olan öğrencilerin, akranlarıyla aynı sınıf ve okulda eğitim almasını sağlamak için gerekli düzenlemelerin yapılması anlamındadır. ORGM'nin kavramsal çerçeve belgelerinde kaynaştırma/bütünleştirme, normalleştirme ve en az kısıtlayıcı eğitim ortamı gibi terimler, destek hizmetleriyle birlikte tanımlanmaktadır (MEB ORGM, 2022b).

2.2. Uluslararası Dayanaklar

Kapsayıcı eğitim yaklaşımının uluslararası alandaki önemli taşlarından biri Salamanca Bildirgesi'dir. Bu belge, özel gereksinimleri bulunan öğrencilerin genel eğitim sistemlerinde yer almasını ve okulların öğrenci çeşitliliğine uyum sağlayacak şekilde yenilenmesini ön plana çıkarır (UNESCO, 1994). Birleşmiş Milletler Engelli Hakları Sözleşmesi (CRPD) ve CRPD Komitesi'nin 4 No'lu Genel Yorumu, kapsayıcı eğitimi bir hak olarak tanımlar (Birleşmiş Milletler, 2006; CRPD Komitesi, 2016; UNICEF, 2017).

3. TÜRKİYE'DE YASAL VE POLİTİKA ÇERÇEVESİ

3.1. Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği

Türkiye'de kaynaştırma/bütünleştirme uygulamalarıyla ilgili en önemli düzenleme metinlerinden biri Özel Eğitim

Hizmetleri Yönetmeliği'dir. Bu yönetmelik; özel eğitim gereksinimi duyan bireylerin eğitim hizmetlerinin örgütlenmesi, BEP süreçleri, destek eğitim hizmetleri ve eğitim alanlarına dair temel esasları belirler (MEB ORGM, 2018).

3.2. Genelgeler: 2008/60 ve 2017/28

ile ilgili kaynaştırma ve bütünleştirme süreçlerine dair genelgeler, uygulamalara yönelik kılavuz hükümler sunmuştur. 2008/60 numaralı “Kaynaştırma Yoluyla Eğitim Uygulamaları” belgesi, daha sonra 2017/28 numaralı “Kaynaştırma/Bütünleştirme Yoluyla Eğitim Uygulamaları” belgesiyle revize edilerek yürürlükten kaldırılmıştır (MEB ORGM, 2008, 2017).

3.3. Ulusal Eylem Planı (2022–2026)

MEB ORGM tarafından oluşturulan “Kaynaştırma/Bütünleştirme Yoluyla Eğitim Uygulamaları Ulusal Eylem Planı (2022–2026)”, kapsayıcı eğitim hizmetlerinin iyileştirilmesine yönelik hedefler ve faaliyetler belirler; öğretmen yetiştirme, materyal geliştirme, değerlendirme rehberleri ve aile destek programları gibi alanlarda açıklamalar yapar (MEB ORGM, 2022a). Bu plan, kaynaştırma/bütünleştirme hizmetlerinin sistematik olarak güçlendirilmesi ve okul odaklı destek sistemlerinin ilerletilmesi gerektiğini vurgular.

4. ORTAOKUL FEN EĞİTİMİ VE KAPSAYICILIK

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli çerçevesinde hazırlanan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3–8. sınıflar), öğrencilerin bilimsel okuryazarlık, bilimsel süreç yetenekleri ve disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Farklı öğrenci ihtiyaçlarını dikkate alan program, öğrenme sonuçlarının esnek bir şekilde değerlendirilmesi, öğrenim süreçlerinde

çeşitliliğin sağlanması ve ölçme ile değerlendirme için uyarlamaların yapılmasını sağlaması açısından kapsayıcı fen eğitimi ile ilişkilendirilebilir (MEB, 2024).

4.1. Ortaokul Fen Öğrenmelerinde Katılım Engelleri ve Erişilebilirlik

Ortaokul düzeyindeki fen dersleri, soyut kavramlar (örneğin atom yapısı, enerji dönüşümü), çeşitli temsil biçimleri (model, grafik, tablo, deney verileri) ve bilimsel dil ile argümantasyon gerektiren açıklamalar gibi öğeler nedeniyle farklı öğrenme stilleri için katılımda zorluklar yaratabilir. Bu zorluklar, yalnızca öğrencilerin bireysel özelliklerinden değil, öğretim yöntemleri ve değerlendirme şekillerinden de ortaya çıkabilir. Bu nedenle, kapsayıcı fen eğitimi, öğrenme ortamlarının ve süreçlerinin erişilebilirliğine vurgu yapar (CAST, 2024; European Agency for Development in Special Needs Education, 2007).

4.2. Kapsayıcı Fen Eğitiminin “Sistem” Boyutu

Kapsayıcı fen eğitimi, sadece sınıf içerisinde yapılan düzenlemelerle sınırlı kalmaz. Okul seviyesi erişilebilirlik, destek hizmetlerine ulaşım, çok disiplinli işbirliği ve öğretmenlerin mesleki gelişimi gibi unsurlar, kapsayıcılığın ana öğelerini oluşturur (European Agency for Development in Special Needs Education, 2012; MEB ORGM, 2022a).

5. ÖĞRETİM TASARIMINDA YAKLAŞIMLAR

5.1. Öğrenme için Evrensel Tasarım (UDL)

UDL (Evrensel Öğrenme Tasarımı), öğrenme engellerini azaltmaya ve tüm öğrencilerin katılımını artırmaya yönelik olarak öğretim stratejilerini üç ana prensip etrafında şekillendirir: (i) katılım ve etkileşim için çeşitli yollar, (ii) temsil ve algılama için çeşitli yollar ve (iii) eylem ve ifade için çeşitli yollar. CAST'ın

UDL rehberleri, öğrenenlerin bağımsızlıklarını geliştirmeyi amaçlar ve öğretim sürecinde seçenekler ve esneklik sağlamanın önemini vurgular (CAST, 2024).

5.2. Kapsayıcı Fen Eğitimi Çerçevesi

Fen eğitimi konusunda kapsayıcılığı hedefleyen çerçeveler, UDL'nin temel prensiplerini fen öğrenme alanlarının özellikleriyle bağdaştırmayı amaçlamaktadır. Örneğin, Kapsayıcı Fen Eğitimi Çerçevesi'nin geçerliliğini sağlama ve güncelleme amacıyla yapılan araştırmalar, fen öğreniminde temsil, dil, uygulamalar ve sınıf içindeki etkileşim gibi unsurların kapsayıcılık açısından önemli olduğunu belirtmektedir (Brauns and Abels, 2021).

5.3. Ortaokul Fen Öğretiminde Tasarım İlkeleri

Ortaokul düzeyindeki fen eğitiminin kapsayıcı öğretim tasarımına dair ana prensipler ve öğrenme zorluklarının Evrensel Tasarım (UDL) ilkeleriyle bağlantısı Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Ortaokul Fen Öğrenmelerinde UDL İlkeleri ve Katılım Engelleri

UDL İlkesi	Fen Öğrenmelerindeki İlgili Katılım Engelleri / Gereksinimler
Temsil/algılama için çoklu yollar	Soyut kavramlar (ör. atomik yapı, enerji dönüşümleri), çoklu temsiller (model, grafik, tablo, deneysel veri) ve karmaşık bilimsel dil
Eylem/ifade için çoklu yollar	Argümantasyon gerektiren açıklamalar ve değerlendirme biçimlerinden kaynaklanan zorluklar
Katılım/etkileşim için çoklu yollar	Öğrenme ortamının, deney süreçlerinin erişilebilirliği ve öğrenen profilleri/yetersizlik çeşitliliğinden kaynaklanan farklılaşan ilgi gereksinimleri

6. KAPSAYICI ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

6.1. Kapsayıcı Değerlendirmenin Temel İlkeleri

Kapsayıcı değerlendirme, öğrenim hedefleri ile değerlendirme araçlarının öğrencilerin kişisel hedefleri ve destek planlarıyla bağdaştırılmasını, değerlendirme araçlarının daha uygun hale getirilmesini ve öğretmenlerin çok yönlü desteklerle güçlendirilmesini ön plana çıkarır (European Agency for Development in Special Needs Education, 2007). Bu yöntem, fen dersinde sadece "sonuç" odaklı ölçmeyi değil, aynı zamanda süreç ile ilgili kanıtların, bilimsel düşünme ve akıl yürütme becerilerinin ön plana çıkmasını sağlayan bir değerlendirme anlayışını önemser.

6.2. Türkiye Bağlamı: BEP, Uyarlamalar ve Ölçme Rehberliği

Türkiye'de kaynaştırma ve bütünleştirme çerçevesinde eğitim gören öğrenciler için bireyselleştirilmiş eğitim programı süreci, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre hedeflerin belirlenmesi ve öğretim ile değerlendirme düzenlemelerinin planlanması açısından önemli bir araçtır (MEB ORGM, 2017, 2018). Ulusal Eylem Planı, sınıf içinde ölçme ve değerlendirme için rehberlerin hazırlanması gibi adımlarla uyarlama kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır (MEB ORGM, 2022a).

6.3. Adalet, Geçerlik ve Erişilebilirlik

Değerlendirme sürecinde adalet, her öğrencinin öğrenimlerini sergileyebileceği erişilebilir yöntemlerin oluşturulmasını zorunlu kılar. Bunun yanı sıra, ölçme aracının öğrencinin eksikliği sebebiyle ölçmek istediği yapıdan bağımsız engellerle etkilenmemesi de önemlidir. Bu nedenle, kapsayıcı değerlendirme; içerik, süreç ve ürün kanıtlarını dengeleyen bir yöntem önermektedir (European Agency for Development in Special Needs Education, 2007).

7. ÖĞRETMEN YETERLİKLERİ VE OKUL DÜZEYİ DESTEK SİSTEMLERİ

7.1. Kapsayıcı Öğretmen Profili

Kapsayıcı eğitimde öğretmenlerin yetkinlikleri, sadece sınıf yönetimi veya materyal düzenlemeleriyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda değerler, iş birliği ve sürekli mesleki gelişim gibi unsurları da kapsar. European Agency for Development in Special Needs Education tarafından oluşturulan “Kapsayıcı Öğretmen Profili”, öğretmen yetkinliklerini dört ana alanda tanımlar: (i) öğrenci çeşitliliğine değer verme, (ii) tüm öğrencileri destekleme, (iii) başkalarıyla iş birliği yapma ve (iv) kişisel mesleki gelişim (European Agency for Development in Special Needs Education, 2012).

7.2. Tutumlar ve Kapsayıcılık

Öğretmenlerin tutumları, kapsayıcı uygulamaların kalitesini belirleyen önemli bir bağlam unsuru olarak öne çıkmaktadır. Kapsayıcı eğitimle ilgili yapılan meta-analizler, bu tutumların bireysel ve kültürel unsurlarla bağlantılı olabileceğini ortaya koymaktadır (van Steen and Wilson, 2020). Bu nedenle, öğretmenlerin yeterliliklerini artırmak, mesleki öğrenme fırsatları ile desteklenmelidir (MEB ORGM, 2022a).

7.3. İş Birliği ve Çok Disiplinli Destek

Kapsayıcı fen eğitimi, sadece fen öğretmenin tek başına uyguladığı bir yöntem değildir; okul idaresi, özel eğitim öğretmenleri, rehberlik servisleri, aileler ve uzmanların birlikte çalışmasını gerektirir. Kapsayıcı değerlendirme ve Bireysel Eğitim Planı süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülebilmesi, bu çoklu disiplinli destek ağının faaliyetlerine bağlıdır (European Agency for Development in Special Needs Education, 2007; MEB ORGM, 2018).

8. ARAŞTIRMA KANITLARI: SİSTEMATİK DERLEME VE META-ANALİZ BULGULARI

8.1. Genel Düzeyde Kapsayıcı Uygulamaların Etkililiği

Meta-analizler, genelde kapsayıcı yaklaşımların öğrenim sonuçları üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini belirtmektedir (Elaldı ve ark., 2021). Benzer şekilde, tutumlar üzerindeki etkiler de farklı durumlarda olumlu eğilimler göstermektedir (Yerliyurt Günay ve ark., 2023). Ancak bu araştırmalar, genellikle ders alanlarını ayırmadan genel uygulamaları bir araya getirmektedir.

8.2. Fen Eğitimi Bağlamında Kanıt Sentezleri

Fen eğitimi özelinde, gelişimsel yetersizlikleri bulunan öğrencilerle ilgili fen öğretimini ele alan çalışmalar, fen çıktıları ve müdahale yöntemleri açısından eğilimleri ortaya koymaktadır (Apanasionok ve diğerleri, 2019). Öğrenme güçlüğü ve diğer yetersizlikler üzerine odaklanan bu inceleme, çoklu temsil, keşfetmeye dayalı öğrenme, pratik etkinlikler, grup veya akran öğrenimi, okuma stratejileri ve değerlendirme gibi konuların ön plana çıktığını göstermektedir (Vavougios ve diğerleri, 2016). Yenilikçi araştırmalar, fen öğretiminde bilimsel uygulamaları destekleyen yöntemlerin çeşitlenmeye başladığını göstermektedir (Koebley ve diğerleri, 2024; Kryukova ve diğerleri, 2023; Zhunussova ve diğerleri, 2025).

8.3. Sorgulamaya Dayalı Fen Öğretimi ve Öğrenciler: Meta-Analitik Bulgular

Sorgulamaya dayalı fen öğretimi ile katılım arasındaki bağlantı, özel eğitim gereksinimi olan öğrenciler için farklı bir öneme sahiptir. Wilson ve arkadaşları (2025), bu konudaki araştırmaları bir araya getirerek grup temelli çalışmalarda 0. 79 ve tek denekli çalışmalar için 2. 76 etki büyüklüğü bildirmiştir;

müdahale yöntemlerinin içerik öğrenimi ve bilimsel uygulamalarda etkili olabileceğini göstermiştir.

8.4. Ortaokul Düzeyi İçin Çıkarımlar ve Alanyazındaki Boşluklar

Mevcut kanıt toplama çalışmaları, kapsamlı fen eğitimlerinin faydalı olabileceğini gösterse de, ortaokul seviyesindeki disiplin içeriğinin soyut hale gelmesi ve değerlendirme baskıları nedeniyle daha kapsamlı kanıtların elde edilmesi gereklidir. Türkiye bağlamını kapsayan yeni sistematik inceleme ve meta-analizler, literatüre önemli katkılar sağlayabilir.

8.5. Diğer İlgili Derleme, Meta-Analiz ve Kavramsal Kaynaklar

- Öğrenme zorluğu: Therrien ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan meta-analiz, fen dersi öğretim yöntemlerinin öğrencilerin fen alanındaki başarıları üzerinde genel olarak olumlu sonuçlar doğurduğunu ve bu çalışmaların ortalama etki büyüklüğünün 0.78 olarak belirlendiğini bildirmektedir.
- Okuma eğitimi: Kaldenberg ve diğerleri (2015) yürüttükleri araştırma ile fen metinlerini anlama konusunda uygulanan okuma yaklaşımlarının, çalışmalar genelinde ortalama 0.98 etki büyüklüğü ile olumlu sonuçlar sağladığını belirtmektedir.
- Davranışsal sorunlar: Therrien ve arkadaşlarının (2014) gerçekleştirdiği meta-analiz, grup tabanlı çalışmalarda uygulamaların genel etkisinin 0.47 olduğunu ve bu etkinin öğrencilerin fen başarıları üzerinde küçük ila orta derecede olumlu bir tesir oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

- STEM uygulamaları: Álvarez Ariza ve Hernández Hernández (2025), STEM/STEAM bağlamında 263 araştırmayı inceleyerek 39 farklı müdahale ve 21 strateji belirlemiştir; robotik, işaret dili ve yardımcı teknolojiler belirli dezavantaj grupları için önem taşımaktadır. Ayrıca, STEM eğitiminin otizm ve zihinsel engeli olan öğrenciler üzerindeki olumlu etkileri de belgelenmiştir (Da ve diğerleri, 2025).
- Teknoloji ve UDL: Navas-Bonilla ve arkadaşları (2025), dijital teknolojilerin erişilebilirlik ve uyarlama konusundaki destekleyici etkisini kanıtlamaktadır. Fabre-Mitjans ve Jiménez-Valverde (2026) ise fen eğitiminde UDL ile ilgili bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Kültürel duyarlı fen eğitimi (ethnoscience) de öğrenme çıktıları üzerinde orta düzeyde (0. 65) olumlu bir etki sağlamakta olduğu ifade edilmiştir (Festiyed ve diğerleri, 2026).

Tablo 2. Meta-Analizler için Sonuç Özeti

Araştırma	Çalışma Sayısı	Hedef Grup	Sonuç	Etki Büyüklüğü	Notlar
Therrien ve ark. (2011)	12	Öğrenme güçlüğü	Fen kavramları	0.78	Genel ortalama etki olumlu
Kaldenberg ve ark. (2015)	12	Öğrenme güçlüğü	Fen metinleri	0.98	Genel ortalama etki olumlu
Therrien ve ark. (2014)	11	Davranışsal bozukluk	Fen başarıları	0.47	Grup çalışmalarında genel etki olumlu
Festiyed ve ark. (2026)	10	Ortaokul (ethnoscience)	Öğrenme çıktıları	0.65	Kültürel entegrasyon etkili
Wilson ve ark. (2025)	-	Özel eğitim ihtiyacı	Fen ve pratikler	0.79 / 2.76	Sorgulama müdahaleleri etkili

Not. Etki büyüklükleri ortalama değerlerdir ve ilgili raporlardaki verilere dayanmaktadır. Tablo, ilgili meta-analiz çalışmalarından yazar tarafından derlenmiştir.

Tablo 3. Geniş Kapsamlı Derleme ve Kavramsal Kaynaklar için Sonuç Özeti

Araştırma	Çalışma Sayısı	Odak	Bulgular	Notlar
Álvarez Ariza ve Hernández Hernández (2025)	263	STEM/STEAM müdahaleleri	39 müdahale ve 21 strateji	Öğretmen bakışı az incelenmiş
Navas-Bonilla ve ark. (2025)	159	Kapsayıcı eğitimde teknoloji	Dijital araçlar erişimi artırır	Dolaylı çıkarım
Oswal ve ark. (2025)	41	Yükseköğretimde kapsayıcı eğitim	Politika artıyor, erişim kısıtlı	Dolaylı çıkarım
Fabre-Mitjans ve Jiménez-Valverde (2026)	-	Fen eğitiminde UDL	UDL uygulaması için tasarım ilkeleri	Kavramsal kaynak

Not. Bu kaynaklar, ortaokul düzeyindeki kapsayıcı fen eğitimine ilişkin dolaylı veya çerçeveye yönelik öneriler sağlamaktadır; hepsi doğrudan ortaokul fen alanına odaklanan sistematik incelemeler değildir. Özellikle Oswal ve diğerleri (2025) yükseköğretim konusuna, Navas-Bonilla ve diğerleri (2025) geniş kapsamlı kapsayıcı eğitimde teknolojiye, Fabre-Mitjans ve Jiménez-Valverde (2026) ise fen eğitiminde UDL ile ilgili kavramsal bir çerçeveye değinmektedir. Tablo, ilgili yayınlardan yazar tarafından derlenmektedir.

9. GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN YÖNTEMSEL VE ETİK ÇIKARIMLAR

9.1. Yöntemsel Standartlar

PRISMA 2020 Gelecekteki meta-analiz çalışmalarının güvenilirliği, açık ve net raporlama ile artırılabilir. PRISMA 2020, sistematik incelemeler için belirli kriterler sunarak seçim süreçleri ve kalite değerlendirmelerinin raporlanmasını teşvik eder (Page ve diğ., 2021; PRISMA, 2020). Meta-analiz tasarımlarındaki hedef topluluk, ortam, müdahale türleri ve etki büyüklüğünün hesaplanmasına dair alınan kararlar oldukça önemlidir (Page ve diğ., 2021; Wilson ve diğ., 2025).

9.2. Sentez Çalışmalarında Etik Unsur

Sentez çalışmalarında etik unsurların temelinde, açıklık ve dürüstlikle yapılan raporlamalar yer almaktadır. Anahtar risk unsurları arasında intihal, seçici raporlama ve aynı çalışmanın

birden fazla kez yayımlanması bulunmaktadır. Bu bağlamda PRISMA 2020, seçim aşaması, dahil etme ve dışlama kararları ile sentez adımlarının açıklıkla raporlanmasını sağlamaya yönelik bir çerçeve sunar; protokolün paylaşımı ve bu sürecin açık bir şekilde raporlanması, risklerin azaltılmasına yardımcı olabilir (Page ve diğerleri, 2021; PRISMA, 2020).

10. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ortaokul düzeyinde kapsayıcı fen eğitimi; hak odaklı bir yaklaşım, mevzuat yapısı, esnek bir müfredat ve kapsayıcı değerlendirme ilkelerinin entegrasyonunu gerektirir. Genel olarak, kapsayıcı uygulamaların öğrenme sonuçları üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir (Elaldı ve diğ. , 2021). Bilim eğitimi bağlamında, sorgulamaya dayanan müdahale türlerinin, özel eğitime ihtiyacı olan öğrenciler için önemli fırsatlar sunduğu kanıtlanmıştır (Wilson ve diğ. , 2025). Ortaokul ortamında branş öğretmenliği yapısı ve laboratuvarların erişimi gibi faktörlerin de dikkate alınması gerekir. Öğretmenlerin mesleki gelişiminde ve okul bazlı destek sistemlerinin güçlendirilmesine yönelik ihtiyaçlar devam etmektedir (European Agency for Development in Special Needs Education, 2012; MEB ORGM, 2022a).

Tartışma Soruları

Kapsayıcı eğitim ile kaynaştırma/bütünleştirme kavramları hangi noktalarda ayrışır? (MEB ORGM, 2017; UNESCO, 2017)

Fen dersinde “katılım engeli” kavramını yalnızca öğrenci özellikleriyle açıklamak ne gibi sınırlılıklar doğurur? (CAST, 2024)

Öğretim programındaki öğrenme çıktıları kapsayıcılığı güçlendirecek biçimde nasıl yorumlanabilir? (European Agency for Development in Special Needs Education, 2007; MEB, 2024)

Kapsayıcı değerlendirmede adalet ve geçerlik arasındaki ilişki fen dersinde nasıl tartışılabilir? (European Agency for Development in Special Needs Education, 2007)

Yeni bir meta-analizde dahil etme/dışlama ölçütleri neden kritik olurdu? (Page ve ark., 2021; Wilson ve ark., 2025)

Önerilen Okumalar

MEB ORGM (2022a). Kaynaştırma/Bütünleştirme Yoluyla Eğitim Uygulamaları Ulusal Eylem Planı.

MEB (2024). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3–8. sınıflar).

CAST (2024). UDL Guidelines 3.0.

European Agency for Development in Special Needs Education (2007). Assessment in Inclusive Settings.

KAYNAKÇA

- Álvarez Ariza, J., & Hernández Hernández, C. (2025). A systematic literature review of research-based interventions and strategies for students with disabilities in STEM and STEAM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 2863–2893. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10544-z>
- Apanasionok, M. M., Hastings, R. P., Grindle, C. F., Watkins, R. C., & Paris, A. (2019). Teaching science skills and knowledge to students with developmental disabilities: A systematic review. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 847–880. <https://doi.org/10.1002/tea.21531>
- Birleşmiş Milletler. (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. OHCHR. <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-persons-disabilities>
- Brauns, S., & Abels, S. (2021). *Validation and revision of the framework for inclusive science education*. Working Paper No. 1/2021, 1–31. Leuphana University Lüneburg, Science Education. <https://www.leuphana.de/en/institute/insc/didaktik-der-naturwissenschaften/publikationen/inclusive-science-education.html>
- CAST. (2024). *CAST Universal Design for Learning Guidelines (UDL Guidelines 3.0)*. <https://udlguidelines.cast.org/>
- CRPD Komitesi. (2016). *General comment No. 4 on Article 24: The right to inclusive education (CRPD/C/GC/4)*. OHCHR. <https://www.ohchr.org/en/documents/general->

comments-and-recommendations/general-comment-no-4-article-24-right-inclusive

- Da, F., Ma, Y., Ma, M., Mao, J., Weng, Z., Yang, C., & Wang, T. (2025). Effects of STEM learning on students with autism spectrum disorder and students with intellectual disability: A systematic review and meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), Article 1009. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05292-y>
- Elaldı, Ş., Çifçi, T., & Yerliyurt, N. (2021). A meta-analytical evaluation of the effectiveness of inclusive practices on learning outcomes. *Education and Science*, 46(207), 231–258. <https://doi.org/10.15390/EB.2021.9853>
- European Agency for Development in Special Needs Education. (2007). *Assessment in inclusive settings: Key issues for policy and practice*. <https://www.european-agency.org/resources/publications/assessment-inclusive-settings-key-issues-policy-and-practice-report>
- European Agency for Development in Special Needs Education. (2012). *Profile of inclusive teachers*. <https://www.european-agency.org/resources/publications/teacher-education-inclusion-profile-inclusive-teachers>
- Fabre-Mitjans, N., & Jiménez-Valverde, G. (2026). Implementing Universal Design for Learning to transform science education. *Encyclopedia*, 6(1), Article 24. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia6010024>
- Festiyed, Ismail, I. A., Lufri, L., Mawardi, M., & Insani, M. (2026). Culturally responsive science education through ethnoscience: A meta-analysis of impact on junior high school students. *Multidisciplinary Reviews*, 9(1), e2026004. <https://doi.org/10.31893/multirev.2026004>

- Kaldenberg, E. R., Watt, S. J., & Therrien, W. J. (2015). Reading instruction in science for students with learning disabilities: A meta-analysis. *Learning Disability Quarterly*, 38(3), 160–173. <https://doi.org/10.1177/0731948714550204>
- Koebley, S., Wakeman, S., Ruhter, L., Pugalee, D., & Karvonen, M. (2024). Making science-inquiry learning accessible for students with complex support needs. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 27(1), Article 6. <https://doi.org/10.14448/jsesd.16.0005>
- Kryukova, N. I., Rastorgueva, N. E., Popova, E. O., Zakharova, V. L., Aytuganova, J. I., & Bikbulatova, G. I. (2023). Examining the implementations related to teaching science to students with disabilities. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2306. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13427>
- MEB. (2024). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3–8. sınıflar)*. <https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/ders/fen-bilimleri-dersi>
- MEB ORGM. (2008). Kaynaştırma Yoluyla Eğitim Uygulamaları Genelgesi (2008/60). https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2015_10/08101631_kaynatrmayoluylaeditimuygulamasgenelgesi.pdf
- MEB ORGM. (2017). Kaynaştırma/Bütünleştirme Yoluyla Eğitim Uygulamaları Genelgesi (2017/28). https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2025_01/21164838_kaynastirmabutunlestirmeyoluylaeditimuygulamalarigenelgesi.pdf
- MEB ORGM. (2018). Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği (RG: 7.7.2018/30471).

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/07/20180707-8.htm>

MEB ORGM. (2022a). *Kaynaştırma/Bütünleştirme Yoluyla Eğitim Uygulamaları Ulusal Eylem Planı (2022–2026)*. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_12/06194401_Ulusal_Eylem_PlanY_3_AralYk_2022.pdf

MEB ORGM. (2022b). *Kaynaştırma, Bütünleştirme, Normalleştirme Kavramları*. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_02/19172004_Yeni_Microsoft_Word_Belgesi.pdf

Navas-Bonilla, C. R., Guerra-Arango, J. A., Oviedo-Guado, D. A., & Murillo-Noriega, D. E. (2025). Inclusive education through technology: A systematic review of types, tools and characteristics. *Frontiers in Education*, 10, 1527851. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1527851>

Oswal, N., Al-Kilani, M. H., Faisal, R., & Fteiha, M. (2025). A systematic review of inclusive education strategies for students of determination in higher education institutions: Current challenges and future directions. *Education Sciences*, 15(5), 518. <https://doi.org/10.3390/educsci15050518>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

PRISMA. (2020). *PRISMA 2020 checklist*. <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-checklist>

- Therrien, W. J., Taylor, J. C., Hosp, J. L., Kaldenberg, E. R., & Gorsh, J. (2011). Science instruction for students with learning disabilities: A meta-analysis. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(4), 188–203. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00340.x>
- Therrien, W. J., Taylor, J. C., Watt, S., & Kaldenberg, E. R. (2014). Science instruction for students with emotional and behavioral disorders. *Remedial and Special Education*, 35(1), 15–27. <https://doi.org/10.1177/0741932513503557>
- UNESCO. (t.y.). Inclusion in education. Retrieved March 10, 2026, from <https://www.unesco.org/en/inclusion-education>
- UNESCO. (1994). The Salamanca Statement and framework for action on special needs education. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427>
- UNESCO. (2017). A guide for ensuring inclusion and equity in education. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248254>
- UNICEF. (2017). *Inclusive education: Understanding Article 24 of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. https://www.unicef.org/eca/sites/unicef.org.eca/files/IE_summary_accessible_220917_0.pdf
- van Steen, T., & Wilson, C. (2020). Individual and cultural factors in teachers' attitudes towards inclusion: A meta-analysis. *Teaching and Teacher Education*, 95, 103127. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103127>
- Vavougiou, D., Verevi, A., Papalexopoulos, P. F., Verevi, C.-I., & Panagopoulou, A. (2016). Teaching science to students with learning and other disabilities: A review of topics and

subtopics appearing in experimental research 1991–2015. *International Journal of Higher Education*, 5(4), 268–280. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v5n4p268>

Wilson, S. E., Therrien, W. J., Gersib, J., Rojo, M., VanUitert, V. J., Lovette, G., Longhi, M. A., Benson, S., Powell, S. R., & Doabler, C. T. (2025). Inquiry-based science instruction for students with disabilities: A systematic and meta-analytic review. *Science Education*, 110(2), 639–653. <https://doi.org/10.1002/sce.70029>

Yerliyurt Günay, N. S., Elaldı, Ş., & Çifçi, M. (2023). Effect of inclusive practices on attitudes: A meta-analysis study. *South African Journal of Education*, 43(1), Art. #2212. <https://doi.org/10.15700/saje.v43n1a2212>

Zhunussova, Z. A., Abayeva, G. A., Orazayeva, G. S., Kabdyrova, A., Shokhambekova, A., & Bulabayeva, S. (2025). Science learning for children with autism spectrum disorder: Systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(9), em2700. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16838>

Kısaltmalar

BEP: Bireyselleştirilmiş Eğitim Programı

CRPD: Birleşmiş Milletler Engelli Hakları Sözleşmesi

MEB: Millî Eğitim Bakanlığı

ORGM: Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü

UDL: Öğrenme için Evrensel Tasarım

PRISMA: Sistematik Derleme ve Meta-Analiz Raporlama Rehberi

ÖĞRETMENLERİN LABORATUVAR GÜVENLİĞİ KURALLARINI TANITMA DURUMLARININ TESPİTİ

Mehmet Akif ARDUÇ¹

1. GİRİŞ

Fen eğitimi, öğrencilerin içinde yaşadıkları doğal çevreyi daha iyi keşfetmelerini sağlayan, yaparak yaşayarak öğrenmelerine rehberlik eden dinamik bir süreçtir (Çepni, 2018). Fen eğitiminde öğrencilerin bilimsel süreç becerileri geliştirilmeye çalışılarak, deneyimleri bilimsel bir zemine taşınmaya çabalanır. Bilimin işleyişini bilen ve bilimsel süreç becerilerine sahip bireyler çevrelerinde olup biten olayları bilinçli bir şekilde gözlemler ve öğrenmeleri kalıcı olur. Bu süreçlerin yapılandırılmasında deney ve etkinliklerin gerçekleştirilmesi, öğrencilerin birebir sürecin aktif yürütücüleri olmaları önemlidir. Bu noktada okullarda laboratuvar kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır.

Laboratuvarlar, öğrencilerin teorik bilgiyi kuvvetli bir şekilde pekiştirmesini sağlayan fen bilimleri dersinin önemli bir parçasıdır. Fen laboratuvarları öğretim programları ve ders kitapları rehberliğinde yapılandırıldığı için çeşitli güvenlik riskleri de barındırabilmektedir. Kırılabilir cam malzemeler, ısıtıcılar/ocaklar, kesici/delici materyaller, kimyasal maddeler ve elektrikli aletler fen laboratuvarlarında güvenlik riskleri oluşturmakta ve öğrencilerin zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu doğrultuda öğretim programlarının, ders

¹ Dr, Adıyaman İl Milli Eğitim Müdürlüğü, ORCID: 0000-0002-1026-2843.

kitaplarının bu hususu göz ardı etmemesi ve öğretmenlerin rehberliğinde laboratuvar güvenlik kurallarının öğrencilere öğretilmesi gerekmektedir. 2024 yılında yayımlanan öğretim programı ve ders kitaplarının (MEB, 2024a, 2024b) laboratuvar güvenliğine dikkat ettiği görülmektedir. Öğretmenlerin bu kaynaklar, güncel literatür ve deneyimleri yardımıyla oluşturacakları planlar doğrultusunda laboratuvar güvenliğini sağlamaları, güvenlik kültürünü öğrencilerde yerleştirmeleri gerekmektedir.

İlgili literatür incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının laboratuvar güvenliğine ilişkin bilgi düzeylerinin belirlenmeye çalışıldığı çalışmaların (Aydın vd., 2011; Kaçar vd., 2021; Kırbaşlar vd., 2010); laboratuvar güvenliğine ilişkin çalışmaların incelendiği (Özcan ve Kaçar, 2021; Teke ve Çetin, 2024); laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi (Uluçınar vd., 2004); öğretmenlerin laboratuvar kullanma yeterlilikleri (Çelik vd., 2021); ders kitabının bu bağlamda incelenmesi (Aydoğdu ve Ceğer, 2017) vb. çalışmaların olduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde; 2024 yılında yürürlüğe giren Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nı ve bu program doğrultusunda hazırlanan ders kitabını temel alarak, öğretmenlerin laboratuvar güvenliği kurallarını tanıtmaları durumlarını inceleyen güncel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma literatürde yer alan çalışmalara bu anlamda katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu çalışma ile öğretmenlerin ders kitabı, öğretim programı, güncel literatür ve deneyimleri üzerinden belirlenen güvenlik önlemlerini öğrenciye aktarırken nasıl bir köprü kurduğu belirlenmeye çalışılmaktadır. Çalışma yardımıyla laboratuvar güvenlik uygulamalarını görünür ve anlaşılır kılmak, güvenlik kültürünü geliştirmek ve sürdürülebilir kılmak, eğitim politikacıları ve program yapıcılara önemli fikirler sunmak amaçlanmaktadır. Çalışmanın sonuçları rehberliğinde

laboratuvar kazaları azaltılabilir, önlenebilir ve riskli durumlar ortadan kaldırılabilir.

Bu çalışma laboratuvarlarda kazalar olmadan önce doğru önlem alınmasına rehberlik etmesi açısından önemlidir. 2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ve 5. Sınıf Ders Kitabı bağlamında, fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar güvenliği kurallarını tanıtmaya, uygulama ve denetleme durumlarının incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda alt problem soruları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar güvenliği kurallarını tanıtmaya sürecine ilişkin uygulamaları ve deneyimleri nelerdir?
2. Fen bilimleri öğretmenleri, öğrencilerin laboratuvar güvenlik kurallarına uyumunu sağlamak için hangi denetim mekanizmalarını kullanmaktadır?
3. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar ortamında risk belirleme, acil durum/kriz yönetimi ve atık yönetimine (çevre bilinci) yönelik sınıf içi uygulamaları nasıldır?
4. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar güvenliği bağlamındaki öz yeterlik algıları, fiziksel altyapıya yönelik değerlendirmeleri ve süreci geliştirmeye yönelik iyileştirme önerileri nelerdir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, nitel araştırma desenlerinden olgu bilim (fenomenoloji) deseni kullanılmıştır. Olgu bilim bireylerin araştırılan olguya ilişkin deneyimlerini, fikirlerini, algılarını ve olguya yükledikleri anlamları belirlemeye dayanmaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2021). Bu çalışmayla 2024 yılında yürürlüğe

giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ne dayanan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ve 2024 yılı ders kitapları ile birlikte, öğretmenlerin laboratuvar güvenliğini nasıl aktardıkları, deneyimledikleri ve sınıf içi uygulamalarına nasıl yansıttıkları belirlenmeye çalışıldığı için olgu bilim deseni tercih edilmiştir.

2.2. Katılımcılar

Araştırmanın çalışma grubu, amaçlı örnekleme türlerinden ölçüt ve uygun örnekleme tekniği ile belirlenmiştir. Ölçüt örneklemede önceden belirlenmiş ölçütleri karşılayan bireyler araştırmaya dahil edilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2021). Uygun örnekleme, rastgele örnekleme yöntemlerinin kullanılmasının zor olduğu durumlarda araştırmacılara zaman, emek, maliyet vb. açısından kolaylık sağlayan örnekleme türüdür (Büyüköztürk vd., 2023).

Araştırmanın katılımcıları için belirlenen temel ölçütler şunlardır:

1. Aktif olarak 5. sınıf fen bilimleri dersine girmek.
2. 2024 yılında yayımlanan Fen Bilimleri Öğretim Programı'nı ve ilgili ders kitabını kullanıyor olmak.
3. Fen laboratuvarı olan bir okulda görev yapmak.
4. Araştırmaya katılmaya gönüllü olmak.

Bu doğrultuda ölçütleri karşılayan, farklı mesleki kademelere sahip yedi fen bilimleri öğretmeni ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Öğretmenler Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bir ilin merkez ilçesinde bulunan bir okulda çalışan öğretmenlerdir.

2.3. Veri Toplama Süreci

Araştırmada veri toplamak amacıyla görüşme formu kullanılmıştır. Görüşmelerin öncesinde katılımcılara yapılan araştırma tanıtılmış ve görüşme boyunca genel geçer kurallara uyulacağı, istedikleri zaman görüşmeyi sonlandırabilecekleri gibi

bilgiler belirtilmiştir. Görüşmelere geçilmeden Bilgilendirilmiş Onam Formu katılımcılara imzalatılmıştır. Görüşmeler araştırmacıların çalıştığı okulda, rahat edebilecekleri boş bir odada gerçekleştirilmiştir. Görüşme esnasında iki katılımcının kendini rahat hissetmeyeceğini ifade etmesi üzerine ses kaydı alınmamış, konuşmalar not tutularak kayıt altına alınmıştır. Görüşmeler ortalama 27 dakika sürmüştür.

Görüşme formu, araştırmacı tarafından ilgili literatür, 2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ve 5. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabı değerlendirilerek geliştirilmiştir. Görüşmeler sırasında öğretmenlerin deneyimlerinden yola çıkarak değinilmesi gereken durumlarda görüşme sorularına dahil edilmiştir. Formun ders kitabında yer alan tüm maddeleri içermesi sağlanmıştır. Hazırlık sürecinde ders kitabı ve öğretim programı incelenerek maddeler oluşturulmuş, daha sonra literatürde olup da yer verilmeyen maddelerin olup olmadığı kontrol edilmiş ve bu doğrultuda dört tematik başlık altında 20 görüşme sorusu yapılandırılmıştır. Araştırmada yedi fen bilimleri öğretmeniyle yapılan görüşmeler yazılı olarak düzenlenmiş ve katılımcılara kontrol edilerek eksik veya yanlışlıkların olup olmadığı anlaşılmaya çalışılmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Çalışmada elde edilen yazılı metinler içerik analizi kullanılarak incelenmiştir. İçerik analizi, elde edilen verilerin belirli temalar çerçevesinde özetlenerek önemli hususların ön plana çıkarılmasını ve okuyucu için anlaşılır hale getirilmesini sağlar (Yıldırım & Şimşek, 2021). Veri toplama sürecinde elde edilen veriler iki araştırmacı tarafından okunmuş, önemli görülen alanlar işaretlenmiş ve bu doğrultuda kodlar ve temalar oluşturulmuştur. Analiz sürecinde katılımcılar Ö1, Ö5 gibi kodlamalarla ifade edilmiştir. Örneğin; "Ders kitabında yer alan makas resmini gösterip kesici ve delici alet olduğunu ifade

ediyorum" cümlesi "Görsel Materyal Kullanımı" kodu altında, "Öğrencinin kendi güvenliğini düşünmesini sağlıyorum" ifadesi ise "Öz Düzenleme Becerisi" kodu altında sınıflandırılmıştır.

Bu araştırma nitel yöntemde bir çalışma olduğu için inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlık ve teyit edilebilirlik ölçütleri esas alınmıştır (Lincoln & Guba, 1985; Yıldırım & Şimşek, 2021). Araştırmanın inandırıcılığı için görüşme formunda katılımcı teyidi alınmış, iki fen eğitimi uzmanı tarafından ders kitabındaki maddeler de referans alınarak kapsam geçerliliği bakımından incelenmiştir. Aktarılabilirliği sağlamak amacıyla araştırmanın yöntem bölümü detaylandırılarak sunulmuştur. Çalışmanın tutarlılığı için Miles ve Huberman (1994) formülüyle kodlayıcılar arası görüş birliği belirlenmiş ve %80 üzerinde olduğu (%83) belirlenmiştir. Teyit edilebilirlik açısından analiz süreci detaylandırılarak verilmiş ve ham veriler muhafaza edilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırmanın “Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar güvenliği kurallarını tanııtma sürecine ilişkin uygulamaları ve deneyimleri nelerdir?” alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Laboratuvar Güvenliğini Tanıtma Süreci

Oluşturulan Kodlar	Öğretmen Yaklaşımları	Örnek Öğretmen İfadeleri
Zamanlama ve Sıklık	Güvenlik kurallarının ve ikaz sembollerinin genellikle eğitim-öğretim yılının başında işlendiği ve her deney öncesinde kısa hatırlatmalar yapıldığı görülmüştür.	Ö6: "Kuralları ve sembolleri öğretim yılının başında kapsamlı bir şekilde tanıtırım, her deney/etkinlik öncesinde de deneye özel riskleri detaylandırırım."
Öğretim Yöntem ve Teknikleri	Soru-cevap, yaparak-yaşayarak öğrenme, örnek olay ve gösterip yaptırma tekniklerinin kullanıldığı belirlenmiştir.	Ö1: "Sadece ders kitabından incelemiyoruz, örnek olaylar üzerinden 'siz olsaydınız ne yapardınız?' diyerek tartışıyoruz."

Günlük Yaşamla İlişkilendirme	Ders kitabındaki ikaz sembollerinin (kırık cam, elektrik vb.), ev temizlik malzemeleri gibi ürünlerle eşleştirilerek öğretilmeye çalışıldığı belirlenmiştir.	Ö2: "Güvenlik sembolleri için evden getirdiğim ve okulda bulunan temizlik malzemelerinin üzerindeki etiketleri gösteriyorum. Sembolleri ürünlerde gördüklerinde daha etkili oluyor."
Öğrenci Direnci ve Güçlükler	Öğretmenlerce öğrencilerinin yaş özellikleri gereği merak duygusuyla hareket ettikleri, en çok kimyasallara "dokunma", "tatma" ve "koklama" kurallarında direnç gösterdikleri saptanmıştır.	Ö4: "5. sınıf öğrencisi tatmak ve koklamaya meraklı. En çok bu kuralda sıkıntı çekiliyor. Kimyasal maddelerin kokusunun ciğerlerimize, tadının ise sindirim sistemimize verebileceği zararları gösteriyorum."

Tablo 1 incelendiğinde, öğretmenlerin laboratuvar güvenliğini tanıtmaya sürecine ilişkin görüşlerinin dört temel tema altında toplandığı görülmektedir. Öğretmenlerin öğretim yılı başında ve deney/etkinliklerin yapılma sürecinde hatırlatmalar yaptıkları belirlenmiştir. Kullanılan öğretim yöntem ve tekniklerinin öğrencinin aktif olmasını sağlayan teknikler olduğu tespit edilmiştir. Günlük yaşamla ilişkilendirilerek öğrenmelerin anlamlı ve kalıcı hale getirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Öğrencilerin tehlikeye düşebileceği önemli durumların zararlarının gösterilerek önleyici önlemler alınmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca farklı öğretmen görüşleri (Ö4) de incelendiğinde yeni öğretim programı ve ders kitaplarında öğrencilere zarar verecek önemli kimyasal maddelerin bulunmadığını ve laboratuvarlardan kaldırıldığını belirtildiği görülmektedir. Cam malzemeler ve makas, bistüri, pens gibi kesici ve delici aletlerin kullanımına dikkat edilerek öğrencilerin güvenliklerinin sağlandığı (Ö7) elde edilen verilerden anlaşılmaktadır.

Araştırmanın "Fen bilimleri öğretmenleri, öğrencilerin laboratuvar güvenlik kurallarına uyumunu sağlamak için hangi denetim mekanizmalarını kullanmaktadır?" alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Laboratuvar Güvenlik Kurallarına Uyum ve Denetim Mekanizmaları

Oluşturulan Kodlar	Öğretmen Yaklaşımları	Örnek Öğretmen İfadeleri
Kurallara Uyum ve Denetim	Koruyucu ekipman (önlük, gözlük, eldiven) kullanımı konusunda öğretmenlerin titiz bir denetim mekanizması uyguladıkları görülmektedir.	Ö2: "Ekipmanı tam olmayan öğrencilerin laboratuvar masasına geçmesine müsaade etmiyorum, bu konuda çok katıyım. Aynı zamanda öğrencilerin velilerini de bilgilendiriyorum"
Yaptırım Uygulama	Kurallara uyulmaması durumunda en sık başvuru olan yöntemin öğrenciyi deney sürecinden "pasif gözlemci" konumuna almak olduğu belirlenmiştir.	Ö5: "Ekipman olmadan etkinlik sürecine dahil etmeyeceğimi söylüyorum. Kurallara ısrarla uymayan olduğunda o günkü deneyde sadece gözlemci yapıyorum, aktif görev vermiyorum, oldukça etkili oluyor."
Öz Düzenleme ve Sorumluluk Devri	Öğretim Programı'ndaki hedefler doğrultusunda öğretmenlerin, öğrencilere "Güvenlik Şefi/Müfettişi/Başkan" gibi görevler vererek akran denetimini sağladıkları ve içselleştirmeyi hızlandırdıkları belirlenmiştir.	Ö7: "Her deney ve etkinlik için bir başkan belirliyorum. Bu öğrenci arkadaşlarının gözlüklerini, eldivenlerini takıp takmadığını denetliyor. Kendi sorumluluğunu bu şekilde içselleştiriyorlar."

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmenlerin laboratuvar kurallarına uyumu sağlamak için kullandıkları denetim mekanizmasının üç temel temada toplandığı anlaşılmaktadır. Her üç temaya ilişkin elde edilen veriler incelendiğinde kuralların net bir şekilde uygulanmaya çalışıldığı görülmektedir. Öğrencilerin tehlikeli herhangi bir durumla karşılaşmamaları için önleyici çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Caydırıcı yaptırımların olmasının diğer öğrenciler üzerinde de etkili izler bıraktığını öğretmenlerin ifade ettikleri görülmektedir.

Araştırmanın “Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar ortamında risk belirleme, acil durum/kriz yönetimi ve atık yönetimine yönelik sınıf içi uygulamaları nasıldır?” alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. Laboratuvar Ortamında Risk, Acil Durum ve Atık Yönetimi

Oluşturulan Kodlar	Öğretmen Yaklaşımları	Örnek Öğretmen İfadeleri
Risk Belirleme ve Önleyici Tedbirler	Öğretmenlerin deney öncesi ortamı kontrol ettikleri, tehlikeli olabilecek materyalleri uzaklaştırdıkları ve güvenlik riski olan deneyi önceden kendilerinin test ettikleri belirlenmiştir.	Ö4: "Çok büyük risk barındıran deneylerimiz yok. Daha önce yaptığım deneyler, deneyimlerim doğrultusunda riskli durumlar için gerekli uyarıları yapıyorum, gerektiği durumlarda önceden deniyorum."
Acil Durum Yönetimi ve Tecrübeler	Yaşanan küçük çaplı kazalarda (cam kırılması, dökülme vb.) öğrenci zarar görmeden temizlendiği; gerek duyulduğunda ilk yardım müdahalesinin yapıldığı görülmektedir.	Ö1: "Geçtiğimiz yıl küçük bir beher kırılması oldu, hemen öğrencileri biraz uzaklaştırıp cam kırıklarını güvenli şekilde temizledim ve gerekli uyarıları tekrar ettim"
Çevre Bilinci ve Atık Yönetimi	Öğretim programının hedefleriyle uyumlu olarak, öğretmenlerin kimyasal atıkları lavaboya dökmek yerine "atık şişelerinde" ayrıştırma yoluna gittikleri belirlenmiştir.	Ö6: "Kimyasal atıkları lavaboya dökmediğimiz konusunda uyarıyoruz. Atık şişelerimiz var. Öğrencilere “lavaboya dökersek içme sularına ve toprağa karışır” diyerek atık ayrıştırma bilincini yerleştirmeye çalışıyorum."

Tablo 3 incelendiğinde, üç temel temada öğretmen görüşlerinin olduğu görülmektedir. Öğretmenlerin önleyici çalışmalar yaptığı, acil durumlarda müdahale etmeye hazırlıklı oldukları ve çevre bilincinin farkında olarak öğrencilerle birlikte çalışmalar yaptıkları görülmektedir.

Araştırmanın “Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar güvenliği bağlamındaki öz yeterlik algıları, fiziksel altyapıya yönelik değerlendirmeleri ve süreci geliştirmeye yönelik iyileştirme önerileri nelerdir?” alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Laboratuvar Güvenliğine İlişkin Öz Yeterlik, Altyapı Değerlendirmeleri ve İyileştirme Önerileri

Oluşturulan Kodlar	Öğretmen Yaklaşımları	Örnek Öğretmen İfadeleri
Öz Yeterlik Algısı	Öğretmenler laboratuvar güvenliği kuralları konusunda kendilerini "teorik olarak" yeterli görürken, acil durumlara müdahale konusunda eksik hissettiklerini ifade etmişlerdir.	Ö7: "Kitaptaki kuralları ve sembolleri biliyorum ve anlatıyorum ama kaza anında doğru ilk yardımı yapabilir miyim, emin değilim."
Fiziksel Altyapı Değerlendirmesi	Okulların mevcut laboratuvar olanaklarının güvenlik açısından yetersizlikler (gözlük ve eldiven vb. eksikliği) barındırdığı vurgulanmıştır.	Ö3: "Kendimi teorik olarak yeterli görüyorum ama okulumuzun fiziki şartları yeterli değil. Altyapı yetersiz kalınca çabalarımız sınırlı kalıyor. Kendim temin etmeye çalışıyorum"
İyileştirme Önerileri	Laboratuvarların fiziksel ve donanımsal olarak iyileştirilmesi ve öğretmenlere yönelik uygulamalı "kriz yönetimi ve ilk yardım" eğitimlerinin verilmesi gerektiğinin önerildiği görülmektedir.	Ö5: "Daha etkili bir çalışmalar için MEB tarafından laboratuvar standartlarının iyileştirilmesi ve öğretmenlere uygulamalı 'ilk yardım ve kriz yönetimi' seminerleri verilmesi gerekir."

Tablo 4 incelendiğinde, öğretmenlerin teorik olarak yeterli hissetmelerine rağmen acil durumlar için yeterli hissetmediklerini ifade ettikleri görülmektedir. Laboratuvarların güvenli alanlar olmada yetersiz kaldığı bu doğrultuda eksikliklerin tamamlanması gerektiğini belirttikleri

anlaşılmaktadır. Kriz anları için uygulamalı eğitimlerin olması gerektiğine öğretmenlerin işaret ettiği görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda yer alan "Günlük yaşamda ve bilimsel çalışmalarda güvenlik kurallarına uygun davranan bireyler yetişmesi amaçlanmaktadır" ifadesi, güvenliğin eğitimdeki kritik rolüne işaret etmektedir. Bu bağlamda öğretim programlarının, ders kitaplarının ve ilgili diğer bileşenlerin temel hedeflerinden biri, öğrencinin bilgi edinirken kendi güvenliğini sağlama bilincini içselleştirmesidir. Bu doğrultuda laboratuvar güvenliğine ilişkin çalışmalar yapılması ve görünür kılinarak konunun gündemde tutulması oldukça önemlidir. Bu çalışmada öğretmenlerin, laboratuvar güvenlik kurallarına ilişkin yapmış oldukları çalışmaları literatüre katkı olarak sunmak amaçlanmıştır.

Araştırmanın birinci alt problemine ilişkin veriler incelendiğinde; öğretmenlerin laboratuvar güvenliğine ilişkin kuralları ve ikaz sembollerini genel olarak ders yılının başında öğrencilerle paylaştığı ve tüm öğretmenlerin etkinlik bazlı hatırlatmalarda bulundukları görülmektedir. Bulgulara göre bazı öğretmenlerin ders yılı başında özel bir şekilde konuyu gündeme almamaları yeterli önemi göstermediklerini ifade etmektedir. Bu noktada öğretmenler öğrencilerin kuralları unutabileceğini düşündüklerini ifade ettikleri görülmektedir. Lakin güvenlik kültürünün yerleştirilebilmesi için konuyu özel olarak ders yılı başında ele almak ve riskli durumlar barındıran her deney ve etkinlik öncesinde hatırlatmalarda bulunmanın önemli olduğu bilinmektedir (Kırbaşlar vd., 2010; Koç ve Çavaş, 2022). Elde edilen bulgular incelendiğinde öğretmenlerin ikaz sembollerini öğretirken günlük hayatla ilişkilendirme yoluna gittikleri görülmektedir. Öğretmenlerin öğrencilerin evlerinde bulunabilen

tuz ruhu, çamaşır suyu, yağ çözücü, cam temizleyiciler, böcek ilaçları vb. maddelerin üzerinde ikaz sembollerinin bulunduğu ve bu sembolleri bilmenin günlük hayatta kendimizi ve çevremizdekileri korumak amacıyla önemli olduğunu belirttikleri görülmektedir. Azizoğlu ve diğerleri (2018) öğretmen adaylarıyla yapmış oldukları çalışmada güvenlik sembollerinin yeterli seviyede bilinmediğini ve öneminin farkında olunmadığı kanaatine ulaşmışlardır. Günlük hayatta birçok risk barındırabilecek bu durumun dikkate alınması ve öğrencilerin anlamlı ve kalıcı öğrenmelerinin sağlanması oldukça önemlidir.

Öğretmenlerin güvenlik kurallarını öğretmede birçok yöntem (düz anlatım, soru-cevap, yaparak-yaşayarak, örnek olay vb.) kullandıkları anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar (Çelik vd., 2021; Kaya ve Böyük, 2011) öğretmenlerin bu konuda yeterli olup olmadığını sorgulamakta ve öğretmenlerin yeterli alan bilgisine sahip olduklarında güvenlik kurallarını öğretmeyi daha ciddiye aldıklarını göstermektedir. Bu durum 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Öğretim Programı'nın günlük yaşamla ilişkilendirme hedefleriyle de uyum göstermektedir. Öğretmenlerin öğrenciyi aktif kılarak öğrenme sürecine dahil ettikleri anlaşılmaktadır. Yapılan araştırmalar (Böyük vd., 2010; Kumlu, 2022) uygulamaya dayalı etkinliklerin laboratuvar güvenliğinin etkili öğretiminde önemli olduğunu göstermektedir. Özellikle öğrencilerin fiziksel zarar görebilecekleri bu çalışmalarda örnek olay tekniğinin önemi büyüktür (Ateş ve Özarslan, 2014; Aydoğdu ve Yardımcı, 2013).

Elde edilen bulgular dokunma, tatma, koklama gibi bazı güvenlik önlemlerinde öğrencilerin meraklarından kaynaklı sıkıntılar yaşadığını göstermektedir. Aynı zamanda öğretmenler yeni öğretim programı ve ders kitaplarında öğrencilere zarar verecek önemli kimyasal maddelerin bulunmadığını ve laboratuvarlardan kaldırıldığını belirtmişlerdir. Mikroskop deneylerinde kesilmelere karşı öğretmenlerin lam ve lameli

öğrencilere vermek yerine gösterdikleri ve gerekli çalışmayı kendilerinin yaparak mikroskoba yerleştirdikten sonra öğrencilere gözlemler yaptırıldığı görülmektedir. Cam malzemeler ve makas, bistüri, pens gibi kesici ve delici aletlerin kullanımına dikkat edilerek öğrencilerin güvenliklerinin sağlandığı görülmektedir.

Araştırmanın ikinci alt problemi bulguları incelendiğinde; laboratuvar güvenliği ve kurallara uymada genel olarak sınıf içi konulan kuralların ciddiyetle takip edildiği, öğrencilere bu anlamda taviz verilmediği ve sürdürülebilir bir düzen kurulduğu görülmektedir. Koruyucu eldiven ve gözlük kullanmanın laboratuvara giriş için temel şart olarak öğrencilere öğretildiği görülmektedir. Kaçar ve diğerleri (2021) koruyucu önlük, eldiven ve gözlüğün tehlikelerden korunmak için oldukça önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Öğretmenlerin bu durumun farkında olmaları güvenlik konusunu içselleştirdiklerini göstermektedir. Yapılan araştırmalar bu yaşlardaki öğrencilerin risk alma konusunda cesaretli davrandığını ve kendilerine zarar verebildiklerini göstermektedir (Knoll vd., 2015; Steinberg, 2008). Bu yaş düzeyindeki öğrencilerin kendilerine zarar verecek araçları yeni deneyimliyor olmaları gözardı edilmemeli ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Öğretmenlerin kurallara uyulmama durumunda öğrencilerin velilerine bilgi verdikleri, öğrencileri arkadaşları arasından alarak pasif gözlemci konumuna getirdikleri görülmektedir. Sınıf içerisinde güvenlik kurallarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla öğrencilerin duyuşsal seviyelerine uygun yaptırımların olması süreç içerisinde öğrencinin konunun önemini anlamasını sağlayacak bir etkidir. Yapılan çalışmalar belirli sınıf kurallarının öğrencilerin gelişimine katkı sağladığını ve ileriki yaşamlarına da aktardığını göstermektedir (Sezer, 2018). Öğrenciye doğru ifade edildiğinde bu durumun bir ceza değil kendisini korumak üzere yapılan bir

davranış olduğu gösterilebilir. Bu yolla öğrencinin içselleştirmesi sağlanabilir. Bu noktada öğretmenlerin sınıf yönetimi becerilerinin de öne çıktığı görülmektedir. Ayrıca bulgular incelendiğinde öğretmenlerin güvenliğin sürdürülebilirliği açısından her laboratuvar etkinliği başında hatırlatmalarda bulundukları görülmektedir. Öğretmenlerin öz düzenleme ve sorumluluk ile ilgili görüşleri incelendiğinde kendilerinin süreci takip etmeleriyle birlikte aynı zamanda akran denetimi mekanizmasını kullandıkları da görülmektedir. Bu durum hem arkadaşlarına liderlik eden öğrenciler açısından hem de sınıfın geneli açısından verimli olabilecek bir süreçtir. Yapılan çalışmalar akran denetlemesinin, değerlendirmesinin her iki taraf içinde olumlu sonuçlar doğurduğunu göstermektedir (Fernández-Ferrer vd., 2025; Saat ve Akgül, 2023).

Araştırmanın üçüncü alt problemine ilişkin bulgular incelendiğinde; öğrencilerin riskli olabilecek malzemeleri güvenli bir şekilde tuttukları, önleyici tedbirler aldıkları ve riskli olabilecek deneyleri önceden kendilerinin test ettiği anlaşılmaktadır. Bu durum öğretmenlerin tehlikelerin farkında olduğunu ve gerekli hassasiyeti gösterdiklerini göstermektedir. Acil durumlarda öğretmenlerin gerekli soğukkanlılığı göstererek süreci yönetebildikleri görülmektedir. İlgili literatür incelendiğinde (Aydoğdu ve Yardımcı, 2013; Koç ve Çavaş, 2022) laboratuvarlarda çeşitli kazaların meydana geldiği ve en az hasarla atlatmak için öğretmen yeterliğinin ve rehberliğinin önemli olduğu görülmektedir. Çevre bilinci ve atık yönetimiyle ilgili öğretmenlerin gerekli hassasiyeti gösterdikleri, atıkların sulara karışmasını engelledikleri görülmektedir. Atık yönetiminin sürdürülebilir kılınmasında öğretmen rehberliğinin önemini yapılan çalışmalar (Çöklü ve Alkan, 2023) göstermektedir. Bu doğrultuda öğretmenlerin laboratuvar ortamındaki hassasiyetleri çevre bilincinin yerleşmesine önemli katkı sunacaktır.

Araştırmanın dördüncü alt problemine ilişkin bulgular incelendiğinde; öğretmenlerin teorik olarak kendilerini yeterli hissetmelerinin yanı sıra bazı öğretmenlerin olası kazalarda yeterlilikleri ile ilgili şüphelerinin olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalar (Aydoğdu ve Yardımcı, 2013; Kaçar vd., 2021) öğretmen yeterliliklerinin önemli olduğunu ve bu konuda yeterli olmayan öğretmenlerin olduğunu göstermektedir. Laboratuvar altyapısına ilişkin bulgular incelendiğinde koruyucu gözlük ve eldiven gibi ekipmanların yeterli olmayışının kazalara sebebiyet verebileceğine öğretmenlerin değindiği görülmektedir. Laboratuvarlar düzenlenirken koruyucu ekipmanların yeterli miktarda tutulması süreçlerin yönetilebilmesi için önemlidir. Elde edilen bulgular incelendiğinde; öğretmenlerin, fiziksel donanımların eksik kalmamasına ve güvenlik ile acil müdahale konularında öğretmenlere uygulamalı eğitimler verilmesi gerektiğine dikkat çektikleri görülmektedir.

Sonuç olarak; öğretmenlerin laboratuvar güvenlik kurallarını ve tehlike sembollerini eğitim-öğretim yılı başında ve her deney veya etkinlik öncesinde öğrencilere tanıttıkları belirlenmiştir. Öğretmenlerin süreci günlük yaşamla ilişkilendirerek ve öğrenciyi aktif kılan öğretim yöntemleri tercih ederek anlamlı öğrenmeyi destekledikleri görülmektedir. Öğrencilerin yaş özellikleri gereği riskli davranışlara eğilim gösterebildiği, ancak öğretmenlerin bu noktada önleyici tedbirler aldıkları ve kurallara uymamakta ısrar eden öğrencilere çeşitli caydırıcı yaptırımlar uyguladıkları anlaşılmaktadır. Ayrıca, öz disiplin ve sorumluluk kazandırmanın önemini farkında olan öğretmenlerin, akran denetimini de sürece etkili bir şekilde dâhil ettikleri tespit edilmiştir. Sürdürülebilir çevre bilinci oluşturmak amacıyla atık yönetimine büyük özen gösterildiği ulaşılan bir diğer önemli sonuçtur. Tüm bu olumlu uygulamalara karşın, sürecin daha sağlıklı yürütülebilmesi için okullardaki laboratuvar fiziksel altyapılarının iyileştirilmesi, öğretmenlerin kriz

anlarındaki öz yeterlik algılarının güçlendirilmesi ve onlara acil durumlara yönelik uygulamalı eğitimler verilmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Ates, İ., & Özarslan, M. (2014). Üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin fen bilimleri laboratuvar çalışmalarındaki güvenlik önlemleri ile ilgili görüşleri. *Journal of Educational Science*, 2(3).
- Aydın, S., Diken, E. H., Yel, M., & Yılmaz, M. (2011). Fen ve teknoloji ile biyoloji öğretmen adaylarının laboratuvar güvenliği hakkındaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 583-604.
- Aydoğdu, C., & Ceğer, B. (2017). Beşinci sınıf fen bilimleri kitabının laboratuvar güvenliği, kazanımlar ve bilimsel süreç becerileri açısından incelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi*, 2(2), 12-34.
- Aydoğdu, C., & Yardımcı, E. (2013). İlköğretim fen laboratuvarlarında meydana gelen kazalar ve öğretmenlerin geliştirebilecekleri davranış tarzları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 44(44), 52-60.
- Azizoğlu, N., Yılmaz, E., & Avcı, Ş. N. (2018). Üniversite öğrencilerinin laboratuvar güvenliği ile ilgili algıları. International Necatibey Educational And Social Sciences Research Congress (UNESAK 2018), 26-28 October, Balıkesir, Turkey.
- Böyük, U., Demir, S., & Erol, M. (2010). Fen ve teknoloji dersi öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterli görüşlerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi. *TÜBAV bilim dergisi*, 3(4).

- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2023). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (36. Baskı). Pegem Akademi.
- Çelik, H., Köken, O., & Kanat, B. (2021). Fen bilgisi öğretmenlerinin sorgulayıcı yaklaşıma uygun laboratuvar kullanım yeterlikleri ve karşılaşılan sorunlar. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 196-223.
- Çepni, S. (2018). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* (11. Baskı). Pegem
- Çöklü, T. C., & Alkan, F. (2023). Ortaokul fen bilimleri öğretim programında sıfır atık yaklaşımı ve ilkelerinin yeri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(4), 1326-1348.
- Fernández-Ferrer, M., Lanzo, N.C., Maina, M.F. et al. How does peer assessment support students' self-regulation? A case study in online education. *Int J Educ Technol High Educ* 22, 67 (2025). <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00565-7>
- Kaçar, S., Yayla, Z., & Türkoguz, S. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının laboratuvar güvenlik önlemlerine ilişkin bilgi düzeyleri. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 98-113.
- Kaya, H., & Büyük, U. (2011). Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterlikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(1), 126-134.
- Kırbaşlar, F. G., Güneş, Z. Ö., & Derelioğlu, Y. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının laboratuvar güvenliği konusuna yönelik düşünce ve bilgi düzeylerinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(3).

- Knoll, L. J., Magis-Weinberg, L., Speekenbrink, M., & Blakemore, S.-J. (2015). Social Influence on Risk Perception During Adolescence. *Psychological Science*, 26(5), 583-592. <https://doi.org/10.1177/0956797615569578>
- Koç, S. A., & Çavaş, B. (2022). *Okullarda laboratuvar güvenliği*. Akademisyen Kitapevi.
- Kumlu, G. D. Y. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının laboratuvar ortamına yönelik görüşleri. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 13(1), 481-501.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024a). *5. sınıf fen bilimleri ders kitabı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024b). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli fen bilimleri dersi öğretim programı. Ankara: MEB. <https://mufredat.meb.gov.tr> adresinden 15/09/2025 tarihinde erişildi.
- Özcan, E., & Kaçar, S. (2021). Fen eğitiminde laboratuvar güvenliğine yönelik çalışmaların incelenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 4(2), 91-99.
- Saat, H., & Akgül, G. D. (2023). İlköğretim fen öğretiminde akran öğretiminin öğrencilerin başarısına, bilgilerin kalıcılığına ve tutumuna etkisi. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 117-130.

- Sezer, Ş. (2018). Öğretmenlerin sınıf yönetimi tutumlarının öğrencilerin gelişimi üzerindeki etkileri: Fenomenolojik bir çözümleme. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(2), 534-549.
- Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review*, 28(1), 78-106.
- Teke, H., & Çetin, D. (2024). Fen bilimleri eğitiminde laboratuvar güvenliğiyle ilgili araştırmaların incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (62), 2883-2903.
- Uluçınar, Ş., Cansaran, A., & Karaca, A. (2004). Fen bilimleri laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(4), 465-475.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ALANINDA BİLİMSEL
ARAŞTIRMALAR**

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com